



دانشگاه علوم پزشکی تهران



مرکز تحقیقات کیفیت آب
پژوهشکده محیط زیست

راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط انتقال نفت و حواش جادهای حمل و نقل شیمیایی

راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط انتقال نفت و حواش جادهای حمل و نقل شیمیایی

دکتر عباس شاهسونی، مهندس شمس السادات قطبی، دکتر حمید کاریاب

تالیف:

دکتر عباس شاهسونی (بخش اول)

استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی

مهندس شمس السادات قطبی

کارشناس شرکت مهندسی آب و فاضلاب شیراز

دکتر حمید کاریاب (بخش دوم)

دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قزوین



راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب
و خاک ناشی از حوادث خطوط انتقال نفت و
حوادث جاده‌ای حمل و نقل شیمیایی

تالیف:

دکتر عباس شاهسونی (بخش اول)

استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی
و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی

مهندس شمس السادات قطبی

کارشناس شرکت مهندسی آب و فاضلاب شیراز

دکتر حمید کاریاب (بخش دوم)

دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی
و خدمات بهداشتی درمانی قزوین

سرشناسه	: شاهسونی، عباس، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط انتقال نفت و حوادث جاده‌ای حمل و نقل شیمیایی تألیف عباس شاهسونی، شمس‌السادات قطبی، حمید کاریاب.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۴۳۴ ص.
شابک	: 978-964-7445-04-7
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: آلودگی نفتی آب -- ایران -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	: Oil pollution of water -- Environmental aspects -- Iran
موضوع	: آلودگی نفتی خاک -- ایران -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	: Oil pollution of soils -- Environmental aspects -- Iran
موضوع	: نفت -- لوله‌ها -- نگهداری و تعمیر
موضوع	: Petroleum pipelines -- Maintenance and repair
موضوع	: آلودگی -- ایران -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	: Pollution -- Environmental aspects -- Iran
موضوع	: آب -- ایران -- آلودگی -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	: Water -- Pollution -- Environmental aspects -- Iran
موضوع	: خاک -- آلودگی -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	: Soil pollution -- Environmental aspects
شناسه افزوده	: قطبی، شمس‌السادات، ۱۳۴۰ -
شناسه افزوده	: Ghotbi, Shamosadat
شناسه افزوده	: کاریاب، حمید، ۱۳۵۴ -
رده بندی کنگره	: TD۴۲۷
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۱۶۸۳۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۵۰۷۱۰۶

عنوان کتاب: راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث

خطوط انتقال نفت و حوادث جاده‌ای حمل و نقل شیمیایی

مولفان: عباس شاهسونی، شمس‌السادات قطبی، حمید کاریاب

ناشر: دانشگاه علوم پزشکی تهران

سال انتشار: ۱۴۰۰

نوبت چاپ: اول

شابک: ۹۷۸۹۶۴۷۴۴۵۰۴۷

لینتوگرافی چاپ و صحافی :

عنوان دستورالعمل: راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از
حوادث خطوط انتقال نفت و حوادث جاده ای حمل و نقل شیمیایی
تعداد صفحات: ۴۳۴

در جلسه مورخ ۹۷/۱۱/۳۰ شورای انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تهران با چاپ کتاب
موافقت گردیده است.

مرکز تحقیقات کیفیت آب- پژوهشکده محیط زیست
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران
تهران- میدان انقلاب- خیابان کارگر شمالی- نرسیده به بلوار کشاورز- پلاک ۱۵۴۷
طبقه هشتم- کد پستی: ۱۴۱۷۹۹۳۳۶۱
تلفن: ۸۸۹۷۸۳۹۶-۰۲۱، دورنگار: ۸۸۹۷۸۳۹۸-۰۲۱

<http://ier.tums.ac.ir>

فهرست بخش اول

راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط انتقال نفت

اصطلاحات	۱۲
۱- مقدمه	۱۷
۲- هدف	۱۷
۳- دامنه کاربرد	۱۸
۴- نفت و ویژگی های آن	۱۹
۱-۴ ترکیب نفت	۱۹
۱-۱-۴ خصوصیات فیزیکی نفت	۲۲
۱-۱-۱-۴ ویسکوزیته	۲۲
۲-۱-۱-۴ دانسیته	۲۲
۳-۱-۱-۴ حلالیت	۲۳
۴-۱-۱-۴ نقطه اشتعال	۲۳
۵-۱-۱-۴ نقطه سیلان	۲۴
۶-۱-۱-۴ نقطه جوش	۲۴
۷-۱-۱-۴ کشش سطحی	۲۴
۸-۱-۱-۴ چسبندگی	۲۵
۹-۱-۱-۴ میزان ترکیبات آروماتیک	۲۵
۲-۴ رفتار مواد نفتی	۲۵
۱-۲-۴ رفتار مواد نفتی در خاک	۲۵
۱-۱-۲-۴ جذب سطحی	۲۷
۲-۱-۲-۴ تجزیه شیمیایی	۲۹
۳-۱-۲-۴ نفوذ	۲۹
۴-۱-۲-۴ تبخیر	۳۰
۵-۱-۲-۴ فرایندهای بیولوژیکی	۳۰

۳۲	..... رفتار مواد نفتی در آب	۲-۲-۴
۳۵	..... انتشار	۱-۲-۲-۴
۳۶	..... تبخیر	۲-۲-۲-۴
۳۷	..... پراکندگی / پخش	۳-۲-۲-۴
۳۹	..... انحلال	۴-۲-۲-۴
۳۹	..... امولسیون شدن	۵-۲-۲-۴
۴۲	..... تجزیه زیستی	۶-۲-۲-۴
۴۳	..... فتواکسیداسیون	۷-۲-۲-۴
۴۳	..... ته نشینی	۸-۲-۲-۴
۴۵	..... تشکیل گلوله های قیری	۹-۲-۲-۴
۴۷	..... اثرات آلودگی های نفتی بر محیط زیست	۳-۴
۴۷	..... اثرات بیولوژیکی	۱-۳-۴
۴۸	..... اثرات آلودگی های نفتی در دریا	۲-۳-۴
۴۸	..... اثرات آلودگی های نفتی بر ماهی ها در دریا	۱-۲-۳-۴
۴۹	..... اثرات آلودگی های نفتی بر پلانکتون ها در دریا	۲-۲-۳-۴
۵۰	..... اثرات آلودگی های نفتی بر پستانداران دریایی	۳-۲-۳-۴
۵۱	..... اثرات آلودگی های نفتی بر پرندگان در دریا	۴-۲-۳-۴
۵۲	..... اثرات آلودگی های نفتی در خشکی	۳-۳-۴
۵۳	..... تاثیر آلودگی نفتی بر زیستگاه ها	۴-۴
۵۶	..... تاریخچه خطوط لوله انتقال نفت در ایران	۵-۴
۵۶	..... انتقال نفت خام خوراک پالایشگاه ها	۱-۵-۴
۵۸	..... وضعیت خطوط لوله نفت در ایران	۲-۵-۴
۵۸	..... مدیریت خطوط لوله	۱-۲-۵-۴
۵۸	..... تجهیزات و واحدهای عملیاتی انتقال نفت در ایران	۲-۲-۵-۴
۵۹	..... مزایای انتقال مواد نفتی از طریق خطوط لوله	۳-۵-۴
۵۹	..... وضعیت موجود خطوط لوله انتقال نفت در ایران	۴-۵-۴
۶۰	..... حوادث آلودگی نفتی ناشی از شکست خطوط لوله انتقال نفت در ایران	۶-۴
۷۱	..... بررسی ویژگی های خطوط لوله انتقال نفت از لحاظ فنی	۷-۴
۷۳	..... بررسی آسیب پذیری زیست محیطی ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال در کشور	۱-۷-۴
۷۴	..... بررسی ویژگی های محیط زیست تحت اثر و تهیه لایه های رقمی	۱-۱-۷-۴

- ۷۴ ۲-۱-۷-۴ تعیین لایه‌های محیطی
- ۷۴ ۳-۱-۷-۴ تعیین طبقات آسیب پذیری
- ۷۵ ۴-۱-۷-۴ طبقه بندی آسیب‌پذیری هر یک از لایه‌ها
- ۷۵ ۵-۱-۷-۴ روی هم گذاری نقشه‌ها و تعیین محدوده‌های اصلی آسیب‌پذیری
- ۷۵ ۸-۴ برنامه پایش خطوط لوله انتقال نفت
- ۷۵ ۱-۸-۴ پایش فنی
- ۷۶ ۲-۸-۴ بازرسی فنی
- ۷۷ ۳-۸-۴ بازرسی بر مبنای ریسک (خطر)
- ۷۸ ۴-۸-۴ پایش خطوط لوله انتقال نفت
- ۷۸ ۱-۴-۸-۴ پایش خوردگی و سیستم های حفاظت کاتدیک
- ۷۹ ۲-۴-۸-۴ خوردگی و حفاظت از زنگ خطوط لوله
- ۷۹ ۱-۲-۴-۸-۴ خوردگی داخلی
- ۸۰ ۱-۱-۲-۴-۸-۴ پایش خوردگی داخلی
- ۸۱ ۲-۲-۴-۸-۴ خوردگی خارجی لوله
- ۸۳ ۵- پایش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت
- ۸۳ ۱-۵ بازرسی میدانی
- ۸۴ ۱-۱-۵ تضمین کیفیت روش های بازرسی میدانی
- ۸۴ ۲-۱-۵ روش های بازرسی میدانی
- ۸۴ ۱-۲-۱-۵ بازرسی چشمی
- ۸۵ ۳-۱-۵ انواع آزمون جهت تشخیص آلودگی نفتی در آب و خاک
- ۸۵ ۱-۳-۱-۵ آزمون درخشندگی
- ۸۵ ۲-۳-۱-۵ آزمون جار برای تشخیص وجود «فاز مایع غیر آبی»
- ۸۵ ۳-۳-۱-۵ آزمون Head Space بر روی بخارات
- ۸۶ ۴-۳-۱-۵ کیت‌های رنگ سنجی
- ۸۶ ۲-۵ بررسی و ردیابی مواد نفتی پخش شده
- ۸۶ ۱-۲-۵ بررسی و ردیابی مواد نفتی پخش شده در خشکی
- ۸۸ ۱-۱-۲-۵ مشاهده مواد نفتی پخش شده در روی زمین
- ۸۹ ۲-۱-۲-۵ عدم مشاهده مواد نفتی در روی زمین
- ۹۰ ۲-۲-۵ بررسی و ردیابی مواد نفتی پخش شده در آب
- ۹۴ ۱-۲-۲-۵ مشاهده لکه نفتی در سطح آب

- ۹۴ ۲-۲-۲-۵ عدم مشاهده لکه نفتی در سطح آب
- ۹۷ ۳-۵ نمونه برداری از خاک و آب آلوده به مواد نفتی
- ۹۹ ۱-۳-۵ روش‌ها و محل نمونه‌برداری
- ۱۰۲ ۱-۱-۳-۵ تعداد نقاط نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌ها
- ۱۰۵ ۲-۱-۳-۵ انواع نمونه برداری از خاک آلوده به مواد نفتی ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت
- ۱۰۶ ۳-۱-۳-۵ آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های خاک آلوده به مواد نفتی
- ۱۰۷ ۲-۳-۵ روش‌ها و محل نمونه برداری از آب آلوده به مواد نفتی
- ۱۰۷ ۱-۲-۳-۵ نمونه برداری از آب زیرزمینی
- ۱۱۱ ۱-۱-۲-۳-۵ تعداد نقاط نمونه برداری و تعداد نمونه‌های برداشت شده از آب زیر زمینی
- ۱۱۲ ۲-۲-۳-۵ نمونه برداری از آب‌های سطحی آلوده به مواد نفتی
- ۱۱۲ ۱-۲-۲-۳-۵ نمونه برداری از سد، مخازن و دریاچه‌های طبیعی
- ۱۱۴ ۲-۲-۲-۳-۵ نمونه برداری از آب‌های سطحی
- ۱۱۶ ۳-۳-۵ آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های آب آلوده به مواد نفتی
- ۱۱۶ ۶- کنترل مواد نفتی و مقابله با آن
- ۱۱۶ ۱-۶ کنترل و مقابله با مواد نفتی در خشکی
- ۱۱۷ ۱-۱-۶ روش‌های کنترل و مقابله با مواد نفتی در خشکی
- ۱۱۸ ۱-۱-۱-۶ خاگریزهای محدودکننده و انحرافی
- ۱۲۰ ۲-۱-۱-۶ ترانسه‌های محدود کننده و انحرافی جهت مقابله با حوادث خطوط لوله انتقال نفت
- ۱۲۱ ۱-۲-۱-۱-۶ ملاحظات استفاده از ترانسه‌های محدود کننده و انحرافی
- ۱۲۲ ۳-۱-۱-۶ ایجاد حائل توسط جاذب
- ۱۲۲ ۱-۳-۱-۱-۶ ملاحظات استفاده از ایجاد حائل توسط جاذب
- ۱۲۲ ۴-۱-۱-۶ مسدود کردن آبگذرها و زهکش‌ها
- ۱۲۳ ۱-۴-۱-۱-۶ ملاحظات مسدود کردن آبگذرها و زهکش‌ها
- ۱۲۳ ۵-۱-۱-۶ ترانسه‌های حائل
- ۱۲۳ ۱-۵-۱-۱-۶ ملاحظات استفاده از ترانسه‌های حائل
- ۱۲۴ ۶-۱-۱-۶ دیواره گلی
- ۱۲۵ ۶-۱-۱-۶ ملاحظات استفاده از دیواره گلی
- ۱۲۷ ۲-۶ کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب
- ۱۲۹ ۱-۲-۶ روش‌های کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب
- ۱۲۹ ۱-۱-۲-۶ بوم‌ها و ساختار آنها

۱۳۴	..... نکات مهم در کاربرد بوم برای کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب
۱۳۶	..... تغییر مسیر مواد نفتی
۱۳۶	..... بوم گذاری در آب جاری
۱۳۷	..... ملاحظات بوم گذاری در آب جاری و محدودیت‌ها
۱۳۸	..... بوم گذاری در آب های آزاد سواحل
۱۳۸	..... ملاحظات بوم گذاری در آب های آزاد سواحل و محدودیت ها
۱۳۹	..... ممانعت از ورود مواد نفتی
۱۳۹	..... بوم گذاری در رودخانه
۱۳۹	..... ملاحظات بوم گذاری در رودخانه و محدودیت ها
۱۴۱	..... بوم گذاری در آبراهه
۱۴۱	..... ملاحظات بوم گذاری در آبراهه و محدودیت ها
۱۴۲	..... بوم گذاری مانعی در آب آزاد (ورودی خور)
۱۴۲	..... ملاحظات بوم گذاری مانعی در آب آزاد (ورودی خور) و محدودیت‌ها
۱۴۳	..... محدود سازی و جمع آوری
۱۴۳	..... محدود سازی در آب های آزاد
۱۴۴	..... بوم گذاری در آب های با جریان تند
۱۴۵	..... بند و بوم های اضطراری
۱۴۶	..... انسداد توسط بند موقت
۱۴۸	..... انسداد توسط الوار و چوب
۱۴۹	..... انسداد کامل لوله ها
۱۵۱	..... محدود سازی توسط بند با جریان روگذر
۱۵۲	..... محدود سازی توسط بند با جریان زیرگذر
۱۵۳	..... محدود سازی توسط بند با کاربرد لوله های زاویه دار
۱۵۴	..... روش محدود سازی- جذب در سطح
۱۵۶	..... کاربرد بند های صاف کننده ستون آب
۱۵۷	..... کاربرد بند های ایجاد شده از پوشش گیاهی
۱۵۹	..... کاربرد شبکه های توری
۱۶۰	..... کاربرد بندهای شناور چوبی
۱۶۱	..... جمع آوری (جداسازی) و پاک‌سازی مواد نفتی
۱۶۲	..... جمع آوری مواد نفتی از آب و خاک

۱۶۲	۱-۱-۷ جمع آوری (جداسازی) مواد نفتی با اسکیمرها (رویه گیرها)
۱۷۱	۲-۱-۷ جاذبها
۱۷۹	۳-۱-۷ جامد سازها
۱۸۱	۴-۱-۷ استفاده از تکنیک خلاء
۱۸۱	۵-۱-۷ جمع آوری (جداسازی) دستی
۱۸۲	۲-۷ پاکسازی
۱۸۲	۱-۲-۷ سوزاندن در محل
۱۹۲	۱-۱-۲-۷ عملیات سوزاندن در خشکی
۱۹۴	۱-۱-۲-۷ عملیات سوزاندن در آب های درون خشکی
۱۹۷	۲-۱-۲-۷ سوزاندن در آب های آزاد
۱۹۹	۲-۲-۷ مواد پراکنده کننده مورد استفاده در پاکسازی
۲۱۳	۳-۷ پاکسازی آب زیر زمینی از مواد نفتی
۲۱۴	۸- جداسازی، دفع و تصفیه مواد نفتی جمع آوری شده
۲۱۵	۱-۸ جداسازی
۲۱۶	۲-۸ دفع مواد زائد مربوط به آلودگی نفتی
۲۱۷	۳-۸ تصفیه خاک و آب آلوده
۲۱۷	۱-۳-۸ تصفیه خاک
۲۱۷	۱-۱-۳-۸ استخراج بخار مواد نفتی از خاک
۲۱۹	۲-۱-۳-۸ تهویه زیستی
۲۲۳	۳-۱-۳-۸ گیاه پالایی
۲۲۴	۴-۱-۳-۸ زمین مزرعه
۲۲۶	۵-۱-۳-۸ سلول و توده زیستی
۲۲۸	۶-۱-۳-۸ واجدبی حرارتی در دمای کم
۲۳۰	۷-۱-۳-۸ شست و شوی خاک
۲۳۰	۸-۱-۳-۸ استفاده از هیدروژن پراکساید
۲۳۱	۹-۱-۳-۸ استفاده از تزریق بخار
۲۳۱	۲-۳-۸ تصفیه آب زیر زمینی آلوده به مواد نفتی
۲۳۲	۱-۲-۳-۸ روش ترانشه بازیافت
۲۳۳	۸-۳-۲-۲ روش سرباره گیری
۲۳۵	۳-۲-۳-۸ روش پمپ مکشی

۲۳۶	..... روش استخراج به وسیله خلاء	۴-۲-۳-۸
۲۳۶	..... روش مکش زیستی	۵-۲-۳-۸
۲۳۷	..... روش تزریق هوا	۶-۲-۳-۸
۲۳۷	..... روش زیست پالایی	۷-۲-۳-۸
۲۳۸	..... روش حذف به کمک هوا	۸-۲-۳-۸
۲۳۸	..... روش جذب توسط کربن فعال	۹-۲-۳-۸
۲۳۹	..... روش آبیاری افشان	۱۰-۲-۳-۸
۲۳۹	..... روش تصفیه بیولوژیکی	۱۱-۲-۳-۸
۲۴۰	..... معیارهای پذیرش خاک و آب تصفیه شده	۴-۸
۲۴۰	..... معیارهای پذیرش خاک	۱-۴-۸
۲۴۷	..... معیارهای پذیرش آب	۲-۴-۸
۲۵۱	..... مراجع	
۲۵۵	..... فهرست راهنما	
۲۶۱	..... واژه نامه انگلیسی به فارسی	

فهرست بخش دوم

راهنمای پایش و بهسازی آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث جاده ای حمل و نقل مواد شیمیایی

۲۷۱	.....	مقدمه
۲۷۳	.....	اهداف
۲۷۴	.....	اصطلاحات و تعاریف
۲۸۰	.....	۱- ترکیبات شیمیایی در حمل و نقل جاده ای
۲۸۰	.....	۱-۱ ترکیبات شیمیایی مطرح در حمل و نقل جاده ای
۲۸۳	.....	۲- شناسایی مواد شیمیایی از روی شناسه مخصوص حمل و نقل محصولات خطرناک (پلاک ADR)
۲۹۴	.....	۳-۱ وضعیت حمل و نقل جاده ای ترکیبات شیمیایی در کشور ایران
۲۹۶	.....	۴-۱ وضعیت حوادث جاده‌های حمل مواد شیمیایی در ایران و جهان
۳۰۰	.....	۵-۱ اثرات تخلیه ترکیبات شیمیایی بر آب و خاک
۳۰۵	.....	۶-۱ طبقه بندی حوادث آلودگی آب
۳۰۷	.....	۷-۱ طبقه بندی حوادث آلودگی خاک
۳۱۰	.....	۸-۱ مسیرهای مواجهه انسان و جانداران با آلاینده‌های آب و خاک
۳۱۱	.....	۲- ارزیابی سریع حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی
۳۱۱	.....	۱-۲ الزامات اجرای اقدام سریع در ارزیابی حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی
۳۱۳	.....	۲-۲ گروه مسئول ارزیابی سریع
۳۱۳	.....	۳-۲ سیاهه ارزیابی سریع
۳۲۱	.....	۴-۲ اجرای ارزیابی سریع حوادث جاده ای
۳۲۱	.....	۱-۴-۲ استقرار سیستم هشدار سریع (EWS) حوادث جاده ای
۳۲۴	.....	۲-۴-۲ دستورالعمل عملیات واکنش سریع در حوادث جاده ای
۳۲۶	.....	۳-۴-۲ اعضاء گروه و تجهیزات ضروری گروه واکنش سریع
۳۲۹	.....	۵-۲ اجرای ارزیابی ریسک
۳۳۰	.....	۱-۵-۲ طبقه بندی ریسک تخلیه ترکیبات شیمیایی در آب و خاک
۳۳۳	.....	۲-۵-۲ مدیریت ریسک
۳۳۵	.....	۳- پایش آلودگی آب و خاک در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

۳۳۵	۱-۳ تعیین هدف پایش
۳۳۸	۲-۳ تعیین استراتژی پایش آلودگی در آب و خاک
۳۳۹	۳-۳ تعیین محدوده و وسعت منطقه پایش
۳۴۰	۴-۳ پارامترهای پایش در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی
۳۴۲	۵-۳ نیروی انسانی مورد نیاز جهت پایش کیفی منابع آب و خاک
۳۴۲	۶-۳ پایش آب در رودخانه ها و نهرها
۳۴۲	۱-۶-۳ تعداد نمونه آب
۳۴۴	۲-۶-۳ ایستگاه نمونه برداری در رودخانه ها
۳۴۵	۷-۳ پایش آب در دریاچه ها و مخازن ذخیره
۳۴۶	۸-۳ پایش آب های زیر زمینی
۳۴۶	۱-۸-۳ تعداد نمونه و مکان یابی نمونه برداری از آب های زیرزمینی
۳۴۹	۹-۳ پایش خاک های آلوده در حوادث جاده ای
۳۴۹	۱-۹-۳ تعداد نمونه خاک در پایش خاک های آلوده به ترکیبات شیمیایی
۳۵۳	۲-۹-۳ تعداد نمونه مورد نیاز برای تعیین میانگین غلظت آلودگی
۳۵۳	۳-۹-۳ عمق نمونه برداری از خاک
۳۵۶	۱۰-۳ شرایط ظروف نگهداری و انتقال نمونه آب و خاک
۳۵۹	۱۱-۳ اقدامات موثر برای کاهش خطا در پایش آب و خاک
۳۶۴	۱۲-۳ هزینه اجرای برنامه پایش و بهسازی آب و خاک
۳۶۷	۴- حدود مجاز آلاینده ها در آب و خاک
۳۶۷	۱-۴ حدود مجاز آلاینده ها در آب
۳۷۷	۲-۴ حدود مجاز آلاینده ها در خاک
۳۹۳	۵- بهسازی آب و خاک
۳۹۴	۱-۵ اقدامات کنترلی جهت ممانعت از انتشار آلودگی در مبدا
۳۹۴	۱-۱-۵ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی جامد تخلیه شده به خاک
۳۹۶	۲-۱-۵ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی مایع تخلیه شده به خاک
۳۹۷	۳-۱-۵ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با کاربرد بوم ها
۳۹۸	۴-۱-۵ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با کاربرد کف گیرها
۴۰۰	۵-۱-۵ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با کاربرد جاذب ها
۴۰۱	۶-۱-۵ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با استفاده از شناورهای ویژه مقابله با آلودگی
۴۰۱	۷-۱-۵ ساخت زهکش ها جهت کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی

۴۰۲	.....	۲-۵ بهسازی آب و خاک آلوده
۴۰۳	.....	۱-۲-۵ خاک شویی Soil flushing
۴۰۶	.....	۲-۲-۵ استخراج مکشی خاک (vacuum extraction soil)
۴۰۷	.....	۳-۲-۵ تزریق هوا
۴۱۰	.....	۴-۲-۵ اصلاح زیستی دوغابی Slurry phase biological
۴۱۱	.....	۵-۲-۵ شخم زدن Land farming
۴۱۲	.....	۶-۲-۵ اکسیداسیون شیمیایی Chemical oxidation
۴۱۲	.....	۱-۶-۲-۵ اصلاح شیمیایی خاک آلوده به سموم
۴۱۴	.....	۲-۶-۲-۵ اصلاح شیمیایی خاک آلوده به فلزات سنگین
۴۱۸	.....	۷-۲-۵ اصلاح زیستی در محل با کاربرد میکروارگانیسم ها
۴۲۰	.....	۸-۲-۵ اصلاح توسط گیاه
۴۲۲	.....	۹-۲-۵ کاربرد فرآورده‌های هیبریدی ازدیاد دوتایی در اصلاح زیستی همزمان
۴۲۴	.....	۱۰-۲-۵ کمپوست کردن Composting
۴۲۵	.....	۱۱-۲-۵ پمپاژ و تصفیه لایه آبد
۴۲۶	.....	۱۲-۲-۵ اصلاح لایه آبد با مواد فعال کننده سطحی اضافی
۴۲۹	.....	مراجع

بخش اول:

راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و
خاک ناشی از حوادث خطوط انتقال نفت

مؤلف:

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	محل خدمت
دکتر عباس شاهسونی	استادیار	دانشکده بهداشت و ایمنی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی

کمیته فنی تدوین راهنما به ترتیب حروف الفبا:

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی / سمت	محل خدمت
دکتر نوشین راستکاری	استاد / عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست / دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
مهندس شمس السادات قطبی	مؤلف دوم	شرکت مهندسی آب و فاضلاب شیراز
دکتر سیمین ناصری	استاد / عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست / دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
مهندس سعیده همتی برجی	کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط / عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست

اصطلاحات

اسکیمر (رویه گیر)^۱

تجهیزات مکانیکی که برای حذف مواد نفتی از سطح آب طراحی شده اند.

امولسیون شدن^۲

یک امولسیون از دو مایع امتزاج ناپذیر (معمولاً روغن و آب) تشکیل شده است که یکی از آنها به صورت قطرات ریز در دیگری پراکنده شده است.

انتشار^۳

پدیده ای است که پخش ناشی از حرکت اتفاقی مولکول ها از غلظت بیشتر به غلظت های پایین را توصیف می کند.

بازرسی بر مبنای ریسک (خطر)^۴

این نوع بازرسی جهت مدیریت خطر و اولویت بندی تجهیزات براساس میزان خطر ایجاد شده است. بازرسی بر مبنای خطر یک روش نوین در مدیریت بازرسی بوده و از ارزیابی خطر به منظور برنامه ریزی، توجیه و تفسیر نتایج حاصل از بازرسی، آزمایش و پایش استفاده می نماید.

بازرسی چشمی^۵

عبارت از بررسی لکه های نشان دهنده آلودگی نفتی در خاک است. این روش هنگامی که آلودگی مربوط به هیدروکربن های نفتی سنگین باشد و یا غلظت آلودگی زیاد باشد، موثرتر خواهد بود.

1. Skimmer

2. Emulsification

3. Spreading

4. Risk Based Inspection

5. Visual Screening

بازرسی فنی^۱

اقداماتی است که توسط متخصصین آشنا به فن بازرسی فنی جهت عیب یابی، تعیین وضعیت دستگاه ها و حصول اطمینان به ایمنی بهره برداری از آنها اعمال می گردد.

بازرسی میدانی^۲

بازرسی میدانی به نوعی مکمل و هدایت کننده عملیات مشخص کردن خصوصیات محل آلودگی است. این روش اطلاعات واقعی و به موقع در خصوص محل آلودگی فراهم کرده و منجر به تصمیم گیری بهتر، صرفه جویی در وقت و زمان می گردد.

بوم^۳

موانع مکانیکی شناوری هستند که جهت متوقف کردن و یا هدایت حرکت آلودگی نفتی در آب استفاده می شوند.

پخش / پراکندگی^۴

پخش / پراکندگی مواد نفتی که بر اثر انتقال ذرات آب در داخل ستون آبی به وسیله امواج و جریان های گردابی رخ می دهد.

ترکیبات آلی فرار^۵

ترکیبات شیمیایی آلی هستند که در دمای اتاق دارای فشار بخار بالایی هستند. این فشار بخار بالا که به دلیل پایین بودن نقطه جوش این مواد است موجب می شود که تعداد مولکول های قابل توجهی از این مواد در اثر فرایند تبخیر و یا تصعید به حالت گاز در آمده و در هوای اطراف منتشر شوند.

1. Technical Inspection

2. Field Screening

3. Boom

4. Natural Dispersion

5. Volatile Organic Compounds (VOCs)

تهویه زیستی^۱

در این روش تجزیه زیستی ترکیبات هیدروکربنی، از طریق تزریق اکسیژن به منطقه اشباع نشده خاک و افزایش فعالیت میکروارگانیسم های موجود، تسریع می گردد.

جابجایی افقی^۲

انتقال اجزای شیمیایی توسط جریان آب زیرزمینی را جابجایی افقی می گویند.

جامد سازها^۳

محصولاتی متشکل از پلیمرهای با وزن ملکولی بالا و خشک هستند که دارای سطحی متخلخل و روغن دوستی بالا می باشند. اینگونه مواد پیوند فیزیکی را بین خود و مواد نفتی تشکیل می دهند. با این عمل ویسکوزیته نفت شروع به افزایش کرده و به شکل جامدی لاستیک مانند تغییر شکل می دهد.

حادثه^۴

یک رویداد خارجی مشخص، قابل شناسایی، ناگه و غیر قابل پیش بینی، غیر عادی و بدون قصد است که در یک زمان و مکان ویژه رخ می دهد و بدون دلیل آشکار است، اگرچه اثری مشخص دارد. یک حادثه معمولاً احتمال نتیجه منفی و ناگواری دارد که با آگاهی از دلایل رویدادی که حادثه را می آفریند و انجام کار مناسب پیش از رویداد، می توان از آن جلوگیری و پیشگیری نمود.

حلالیت^۵

حلالیت معیاری از میزان نفتی است که به صورت مولکولی در آب حل می شود. از آنجایی که بخشی از نفت که در آب حل می شود برای موجودات آبرزی سمی می باشد. این ویژگی حائز اهمیت است.

1. Soil Flushing
2. Advection
3. Solidifiers
4. Accident
5. Solubility

خط لوله انتقال

به مجموع لوله هایی که وظیفه رساندن سیالات (نفت یا گاز) را از نقطه ای به نقطه دیگر دارند، خطوط انتقال گویند. انتقال نفت به کمک لوله، یکی از مراحل استخراج نفت می باشد. این لوله ها نفت و گاز را به واحد بهره برداری، تقطیر، پالایشگاه و یا پایانه جهت صدور منتقل می کند. خطوط لوله ۳ نقش را عهده دار هستند: ۱- به منظور جمع آوری نفت از چاه های نفت ۲- حمل مواد هیدروکربنی خام یا فرآورده در لوله های با قطر بالا ۳- توزیع فرآورده ها در لوله های با قطر پایین و رساندن محصولات به دست مصرف کننده.

زمین مزرعه^۱

یک روش تصفیه بیولوژیکی بوده که سمیت ترکیبات آلی موجود در خاک را از طریق بهبود فرایند تجزیه میکربی، کاهش می دهد.

شست و شوی خاک^۲

در این روش از مایعات (معمولاً آب و گاهی اوقات مخلوطی از آب و حلال ها) و فرایندهای مکانیکی برای شستن خاک استفاده می شود.

گیاه پالایی^۳

در این روش از گیاهان برای حذف آلودگی خاک استفاده می شود.

نقطه سیلان^۴

پایین ترین دمایی که در آن مواد نفتی جریان پیدا می کند. در کمتر از این دما مواد نفتی به صورت ماده ای نیمه جامد در می آید.

1. Land Farming
2. Soil Washing
3. Phytoremediation
4. Pour Point

نشت نفت^۱

نشت نفت باعث آزاد شدن یک هیدروکربن نفت مایع به محیط زیست، به ویژه در مناطق دریایی، به دلیل فعالیت بشر است و یک شکل از آلودگی است. این اصطلاح معمولاً برای جایی که نفت به آب های اقیانوس یا آب های ساحلی رها می شود، اما نشت نفت ممکن است روی زمین نیز رخ دهد. نشت نفت ممکن است به علت رهایی نفت خام از تانکرها، سکوهای حفاری دریایی و چاه ها و نیز نشت فرآورده های نفتی تصفیه شده (مانند بنزین، دیزل) و محصولات جانبی آن، سوخت های سنگین مورد استفاده توسط کشتی های بزرگ مانند سوخت بونکر، و یا ریختن هر نوع نفت خام یا روغن پسماند.

واجبای حرارتی در دمای کم^۲

فرایندی است که پس از خاک برداری از محل آلوده، آن را بین ۹۳ تا ۳۱۵ درجه سلسیوس حرارت داده تا آب و ترکیبات آلی آن از خاک جدا گردد.

هوازدگی نفت^۳

مجموع فرایندهای فیزیکی و بیولوژیکی منجر به پدیده ای به نام هوازدگی نفت شده که به صورت تغییراتی در ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی آن در طی زمان مشاهده می گردد.

هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای^۴

به دسته ای از هیدروکربن های آروماتیک گفته می شود که شامل دو یا بیش از دو حلقه بنزنی تشکیل شده باشد. در ساختار این ترکیب ها چند اتم کربن وجود دارند که مشترک اند. همچنین این ترکیب های چند حلقه ای آروماتیک، بسیاری از خواص شیمیایی بنزن را نشان می دهند.

1. Oil Spill
2. Low-Temperature Thermal Desorption (LTTD)
3. Weathering of the oil
4. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

۱- مقدمه

آسیب پذیری بالای محیط زیست به خصوص منابع آب و خاک از نشت نفت و مواد خطرناک، در تجارب متعددی در داخل و خارج از کشور به اثبات رسیده است. هزینه‌های زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی گزاف ناشی از نشت نفت لزوم تدوین راهنمایی با هدف پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت را مشخص کرده است.

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها، استانداردها و راهنماها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است.

«راهنمای پایش، بهسازی و کاهش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت» در مورد مدیریت حوادث آلودگی های نفتی و کنترل آلودگی آب و خاک است. این راهنما به منظور استفاده در فعالیت های مربوط به حفاظت آب و خاک در برابر حوادث ناشی از نشت نفت از خطوط لوله انتقال نفت تهیه شده است.

۲- هدف

در سال های اخیر وقوع حوادث متعدد نشت نفت از خطوط لوله انتقال، منجر به آلودگی منابع آب و خاک شده است. عمده این حوادث به دلیل طول عمر بالای خطوط لوله، عدم رعایت اصول طراحی و اجرا و عدم وجود سیستم نظارت صحیح در این زمینه بوده است. با توجه به اجتناب ناپذیر بودن حوادث خطوط لوله انتقال نفت و آلودگی های ناشی از آن، تدوین راهنمایی در این زمینه ضروری به نظر می رسد.

گسترده گی و تنوع حوادث احتمالی، محدود کردن مرزهای تدوین این راهنما را اجتناب ناپذیر نموده است. لذا تمرکز تیم کارشناسی بر حوادث ناشی از خطوط لوله انتقال نفت و آلودگی های ناشی از آن در منابع آب و خاک بوده است. راهنمای حاضر اهداف

زیر را در نظر داشته است:

- ارائه روش‌های پایش آلودگی منابع آب و خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت
- ارائه روش‌های مقابله و کنترل آلودگی‌های نفتی حاصل از این حوادث در منابع آب و خاک
- ارائه روش‌های پاکسازی و بهسازی منابع آب و خاک
- ارائه روش‌های حذف آلودگی و تصفیه آب و خاک آلوده به مواد نفتی

۳- دامنه کاربرد

خطوط لوله انتقال نفت می‌تواند حجم زیادی از مواد خطرناک را به سرعت، نسبتاً ارزان و قابل اعتماد و با اثرات نسبتاً کمی بر محیط زیست (حداقل در مقایسه با سایر روش‌های حمل و نقل) انتقال دهد. اگرچه خطوط لوله انتقال به عنوان ایمن‌ترین و اقتصادی‌ترین راه حمل مقادیر زیادی از مواد خطرناک (قابل اشتعال، منفجره و / یا سمی) در نظر گرفته شده‌اند، اما می‌توانند تهدیدی بالقوه برای آلودگی محیط زیست باشند. این امر در صورت وقوع حادثه در خطوط لوله و انتشار محتویات آن صورت می‌گیرد. در واقع با انتشار آلاینده‌های نفتی، هیدروکربن‌ها در تماس با خاک و آب‌های زیر زمینی قرار گرفته و خواص فیزیکی و شیمیایی آنها را تغییر می‌دهند. میزان تغییر بستگی به ترکیب خاص و کمیت هیدروکربن ریخته شده و همچنین ویژگی‌های خاک و آب دارد (۱). بنابراین به منظور محافظت از محیط زیست، شناسایی و اتخاذ اقدامات مناسب و پیشگیرانه و یا کاهش دهنده الزامی است. با توجه به این ملاحظات راهنمای حاضر جهت پایش، بهسازی و کاهش آلودگی ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت در آب و خاک تهیه گردیده است. سعی بر آن بوده که در این راهنما موارد مربوط به مدیریت آلودگی‌های نفتی ناشی از حوادث خطوط انتقال نفت، حفاظت منابع آبی و خاکی از این آلودگی‌ها و بهسازی محل‌های آلوده بعد از حادثه آورده شود. در ابتدا لازم است مطالبی در مورد نفت و ترکیبات آن آورده شود.

۴- نفت و ویژگی های آن

نفت واژه ای عمومی است که طیف وسیعی از مواد مختلف طبیعی با منشاء گیاهان، جانوران، مواد معدنی و همچنین گستره وسیعی از مواد سنتزی را شامل می شود. انواع نفت های مختلف از صدها ترکیب اصلی و هزاران جزء کوچک تر تشکیل شده اند. هر نوع نفت و یا محصولات نفتی خواص و ویژگی های منحصر به فردی دارد. این ویژگی ها بر رفتار نفت هنگام ایجاد آلودگی تاثیر گذاشته و تعیین کننده اثرات نفت بر زندگی موجودات زنده در محیط بوده و بر کارایی عملیات پاکسازی موثر می باشد (۲).

۴-۱ ترکیب نفت

نفت خام مخلوطی از ترکیبات هیدروکربنی با گستره ای از ترکیبات سبک فرار تا ترکیبات سنگین غیر فرار را شامل می شود. این مخلوط از ترکیبات، با توجه به زمین شناختی منطقه ای که تشکیل شده و یا نفت در آن یافت شده مختلف بوده و بر ویژگی های نفت تاثیر می گذارد. به عنوان مثال نفت خامی که عمدتاً شامل ترکیبات سنگین است، ویسکوزیته و چگالی بالایی دارد. محصولات نفتی مانند بنزین و یا گازوئیل ترکیبی از مواد کوچک تر بوده و به همین دلیل خصوصیات ویژه ای داشته و تغییرات کمتری نیز دارند.

دو عنصر اصلی تشکیل دهنده نفت هیدروژن و کربن می باشد. همچنین نفت حاوی مقادیر مختلف گوگرد، نیتروژن، اکسیژن و برخی مواقع نمک های معدنی و مقادیر خیلی کم فلزاتی مانند نیکل، وانادیم و کروم است. به طور معمول هیدروکربن هایی که در نفت وجود دارند را بر اساس ساختار آنها مشخص می کنند. ساختارهای مشاهده شده در هیدروکربن های موجود در نفت عبارتند از اشباع، آروماتیک و ترکیبات قطبی.

گروه اشباع ترکیبات نفت عمدتاً شامل آلکان ها بوده که فقط از هیدروژن و کربن

تشکیل شده اند. به دلیل اینکه کربن ها با هیدروژن اشباع شده اند (حداکثر تعداد هیدروژن در اطراف کربن وجود دارد) از عبارت اشباع برای این ترکیبات استفاده می شود. این گروه همچنین شامل آلکان های حلقوی هستند که از کربن و هیدروژن تشکیل شده اند اما اتصال کربن ها به هم به گونه ای است که تشکیل حلقه می دهند. ترکیبات اشباع بزرگ تحت عنوان واکس ها شناخته می شوند.

اولفین ها یا ترکیبات غیراشباع، گروهی دیگر از ترکیبات هستند که تعداد هیدروژن کمتری دارند. این ترکیبات حداقل یک پیوند دوگانه کربن-کربن دارند که جایگزین دو اتم هیدروژن شده است. مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات فقط در محصولات پالایش شده وجود دارد.

ترکیبات آروماتیک حداقل دارای یک حلقه بنزن شش کربنه هستند. سه پیوند دوگانه کربن-کربن در اطراف حلقه جابجا شده و باعث پایداری این ترکیبات می شود. به همین دلیل بنزن در محیط بسیار مقاوم بوده و اثرات سمی دارد.

ترکیبات معمول کوچکتر و فرارتر که در نفت مشاهده می شوند تحت عنوان BTEX یا بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن ها شناخته می شوند. هیدروکربن های پلی آروماتیک یا PAHs ترکیباتی هستند که حداقل دو حلقه بنزن دارند. این گروه از صفر تا ۶۰ درصد ترکیب نفت را تشکیل می دهند.

ترکیبات قطبی به دلیل وجود پیوند کربن با عناصری مانند گوگرد، نیتروژن و یا اکسیژن دارای بار مولکولی قابل توجهی هستند. قطبیت یا بار مولکول باعث رفتارهایی شده که تحت شرایطی آنها را از ترکیبات غیر قطبی متمایز می کند. در صنعت نفت ترکیبات کوچک قطبی رزین نامیده شده که عامل اصلی چسبندگی نفت هستند. ترکیبات قطبی بزرگ آسفالتن نامیده می شوند. آسفالتن ها مولکول های بزرگی دارند و وجود مقدار زیادی از آنها در نفت تاثیر قابل توجهی بر رفتار نفت خواهد داشت (۲).

در این راهنما منظور از مواد نفتی ترکیباتی مانند بنزین^۱، گازوئیل^۲، نفت خام سبک^۳، نفت خام سنگین^۴، سوخت حد واسط^۵، سوخت بونکر^۶، امولسیون نفت خام^۷ می باشد. ترکیب هیدروکربنی موجود در مواد مختلف نفتی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: ترکیب هیدروکربن های مختلف در انواع مواد نفتی (۲)

گروه	ترکیب	درصد بنزین	گازوئیل	نفت خام سبک	نفت خام سنگین	سوخت حد واسط (IFO)	بونکرسی
اشباع		۶۰ تا ۵۰	۹۵ تا ۶۵	۹۰ تا ۵۵	۸۰ تا ۲۵	۳۵ تا ۲۵	۳۰ تا ۲۰
	آلکان ها	۵۵ تا ۴۵	۴۵ تا ۳۵				
	سیکلوآلکان ها	۵	۵۰ تا ۳۰				
	واکس ها		۱ تا ۰	۲۰ تا ۰	۱۰ تا ۰	۱۰ تا ۲	۱۵ تا ۵
اولفین ها		۱۰ تا ۵	۱۰ تا ۰				
آروماتیک ها		۴۰ تا ۲۵	۲۵ تا ۵	۳۵ تا ۱۰	۴۰ تا ۱۵	۶۰ تا ۴۰	۵۰ تا ۳۰
	BTEX	۲۵ تا ۱۵	۲۰ تا ۰٫۵	۲٫۵ تا ۰٫۱	۲٫۰ تا ۰٫۱	۱٫۰ تا ۰٫۰۵	۱٫۰ تا ۰٫۰۰
	PAHs		۵ تا ۰	۳۵ تا ۱۰	۴۰ تا ۱۵	۶۰ تا ۴۰	۵۰ تا ۳۰
ترکیبات قطبی			۲ تا ۰	۱۵ تا ۱	۴۰ تا ۵	۲۵ تا ۱۵	۳۰ تا ۱۰
	رزین ها		۲ تا ۰	۱۰ تا ۰	۲۵ تا ۲	۱۵ تا ۱۰	۲۰ تا ۱۰
	آسفالتن ها			۱۰ تا ۰	۲۰ تا ۰	۱۰ تا ۵	۲۰ تا ۵
فلزات				۲۵۰ تا ۳۰	۵۰۰ تا ۱۰۰	۱ تا ۱۰۰	۱۰۰ تا ۲۰۰۰
گوگرد		۰٫۰۲	۰٫۵ تا ۰٫۱	۲ تا ۰	۵ تا ۰	۲٫۰ تا ۰٫۵	۴ تا ۲

1. Gasoline
2. Diesel Fuel
3. Light Crude Oil
4. Heavy Crude Oil
5. Intermediate Fuel Oil (IFO)
6. Bunker Fuel
7. Crude Oil Emulsion

۴-۱-۱-۱ خصوصیات فیزیکی نفت

خصوصیات فیزیکی نفت شامل ویسکوزیته، دانسیته، حلالیت، نقطه اشتعال، نقطه سیلان، نقطه جوش، کشش سطحی، چسبندگی و میزان ترکیبات آروماتیک می باشد. که در ادامه تاثیر هر یک از این خصوصیات بر رفتار نفت آورده شده است.

۴-۱-۱-۱-۱ ویسکوزیته^۱

ویسکوزیته نفت توسط مقدار اجزای سبک و سنگین تشکیل دهنده آن تعیین می شود. مقدار بیشتر اجزای سبک مانند ترکیبات اشباع و مقدار کمتری از آسفالتن ها، ویسکوزیته را کاهش می دهند. همانند سایر ویژگی های فیزیکی، ویسکوزیته نیز تحت تاثیر دما قرار داشته و کاهش دما باعث افزایش ویسکوزیته می شود. برای اغلب مواد نفتی ویسکوزیته با لگاریتم دما تغییرات قابل توجهی دارد. مواد نفتی که در دمای بالا به راحتی جریان پیدا می کنند، در دمای پایین تبدیل به توده ویسکوز خواهد شد. به عبارتی از جنبه پاک سازی آلودگی نفت این ویژگی بر رفتار نفت موثر است. مواد نفتی ویسکوز ب راحتی پخش نمی شوند، در خاک نفوذ نمی کنند و بر کارایی پمپ ها و جمع کننده های سطحی / اسکیمرها جهت جابجا کردن نفت تاثیر می گذارند.

۴-۱-۱-۲ دانسیته^۲

این ویژگی در صنعت نفت برای بیان سبک و یا سنگین بودن نفت به کار می رود. از آنجایی که دانسیته مشخص می نماید که آیا نفت بر روی آب شناور مانده و یا به ته آب فرو می رود، مهم می باشد. دانسیته آب در ۱۵ درجه سلسیوس ۱/۰ گرم بر سانتی متر مکعب بوده و دانسیته اغلب مواد نفتی در محدوده ۰/۷ تا ۰/۹۹ گرم بر سانتی متر مکعب است، اغلب این مواد بر روی سطح آب شناور می مانند. دانسیته آب دریا ۱/۰۳ گرم بر سانتی متر مکعب بوده بنابراین مواد نفتی سنگین تر نیز اغلب روی آب باقی می مانند. با گذشت زمان و تبخیر اجزاء سبک تر، دانسیته نفت

1. Viscosity

2. Density (specific gravity)

افزایش پیدا می کند.

گاهی اوقات هنگامی که دانسیته مواد نفتی بیشتر از آب شیرین و یا آب دریا می شود، این مواد در آب ته نشین می شوند. این پدیده بندرت و فقط در مورد مواد نفتی باقیمانده مانند بونکرسی رخ می دهد. از هر ۱۰۰۰ حادثه نفتی فقط ۲۵ مورد منجر به ته نشینی در آب می شود (۲).

وزن مخصوص (چگالی نسبی) نسبت دانسیته نفت به دانسیته آب در ۱۵ درجه سلسیوس است. از مقیاس های دیگر وزن مخصوص، مقیاس مربوط به موسسه مواد نفتی آمریکا است. وزن API^۱ بر اساس دانسیته آب خالص بوده که در این مقیاس مقدار قراردادی ۱۰ را دارد (درجه ی ۱۰)، مواد نفتی که وزن مخصوص کمتری دارند، مقدار وزن API آنها بیشتر است. فرمول زیر برای محاسبه وزن API به کار می رود:

$$API = 141.5 \left[\frac{141.5}{\text{وزن سلسیوس}} \right] - 131.5$$

مواد نفتی با دانسیته بالاتر وزن API کمتری دارند.

۴-۱-۱-۴ حلالیت^۲

حلالیت معیاری از میزان نفتی است که به صورت مولکولی در آب حل می شود. حلالیت ویژگی مهمی است زیرا بخشی از نفت که در آب حل می شود برای موجودات آبی سمی می باشد (به خصوص در غلظت های زیاد). میزان مواد نفتی که در اثر حل شدن از دست می رود (حذف می شود) در مقایسه با میزان حذف شده طی پدیده تبخیر بسیار کم است. در حقیقت حلالیت نفت در آب بسیار کم است (معمولا ۱۰۰ قسمت در میلیون).

۴-۱-۱-۴ نقطه اشتعال^۳

مایعاتی که نقطه اشتعال آن کمتر از ۶۰ درجه سلسیوس باشد، قابل اشتعال / آتش گیر هستند. نقطه اشتعال مواد نفتی طیف گسترده ای دارد. بنزین تحت هر شرایط

1. American Petroleum Institute
2. Solubility
3. Flash Point

محیطی مشتعل می گردد و هنگامی که در محیط پخش می گردد خطرات جدی ایجاد می کند. برخی از ترکیبات نفتی خام دارای مواد فرار زیادی بوده و ممکن است تا یک روز نیز قابل اشتعال باشند تا زمانی که بیشتر مواد فرار آن تبخیر گردد (۲).

۴-۱-۱-۵ نقطه سیلان^۱

نقطه سیلان پایین ترین دمایی است که در آن مواد نفتی جریان پیدا می کند. در کمتر از این دما مواد نفتی به صورت ماده ای نیمه جامد در می آید. از آنجایی که دمای محیط متغیر است مواد نفتی پخش شده ممکن است به صورت سیال یا نیمه جامد در آیند. این ویژگی در ارزیابی اینکه مواد نفتی در لایه های زمین نفوذ کرده و یا بر روی سطح زمین حرکت می کند مهم می باشد.

۴-۱-۱-۶ نقطه جوش^۲

نقطه جوش، دمایی است که در آن مواد نفتی تبخیر می شوند. برخی از ترکیبات سبک در دمای کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس تبخیر می شوند. با تبخیر این بخش سبک از مواد نفتی مواد باقیمانده کاهش حجم داشته، دانسیته و ویسکوزیته آن افزایش می یابد.

۴-۱-۱-۷ کشش سطحی^۳

این ویژگی کنترل کننده سرعت پخش مواد نفتی است. مواد نفتی که دارای کشش سطحی کم می باشند، سریعاً پخش شده و در نتیجه سطح بیشتری از آنها در معرض هوازدگی قرار می گیرد. کشش سطحی تا حدودی توسط دمای محیط کنترل شده و با افزایش دما کاهش می یابد.

1. Pour Point
2. Boiling Point
3. Surface Tension

۴-۱-۱-۸ چسبندگی^۱

این ویژگی تعیین کننده این است که مواد نفتی به موادی که در تماس با آنها قرار می گیرند می چسبند یا خیر.

۴-۱-۱-۹ میزان ترکیبات آروماتیک^۲

ترکیبات آروماتیک بسیار سمی بوده و حلالیت بالایی داشته که موجب افزایش اثرات سمی آنها می گردد. این ترکیبات نسبت به هیدروکربن های دیگر فرارتر هستند. باید به این نکته مهم توجه کرد که این ویژگی ها و شرایط محیطی که بر آنها تاثیر می گذارد در طی زمان تغییر کرده و بنابراین بایستی بطور مداوم پایش گردند. به عنوان مثال هنگامی که مواد نفتی به دلیل تبخیر دچار هوازدگی می شوند معمولا دانسیته آنها افزایش پیدا می کند و یا سرعت تبخیر با افزایش دما و سرعت باد زیادتر می گردد (۳).

۴-۲ رفتار مواد نفتی

۴-۲-۱ رفتار مواد نفتی در خاک

مواد نفتی پس از پخش شدن بر روی زمین، در جهت شیب زمین جریان پیدا می کند. معمولا جریان مواد نفتی ادامه یافته تا به یک منبع آب سطحی یا یک گودال در سطح زمین رسیده و یا اینکه در زمین جذب شوند. مواد نفتی جاری شده در سطح زمین می توانند جذب پوشش گیاهی موجود در سطح زمین شده و یا به درون زمین نفوذ نمایند. سرعت حرکت مواد نفتی و عمق نفوذ آنها به عوامل متعددی بستگی دارد. اگر آب زیر زمینی آلوده گردد معمولا آلاینده ها به صورت ستون آلودگی^۳ متمرکز می شوند. چون سرعت حرکت جریان آب زیر زمینی نسبتا کم است آلاینده ها مخلوط نشده و یا سریعا پخش نمی شوند. گاهی اوقات آلاینده های موجود در آب زیر زمینی وارد آب های سطحی می شوند (۳).

1. Adhesion

2. Aromatic Content

3. Plumes

به دنبال نفوذ مواد نفتی به زیر سطح زمین، هیدروکربن های موجود در آن به صورت ترکیبی از حالت جامد، مایع، محلول و فاز بخار در می آیند. در فاز مایع این ترکیبات ممکن است به اشکال زیر وجود داشته باشند:

- مایعات متحرک^۱ یا آزاد که در منطقه غیر اشباع به طرف پایین حرکت می کنند.
- مایعات باقیمانده غیر متحرک^۲ در منطقه غیر اشباع
- مایعات باقیمانده غیر متحرک که در منطقه اشباع محبوس شده اند.
- ترکیبات نفتی آزاد در سطح آب زیر زمینی

مقداری از ترکیبات نفتی که توسط لایه های زیر سطح زمین نگهداشته می شود تحت تاثیر برهمکنش مویین بین خاک و مواد نفتی است. به مقداری که می تواند در شرایط زهکش ثقلی نگهداشته شود، غالباً اشباع باقیمانده می گویند که میزان آن بستگی به اندازه ذرات خاک، نوع خاک، دانسیته سیال و کشش سطحی دارد. مقادیر متوسط غلظت هیدروکربن های باقیمانده در منطقه غیر اشباع جهت برخی از مواد نفتی و با توجه به نوع خاک در جدول ۲ آورده شده است (۴).

جدول ۲: غلظت معمول مواد نفتی باقیمانده در منطقه غیر اشباع (۴)

نفت کوره		محصولات میانی تقطیر		مواد نفتی		نوع خاک
mg/kg	L/m ^۳	mg/kg	L/m ^۳	mg/kg	L/m ^۳	
۴۸۰۰	۱۰	۲۲۰۰	۵	۹۵۰	۲/۵	قلوه سنگ
۱۵۰۰۰	۳۰	۸۵۰۰	۱۵	۲۸۰۰	۷/۵	ماسه سنگ
۳۹۰۰۰	۸۰	۱۷۰۰۰	۴۰	۷۵۰۰	۲۰/۰	ماسه / سیلت

بخش هایی از سطح زیر زمین که در آن فاز محلول مواد نفتی وجود دارند عبارتند از:

- آب نفوذ یافته درون منطقه غیر اشباع.

1. Mobile

2. Immobile

• لایه باقیمانده از آبی که سطح ذرات خاک را پوشانده و یا فضای منافذ درون خاک را پر کرده است.

• آب زیر زمینی موجود در منطقه اشباع.

محل هایی در زیر سطح زمین که بخارات مواد نفتی در آن وجود دارند عبارتند از:

• فضای منافذ موجود در منطقه غیر اشباع که توسط مایعات اشباع نشده است. که

• عمدتاً توزیع بخارات در این بخش صورت می گیرد. جابجایی بخارات در این مناطق بسیار زیاد است.

• ستون مواد نفتی آزاد.

• آب موجود در حاشیه مویینه و منطقه اشباع (شکل ۱)

همانطور که قبلاً ذکر شد مواد نفتی پخش شده و یا نشت یافته به زیر سطح زمین به صورت مواد نفتی آزاد، محلول در آب زیر زمینی و یا به صورت بخار هستند. برخی از فرایندهای اصلی موثر بر روی مواد نفتی در محیط هیدروژئولوژیکی عبارت از جذب (جذب سطحی^۱ و جذب شیمیایی^۲)، تجزیه شیمیایی، نفوذ (رقیق شدگی و پخش^۳)، تبخیر^۴ و تجزیه زیستی می باشند. این فرایندها از طریق پخش و یا نگهداری بر نرخ جابجایی آلاینده های نفتی در زیر سطح خاک اثر می گذارند. در ادامه فرایندهای فیزیکی و شیمیایی موثر بر روی سرنوشت و انتقال مواد نفتی شرح داده می شوند.

۴-۲-۱-۱ جذب سطحی

جذب سطحی عبارت از پیوند شیمیایی بین سطوح ترکیبات آلی (کربن آلی) و ترکیبات معدنی (ذرات رس) می باشد. جذب سطحی بستگی به تعادل شیمیایی، میزان کربن آلی موجود در خاک، ترکیب شیمیایی و مسیرهای ترجیحی دارد. ترکیبات

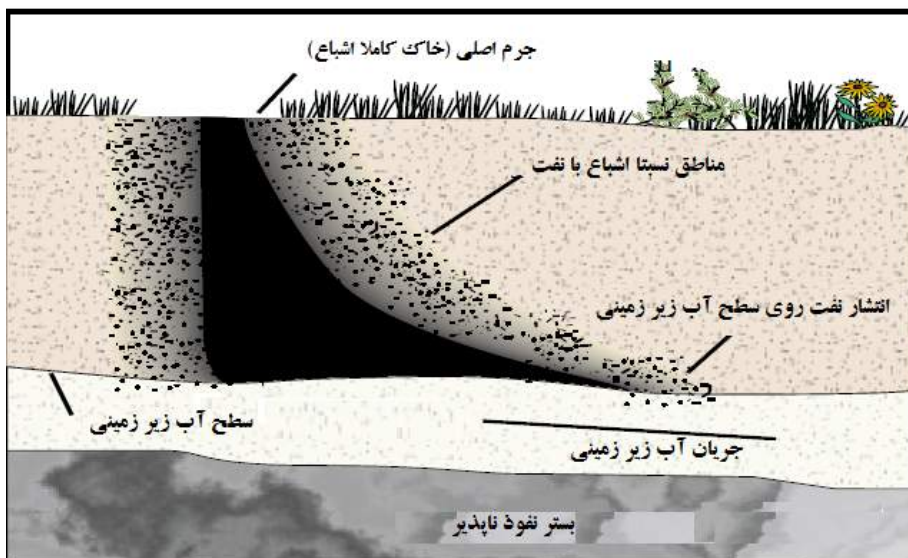
1. Adsorption

2. Absorption

3. Dilution and Dispersion

4. Volatilization

جذب نشده با آب زیر زمینی حرکت می کنند. جذب سطحی بر حرکت مواد شیمیایی در زیر زمین تاثیر دارد.



شکل ۱: شماتیک نفوذ نفت به داخل خاک (۲)

یک روش جهت مقایسه میزان جابجایی و جذب ترکیبات مختلف استفاده از مقادیر ضریب جذب نرمال کربن آلی (K_{oc}) است. مقدار ضریب جذب نرمال کربن آلی نشان دهنده میزان تمایل ترکیب آلی جهت جذب به خاک است. هرچه مقدار ضرایب جذب نرمال کربن آلی بیشتر باشد پتانسیل جذب ماده آلی به خاک بیشتر بوده و پتانسیل جابجایی ماده آلی کمتر است. در جدول ۳ مقادیر مربوط به K_{oc} برخی از ترکیبات موجود در نفت آورده شده است (۴).

1. Organic Carbon Normalized Sorption Coefficient

جدول ۳: ضرایب جذب نرمال کربن آلی مربوط به برخی از ترکیبات موجود در نفت (۴)

ضریب جذب نرمال کربن آلی (Koc)	جزء تشکیل دهنده
۵۶۸	نرمال پنتان
۱۰۹۷	نرمال هگزان
۲۳۶۱	نرمال هپتان
۵۰	بنزن
۳۳۹	تولوئن
۲۵۵	اورتو زایلن
۱۲۸۸	نفتالن
۸۹۱۰۰۰	بنزو-آ-پیرن

۲-۱-۲-۴ تجزیه شیمیایی

تجزیه شیمیایی عبارت از واکنش های شیمیایی که بطور طبیعی رخ داده و ممکن است منجر به کاهش ستون آلودگی گردد. بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن ها تحت تاثیر این فرآیند قرار نمی گیرند (۴).

۲-۱-۲-۴ نفوذ

نفوذ فرآیندی است که توسط آن جزء مولکولی و یا یونی در جهت گرادیان غلظت حرکت می کند. در صورت وجود گرادیان، میزان نفوذ بیشتر خواهد بود و از سمت غلظت بیشتر به سمت غلظت کمتر خواهد بود. ویژگی هایی مانند دما و دانسیته نیز می توانند موجب این فرآیند شوند.

انتقال اجزای شیمیایی توسط جریان آب زیر زمینی را جابجایی افقی^۱ می گویند. جابجایی افقی بستگی به مواد ژئولوژیکی، هدایت هیدرولیکی و سرعت جریان آب زیر زمینی دارد. پخش فرآیندی است که در نتیجه جابجایی افقی (در صورت عدم وجود جابجایی افقی، هیچ گونه پخشی صورت نمی گیرد) صورت می گیرد و معمولا

1. Advection

نتیجه جریان سیال در اطراف ذرات خاک است. پخش ممکن است در مقیاس ماکرو و یا میکرو صورت پذیرفته و اغلب به آن فرآیند اختلاط مکانیکی می گویند (۴).

۴-۱-۲-۴ تبخیر

تبخیر فرآیندی است که در طی آن ترکیب از حالت مایع به بخار یا گاز تبدیل می شود. از طریق آن ترکیبات از ستون آلودگی محلول در آب زیر زمینی و از طریق حاشیه مویینه به درون گازهایی موجود در خاک منطقه غیراشباع^۱ منتقل می شوند. تحت شرایط هیدروژئولوژیکی میزان آلاینده هایی مانند بنزن که بدین طریق منتقل می شوند بسیار کم می باشد. بهترین شرایط برای تبخیر در منطقه غیر اشباع و یا آب های زیر زمینی با عمق کم و دمای بالا است. تبخیر موجب جابجایی مواد آلوده به مناطقی می شود که اکسیژن بیشتری وجود داشته و امکان تجزیه زیستی فراهم است (۴).

۴-۱-۲-۵ فرایندهای بیولوژیکی

فرایندهای بیولوژیکی که موجب تجزیه مواد نفتی می گردند، اثرات قابل توجهی بر این آلاینده ها در خاک دارند. میکروارگانیسم های موجود در زیر سطح زمین معمولاً به صورت یک بیوفیلم تثبیت شده بر روی سطح مواد ژئولوژیک وجود دارند و در اغلب موارد این ارگانیسم ها می توانند از کربن و انرژی موجود در آلاینده های شیمیایی آلی به عنوان منبع غذایی استفاده کنند. این امر موجب تجزیه زیستی و یا انتقال زیستی مواد شیمیایی آلی می شود. بسیاری از میکروارگانیسم ها مانند باکتری ها و قارچ ها قادر به متابولیسم هیدروکربن های موجود در مواد نفتی به صورت جزئی و یا کامل هستند.

اکسیداسیون میکروبی اغلب توسط فعالیت باکتریایی انجام می شود که بستگی به گونه باکتریایی دارد. سرعت تجزیه ترکیبات سازنده مواد نفتی به طور قابل توجهی متفاوت بوده به طوری که بسیاری از آنها مانند نرمال آلکان ها، ایزو آلکان ها،

1. Aadose Zone

بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن ها و هیدروکربن های آروماتیک دو و سه حلقه ای به آسانی تجزیه شده و به آب و دی اکسید کربن تبدیل می گردند. در حالی که ترکیبات دیگری مانند سیکلو آلکان ها و هیدروکربن های آروماتیک حلقوی پیچیده تر، آهسته تر تجزیه می شوند.

تجزیه زیستی بستگی به شرایط مناسب محیطی در دسترس میکروارگانیسم ها دارد. برخی عوامل موثر در تجزیه زیستی شامل:

- ترکیب و اندازه جمعیت میکربی خاک.
- وجود منبع مناسب انرژی که از لحاظ زیستی در دسترس باشد (مانند کربن).
- وجود اکسیژن.
- شرایط مناسب خاک مانند pH بین ۶ تا ۹، دمای مناسب و میزان رطوبت بالا.
- وجود عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر، کلسیم، پتاسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، مس و روی
- سمیت و غلظت ترکیباتی که میکروارگانیسم ها در مواجهه با آن قرار دارند (جدول ۴).

دسترسی به اکسیژن مهمترین عامل محدود کننده تجزیه زیستی در شرایط طبیعی است (۴).

جدول ۴: ویژگی های ترکیبات نفتی گوناگون و اثرات آنها بر روی محیط خاک (۲)

تجزیه	نفوذ	چسبندگی	ویسکوزیته	تهدید آب	سمیت گیاهان	ترکیب نفتی
۴	۵	۱	۱	۵	۵	بنزین
۱	۴	۲	۲	۳	۲	گازوئیل
۲	۳	۳	۳	۴	۴	نفت سبک
۳	۲	۴	۴	۲	۳	نفت سنگین
۵	۱	۵	۵	۱	۱	بونکرسی

نکته: اعداد کوچک تر نشان دهنده شرایط مطلوب تر برای محیط زیست و بازیابی سریع تر پس از نشت است.

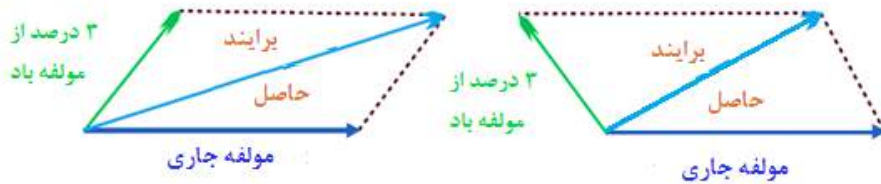
۴-۲-۲ رفتار مواد نفتی در آب

پس از ریختن نفت بر روی آب، نفت تمایل دارد که به صورت لکه هایی بر روی سطح آب قرار گیرد. این موضوع به خصوص در مورد محصولات سبک تر مانند بنزین، سوخت دیزل و نفت خام سبک صادق است که لکه های خیلی نازکی را به وجود می آورند. نفت خام سنگین تر و بونکرسی به صورت لکه هایی با ضخامت چند میلی متر ظاهر می شوند. نفت های سنگین تر می توانند گلوله یا پوشش قیری مانند، تشکیل دهند که ممکن است با چندین مرحله رقیق سازی نیز از بین نرود. به عنوان یک قانون عمومی لکه نفت با سرعت نسبتاً زیادی و بلافاصله پس از ریختن نفت، پخش می شود. در این مرحله لبه های بیرونی لکه معمولاً نازک تر از بخش داخلی بوده و ظاهری مانند تخم مرغ سرخ کرده دارد. پس از گذشت یک یا چند روز از پخش شدن نفت این اثر کاهش پیدا می کند.

به دلیل تمایل ذاتی لکه نفت برای پخش شدن، لکه های نفتی بر روی سطح آب در اثر جریان های سطحی و باد حرکت می کنند. اگر لکه نفت در نزدیک خشکی تشکیل شده و سرعت باد نیز کمتر از ۱۰ کیلومتر در ساعت باشد جریان سطحی بیشترین تاثیر را داشته در حالی که باد حدود ۳ درصد در حرکت لکه موثر خواهد بود. در این حالت باد نقش مهمی در حرکت لکه نفتی ندارد.

اگر لکه نفتی در دریای آزاد تشکیل و سرعت باد نیز بیشتر از ۲۰ کیلومتر در ساعت باشد در این صورت باد عامل اصلی حرکت لکه نفتی خواهد بود. در اغلب موارد باید هر دو عامل باد و جریان سطحی در نظر گرفته شوند. این نوع حرکت در شکل ۲ نشان داده شده است.

در تعیین دقیق حرکت لکه نفتی هر دو عامل جریان های سطحی و باد باید در نظر گرفته شود. عامل مهم تر عدم توانایی تعیین دقیق جهت و سرعت باد هنگام آلودگی نفتی است. عامل دیگر که اهمیت کمتری دارد پدیده ای است که تحت عنوان اثر



شکل ۲: اثر باد و جریان سطحی در جهت های متفاوت بر روی حرکت یک لکه نفتی (۲)

باد و جریان های آب نیز نفت را به بیرون پخش کرده و سرعت فرآیند پخش شدن را افزایش می دهد (شکل ۳). لکه های نفت در امتداد باد و جریان ها کشیده شده و با ادامه روند پخش شدن بسته به نیروهای وارده اشکال مختلفی به خود می گیرد (۲).



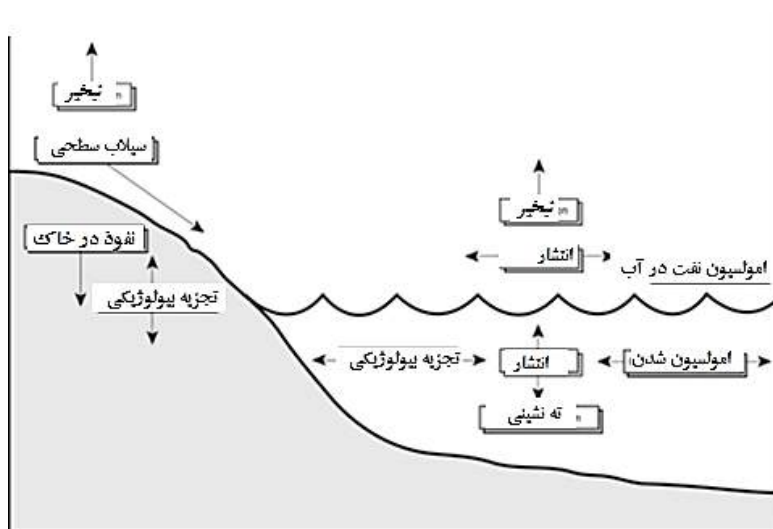
شکل ۳: پخش نفت روی سطح آب در اثر غرق شدن یک کشتی در جنگ جهانی دوم (نفت شروع به رسیدن به سطح آب در وسط عکس و سپس انتشار و حرکت با جریان آب و باد می نماید) (۲).

وقتی که پخش نفت رخ می دهد ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نفت با خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی محلی که در آن پخش نفت اتفاق افتاده است تاثیر متقابل

دارند. این عوامل تعیین کننده رفتار مواد نفتی و سرنوشت نهایی آنها است (شکل ۴). نفت مخلوطی از مواد شیمیایی مختلف است که نه تنها هر کدام از این مواد شیمیایی خواص سمی خود را دارند بلکه رفتار متفاوتی نیز در محیط داشته که می توانند بر رفتار کلی نفت موثر باشند.

- بعضی از اجزای نفت فرارتر از بقیه بوده و سریع تر از بقیه تبخیر می شوند.
- بعضی از آنها به آسانی توسط میکرب های موجود در محل تجزیه می گردند.
- نور خورشید نیز می تواند موجب تجزیه برخی از ترکیبات نفتی شود.
- تغییرات شیمیایی در مواد نفتی بر روی خواص فیزیکی مانند دانسیته و ویسکوزیته آن اثر می گذارد.

مجموع این فرایندهای فیزیکی و بیولوژیکی منجر به پدیده ای به نام هوازدگی نفت^۱ شده که به صورت تغییراتی در ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی آن در طی زمان مشاهده می گردد (۵).



شکل ۴: سرنوشت مواد نفتی در محیط

1. Weathering» of the oil»

میزان هوازدگی بستگی به نوع مواد نفتی؛ ویژگی فیزیکی آنها از قبیل ویسکوزیته و نقطه سیلان، خواص شیمیایی مانند مقدار موم^۱، مقدار مواد نفتی پخش شده، شرایط آب و هوایی منطقه ای که مواد نفتی در آن پخش شده است، دارد. فرایندهای اولیه تاثیر گذار بر سرنوشت مواد نفتی پخش شده عبارتند از:

• انتشار^۲

• تبخیر

• پخش

• انحلال^۳

• امولسیون شدن^۴

فرایندهای فوق در چند روز تا چند هفته اول پس از پخش مواد نفتی فرایندهای غالب بوده و به استثنای انحلال، این فرایندها موجب تغییرات شدیدی در ویژگیهای طبیعی مواد نفتی می شوند. علاوه بر اینها فرایندهای دیگری وجود دارند که در طولانی مدت بر این مواد تاثیر می گذارند. این فرایندها عبارتند از:

• تجزیه زیستی

• فتواکسیداسیون و اکسیداسیون خود بخود^۵

• ته نشینی، چسبیدن به سطوح و بر همکنش با مواد ریز معدنی موجود در آب (۳)

• تشکیل گلوله های قیری

در ادامه توضیحاتی راجع به فرایندهای فوق آورده شده است.

۴-۲-۱ انتشار

انتشار در اولین مراحل پخش نفت، رخ می دهد و این فرآیند دارای سه مرحله است:

1. Wax Content
2. Spreading
3. Dissolution
4. Emulsification
5. Photo- and auto-oxidation

فاز اول، گراننش - اینرسی: این فاز سریعاً پس از پخش مواد نفتی و در اثر نیروی گراننش به دلیل این که مواد نفتی مایع بوده و به شکل توده باقی نمی ماند، رخ می دهد. سرعت حرکت مواد نفتی بستگی به اینرسی آن دارد که عبارت است از زمان لازم جهت حرکت مواد نفتی. این فرآیند در طی چند دقیقه تا چند ساعت رخ می دهد و تا زمان شروع عملیات مقابله با پخش مواد نفتی ادامه دارد.

فاز دوم، گراننش - چسبندگی: این مرحله نیز سریعاً پس از پخش نفت شروع شده و عامل آن نیز گراننش است. در این فاز ویسکوزیته عامل تاخیری جهت میزان حرکت مواد نفتی است. به طوری که مواد نفتی سبک سریع تر از مواد نفتی سنگین پخش می شوند. کل زمان انجام این فرآیند از چند دقیقه تا چندین ساعت است. با تاثیر فرایندهای دیگری که بر روی سرنوشت مواد نفتی تاثیر دارند (مانند تبخیر) ویسکوزیته افزایش یافته و فرایند انتشار کاهش می یابد.

فاز سوم، کشش سطحی - چسبندگی: این فاز آخرین مرحله انتشار بوده و از چند ساعت تا چندین روز طول می کشد. عامل آن کشش سطحی می باشد که نیرویی در سطح مولکولی است و باعث انتشار مواد نفتی در سطح آب می گردد. نیروی بازدارنده آن ویسکوزیته مواد نفتی است (۳).

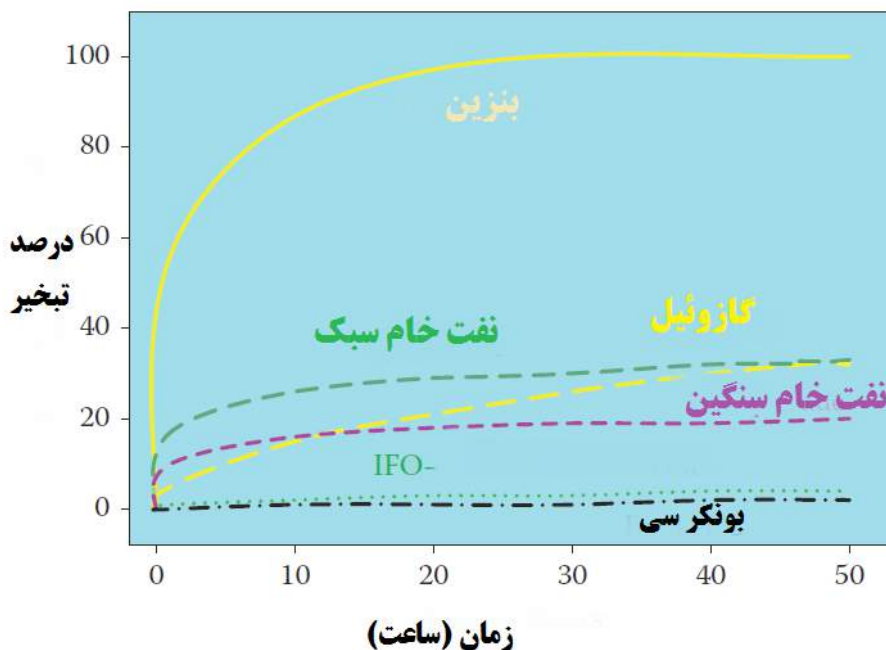
۴-۲-۲-۲ تبخیر

تبخیر مهم ترین فرآیند هوازدگی می باشد. این پدیده اثر زیادی بر مقدار نفت باقیمانده بر روی آب و یا خشکی دارد. با گذشت چندین روز، ترکیبات سبک نفتی مانند بنزین به طور کامل تبخیر می شوند در حالی که در همین شرایط درصد کمی از نفت بونکرسی تبخیر می شود (شکل ۵) (۲).

عوامل متعددی بر سرعت تبخیر مواد نفتی در آب تاثیر دارند. این عوامل عبارتند از:

- **خواص مواد نفتی:** مواد نفتی سبک سریع تر از انواع سنگین تبخیر می شوند (جدول ۵).
- **دما:** دمای بالاتر میزان تبخیر را افزایش می دهد.

- **سرعت باد:** با افزایش سرعت باد میزان تبخیر زیاد می شود.
- **سطح تماس مواد نفتی با اتمسفر:** با افزایش سطح تماس، تبخیر بیشتر می شود (۳).



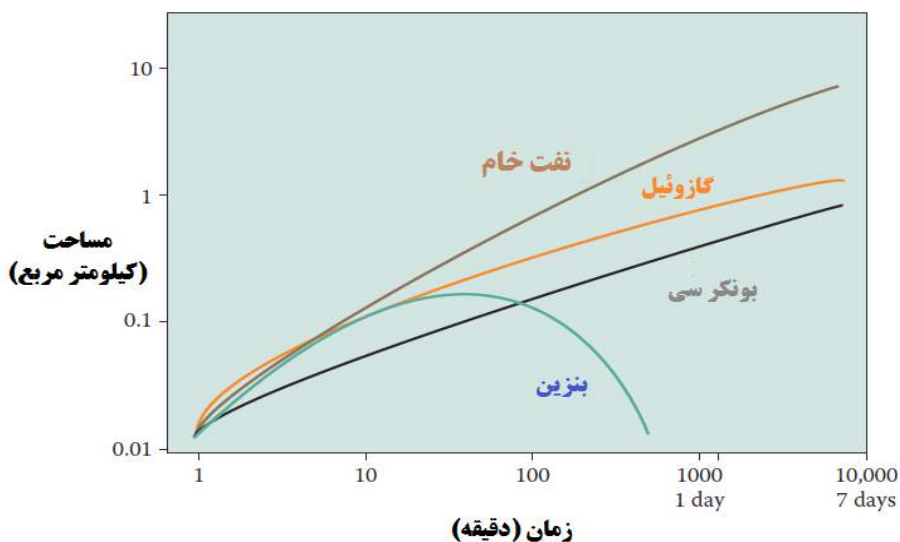
شکل ۵: درصد تبخیر مواد نفتی در آب در طی زمان (۲)

۴-۲-۲-۳ پخش / پراکندگی^۱

پخش / پراکندگی بر اثر انتقال ذرات آب در داخل ستون آبی به وسیله امواج و جریان‌های گردابی رخ می دهد. قطرات کوچک نفت (کمتر از ۲۰ میکرومتر یا ۰/۰۲ میلی متر) در داخل آب به صورت پایدار هستند و در مدت زمان های طولانی در داخل آب ثابت باقی می مانند، قطرات بزرگتر (۱۰۰ میکرومتر) در داخل ستون های آبی در حدود چند ثانیه پایدار هستند که این پایداری بستگی به انرژی آب و شرایط نفت ریخته شده در آن دارد. انتشار طبیعی ممکن است به طور جزئی رخ داده و یا

1. Natural Dispersion

قادر است که توده نفتی را از بین ببرد. پخش طبیعی به خصوصیات نفت و انرژی امواج آب بستگی دارد. نفت های سنگین مانند نفت بونکرسی و یا نفت های سنگین دیگر به صورت طبیعی قابلیت پراکنده شدن در آب را ندارند در حالی که نفت های سبک و سوخت دیزل در صورتی که اجزای اشباع آنها بالا و ترکیبات آسفالتین و رزین آنها پایین باشد، به آسانی پراکنده می شوند (شکل ۶) (۲).



شکل ۶: مقایسه میزان پخش شدن در سطح برای انواع مختلف مواد نفتی در طی زمان (۲)

جدول ۵: تخمین میزان تبخیر در برخی از مواد نفتی (۳)

نوع مواد نفتی	تبخیر در ۱۲ ساعت	تبخیر در ۴۸ ساعت	بخشی از مواد نفتی که تبخیر شده
گروه ۱ (بنزین)	۵۰-۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪
گروه ۲ (گازوئیل)	۱۰-۴۰٪	۲۵-۸۰٪	۱۰۰٪
گروه ۳ (نفت خام متوسط)	۵-۱۵٪	۱۰-۲۵٪	۳۵٪
گروه ۴ (مواد نفتی سنگین)	۱-۳٪	۵-۱۰٪	۱۵٪
گروه ۵ (مواد نفتی با API کم)	۰-۲٪	۱-۵٪	۱۰٪

۴-۲-۲-۴ انحلال

در طی مرحله انحلال بعضی ترکیبات محلول نفت در آب حل می شوند که این مواد شامل ترکیبات آروماتیک با وزن مولکولی پایین و بعضی از ترکیبات قطبی (رزین ها) هستند. با توجه به اینکه انحلال نفت در آب بسیار کم است انحلال اثر چندانی بر تعادل وزنی آلودگی نخواهد داشت. مهم ترین اثر انحلال مربوط به ترکیبات آروماتیک است که تا حدودی برای آبیان سمی هستند. اگر آلودگی نفتی در آب های کم عمق و با میزان بالا رخ دهد، باعث مرگ تعداد زیادی از آبیان خواهد شد. بنزین و سوخت دیزل و نفت های خام سبک مهم ترین اثر سمیت را بر آبیان خواهند داشت. نفت هایی که دچار هوازدگی شدید شده اند قابل انحلال در آب نیستند (۲).

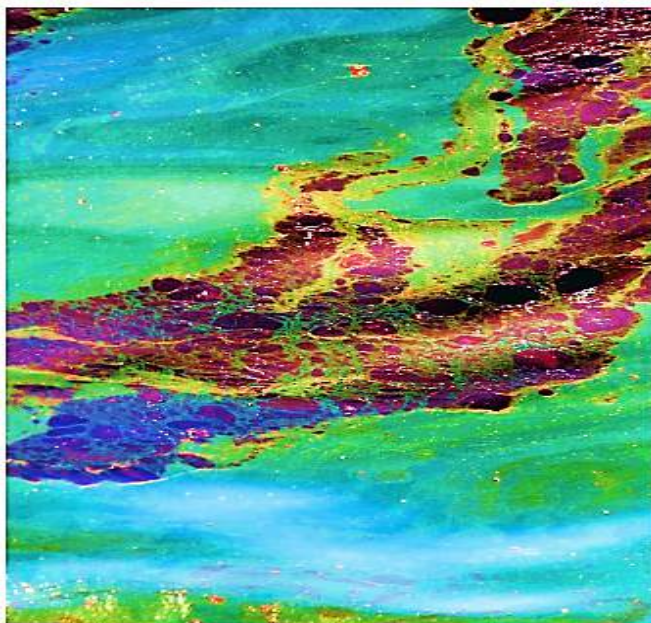
۴-۲-۲-۵ امولسیون شدن

امولسیون شدن شامل فرآیند پراکندگی مایعی در مایع دیگر به شکل قطره ای می باشد. قطرات آب در لایه های نفتی به صورت ثابت باقی مانده و ماده به وجود آمده کاملاً متفاوت خواهد بود. امولسیون آب در نفت گاهی اوقات به نام موس یا موس شکلات^۱ (به دلیل شباهتش به این دسر) نامیده می شود. فرآیند تشکیل امولسیون هنوز به طور کامل مشخص نیست، اما احتمالاً شروع این فرآیند با ورود قطرات آب با اندازه ۱۰ تا ۲۵ میکرو متر معادل ۰/۱ تا ۰/۲۵ میلی متر با نیروی امواج آب به داخل لکه نفتی رخ می دهد. اگر ویسکوزیته نفت کم باشد قطرات آب وارد شده به لکه نفتی به سرعت از آن خارج نمی شوند. در حالت دیگر که ویسکوزیته نفت بالا است قطرات به سختی وارد لکه نفتی می شوند. آسفالتین و رزین موجود در ترکیبات نفتی باعث پایداری امولسیون می شود. وجود آب در نفت به چهار شکل است، که در ادامه آورده شده است.

ابتدا، بیشتر نفت ها در حدود یک درصد وزنی آب در داخل خود به صورت محلول

1. Mousse or "Chocolate Mousse"

دارند و آب موجود در نفت باعث تغییر در ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خواهد شد. دومین حالت قطرات آب شکل ناپایدار امولسیون بر اساس ویسکوزیته نفت بوده، این شکل از امولسیون ها بر اساس به هم پیوستن قطرات آب با نفت در دریا بر اساس حرکات امواج به وجود می آیند. امولسیون های ناپایدار در مدت چند دقیقه و یا چند ساعت به وسیله انرژی امواج در داخل آب شکسته می شوند. وجود آب در امولسیون های ناپایدار با چشم غیر مسلح قابل رویت است (شکل ۷).



شکل ۷: امولسیون شدن ترکیبات نفتی در آب نزدیک ساحل (۲)

سومین حالت وجود آب در داخل نفت به صورت امولسیون های نیمه پایدار می باشد. تشکیل این امولسیون های نیمه پایدار بر اساس ویسکوزیته و بر هم کنش سطحی بین آسفالتین و رزین موجود در نفت می باشد. برای وقوع این پدیده آسفالتین و رزین موجود در نفت باید کمتر از سه درصد وزنی باشند و ویسکوزیته امولسیون های نیمه پایدار نفتی باید در حدود ۲۰ تا ۸۰ برابر بیشتر از نفت اولیه باشد. امولسیون های

نیمه پایدار، مایعاتی با ویسکوزیته بالا بارنگ قرمز مایل به قهوه ای و یا سیاه هستند. حالت چهارم وجود آب در داخل نفت به صورت امولسیون پایدار می باشد. امولسیون‌ها شبیه به امولسیون نیمه پایدار است با این تفاوت که نفت موجود در امولسیون حدود هشت درصد وزنی آسفالتین دارد. ویسکوزیته امولسیون های پایدار در حدود ۵۰۰ تا ۸۰۰ برابر بیشتر از نفت اولیه بوده و امولسیون ها پس از تشکیل در حدود هفته‌ها و یا ماه‌ها ثابت باقی می مانند. امولسیون‌های پایدار به رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای و به شکل تقریبا جامد وجود دارند و به دلیل ویسکوزیته بالا و حالت نزدیک به جامد، این امولسیون ها نمی‌توانند در داخل سطح آب پراکنده شوند و به شکل کلوخه ای و جامد در سطح آب و یا نزدیک سواحل باقی خواهند ماند.

تشکیل امولسیون یکی از پیش آمدهای مهم در وقوع آلودگی نفتی می‌باشد که اولین و مهم ترین علت آن افزایش حجم آلودگی نفتی می باشد. بیشتر امولسیون‌های نفتی در حدود ۷۰ درصد آب را در بر می گیرند که این حجم آب باعث افزایش حجم آلودگی نفتی در حدود سه برابر خواهد شد، علاوه بر این مسئله ویسکوزیته نفت در حدود ۱۰۰۰ برابر افزایش پیدا خواهد کرد که البته این مسئله بستگی به نوع تشکیل امولسیون خواهد داشت، به عنوان مثال نفتی که ویسکوزیته ای در حدود روغن موتور دارد در طی فرآیند امولسیون شدن حدود سه برابر افزایش حجم پیدا کرده و تقریبا به شکل جامد در می آید (۲).

افزایش در میزان حجم و ویسکوزیته باعث مشکل شدن عملیات پاک‌سازی آلودگی نفتی خواهد شد. نفت هایی که به صورت امولسیون در می آیند به سختی پراکنده می شوند و برای بازیافت نفت ها توسط اسکیمر و یا برای سوزاندن آنها، امولسیون باید توسط مواد شیمیایی پراکنده کننده ی خاص پراکنده شوند تا جمع آوری آنها توسط اسکیمر و یا سوزاندن آنها سریع تر صورت گیرد (۲).

۴-۲-۲-۶ تجزیه زیستی

در تجزیه زیستی گروه زیادی از موجودات زنده کوچک قادر به تجزیه ترکیبات نفتی هستند. بسیاری از گونه های باکتری ها، قارچ ها و مخمرها از هیدروکربن های نفتی به عنوان منبع انرژی و غذا استفاده می کنند. باکتری ها و دیگر موجودات زنده تجزیه کننده به وفور در خشکی و مناطقی که چاه نفت وجود دارد، یافت می شوند. از آنجایی که هر گونه فقط قادر به تجزیه ی تعداد کمی از ترکیبات می باشد، بنابراین تجزیه زیستی به طور گسترده رخ نمی دهد. هیدروکربن های مصرف شده توسط موجودات زنده به مواد اکسید شده تبدیل می گردند که ممکن است بیشتر تجزیه شوند و یا در باقی مانده نفت تجمع پیدا کنند. گاهی اوقات سمیت مواد تجزیه شده حاصل، از مواد اولیه بیشتر است.

سرعت تجزیه زیستی به طبیعت هیدروکربن ها و سپس به دما وابسته است. معمولاً با افزایش دما سرعت تجزیه زیستی افزایش می یابد. هر چند بعضی از باکتری ها در دماهای پایین و برخی دیگر در دماهای بالاتر عملکرد بهتری دارند.

سرعت تجزیه زیستی ترکیبات اشباع به خصوص ترکیباتی با ۱۲ تا ۱۲۰ کربن بیشتر است. در کل ترکیبات آروماتیک و آسفالتن که وزن مولکولی بالایی دارند، سرعت تجزیه زیستی آهسته تری دارند. از طرف دیگر به دلیل اینکه سوخت دیزل از ترکیبات تجزیه پذیر اشباع تشکیل شده به راحتی تجزیه می گردد. نفت خام سبک نیز تا حدودی تجزیه پذیر است، در حالی که بنزین دارای ترکیبات تجزیه پذیری بوده ولی حاوی ترکیبات دیگری می باشد که برای میکروارگانیسم ها سمی می باشد.

همچنین سرعت تجزیه ی زیستی شدیداً به اکسیژن در دسترس بستگی دارد. بر روی خشکی نفت هایی مانند دیزل به سرعت بر روی سطح زمین تجزیه می شوند اما در چند سانتی متری زیر سطح زمین سرعت تجزیه به سرعت کم شده و بستگی به

میزان اکسیژن در دسترس دارد. در آب میزان اکسیژن بسیار کم است و تجزیه نیز به صورت محدود رخ می دهد. تخمین زده شده که برای تجزیه ی کامل یک لیتر نفت اکسیژن موجود در تقریبا ۴۰۰۰۰۰ لیتر آب دریا مصرف می شود. همچنین سرعت تجزیه بستگی به مواد مغذی در دسترس از قبیل نیتروژن و فسفر که در خطوط ساحلی و خشکی فراوان می باشند، دارد (۲).

۴-۲-۲-۷ فتواکسیداسیون

فتواکسیداسیون باعث تغییرات در ترکیبات نفت می شود. این پدیده در اثر تابش خورشید بر سطح لکه نفتی رخ می دهد و منجر به ترکیب اکسیژن و کربن و ایجاد محصولات جدید مانند رزین می شود. رزین حاصل ممکن است تا حدی در آب قابل حل باشد و یا تشکیل امولسیون در آب بدهد. واکنش نفت ها در برابر پدیده فتواکسیداسیون متفاوت است (۲).

۴-۲-۲-۸ ته نشینی

ته نشینی فرآیندی است که طی آن نفت در ته توده آب رسوب می کند. از آنجایی که این پدیده به طور کامل شناخته شده نیست، مکانیسم های مختلفی برای آن پیشنهاد شده است. ته نشینی مواد نفتی زمانی رخ می دهد که لکه های نفتی پس از برخورد با مواد معدنی در ستون آب، دانسیته ای بیشتر از آب پیدا می کنند. این پدیده گاهی اوقات در خطوط ساحلی و یا در نزدیک ساحل رخ می دهد. زمانی که آلودگی نفتی در ته منبع آب ته نشین می شود، توسط رسوبات دیگر پوشیده شده و در نتیجه روند تجزیه آن به کندی پیش می رود. با توجه به مطالعات انجام شده حدود ۱۰ درصد از آلودگی های نفتی به ته منابع آبی مانند دریا ته نشین می شوند که این مقدار برای موجودات کف زی بسیار خطرناک است. به دلیل دشواری مطالعات، داده های موجود در این زمینه محدود می باشند. نفت هایی که به کندی دچار هوازدگی می شوند بسیار چسبنده بوده و به مواد

معدنی موجود در خطوط ساحلی می چسبند. مقدار مشخصی از آلودگی نفتی پس از وقوع آن در محیط آبی باقی خواهند ماند که این آلودگی ها به خطوط ساحلی و اسکله ها آسیب می رسانند. ترکیبات آسفالتین و آروماتیک با وزن مولکولی بالا به آسانی قابل تجزیه نبوده و برای چندین سال در محیط باقی می ماند (شکل ۸). گاهی اوقات در خطوط ساحلی لکه های نفت با ذرات ریز معدنی معلق در ستون آب بر هم کنش داده و از این طریق نفت به درون ستون آب منتقل می گردد. ذرات معدنی همراه با نفت ممکن است از آب سنگین تر شده و در داخل ستون آب ته نشین شوند و یا از نفت جدا شده و مجدداً به صورت معلق درآیند. برهم کنش های ذرات نفتی معمولاً اثر قابل توجهی بر سرنوشت آلودگی نفتی در مراحل اولیه ندارند اما در بازسازی سواحل آلوده به نفت در طولانی مدت موثر خواهند بود (۲).



شکل ۸: لکه نفتی تشکیل شده در سواحل بعثت حوادث خطوط انتقال نفت (۲)

۴-۲-۲-۹ تشکیل گلوله های قیری^۱

تشکیل گلوله های قیری از تجمع مواد نفتی با میزان ضخامت کمتر از ده سانتی متر ایجاد می شوند. تجمع همان مواد با ضخامت بین ۱۰ سانتی متر تا یک متر را پوشش / تشک نفتی می نامند. این تشک معمولاً به شکل پن کیک است. فرآیند تشکیل این پوشش مشخص نیست اما معلوم شده است که آنها از باقیمانده نفت خام سنگین و بونکرسی تشکیل می شوند. پس از هوازدهی این نفت ها در دریا و شکسته شدن سطوح آنها، باقیمانده در گلوله یا پوشش قیر می ماند (شکل ۹) (۲).



شکل ۹: تشکیل گلوله های قیری در ساحل (۲)

رفتار نفت پس از پخش شدن آن، در چگونگی برخورد با آلودگی و مدیریت آن موثر است. به عنوان مثال زمانی که مواد نفتی به سرعت تبخیر می شوند، مسئله پاک سازی آلودگی نفتی چندان جدی به نظر نمی رسد و باعث ورود هیدروکربن های نفتی به جو و متعاقباً آلودگی هوا خواهد شد. لکه های بزرگ نفتی می توانند همراه با جریان های آبی به ساحل رسیده و بر جمعیت حیوانی ساکن در آنجا اثرات منفی بگذارند (شکل ۱۰).

1. Tar Balls



شکل ۱۰: نشت سنگین نفت بونکرسی در سواحل

در حقیقت سرنوشت و اثرات لکه های نفتی به طور کامل با نفت و شرایط زیست محیطی و زمان وقوع آلودگی نفتی رابطه مستقیم دارد (شکل ۱۱). برای مقابله با اثرات آلودگی های نفتی باید سرنوشت نفت پس از ریزش را به طور کامل در نظر داشت تا بتوان برای کاهش اثرات آن اقدامات لازم را انجام داد (۲).



شکل ۱۱: گلوله های قیری بسیار ریز در بستر ساحل (۲)

۴-۳ اثرات آلودگی های نفتی بر محیط زیست

آلودگی های نفتی، دارای اثرات نامطلوب بسیار زیادی بر روی محیط زیست هستند. پرندگان آلوده به مواد نفتی یکی از متداول و شناخته شده ترین نتایج پس از وقوع آلودگی های نفتی هستند. همچنین مواد نفتی دارای اثرات بسیار زیادی بر روی فیتو پلانکتونها و دیگر موجودات ذره بینی هستند. اثرات آلودگی های نفتی بر روی موجودات زنده بسیار متفاوت و تحت تاثیر عوامل مختلفی می باشد.

۴-۳-۱ اثرات بیولوژیکی

قبل از پرداختن به اثرات واقعی آلودگی های نفتی بر موجودات مختلف از جمله پرندگان و ماهی ها به نوع اثرات آلودگی های نفتی بر این موجودات پرداخته خواهد شد. اثرات سمی به دو صورت حاد و مزمن با توجه به میزان نفوذ مواد سمی در بدن موجودات زنده خود را نشان می دهند. اثرات حاد بدین معنی است، که اثرات سمی در مدت زمان کوتاه در طول زندگی موجود زنده خود را نشان می دهد. به عنوان مثال اثرات حاد در طول دوره چهار روزه خود را نشان می دهد. اثرات مزمن در طول مدت زمان طولانی تر خود را نشان می دهد، که معمولاً در حدود ۱۰ درصد یا مدت زمان بیشتری از دوره عمر موجود زنده، خود را نشان می دهد. گاهی اوقات مدت زمان زیادی برای بروز اثرات سمی مربوط به مواد سمی طول خواهد کشید. اثرات مزمن از جمله اثرات مداوم و طولانی قرارگیری در برابر مواد سمی و خطرناک است، که شامل تغییرات در سوخت و ساز، رشد، تولید مثل و توانایی بقاء و زنده ماندن در شرایط سخت است (۲).

اثرات آلودگی های نفتی بر گیاهان و جانوران منطقه به عوامل بسیاری همچون میزان حساسیت موجود زنده به آلودگی نفتی، پتانسیل جمع آوری آلودگی نفتی در منطقه، تمایل برای دوری از آلودگی نفتی، توانایی احیاء و ترمیم مجدد و مرحله ای از زندگی که موجود زنده در آن مرحله از زندگی قرار دارد، بستگی خواهد داشت.

حساسیت، میزان آمادگی و توانایی موجود زنده در مقابله با مواد نفتی و اثرات آن را نشان می دهد، که این عوامل بستگی به گونه، فصل و شرایط آب و هوایی دارد. نقشه حساسیت منطقه که در اختیار کارکنان بخش مقابله با آلودگی است، میزان حساسیت گونه های موجود در منطقه نسبت به آلودگی های نفتی را نشان می دهد. پتانسیل احیاء مجدد بستگی به میزان توانایی موجودات زنده برای بازگشت به حالت اولیه، یعنی زمان قبل از وقوع آلودگی نفتی دارد.

۴-۳-۲ اثرات آلودگی های نفتی در دریا

دریا شامل دسته وسیعی از اکوسیستم، گونه و زیستگاه های مختلف است. زمانی که اثرات آلودگی های نفتی در دریا بررسی می گردد، باید اثرات مربوط به آن در رابطه با ماهی ها، پلانکتون، موجودات کف زی، بی مهرگان، جانوران بی تحرک، پستانداران دریایی، جانداران ساحلی و بین جزر و مدی، گیاهان دریایی و اکوسیستم های خاص پرداخته شود. کلیه گیاهان و جانورانی که در آب شیرین زندگی می کنند، واکنش یکسانی نسبت به آلودگی های نفتی در برابر گیاهان و جانورانی که در آب شور زندگی می کنند، از خود نشان می دهند. اگرچه مطالعات کمتری در این زمینه در آب های شیرین صورت گرفته است ولی میزان حلالیت نفت در آب های شیرین کمتر است و این مسئله با توجه به عمق کم آب های شیرین نسبت به آب های آزاد جبران خواهد شد (۲).

۴-۳-۱-۲-۳-۴ اثرات آلودگی های نفتی بر ماهی ها در دریا

به دلیل اینکه ماهی ها یکی از منابع مهم غذایی هستند، اثرات آلودگی های نفتی بر ماهی ها از دو جنبه محیط زیستی و اقتصادی مورد توجه قرار می گیرد. هر دو دسته از ماهی های پلاژیک و ماهی های کف زی در خطر قرارگیری در برابر هیدروکربن های آروماتیک نفتی در ستون آب هستند. میزان سمیت هیدروکربن های آروماتیک نمونه های نفتی با توجه به گونه های مختلف نفتی در داخل ستون

آب متفاوت است، گرچه در دریا های آزاد به دلیل سرعت جریان بالا میزان غلظت کاهش پیدا می کند و آلودگی های نفتی در خلیج ها، خورها و مناطق نزدیک به ریزش آلودگی های نفتی از غلظت بالایی برخوردار هستند. با توجه به اینکه غلظت بالای مواد نفتی در بسیاری از موارد منجر به مرگ و میر تعداد زیادی از آبزیان خواهد شد، ماهیان در برابر آلودگی های نفتی تحت تاثیر غلظت های تحت کشنده بسیار حساس هستند (۲).

سن ماهی ها در میزان حساسیت آن ها به هیدروکربن های نفتی بسیار مهم است. ماهی هایی که دارای سن بیشتری هستند، دارای حساسیت کمتری نسبت به گونه های جوان تر هستند. به عنوان مثال آزمایشات نشان می دهد، گونه های ماهی های آب های آزاد با میزان سن پائین در حدود صد برابر نسبت به هیدروکربن های نفتی نسبت به گونه های دارای سن بیشتر، دارای حساسیت بالاتری هستند. همچنین تخم ماهی های آزاد نسبت به هیدروکربن های نفتی در مقابل گونه های جوان در حدود ۷۰ برابر حساستر هستند.

از دیگر عوامل موثر بر میزان سمیت هیدروکربن های نفتی میزان شوری، دمای آب، فراوانی مواد غذایی و سلامت عمومی گونه های موجود در آب است. قرارگیری در برابر آلودگی های نفتی ممکن است موجب بروز بعضی از خطرات پاتولوژیکی و فیزیولوژیکی در ماهی ها شود. بعضی از این خطرات موقتی و زودگذر هستند و خطری برای بقای موجودات زنده به دنبال ندارند و بعضی از آن ها در میزان جذب مواد غذایی و رشد موجودات زنده اثرگذار خواهند بود، که در طولانی مدت باعث بروز خطرانی در سلامت موجودات زنده خواهد شد.

۴-۳-۲-۲ اثرات آلودگی های نفتی بر پلانکتون ها در دریا

پلانکتون ها، شامل گیاهان کوچک و موجوداتی هستند که در آب زندگی می کنند. پلانکتون ها شامل فیتو پلانکتون و زئو پلانکتون ها هستند. فیتو پلانکتون ها،

گیاهان میکروسکوپی هستند که شامل جلبک و دیاتومه ها هستند که در لایه های بالایی آب زندگی می کنند و زندگی آن ها وابسته به نور برای فتوسنتز می باشد. زئو پلانکتون ها، موجودات میکروسکوپی هستند که از فیتو پلانکتون ها تغذیه می کنند و پلانکتون ها از این لحاظ که بخش آخر چرخه غذایی را تشکیل می دهند، مهم هستند، و از این طریق نفتی که توسط پلانکتون هضم و یا جذب شده وارد چرخه غذایی موجودات دیگر می شود و تا زمانی که مواد نفتی توسط ماهی و پستانداران دریایی دیگر هضم شود، این چرخه ادامه پیدا خواهد کرد.

پلانکتون ها و زئو پلانکتون ها به میزان هیدروکربن های نفتی موجود در آب حساسیت های مختلفی را نشان می دهند. پلانکتون ها نسبت به هیدروکربن های نفتی حساس هستند و با میزان غلظت کمی از مواد نفتی از بین خواهند رفت. پلانکتون ها می توانند مقادیر کم از هیدروکربن های نفتی را در خود نگه دارند. اثرات تحت دوز کشنده آلودگی های نفتی بر زئو پلانکتون ها باعث ایجاد بی حسی، کاهش تغذیه و ایجاد اختلال در پاسخ دهی طبیعی به نور در این موجودات خواهد شد.

۴-۳-۲-۳ اثرات آلودگی های نفتی بر پستانداران دریایی

میزان تاثیر آلودگی های نفتی بر روی پستانداران دریایی به گونه های مختلف بستگی خواهد داشت. فوک، شیر دریایی، فیل دریایی، وال ها، دلفین ها و خوک ماهی در هنگام وقوع آلودگی های نفتی به میزان زیادی تحت تاثیر قرار خواهند گرفت.

به دلیل اینکه این حیوانات در خطوط ساحلی جزایر کوچک، صخره ها و سواحل پرت و دور افتاده زندگی می کنند در برابر آلودگی های نفتی بسیار حساس هستند. آلودگی های نفتی در غلظت بالا باعث مرگ و از بین رفتن فوک های جوان خواهد شد. نفت گاهی اوقات به وسیله فوک های ماده بلعیده می شود و این حیوانات نمی توانند به بچه های خود غذا بدهند. در سواحل جنوبی آمریکا، زمانی که آلودگی

نفتی به وقوع پیوست باعث مرگ حدوداً ۱۰۰۰۰ بچه فوک شد ولی گونه های بالغ از این آلودگی نجات یافتند.

سمورهای آبی در نزدیک سواحل زندگی می کنند و بیشتر زمان خود را در آب و با تغذیه سخت پوستان بر روی بستر آب سپری می کنند. سمورها معمولاً پس از قرار گرفتن در مجاورت ۳۰ درصد از آلودگی های نفتی در محل زیستگاه شان از بین می روند. چسبیدن مواد نفتی به بدن سمورها باعث از دست رفتن حرارت بدن آنها و در نتیجه مرگ آنها خواهد شد. سمورها پس از وقوع آلودگی نفتی سعی می کنند، خود را تمیز کنند که این مسئله باعث بلعیده شدن نفت توسط آنها خواهد شد (۲).

۴-۳-۲-۴ اثرات آلودگی های نفتی بر پرندگان در دریا

پرندگان، قابل رویت ترین موجوداتی هستند که در محیط های آبی تحت تاثیر آلودگی های نفتی قرار می گیرند. پره های پرندگان در هنگام برخورد آنها با لکه های نفتی در سواحل و دریا آلوده به مواد نفتی خواهد شد (شکل ۱۲). زمانی که پر پرندگان آلوده به مواد نفتی می شود با از دست دادن خاصیت عایق بودن و شناوری، حرارت بدن خود را سریع از دست می دهند و این مسئله باعث مرگ آنها خواهد شد. پرندگان برای تمیز کردن بال و پر خود مقداری نفت را می بلعند که باعث مرگ آنها خواهد شد. بلعیدن مواد نفتی باعث مشکلات معده ای، روده ای، کبدی، سینه پهلو و اختلالات رفتاری پرندگان خواهد شد. پرندگان آلوده، آلودگی های نفتی را به تخم ها و جوجه های جوان انتقال خواهند داد. بلعیدن آلودگی های نفتی توسط پرندگان باعث اختلالات در تخم گذاری و کاهش تعداد تخم ها در پرندگان خواهد شد (۲).

پرندگانی که در سواحل زندگی می کنند، شامل اردک، پلیکان، مرغ ماهی خوار و دیگر پرندگان مستعد قرار گرفتن در برابر خطر آلودگی مواد نفتی هستند. پرندگان

با شیرجه زدن در آب های آلوده، همواره در خطر آلودگی هستند. در بسیاری از موارد در حین بروز آلودگی های نفتی نیاز به احیاء مجدد پرندگان در مکان های مشخص وجود دارد. روش های به کار گرفته شده در سال های اخیر برای پاک سازی پرندگان در حال پیشرفت هستند. در این روش ها تنها نیمی از پرندگانی که از خطر مرگ نجات پیدا می کنند و پرندگانی که خیلی بیمار هستند، باید نگهداری شوند و نیاز به اقدامات مراقبتی خواهند داشت. علیرغم این مسائل، پاک سازی پرندگان آلوده به مواد نفتی نسبت به پستانداران کار ساده تری است.



شکل ۱۲: پرنده شدت آلوده به مواد نفتی نشی در دریا

۳-۳-۴ اثرات آلودگی های نفتی در خشکی

آلودگی های نفتی بر روی خشکی به راحتی پاکسازی نمی شود و به صورت محلی و منطقه ای باقی خواهد ماند. بیشتر انواع مواد نفتی در خاک نفوذ کرده و باعث آلودگی و از بین رفتن موجودات آن منطقه خواهد شد. پوشش نفت خام باعث از بین رفتن و مرگ گیاهان و درختان در منطقه خواهد شد. به دلیل پتانسیل کم منطقه در

برابر آسیب پذیری در برابر آلودگی نفتی، تاثیرات آلودگی‌های نفتی در منطقه بسیار کمتر از محیط‌های دریایی خواهد بود (۲).

۴-۴ تاثیر آلودگی نفتی بر زیستگاه‌ها

از آنجا که اثرات نفت و رفتار آن در زیستگاه‌های مختلف متفاوت است، روش‌های پاک‌سازی و اولویت‌ها باید مناسب با زیستگاهی که آلودگی در آن رخ داده انتخاب شوند. هنگام پاک‌سازی آلودگی نفتی اولویت اصلی بازگرداندن هرچه سریع‌تر زیستگاه به وضعیت اولیه است.

جدول ۶: زمان تخمینی بازگشت به شریط اولیه در زیستگاه‌های مختلف (۲)

زیستگاه	زمان احیاء بدون انجام پاک‌سازی (سال)	زمان احیاء با انجام حداقل پاک‌سازی (سال)	زمان احیاء با انجام بهینه پاک‌سازی (سال)
شهری	۱ تا ۵	۱	کمتر از ۱
کنار جاده	۱ تا ۵	۱	کمتر از ۱
زمین کشاورزی	۲ تا ۱۰	۱ تا ۳	۱ تا ۲
چمن زار خشک	۱ تا ۵	۱ تا ۲	۱
جنگل	۲ تا ۲۰	۲ تا ۵	۱ تا ۳
تالاب	۵ تا ۳۰	۳ تا ۲۰	۲ تا ۱۰

باید توجه داشت که هر منطقه از نظر پوشش گیاهی، نوع خاک و مقطع عرضی آن ناهمگن بوده و به همین دلیل نیز رفتار نفت و اثرات آن بر هر جزئی از خاک متفاوت خواهد بود. همچنین مدت زمان رشد مجدد پوشش گیاهی در هر منطقه کاملاً با مناطق دیگر تفاوت دارد. در جدول ۶ زمان تخمینی برای بازگشت پوشش سطحی گیاهی به حالت اول در زیستگاه‌های مختلف آلوده به نفت آورده شده است. نفت باقیمانده در برخی از زیستگاه‌ها برای سال‌ها و یا دهه‌ها در محیط باقی می‌ماند (۲). در جدول ۷ زیستگاه‌های مختلف و اولویت اصلی در هنگام وقوع آلودگی آورده شده است (۲).



شکل ۱۳: نشت نفت از خطوط انتقال نفت در منطقه جنگلی (۲)

جدول ۷: اولویت اصلی در هنگام وقوع آلودگی در زیستگاه های مختلف (۲)

ملاحظات	اولویت	زیستگاه
<p>- طیفی از اکوسیستم ها مانند جنگل طبیعی تا پارکینگ ها و توقفگاه ها وجود داشته که عملیات را پیچیده می کند.</p>	<p>- حفظ سلامت و ایمنی افراد و بازگرداندن هرچه سریع تر شرایط به حالت اولیه - به دلیل عدم وجود گونه ها و یا اکوسیستم های در معرض خطر موارد محیط زیستی مهم نمی باشند.</p>	شهری
<p>- در معرض آلودگی های زیاد تری قرار دارند اما معمولاً به عنوان محیط در معرض خطر و حساس در نظر گرفته نمی شود.</p>	<p>- مشابه زیستگاه شهری بوده و بازگشت کاربری آن و وضع ظاهری سطح زمین</p>	کنار جاده

ادامه جدول ۷

<p>- به دلیل آن که شخم زدن ایجاد منافذ بزرگی در زمین می نماید، نفت و ترکیبات نفتی می توانند خیلی سریع به زیر سطح زمین نفوذ کنند.</p> <p>- زمین های خشک کشاورزی با نفوذ نفت به لایه های عمیق تر خطر آلودگی آب زیر زمینی بیشتر از زیستگاه های دیگر است.</p>	<p>- بازگرداندن کاربری زمین به عنوان مثال تولید محصول است.</p>	<p>زمین کشاورزی</p>
<p>- سطح این زمین ها نسبت به اراضی کشاورزی نفوذپذیری کمتری دارد.</p>	<p>- مشابه زمین های کشاورزی</p>	<p>چمن زارهای خشک</p>
<p>- به دلیل وجود درختان بزرگ دسترسی هنگام آلودگی با مشکل مواجه می شود.</p> <p>- احیای مجدد جنگل ممکن است تا ده ها سال طول بکشد.</p>	<p>- پوشش گیاهی پست در برابر آلودگی نفتی نسبت به درختان حساس تر بوده اما راحت تر و سریع تر احیاء می شود.</p> <p>- در آلودگی های نفتی کم اغلب درختان دچار آسیب نمی شوند.</p> <p>- در آلودگی شدید که ریشه درختان تحت تاثیر قرار می گیرد و ممکن است از بین بروند.</p>	<p>جنگل (شکل ۱۳)</p>
<p>- به دلیل الگوی زهکش و سطح پایین تر آن نسبت به زمین اطراف بیشتر تحت تاثیر آلودگی قرار می گیرند.</p> <p>- نسبت به تغییرات قیزیکی ایجاد شده طی عملیات حساس هستند.</p>	<p>- مشابه محیط های آبی دیگر محل زندگی گونه های مختلف هستند. بازگرداندن به حالت اولیه و نجات گونه ها اولویت اصلی است.</p>	<p>تالاب (شکل ۱۴)</p>

شکل ۱۴ نشست نفت در یک مرداب را نشان می دهد.



شکل ۱۴: نشست نفت در یک مرداب (۲)

۴-۵ تاریخچه خطوط لوله انتقال نفت در ایران

شبکه وسیع خطوط لوله انتقال نفت خام از مبادی تولید به پالایشگاه های کشور، فرآورده های استحصالی از پالایشگاه ها و همچنین فرآورده های وارداتی به نقاط مصرف که در سراسر کشور پهناور ایران پراکنده است، در حقیقت شریان های حیاتی اقتصاد، صنعت و زندگی جامعه ایران است.

رشد روز افزون بکارگیری مواد نفتی و گاز در صنایع، پالایشگاه ها، نیروگاه ها، خودروها و منازل و ایجاد تحول در فرهنگ بهره برداری از سوخت ها در مصارف عمومی و برخورداری ایران از منابع عظیم نفت و گاز، باعث شده که هر روز شاهد افزایش شبکه های خطوط لوله برای انتقال مواد نفتی به پالایشگاه و ... در اقصی نقاط کشور و کشورهای همسایه باشیم.

خطوط لوله نفت ایران با مجموعه ای از لوله های انتقال به طول ۱۴۰۰۰ کیلومتر در قطرهای ۶ تا ۳۶ اینچ و ۱۷۳ تلمبه خانه، تأسیسات و فشارشکن، انرژی حیاتی بخش نفت خام و فرآورده را در سراسر کشور پهناور ایران انتقال می دهند.

توانمندی انتقال این حجم مواد نفتی در کشور به دلیل ویژگی های جغرافیایی در طول ۵۰ سال شامل شبکه بسیار بزرگ خطوط لوله با ۱۶۳ دستگاه توربو پمپ به قدرت های ۱۰۰۰ تا ۲۶۰۰۰ اسب بخار و ۱۳۶ دستگاه الکتروپمپ فشار متوسط، جمعاً دارای قدرتی در حدود ۱۰۲۰ هزار اسب بخار همگام با سایر دستگاه های انتقال دهنده مواد نفتی و تعداد ۲۲۰ ایستگاه رادیویی و ۱۱۰ مرکز تلفن راه دور هماهنگی های لازم را جهت کنترل دستگاه ها میسر ساخته است (۶).

۴-۵-۱ انتقال نفت خام خوراک پالایشگاه ها

اغلب مراکز تولید نفت خام در جنوب و تعداد معدودی در مرکز و غرب کشور قرار دارند و پالایشگاه های بزرگ و عمده کشور نیز براساس نفت خام های مذکور طراحی شده اند. بنابراین نفت خام خوراک پالایشگاه های درون کشور با خطوط لوله در

مسیرهای اصلی از جنوب به شمال تأمین می گردد. در جدول ۸ پالایشگاه ها و خطوط تأمین کننده آنها در کشور آورده شده است.

علاوه برآن در سال های اخیر نیز واردات نفت خام از کشورهای همسایه شمالی از طریق حمل دریایی در دریای خزر و سپس انتقال آن از بندر نکا بوسیله خط لوله در مسیر اصلی نکا- ساری- ری بخشی از خوراک پالایشگاه های تهران و تبریز را تأمین می نماید.

مازاد نفت خام در خطوط لوله در مسیرهای اصلی اهواز- ری، مارون- اصفهان، نکاء ساری- ری به ترتیب از طریق خطوط لوله ارتباطی اصفهان- ری، ری- تبریز و آفرینه کرمانشاه، خوراک پالایشگاه های تبریز و کمبود خوراک پالایشگاه کرمانشاه را تأمین می کند (۶).

جدول ۸: پالایشگاه ها و خطوط تأمین کننده آنها (۶)

خطوط تأمین کننده	پالایشگاه
اهواز- ری	پالایشگاه های اراک و تهران
مارون- اصفهان	پالایشگاه اصفهان
گچساران- شیراز	پالایشگاه شیراز
اهواز- آبادان و امیدیه- ماهشهر- آبادان	پالایشگاه آبادان
نفت شهر- کرمانشاه و اهواز- ری- آفرینه- کرمانشاه	پالایشگاه کرمانشاه
ری- تبریز	پالایشگاه تبریز

شایان ذکر است که انتقال نفت خام خوراک پالایشگاه ساحلی بندرعباس از مبادی صادراتی خازک بوسیله کشتی و در مورد پالایشگاه لاوان از محل تولیدات مناطق دریایی حوزه مذکور صورت می گیرد. در جدول ۹ کارکرد و ظرفیت خطوط لوله انتقال نفت خام در سال ۱۳۸۸ آورده شده است.

جدول ۹: کارکرد و ظرفیت خطوط لوله انتقال نفت خام (۶)

کارکرد (میلیون تن در کیلومتر)	طول (کیلومتر)	انتقال	
		مقصد	مبدأ
۱۰۰۲۷,۸۲	۴۴۰	اصفهان	منابع امیدیه
۱۶۹۰,۴۸	۳۷۲	ری	اصفهان
۳۹۷,۲۵	۳۵۲	آبادان	مایل ۴۰
۱۰۴۳,۱,۵	۹۹۱,۱	ری	شماره ۳ اهواز
۵۹۴,۵۱	۲۲۸	شیراز	گچساران
۳۳۱۳,۳۷	۶۰۷,۱	تبریز	ری
۱۳۴,۹۷	۲۱۹	کرمانشاه	تنگ فنی
۱۰۲,۱۴	۲۳۱,۲	کرمانشاه	نفت شهر
۱۳۷۱,۱۲	۳۱۸,۱	پالایشگاه تهران	اسکله نکا
۲۸۰۶۳,۱۶		مجموع کارکرد خطوط لوله نفت خام	

۴-۵-۲ وضعیت خطوط لوله نفت در ایران

۴-۵-۲-۱ مدیریت خطوط لوله

این مدیریت مسئولیت کنترل شبکه ای با کارکرد سالانه بالغ بر ۵۶ میلیارد تن نفت خام و فرآورده های نفتی، تغذیه پالایشگاه ها، انتقال فرآورده های تولیدی ۷ شرکت پالایشی و انتقال فرآورده های وارداتی به انبارهای مربوط را بر عهده دارد (۷).

۴-۵-۲-۲ تجهیزات و واحدهای عملیاتی انتقال نفت در ایران

تجهیزات اساسی زیر جهت انتقال نفت در کشور ایران استفاده می شود:

- ۱۴۰۰۰ کیلومتر خطوط لوله از قطرهای ۶ تا ۳۶ اینچ
- ۱۸۶ ایستگاه مرکز انتقال نفت، فشارشکن و تاسیسات انتهایی
- ۳۲۰ ایستگاه حفاظت کاتدیک
- ۱۳۵۰۰۰۰ اسب بخار قدرت نصب شده (واحدهای اصلی) در مراکز انتقال نفت و تاسیسات

- ۳۷۵ دستگاه پمپ های اصلی تقویت فشار
- ۱۶۳ دستگاه نیروی محرکه از نوع توربین
- ۲۴۸ دستگاه نیروی محرکه از نوع الکتروموتور
- ۲۴ دستگاه توربو ژنراتور (۷).

۴-۵-۳ مزایای انتقال مواد نفتی از طریق خطوط لوله

- اقتصادی بودن هزینه حمل در مقایسه با سایر وسایل انتقال
- ایمنی بالای انتقال
- عدم آلودگی محیط زیست
- صرفه جویی در هزینه های تعمیر و نگهداری جاده های کشور
- صرفه جویی در وقت و هزینه ها
- انتقال کلان و مستمر نفت خام جهت استفاده در پالایشگاه ها
- انتقال کلان و مستمر فرآورده های نفتی به انبارهای ذخیره
- کاهش تصادفات جاده ای
- صرفه جویی در سوخت نفت کش های جاده پیما
- صرفه جویی در استهلاك قطعات یدکی نفت کش ها
- کاهش آلودگی صوتی و زیست محیطی با توجه به کاهش تردد نفت کش های جاده پیما (۷)

۴-۵-۴ وضعیت موجود خطوط لوله انتقال نفت در ایران

شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران به عنوان یکی از شرکت های تابعه شرکت ملی پالایش و پخش وظیفه انتقال نفت خام از مبادی تولید به پالایشگاه ها و دریافت فرآورده های نفتی از پالایشگاه ها و مبادی واردات و انتقال آنها به مخازن شرکت ملی پخش در سراسر کشور، تامین سوخت نیروگاه ها، فرودگاه ها، خوراک صنایع پتروشیمی، همچنین حمل نفت خام کشورهای آسیای میانه از پایانه نفتی نکا

به پالایشگاه های شمالی کشور را از طریق ۱۴۰۰۰ کیلومتر خط لوله و ۱۱ منطقه عملیاتی در سراسر کشور بر عهده دارد. بخش عمده ای از این خطوط دارای عمر بالایی بوده و از ریسک بالایی در قبال شکست و یا نشت مواد نفتی برخوردار می باشند. شرکت ملی نفت ایران نیز سهمی از طول خطوط لوله انتقال نفت خام به طول ۷۰۰۰ کیلومتر (طول خطوط اصلی) را در مناطق نفت خیز کشور به خود اختصاص می دهد (۸).

۴-۶ حوادث آلودگی نفتی ناشی از شکست خطوط لوله انتقال نفت در ایران

از آنجایی که خطوط لوله انتقال نفت و یا فرآورده های نفتی حاوی موادی ارزشمند، خطرناک (احتمالاً سمی) و تحت فشار زیاد هستند لذا همواره بروز هرگونه مشکل یا اختلال در سلامت خطوط می تواند مشکل ساز و یا حتی خطرآفرین باشد. متأسفانه اطلاعات جمع بندی شده و طبقه بندی شده ای پیرامون حوادث منجر به آلودگی ناشی از نشت نفت از خطوط لوله در کشور وجود نداشته و اطلاعات موجود پیرامون حوادث اخیر از دسترس عموم و حتی کارشناسان خارج است.

خطوط لوله نفت و گاز در ایران تحت کنترل شرکت های تابعه وزارت نفت بوده و وظیفه پشتیبانی، پایش و نظارت بر عملکرد خطوط مربوط به هر شرکت در حیطه وظایف همان شرکت قرار دارد که در صورت بروز هرگونه مشکل، خطر یا خسارت مرتبط با خطوط لوله مسئولیت متوجه شرکت متبوع خواهد بود.

در بخش هیدروکربن های مایع شامل نفت خام و فرآورده های مایع آن، مسئولیت با شرکت های نفت، پالایش و پخش فرآورده های نفتی و صنایع پتروشیمی است. با توجه به بالا بودن متوسط عمر خطوط لوله انتقال نفت و مواد نفتی در سطح کشور و خطرات بالقوه ناشی از شکست احتمالی خطوط ضرورت پایش به منظور پیشگیری از چنین حوادثی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. جدول ۱۰ نشان دهنده وضعیت

لوله های انتقال نفت است که در دید کلی عمر متوسط خطوط با قطر بالا را بیش از ۲۵ سال نشان می دهد. این جدول لزوم ایجاد سامانه پایشی قوی و کارآمد را در سیستم خطوط لوله انتقال نفت و فرآورده های نفتی و همچنین سامانه قدرتمند مدیریت ریسک و بحران حوادث ناشی از شکست احتمالی این خطوط، را نشان می دهد (۸).

جدول ۱۰: خلاصه وضعیت خطوط لوله ی نفت در سطح کشور از لحاظ طول، قطر و عمر (۸)

عمر (سال)	طول (کیلومتر)	قطر لوله (اینچ)	عمر (سال)	طول (کیلومتر)	قطر لوله (اینچ)
۲۲	۲۴۰	۱۸	۳۳	۵۲	۴۸
۲۵-۴۰	۲۰۲	۱۶	۳۰	۵۶۴	۴۲
۱۱-۴۰	۱۲۷	۱۴	۱۹-۴۰	۲۰۷	۳۶
۴-۳۷	۲۰۰	۱۲	۳۵	۱۹۰	۳۰
۲۵-۳۷	۸۱	۱۰	۳۳	۲۸/۵	۲۸
۸-۳۷	۱۹۶	۸	۳۳	۱۳۳/۷	۲۶
۲۵-۳۲	۱۵/۶	۶	۲۵	۳۵۸	۲۴
۳۰-۳۷	۲۵	۴	۳۳	۱۴	۲۲
	۳۰۰۷/۸ (کیلومتر)	جمع	۱۸-۲۷	۴۵۴	۲۰

حوادث مربوط به خطوط لوله در ایران در جدول ۱۱ آورده شده است. از آنجا که آمار دقیق در این خصوص وجود ندارد مرجع اطلاعات در این خصوص بیشتر سایت های خبری بودند. در جدول ۱۲ نیز حوادث مربوط به خطوط لوله نفت در جهان آورده شده است.

با توجه به اطلاعات منتشر شده در خصوص حوادث خطوط لوله انتقال نفت در ایران می توان علل عمده حوادث این خطوط را به شرح زیر طبقه بندی نمود:

- ترکیدگی لوله ها
- خوردگی و پوسیدگی لوله ها (شکل ۱۵)

• شکستگی در لوله ها:

۱. بعلت حوادث طبیعی

۲. بعلت حوادث حین حفاری و آسیب توسط ماشین های حفاری

به دلیل در دسترس نبودن آمار دقیق در خصوص هر یک از این موارد و کل حوادث مربوط به خطوط لوله، مشخص نمودن این که کدام یک علت عمده حوادث خطوط لوله نفت در کشور می باشند مشکل است.

جدول ۱۱: حوادث خطوط لوله انتقال نفت در کشور ایران (۶-۹)

محل وقوع حادثه	تاریخ وقوع حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
۲۵ کیلومتری شهر دو گنبدان	اطلاعاتی در دسترس نیست	ترکیدگی لوله نفت	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	آلودگی آب رودخانه فصلی در یلا، آبزبان موجود در این رودخانه، آلاینده‌گی زمین های کشاورزی منطقه، خسارت جدی به حیات وحش
چهارمحال و بختیاری، محدوده شهرستان سامان شهرکرد به سامان	اطلاعاتی در دسترس نیست	شکستگی خط لوله انتقال نفت خام به دلیل برخورد یک دستگاه ماشین آلات راهسازی با خط لوله	بلدوزر اداره راه و ترابری استان حین تعریض جاده دهستان «شوراب» به «چلوان» بخش سامان با لوله نفت خام مسیر خوزستان به پالایشگاه اصفهان برخورد کرد و سبب این حادثه شد.	علاوه بر عملیات پاک‌سازی رودخانه، کانالی برای هدایت آب آلوده حفر شد.	حدود ۱۵ هکتار از باغات و درختان غیر مثمر منطقه آسیب کلی دید و آب رودخانه زاینده رود نیز آلوده شد.
منطقه نفتی "بی بی حکیمیه"	۱۵ آذر ۱۳۷۹	نشت نفت از لوله های شرکت نفت گچساران	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	محوطه‌ای به طول ۱۵ کیلومتر و به عرض ۵۰۰ متر را آلوده و تعداد زیادی از حیوانات وحشی منطقه از بین رفته و آب چشمه ها، آب‌های جاری و خاک منطقه آلوده شد.
گچساران، رودخانه "کمبل"	بهمن ۱۳۸۰	پوسیدگی یکی از لوله های نفت	نشت مواد نفتی به رودخانه	اطلاعاتی در دسترس نیست.	سطح وسیعی از رودخانه "کمبل" شهرستان گچساران دچار آلودگی شدید نفتی شد.

ادامه جدول ۱۱

محل وقوع حادثه	تاریخ وقوع حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
آبادان	بهمن ۱۳۸۰	پخش آلودگی نفتی	آلودگی نفتی به نخلستان‌های شرقی رودخانه بهمن شیر سرایت و موجب آتش سوزی شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.
بوشهر، دیلم	اردیبهشت ۱۳۸۱	جاری شدن مواد زاید نفت خام و پس مانده‌های صنعتی و مواد شیمیایی شرکت‌های نفتی	نفوذ زائدات نفتی و شیمیایی به کانال آبرسانی و تلمبه خانه حوضچه های پرورش میگو منجر به توقف عملیات "لارو ریزی" شد.	ایجاد گودال، مهارنفت و حمل بخشی از نفت با تانکر به مخزن	خسارت ۲۵۰ میلیون ریالی به هر شرکت، در مجموع بیش از هفت میلیارد ریال به کل منطقه صنعتی پرورش میگوی سایت بویرات و کانال های آبرسانی زیان وارد شد.
سواحل بوشهر	دی ۱۳۸۳	علت شکستگی خط لوله نفت چاه های "گلخاری" به واحد بهره برداری بوده است.	آلودگی نفتی ۲۵ کیلومتر از سواحل بوشهر را فرا گرفت.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.
ماهشهر	بهمن ۱۳۸۳	نشت نفت از خطوط لوله قدیمی	اتصال اشتباه بخشی از خط لوله جدید به خطوط قدیمی پوسیده که استفاده نمی شدند.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	۶۰ هزار بشکه معادل ۱۰ میلیون لیتر مواد نفتی هدر رفت.
جزیره خارک	دی ۱۳۸۴	اطلاعاتی در دسترس نیست.	نشت نفت خط لوله فروزان در جزیره خارک و آلودگی نفتی و زیست محیطی ناشی از آن	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.

ادامه جدول ۱۱

محل وقوع حادثه	تاریخ وقوع حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
اصفهان	فروردین ۱۳۸۷	شکستگی خط انتقال لوله نفت خام در حوزه استان چهارمحال و بختیاری	بخشی از آب زاینده رود به عنوان بزرگترین منبع تامین کننده آب شرب شهر اصفهان به مواد نفتی آلوده شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	آلودگی آب اصفهان از منطقه حادثه تا شهرستان سمیرم
خوزستان- اصفهان	خرداد ۱۳۸۷	نشست خط لوله ۳۰ اینچ نفت	عبور خط لوله نفت از مجاورت منازل مسکونی موجب نشست آن در جدول های آب کشاورزی و سرایت آن به منازل مسکونی روستا شده و آنها را در محاصره نفت قرار داد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	تعدادی از منازل مسکونی و مزارع دچار آتش سوزی شدند. ۴ نفر کشته و ۱۵ نفر مجروح
تهران	مهر ۱۳۸۷	نشست مواد نفتی به آب های زیر زمینی	اطلاعاتی در دسترس نیست.	پاکسازی کامل آب های زیر زمینی اطراف پالایشگاه تهران در منطقه جنوب تهران از مواد نفتی به مدت دو سال	آلودگی آب های زیر زمینی منطقه جنوب تهران
اهواز	اسفند ۱۳۸۷	نشست نفت از خط لوله ۱۸ اینچی انتقال نفت از کارخانه های دهلران و چشمه خوش به اهواز	آلودگی نفتی ۹۰ کیلومتر از رودخانه کرخه	قطع آب آشامیدنی شهرهای مجاور و آبرسانی از منابع ذخیره	اطلاعاتی در دسترس نیست.
لرستان، پلدختر	اسفند ۱۳۸۷	ترکیدگی لوله نفت	نشست نفت به رودخانه کشکان در شهرستان پلدختر استان لرستان	اطلاعاتی در دسترس نیست	اطلاعاتی در دسترس نیست.

ادامه جدول ۱۱

محل وقوع حادثه	تاریخ وقوع حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
مسیر انتقال نفت پلدختر به مرکزی	تیر ۱۳۸۸	ترکیدگی لوله نفت	آلوده شدن ده ها کیلومتر از مسیر رودخانه کشکان	اطلاعاتی در دسترس نیست.	نابودی هزاران قطعه ماهی و آبیزی و با ادامه روند نشت نفت در این رودخانه، رودخانه سیمره نیز در معرض آلودگی نفتی قرار گرفت.
پلدختر، جلگه خلیج	مرداد ۱۳۸۸	ترکیدگی لوله نفت	نشت نفت به باغات و آب های زیرزمینی منطقه	اطلاعاتی در دسترس نیست.	خرابی باغات انجیر و تغییر طعم آب چاهی که محل تامین آب شرب منطقه به علت ترکیدگی لوله نفت
بوشهر، دیلم	بهمن ۱۳۸۹	شکستگی خط انتقال نفت خام	آلودگی نفتی در شهرستان دیلم در اثر شکستگی خط انتقال نفت خام از منطقه آغاچاری در استان خوزستان به تلمبه خانه گوره. حجم زیادی نفت خام وارد یکی از رودخانه های فصلی دیلم شد که همراه با سیلاب کوهستانی به اراضی پایین دست و آب های ساحلی دریا سرازیر گردید. لکه های نفتی بصورت تکه تکه در طول بیش از ۱۰ کیلومتر از نوار ساحلی دیلم روی آب شناور بود و مساحت برخی از این لکه ها به ۲۰۰ متر مربع می رسید.	لایه برداری از ماسه های ساحلی جهت پاکسازی ساحل این شهر.	لایه برداری ماسه های ساحلی خود به نوعی تخریب ساحل است و سال ها زمان لازم است تا فیزیک ساحل به حالت اولیه بازگردد. آلودگی تمام سطح سنگ چینی پلاژ ساحلی به نفت خام.

بخشی از نفت این خط لوله روانه مناطق پایین دست شد.	ایجاد گودال، مهارفت و حمل بخشی از نفت با تانکر به مخزن	تردد خودروهای سنگین و برخورد با خطوط لوله	ترکیدگی لوله نفت ۲۶ اینچ نفت صادراتی گچساران سه	فروردین ۱۳۹۳	کیلومتر ۱۷ در مسیر روستای دژ سلیمان به گناوه
---	--	---	---	--------------	--

در ادامه حوادث خطوط لوله انتقال نفت در سایر نقاط دنیا آورده شده است.

جدول ۱۲: حوادث خطوط لوله انتقال نفت در سایر نقاط دنیا (۱۰-۱۲)

محل حادثه	تاریخ حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
آمریکا، ایالت نوکس میسوری	می ۲۰۱۴	نشت در خط لوله شرکت نفت سینکلایر	مخلوطی از بنزین و گازوبیل باعث آلودگی خاک مزارع شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	میزان سوخت آزاد شده معلوم نیست.
آمریکا، ایالت اوهایو بخش هامیلتون	مارس ۲۰۱۴	نقص در خط لوله انتقال نفت خام	نقص در خط لوله مید ولی، پخش ۳۶۴ بشکه نفت خام به منطقه حفاظت شده در نزدیک خط لوله	اطلاعاتی در دسترس نیست.	حیوانات منطقه تحت تاثیر آلودگی قرار گرفتند.
آمریکا، مای فلور ایالت آرکانزاس	مارس ۲۰۱۴	نشت نفت از خط لوله ۲۰ اینچی	جریان نفت درون محوطه خانه ها و آبراهه ها و در نهایت آلودگی دریاچه کانوی. در برخی مناطق حیات وحش نیز توسط نفت پوشیده شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	میزان نشت حدود ۳۰۰۰۰۰ گالن تخمین زده شد.
آمریکا، اسمیت ویل تگزاس	اکتبر ۲۰۱۳	اطلاعاتی در دسترس نیست	خط لوله هشت اینچی صنایع کوچک حدود ۴۰۰ بشکه نفت خام را در محیط پخش کرد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	نفت باعث آلودگی دو استخر خصوصی و منبع آب گردید.
آمریکا، بخش کلومبیا ایالت آرکانزاس	اکتبر ۲۰۱۳	نشت در خط لوله انتقال شرکت نفت لیون	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	نفت در یکی از شاخه های رودخانه کریک پخش شد.

محل حادثه	تاریخ حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
آمریکا، توینگا ایالت داکوتای شمالی	سپتامبر ۲۰۱۳	نشست از خط لوله شش اینچی نفت	نشست از خط لوله شش اینچی با عمر ۲۰ ساله در مزرعه گندم	اطلاعاتی در دسترس نیست.	نشست ۸۶۵۰۰۰ گالن نفت و آلودگی حدود ۲ هکتار از زمین های اطراف
آمریکا، ایندیانا پولیس ایالت ایندیانا	می ۲۰۱۳	نشست سوخت گازوئیل از خط لوله ماراتون	نشست در خط لوله شرکت بریتیش پترولیوم منجر به تخلیه ۵۰ تا ۱۰۰ بشکه نفت خام در منطقه شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	بیش از ۲۰۰۰۰ گالن گازوئیل نشست شد.
آمریکا، واشنگتن ایالت اکلاهاما	جولای ۲۰۱۳	نشست در خط لوله انتقال نفت خام	به علت خوردگی خارجی در خط لوله ۴۲۰۰۰ گالن سوخت جت از یک خط انتقال تخلیه شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	مقداری از نفت وارد کانال زهکشی گردید که به منبع آب منتهی می شد.
آمریکا، موکنا ایالت ایلینویز	نوامبر ۲۰۱۲	اطلاعاتی در دسترس نیست.	حدود ۳۸۰۰۰ گالن نفت خام از خط لوله انبریح به مخزن یک مزرعه تخلیه شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.
آمریکا، شیکاگو ایالت ایلینویز	اگوست ۲۰۱۲	نشست سوخت جت از یک خط انتقال	ترکیدگی خط لوله محصولات نفتی شرکت وست شور باعث تخلیه ۵۴۰۰۰ گالن بنزین به محیط شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.
آمریکا، جاکسون ایالت ویسکونزین	جولای ۲۰۱۲	ترکیدگی خط لوله محصولات نفتی	خط اصلی شرکت کولونیل دچار مشکل شد و ۱۳۵۰۰ گالن محصولات نفتی به محیط تخلیه گردید.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	۴۴ چاه آب در نزدیکی خط لوله از جمله یک چاه آب شهری، آلوده شدند.
آمریکا، بلتون کارولینای جنوبی	ژانویه ۲۰۱۲	اشکال در خط اصلی انتقال محصولات نفتی		اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.

ادامه جدول ۱۲

محل حادثه	تاریخ حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
آمریکا، ایالت مونتانا	جولای ۲۰۱۱	ترکیدگی لوله ۱۲ اینچی نفت خام	ترکیدگی لوله ۱۲ اینچی شرکت نفت اکسون موبیل موجب تخلیه ۶۰۰۰۰ گالن نفت خام در محیط شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	هزینه پاکسازی ۱۳۵ میلیون دلار اعلام شد.
آمریکا، داکوتای شمالی	آوریل ۲۰۱۱	شکستگی خط لوله ۳ اینچی شرکت نفت هانت	رانش زمین در نزدیک کین باعث شکستگی خط لوله ۳ اینچی شرکت نفت هانت شد. مخلوط ۱۵ متر مکعب آب و ۰.۸ متر مکعب نفت وارد جریانی شد که به مخازن ساکیکاولیک گردید.	محدودسازی و بازیافت با قرار دادن بوم (پوشال) و جاذب های موقتی (تشک، بوم و غیره) در مسیر جریان	اطلاعاتی در دسترس نیست.
کانادا، ایالت آلبرتا	آوریل ۲۰۱۱	آلودگی نفت خام ناشی از خط لوله	به دلیل خرابی جوشکاری خط لوله انتقال نفت رین بو ۴۵۰۰ مترمکعب نفت خام سبک به مزارع نزدیک محل آزاد شد.	کاهش سریع فشار خط لوله و جداسازی بخشی که دچار نشتی شده. همچنین انجام عملیات اضطراری تحت نظارت سازمان محیط زیست و توسعه پایدار منابع. - عملیات روی آب شامل محدود سازی آلودگی شناور شده (توسط شناورها و بوم های جاذب) قبل از بازیافت نفت از کناره ها توسط پمپ خلاء و یا اسکیمهای بشکه ای. - انتقال نفت حبس شده در پوشش گیاهی توسط جریان آب با فشار کم (قبل از محدود سازی و پمپاژ از آب)، بازیافت توسط تجهیزات و به صورت دستی در گودال های کم عمق، ایجاد زهکش، درو کردن دستی پوشش گیاهی.	اطلاعاتی در دسترس نیست.

ادامه جدول ۱۲

محل حادثه	تاریخ حادثه	علت حادثه	شرح مختصر حادثه	اقدامات	خسارات وارده
آمریکا، استکوپریج (میشیگان)	آوریل ۲۰۱۱	نشت بنزین از خطوط لوله	آلودگی ناشی از بنزین در نتیجه نشت از خطوط لوله (آمریکا- خط لوله شرکت ماراتون)	محدود سازی نفت توسط بوم و تشک های جاذب. پس از مشخص شدن منبع آلودگی و بستن خط لوله مورد نظر، تعمیر آن انجام شد.	برآورد اولیه از حجم بنزین پخش شده ۴۸۰ متر مکعب بود. در نهایت شرکت ماراتون آن را بین ۱۱۰۰ تا ۱۷۵۰ مترمکعب گزارش کرد.
کانادا، اوآکویل اونتاریو در ایالت اوتاوا	مارس ۲۰۱۰	شکست در خط لوله محصولات پالایشگاه	اطلاعاتی در دسترس نیست.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	شکست در خط لوله ی محصولات پالایشگاه ۲۳۷۷۹ گالن بنزین به نهر، خاک و آب زیر زمینی تخلیه شد.
چین، دالیان	جولای ۲۰۱۰	انفجار دو خط لوله مواد نفتی	انفجار دو خط لوله مواد نفتی در دالیان و ایجاد آتش سوزی و آسیب به محیط زیست	اطلاعاتی در دسترس نیست.	تخلیه ۱۱۰۰ بشکه نفت به دریای زرد و پوشاندن ۵۰ تا ۴۳۰ کیلومتر مربع از دریا و خطوط ساحلی
آمریکا، مارشال ایالت میشیگان	جولای ۲۰۱۰	ترکیدگی خط لوله انتقال نفت خام	خط لوله ۱۷ اینچی شرکت انبریج دچار ترکیدگی و بیش از ۸۰۰۰۰۰ گالن نفت خام به آبراهه تامیج کریک تخلیه شد.	اطلاعاتی در دسترس نیست.	بیش از ۱۱۳۹۵۶۹ لیتر از نفت خام تا تاریخ نوامبر ۲۰۱۱ بازیافت شد.



شکل ۱۵: شکستگی لوله انتقال نفت بعلت فرسودگی در آلاسکا (۲)

۴-۷ بررسی ویژگی های خطوط لوله انتقال نفت از لحاظ فنی

بی تردید شناسایی مشخصات فنی خطوط لوله انتقال نفت می تواند در شناسایی عوامل بروز حادثه تاثیر بسزایی داشته باشد. در این خصوص برحسب مشخصات سیال، طول خط لوله و برخی عوامل جغرافیایی ممکن است از ایستگاه های تقویت فشار یا تلمبه خانه جهت تامین فشار مورد نیاز برای انتقال سیال استفاده گردد. در این بخش اجزای اصلی خطوط لوله نظیر نوع لوله، اتصالات، شیرآلات، تجهیزات تامین فشار، تجهیزات حفاظت از خوردگی و تجهیزات پیگ رانی می بایست مورد بررسی قرار گیرد. عمدتاً جهت انتقال نفت و فرآورده های آن از لوله های فولادی در خطوط انتقال استفاده می شود.

همچنین در این بخش می بایست نقشه مسیر خطوط لوله مورد بررسی قرار گیرد و در آن محل تقاطع با آبراهه ها، جاده و یا هر عارضه و پدیده ای که خطوط لوله با آن تلاقی داشته و احتمال خطر را افزایش می دهد، مورد بررسی قرار گیرد.

یکی دیگر از پارامترهایی که در بخش فنی می بایست مورد بررسی قرار گیرد، بررسی پایداری خطوط لوله می باشد. پایداری خط لوله وقتی در معرض نیروها و بارهای داخلی و خارجی قرار می گیرد، باید بررسی گردد. معمولا در محل های پر شیب و دارای پتانسیل زمین لغزش، ماسه های اشباع یا رسوبات اشباع، حرکت لوله ها ناشی از شناور شدن آنها است.

ناپایداری لوله ها عمدتا در اثر ۲ عامل ایجاد می شود:

- پوشش ناکافی

- کم بودن وزن مخصوص لوله

در مورد عامل اول ممکن است عمق ترانشه کم باشد یا مواد قرار گرفته روی لوله خوب متراکم نشده باشد. در مورد عامل دوم نیز وقتی لوله شناور می شود که مصالح روی لوله شناور شوند. این شناوری یا فرو رفتن به اختلاف وزن مخصوص کلی لوله، نیروهای برشی خاک و حد روانی خاک بستگی دارد. بالا آمدن ممکن است در اثر جمع شدن لایه زیر لوله باشد که به تدریج آن را بالا می آورد. ناپایداری لوله ها ممکن است در اثر نیروهای دینامیکی بر روی لوله های بدون پوشش یا همراه با پوشش که جا به جا شده اند به وجود آید.

نیروهای محیطی و نیروهای پیش بینی نشده از دیگر پارامترهای موثر در ایجاد حادثه می باشند. دیگر مشخصات فنی که می بایست مورد بررسی قرار گیرند، عبارتند از:

- نوع فرآورده های نفتی

- نوع خطوط لوله (رو زمینی و زیر زمینی)

- جنس لوله

- جنس عایق کاری

- مسیر عبور خطوط لوله و نقشه مسیر

- تقاطعات با ابنیه نظیر جاده، راه آهن، رودخانه، پل و

- قطر خطوط لوله
- عمق کار گذاری
- اصول طراحی
- عمر مفید خط لوله
- دبی جریان
- خصوصیات مایع منتقل شونده
- عبور از موانع (موانع زمینی، موانع هوایی، عبور از آبراهه ها و رودخانه ها)
- سیستم حفاظت کاتدیک
- تاسیسات فرستنده و گیرنده توپک

۴-۷-۱ بررسی آسیب پذیری زیست محیطی ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال در کشور

همانطور که قبلاً ذکر شد فرآورده های نفتی از ترکیبات شیمیایی متنوعی تشکیل شده است که قابلیت ایجاد اثرات مخربی بر اجزای محیط زیست را دارد. لذا شناسایی نقاطی که از آسیب پذیری بالاتری نسبت به اثرات نفتی برخوردار است، می تواند سطوح خطر زیست محیطی در منطقه را افزایش دهد. بعنوان مثال عبور خطوط لوله انتقال نفت یا وجود مخزن در مناطق نزدیک به مناطق تحت حفاظت و مدیریت سازمان محیط زیست و یا مناطقی که سطح سفره آب زیرزمینی بالا می باشد، از آسیب پذیری بیشتری نسبت به آلودگی های ناشی از خطوط انتقال و مخازن نفتی برخوردار است. از طرف دیگر شناسایی این نقاط با ارزش اکولوژیک و حساس می تواند در برنامه پایش زیست محیطی و همچنین در بخش مدیریت زیست محیطی مستقیماً مورد استفاده قرار گیرد.

بنابراین ضروری است با توجه به مسیر خطوط لوله نسبت به تعیین مناطق با آسیب پذیری زیست محیطی زیاد اقدام شود (شعاع مطالعاتی مناسب). در ادامه نحوه

تعیین حساسیت های زیست محیطی ارائه شده است. لازم به توضیح است در طول مسیر می توان با تعریف درجه آسیب پذیری و اهمیت هر یک از لایه ها نسبت به تهیه نقشه آسیب پذیری در منطقه اقدام نمود.

۴-۷-۱-۱ بررسی ویژگی های محیط زیست تحت اثر و تهیه لایه های

رقومی

در این بخش ابتدا محدوده مطالعاتی مناسب تعریف می شود. براساس مستندات موجود در خطوط لوله، شعاع مطالعاتی ۲ کیلومتر تعریف می شود. البته تعیین شعاع مطالعاتی بر حسب ویژگی ها و حساسیت های مسیر عبور خط لوله متفاوت می باشد. سپس می بایست محدوده مطالعاتی ناحیه بندی شود. در این راستا می توان از روش هایی نظیر شبکه استفاده کرد. بطوری که در هر سلول شبکه اطلاعات تمام لایه های زیست محیطی قابل تعریف باشد. در این بخش پس از تعیین محدوده مطالعاتی عوامل زیست محیطی در قالب دو محیط منابع اکولوژیک و منابع انسانی می بایست مورد بررسی قرار گیرد.

۴-۷-۱-۲ تعیین لایه های محیطی

پس از بررسی عوامل زیست محیطی تحت اثر، مهم ترین لایه ها جهت آسیب پذیری استفاده می شود. در این راستا ضروری است لایه های نظیر پوشش گیاهی، خاک، منابع آب (سطحی و زیر زمینی)، مناطق زیستگاهی تحت مدیریت سازمان محیط زیست شامل پارک ملی، پناهگاه حیات وحش، آثار طبیعی - ملی، منطقه حفاظت شده، سایر مناطق با ارزش اکولوژیک، مراکز جمعیتی و تعیین گردد.

۴-۷-۱-۳ تعیین طبقات آسیب پذیری

هر یک از لایه های زیست محیطی نظیر آب زیر زمینی، خاک و مناطق زیستگاهی با توجه به حساسیت آنها و یا دوری و نزدیکی به خط لوله و از سطح آسیب پذیری یکسانی در طول مسیر خط لوله برخوردار نیستند. بنابراین باید بر حسب

شدت آسیب های وارده ناشی از آلودگی های نفتی، امتیازاتی به هر طبقه از لایه های زیست محیطی تعلق گیرد.

۴-۷-۱-۴ طبقه بندی آسیب پذیری هر یک از لایه ها

از آنجایی که مشخصات و در نتیجه امتیازات آسیب پذیری برای هر لایه متفاوت بوده، لذا این امتیازات باید در کل مسیر به تفکیک هر لایه پهنه بندی شود تا بتوان امتیاز نهایی هر یک از سلول های شبکه را محاسبه نمود.

۴-۷-۱-۵ رویهم گذاری نقشه ها و تعیین محدوده های اصلی آسیب پذیری

در بخش نهایی لایه رقومی ارزش گذاری شده تلفیق و رویهم گذاری می شود و بر اساس امتیازات اکتسابی، وزن هر سلول تعیین گردیده و بر اساس جدول امتیازات طبقه بندی حساسیت، جانمایی می گردد.

۴-۸ برنامه پایش خطوط لوله انتقال نفت

۴-۸-۱ پایش فنی

خطوط لوله در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به لحاظ تامین پایداری فعالیت های این قبیل صنایع از اهمیت ویژه ای برخوردارند. کنترل و نگهداری خطوط لوله در برابر عوامل محیطی و شرایط عملیاتی و تنش های ناشی از آن فرآیند گسترده و هزینه بر بوده که از ابعاد مختلف قابل بررسی می باشد. وقوع حوادث در خطوط لوله علاوه بر وارد نمودن خسارات فراوان به تاسیسات، زیان های قابل توجهی به محیط زیست و منابع طبیعی وارد می نماید. از سوی دیگر نشت مواد نفتی از خطوط لوله به نوبه خود ضمن آلودگی محیط زیست موجب هدر رفتن مواد ارزشمند نیز خواهد شد. از این رو ضروری است وضعیت خطوط لوله و مخازن موجود به روش های مختلفی بررسی و معایب و نواقص احتمالی آنها مشخص شده و شرح کار تعمیراتی برای آنها تهیه گردد. بازرسی مستمر خطوط لوله از فعالیت های مهمی است که با هدف رفع

نواقص و فرسودگی موجود در آنها و تعمیرات پیشگیرانه انجام می شود. برای این منظور مهندسين و بازرسين فنی تحت شرایط ویژه و با استفاده از ابزار مناسب و روش های اجرایی استاندارد اقدام به بررسی و ارزیابی این تجهیزات نموده و طی برنامه های زمان بندی و از پیش تعیین شده پارامترهای مهم مربوط به شرایط خطوط لوله را برای حصول اطمینان از عملکرد مناسب و کنترل شده آنها مورد بررسی قرار می دهند.

۴-۸-۲ بازرسی فنی^۱

بازرسی فنی عبارت از اقداماتی است که توسط متخصصین آشنا به فن بازرسی فنی جهت عیب یابی، تعیین وضعیت دستگاه ها و حصول اطمینان به ایمنی بهره برداری از آنها اعمال می گردد. بررسی مباحث مربوط به بازرسی فنی در اینجا حائز اهمیت می باشد. برنامه ریزی و انجام بازرسی منظم و موردی بر روی تجهیزات از لحاظ فنی وظیفه اصلی اداره بازرسی فنی است. کنترل خوردگی و انجام آزمون های غیر مخرب به عهده بازرس فنی می باشد. گزارش بازرسان می تواند وضعیت خطوط لوله و پارامترهای مورد نظر در خصوص خطرات احتمالی تجهیزات از قبیل خوردگی، کاهش ضخامت جدار لوله ها، وجود نشت های احتمالی، وقوع شکستگی یا ترک در جدار لوله ها، وضعیت پوشش ها، کارکرد صحیح سیستم حفاظت از خوردگی، شیرهای اتوماتیک قطع جریان و مواردی نظیر آن را مشخص نماید.

بازرسی فنی از لحاظ زمانی در طی چهار مرحله انجام می گردد:

- بازرسی قبل از ساخت
- بازرسی حین ساخت
- بازرسی بعد از ساخت
- بازرسی دوره ای (نگهداری)

قبل از ساخت بازرس فنی موظف است که طراحی ها و نقشه ها را چک کند و

1. Technical Inspection

مقادیر کمی و کیفی ساخت را محاسبه نماید. این کار از طریق استانداردهای موجود برای این منظور انجام می گیرد. بازرسی حین ساخت باید به نحوه ساخت دقت نماید و آنها را با استاندارد مطابقت دهد. بخصوص بازرسی چشمی در این قسمت بسیار موثر می باشد. مثلاً در جوشکاری لوله ها به انتخاب نوع جوشکاری و همچنین استفاده از الکترودهای مناسب دقت گردد. بعد از ساخت باید از طریق آزمایشات غیر مخرب و یا هیدرو تست از عدم وجود عیوب اطمینان حاصل گردد. همچنین با بازرسی دوره ای و آزمایشات غیر مخرب بخصوص ضخامت سنجی از خطوط لوله محافظت گردد.

۴-۸-۳ بازرسی بر مبنای ریسک (خطر)^۱

این نوع بازرسی جهت مدیریت خطر و اولویت بندی تجهیزات بر اساس میزان خطر ایجاد شده است. بازرسی بر مبنای خطر یک روش نوین در مدیریت بازرسی بوده و از ارزیابی خطر به منظور برنامه ریزی، توجیه و تفسیر نتایج حاصل از بازرسی، آزمایش و پایش استفاده می نماید. در این روش برخلاف روش های سنتی بازرسی، فاصله زمانی ثابتی تعریف نمی گردد، بلکه برای هر دستگاه، فاصله زمانی و روش بازرسی مشخص تعیین می شود. با استفاده از بازرسی بر مبنای خطر، ضمن اجتناب از بازرسی های مکرر، می توان امکانات و توانمندی های بازرسی را بر روی دستگاه هایی با خطر بالاتر متمرکز نمود. اولویت بندی و تمرکز بازرسی بر روی تجهیزاتی است که بیشترین اثر را بر روی ایمنی و اطمینان پذیری یک واحد دارند. مراحل اجرای بازرسی بر مبنای خطر به شرح زیر می باشد:

- تهیه خط مشی بازرسی بر مبنای خطر در واحد مربوطه
- تهیه، جمع آوری و ثبت اطلاعات تجهیزات
- طراحی مدارهای خوردگی
- ارزیابی پیامد وقوع خرابی ها

- ارزیابی احتمال وقوع خرابی ها
- ارزیابی خطر و تعیین درجه بحرانی
- برنامه ریزی بازرسی فنی

پس از تعیین میزان ریسک هر کدام از تجهیزات، برنامه بازرسی شامل فواصل بازرسی، محدوده بازرسی و روش بازرسی تعیین می گردد.

۴-۸-۴ پایش خطوط لوله انتقال نفت

خطوط لوله انتقال مواد نفتی با قطرهای مختلف از چاه ها تا واحدهای بهره برداری، پالایش و از آنجا تا محل مصرف به شکل زیر زمینی و رو زمینی از مسیرهای مختلف با شرایط جغرافیایی متفاوت عبور می کنند. خطوط لوله با گذشت زمان تحت عوامل مختلف ممکن است دچار خوردگی و پوسیدگی شده و یا در اثر بارهای مکانیکی وارده ناشی از بهره برداری یا عوامل طبیعی (زلزله، رانش و...) آسیب ببینند. فرسودگی لوله ها هم از لحاظ اقتصادی به سبب قطع جریان تولید و هم به لحاظ زیست محیطی به دلیل آلودگی عرصه های طبیعی قابل توجه است.

با توجه به اینکه بخش عمده ای از خطوط لوله مورد استفاده در کشور ایران از جنس فولادی می باشد، لذا عواملی از قبیل خوردگی فولاد و ترک ها یا شکستگی های روی جدار آنها پارامترهای تعیین کننده ای در راستای کنترل خطرات ناشی از خرابی و آسیب های منجر به نشست یا تخلیه آلاینده ها به محیط می باشند. پایش خطوط لوله شامل موارد زیر می باشد:

- پایش خوردگی و سیستم های حفاظت کاتدیک
- پایش ترک ها در خطوط لوله انتقال
- پایش خطوط لوله با روش پیگ رانی

۴-۸-۴-۱ پایش خوردگی و سیستم های حفاظت کاتدیک

یکی از موثرترین روش های کنترل و پیشگیری از خوردگی سازه های فلزی در تماس

با الکترولیت خورنده خاک و آب، طراحی و اجرای صحیح سیستم حفاظت کاتدیک می‌باشد. طراحی و اجراء سیستم حفاظت کاتدیک به دو روش تزریق جریانی و یا آندهای فدا شونده انجام می‌شود. حفاظت کاتدی شامل تعیین مقدار پتانسیل و جریان لازم، طراحی آندهای فدا شونده و روش جریان اعمالی می‌باشد. انواع روش‌های بازرسی و پایش خوردگی لوله به شرح زیر می‌باشد:

- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی ویژه خاک و طبقه بندی آن
- بررسی محیط خورنده شامل آب، خاک
- بررسی وضعیت پوشش اعمال شده بر روی لوله های دفن شده در خاک
- بررسی ایزولاسیون سیستم مورد حفاظت از سایر تاسیسات مجاور
- بررسی جریان های تداخلی

۴-۸-۲-۴ خوردگی و حفاظت از زنگ خطوط لوله

پس از اتمام فاز ساخت و نصب خطوط لوله و تجهیزات، عملیات نگهداری، پایش و بازرسی این سیستم ها شامل کنترل های ماهیانه و نگهداشت و رفع معایب سیستم‌های حفاظت کاتدیک صورت می‌گیرد. خوردگی در خطوط لوله از دو جهت داخلی و خارجی بررسی می‌شود.

۴-۸-۲-۱ خوردگی داخلی

سه روش زیر برای جلوگیری از خوردگی داخلی لوله وجود دارد:

الف) آب زدایی: در این روش مواد نفتی را قبل از تلمبه کردن به خط لوله از برج‌های حاوی مواد جاذب رطوبت مانند اکسید آلومینیم یا کلرور کلسیم عبور می‌دهند تا آب آن جذب گردد.

ب) تزریق ضد زنگ: در این روش سعی می‌شود که با تزریق برخی مواد درون فرآورده قشری محافظ بر روی سطح داخلی لوله پوشانده شود تا از تاثیر عناصر خورنده موجود در سیال بر فولاد جلوگیری بعمل آید.

ج) پوشش داخلی: پوشش داخلی در خط لوله جهت جلوگیری از خوردگی داخلی، مقاومت در برابر سایش یا کاهش مقاومت جریان مورد استفاده قرار می گیرد. برای موثر بودن پوشش داخلی لازم است که نواحی اتصال، جاهایی که لوله به یکدیگر جوش داده می شوند، نیز پوشش داده شوند. در غیر این صورت این نواحی در معرض خوردگی داخلی قرار می گیرند. این پوشش ها همچنین برای زانویی ها، فلنج ها و دیگر لوازم به کار می رود. معمول ترین پوشش ضد خوردگی داخلی یک نوع اپوکسی به نام FBE^۱ می باشد.

۴-۸-۴-۱-۱-۲-۴-۱ پوشش خوردگی داخلی

معمول ترین روش های پایش خوردگی داخلی عبارتند از:

- روش کوپن های خوردگی
- پروب های مقاومت الکتریکی (ER^۲) و مقاومت پلاریزاسیون (LPR^۳)
- روش امیدانس الکترو شیمیایی (EIS^۴)

الف) روش کوپن های خوردگی

روش کوپن های خوردگی یک روش قدیمی می باشد که در آن کوپن (باریکه فلزی) از جنس مشابه با خط لوله برای اندازه گیری خوردگی مورد استفاده قرار می گیرد. این کوپن ها با زوایای مختلف بسته به شرایط در خط لوله نصب می شوند و پس از یک دوره زمانی (یک تا سه ماه) خارج می شوند، سپس کاملاً تمیز می شوند. به کمک کاهش وزن کوپن ها نرخ خوردگی متوسط اندازه گیری می شود. این کوپن ها از نظر نوع خوردگی و زیر ساختار کاملاً بررسی می شوند. کوپن ها نرخ خوردگی را در بلند مدت و با هزینه کم اندازه گیری می کنند اما روش مناسبی برای اندازه گیری پیشگیرانه نیستند و خطاهای انسانی زیادی را شامل می شوند.

1. Fusion Bonded Epoxy
2. Electrical Resistance
3. Linear Polarization Resistance
4. Electrochemical Impedance Spectroscopy

ب) پراب های مقاومت الکتریکی (ER) و مقاومت پلاریزاسیون (LPR)

استفاده از پراب های خوردگی، اندازه گیری لحظه ای از موقعیت های واقعی را امکان پذیر می سازد. معمولا دو نوع پراب در پایش مستقیم بکار می روند. در خطوط لوله با جریان آرام و سرعت پایین سیال می توان از روش های الکترو شیمیایی مثل مقاومت پلاریزاسیون استفاده کرد.

ج) روش امیدانس الکترو شیمیایی (EIS)

یک روش سریع و دقیق برای اندازه گیری نرخ خوردگی در شرایط خاص و همچنین نرخ خوردگی موضعی می باشد. یکی از فواید مهم این روش امکان استفاده از سیگنال های با دامنه کم می باشد. این سیگنال ها می توانند بدون بر هم زدن شرایط سیستم، خصوصیات مختلف آن را اندازه گیری کنند. دیگر مزیت این روش امکان استفاده از آن در محیط های با رسانایی الکتریکی کم می باشد.

۴-۸-۲-۴ خوردگی خارجی لوله

خوردگی سطح خارجی خطوط لوله در نتیجه واکنش های الکترو شیمیایی است که در نتیجه به وجود آمدن پیل گالوانیک تحقق می یابد، به این معنی که عدم تشابه در جنس و میزان فشردگی ذرات و خواص فلز و یا عدم تشابه در جنس خاک و وجود رطوبت و یا هوا در آن موجب می گردد جریان ضعیفی به وجود آمده و رفته رفته موجب خوردگی سطح خارجی لوله گردد. تغییر جنس خاک در مسیر طولانی خط لوله ای که از انواع مختلف خاک ها عبور می نماید یکی از علل و عوامل اصلی خوردگی لوله می باشد. جریان های سرگردان نیز باعث تشدید عمل پیل گالوانیک می گردد.

روش های کلی برای متوقف ساختن خوردگی خارجی لوله شامل موارد زیر می باشند:

الف) پوشش ها

ب) اتصالات عایق کننده

پ) حفاظت کاتدیک

که در ادامه توضیحاتی در مورد هر یک از موارد آورده شده است:

الف) پوشش ها

پوشش ها معمولا نقش تشکیل فیلم محافظ را بر روی سطح مورد حفاظت ایجاد می کنند. عملکرد چنین پوششی جدا کردن فلز از تماس مستقیم با الکترولیت اطراف آن و ایجاد مقاومت الکتریکی بالا در مدار آند- کاتد بوده به نحوی که از حرکت خوردگی از آند به کاتد جلوگیری گردد.

ب) اتصالات عایق کننده

از اتصالات عایق کننده برای قطع اتصال الکتریکی فلز بین آند و کاتد استفاده می شود. در این صورت از حرکت در جریان بین آند و کاتد جلوگیری می گردد ولی استفاده از آن محدود است. مثلا اتصالات عایق کننده را می توان در محل اتصال دو فلز غیر مشابه به کار برد. اما واضح است که در کنترل پیل های خوردگی موضعی واقع بر سطح ساختار موثر نخواهد بود.

پ) حفاظت کاتدیک

حفاظت کاتدی استفاده از جریان مستقیم الکتریسته حاصل از یک منبع خارجی است که در مقابل با جریان خروجی خوردگی از نواحی آند قرار می گیرد. زمانی که یک سیستم حفاظت کاتدی نصب می گردد. کلیه قسمت های ساختار حفاظت شده، جریان حفاظتی را از الکترولیت اطراف اخذ کرده و تمام سطوح لخت کاتد می شوند. سیستم های کنترل خوردگی خط لوله معمولا (نه الزاما) ترکیبی از سه روش فوق می باشند. بعلاوه در صورت نیاز پیش بینی های دیگری با توجه به شرایط غیر معمول ممکن است در نظر گرفته شود. در ادامه روش های پایش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت آورده شده است.

۵- پایش آلودگی آب و خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت

قبل از انتخاب روش مقابله با پخش مواد نفتی و تهیه تجهیزات، مدیریت عملیات باید تصویر روشنی از گستره‌ی جغرافیایی و حرکت مواد نفتی پخش شده داشته باشد. بدین منظور باید از محل بازدید به عمل آید. در ادامه انواع روش‌های بازرسی آورده شده است.

۵-۱ بازرسی میدانی^۱

بازرسی میدانی به نوعی مکمل و هدایت کننده عملیات مشخص کردن خصوصیات محل آلودگی است. این روش اطلاعات واقعی و به موقع در خصوص محل آلودگی فراهم کرده و منجر به تصمیم گیری بهتر، صرفه جویی در وقت و زمان می گردد. در این روش نیازی به منتظر ماندن جهت اخذ نتایج مربوط به آزمایش ها نیست. قبل از انجام این کار لازم است، مرور کلی بر تاریخچه محل آلودگی و اطلاعات موجود (از جمله قوانین و مقررات و سوابق منطقه) صورت گیرد (جدول ۱۳) (۱۳).

جدول ۱۳: منابع اطلاعاتی بالقوه مربوط به محل آلودگی (۱۳)

۱- مجموعه قوانین و مقررات و اطلاعات مربوط به آنها

مرور اطلاعات و آگاهی نسبت به قوانین محیط زیست، بهداشت و سلامت، مجوزهای سازمان های مختلف. کسب اطلاعات در خصوص مناطق مجاور به محل آلودگی. بررسی تاسیسات زیر زمینی و خطوط انتقال برق، آب، گاز و یا سوخت در منطقه مورد نظر. استفاده از اطلاعات و نقشه های موجود در خصوص تاسیسات منطقه.

۲- اطلاعات مربوط به سوابق منطقه

نقشه ها و اطلاعات مربوط به سوابق منطقه و حوادث مشابه

۳- اطلاعات مربوط به نقشه برداری و جغرافیای منطقه

بررسی و مرور نقشه های موجود مربوط به منطقه مورد نظر و نقاط اطراف برای مشخص نمودن منابع آبی موجود، زهکش ها و رواناب ها.

استفاده از اطلاعات موجود در اینترنت به صورت برخط

۴- جمع آوری اطلاعات از طریق مصاحبه و پرسشنامه

مصاحبه و جمع آوری اطلاعات از افرادی که در منطقه زندگی می کنند، شاغلین و بازرسان قبلی منطقه مورد نظر.

1. Field Screening

۵-۱-۱ تضمین کیفیت روش های بازرسی میدانی

اغلب روش های بازرسی میدانی منجر به تامین اطلاعات کیفی خواهد شد. با این وجود برای این روش ها باید برخی از سطوح تضمین کیفیت^۱ مشخص گردد. این سطوح بستگی به اهداف نمونه برداری دارند. جدول ۱۴ مثال هایی از اهداف کیفی داده ها^۲ جهت روش های بررسی میدانی و سطح تضمین کیفیت مربوطه را نشان می دهد (۱۳).

جدول ۱۴: مثال هایی از اهداف کیفی داده ها جهت بررسی میدانی و سطح تضمین کیفیت مربوطه (۱۳)

اهداف کیفی داده ها	سطح تضمین کیفیت
کیفی: آیا آلودگی وجود دارد؟	کم (به عنوان مثال آزمون درخشندگی و جار)
نیمه کیفی: غلظت تقریبی چقدر است؟	کم تا متوسط (به عنوان مثال روش Head Space، روش های رنگ سنجی)
آیا اطلاعات به دست آمده از بازرسی محلی تجدید پذیر است؟	متوسط تا زیاد (استفاده از نمونه های مجزا، نمونه های متوالی، نمونه شاهد)
آیا اطلاعات حاصل از بازرسی میدانی کمی هستند؟	زیاد (استفاده از آزمایشگاه سیار و همراه با دستورالعمل های تضمین کیفیت)

۵-۱-۲ روش های بازرسی میدانی

روش ها و تجهیزات مختلفی برای بازرسی میدانی موجود است. این روش ها را می توان در مورد نمونه های خاک و آب مربوط به منطقه مورد نظر انجام داد.

۵-۱-۲-۱ بازرسی چشمی^۳

بازرسی چشمی عبارت از بررسی لکه های نشان دهنده آلودگی نفتی در خاک است. این روش هنگامی که آلودگی مربوط به هیدروکربن های نفتی سنگین باشد و یا غلظت آلودگی زیاد باشد، موثرتر خواهد بود.

1. Level of Quality Assurance
2. Data Quality Objectives
3. Visual Screening

۵-۱-۳ انواع آزمون جهت تشخیص آلودگی نفتی در آب و خاک

۵-۱-۳-۱ آزمون درخشندگی

برای انجام این آزمون یک قاشق از خاک را درون ظرف حاوی آب ریخته شده و سطح آب جهت وجود درخشش لکه نفت مورد بررسی قرار می گیرد. جهت بهتر دیده شدن درخشش می توان از یک رنگ محلول در نفت استفاده کرد. درخشندگی مشاهده شده را می توان طبق جدول ۱۵ دسته بندی کرد. این روش برای تشخیص آلودگی های مواد نفتی متوسط تا سنگین مناسب بوده و در مورد مواد نفتی سبک و فرار کاربردی ندارد.

۵-۱-۳-۲ آزمون جار برای تشخیص وجود «فاز مایع غیر آبی»^۱

بسیاری از آلاینده ها و از جمله مواد نفتی سیالاتی هستند که به آسانی در آب حل نمی شوند به چنین سیالاتی فاز مایع غیر آبی می گویند که به دو گروه سیالات با چگالی کمتر از آب^۲ و با چگالی بیشتر از آب^۳ تقسیم می شوند. جهت تعیین وجود این مواد در خاک مقداری خاک و آب را در یک ظرف حل کرده و از نظر وجود این مواد مورد بررسی چشمی قرار می گیرد (۱۳).

۵-۱-۳-۳ آزمون Head Space بر روی بخارات

نمونه آب یا خاک درون یک ظرف درب بسته قرار گرفته و بخار حاصل از نمونه در یک آشکارساز یونیزاسیون شعله ای FID^۴ یا آشکارساز فوتونیزاسیون PID^۵ مورد شناسایی و اندازه گیری قرار می گیرد (۱۳).

1. Non Aqueous Phase Liquids
2. Light Non-Aqueous Phase (LNAPLs)
3. Dense Non-Aqueous Phase Liquids (DNAPL)
4. Flame Ionization Detector (FID)
5. Photoionization Detectors

جدول ۱۵: توصیف آزمون درخشندگی برای لکه نفتی شناور بر روی آب (۱۳)

تفسیر	میزان درخشندگی
هیچ درخشندگی روی سطح آب مشاهده نمی شود.	بدون درخشندگی (NS)
درخشندگی کم، بی رنگ و مات است. پراکندگی نا منظمی دارد. به کندی رخ می دهد. روغن های آلی طبیعی و باکتری های آهن نیز ممکن است درخشش کمی ایجاد کنند.	درخشندگی اندک (SS ^۱)
درخشندگی واضح در سطح محدود. احتمالاً حالت رنگین کمانی دارد. پراکندگی نا منظم و ممکن است سریع رخ دهد، درخشندگی در تمام سطح آب پراکنده نیست.	درخشندگی متوسط (MS ^۲)
در این نوع درخشندگی رنگ و حالت رنگین کمانی مشخص بوده، پراکندگی سریع صورت گرفته، درخشندگی تمام سطح آب را می پوشاند.	درخشندگی زیاد (HS ^۴)

1. No Sheen (NS) 2. Slight Sheen (SS) 3. Moderate Sheen (MS) 4. Heavy Sheen (HS)

توجه: نتایج کاذب ممکن است در اثر مواد آلی تجزیه شده و یا باکتری های آهن حاصل شود. این درخشندگی کاذب در نتیجه هم زدن از بین می رود.

۵-۱-۳-۴ کیت های رنگ سنجی

کیت های مختلفی جهت آزمون کیفی آلودگی وجود دارند. این روش ها نسبتاً آسان و ارزان هستند. به طور معمول در این روش نمونه آب یا خاک توسط حلال آلی (متانول یا حلال های دیگر) استخراج شده و سپس نمونه استخراج شده با کاتالیست و یا آنزیم ترکیب شده و ایجاد رنگ می کنند (۱۳). با توجه به شرایط محل می توان در عملیات بازرسی میدانی یک یا مجموعه ای از روش های فوق را استفاده کرد. بعد از بازرسی محل باید موقعیت، ضخامت و جهت حرکت مواد نفتی به طور منظم و دقیق تعیین شود.

۵-۲ بررسی و ردیابی مواد نفتی پخش شده

۵-۲-۱ بررسی و ردیابی مواد نفتی پخش شده در خشکی

بررسی و ردیابی مواد نفتی در خشکی شامل تعیین گستره و مسیر مواد نفتی پخش شده در سطح زمین و زیر سطح آن می باشد. مراحل انجام کار به شرح زیر است:

۱. تعیین محل تقریبی پخش مواد نفتی
 ۲. ارزیابی ویژگی های محل و مشخص کردن تجهیزات و پرسنل مورد نیاز
 ۳. استقرار تجهیزات و افراد در محل
 ۴. شروع عملیات بررسی و ردیابی
 ۵. در صورت لزوم تکرار عملیات بررسی به منظور تعیین جهت حرکت و مسیر مواد نفتی پخش شده
- جهت حرکت مواد نفتی پخش شده در زمین قابل پیش بینی است. این مواد در سطح حرکت کرده و در ادامه به زمین فرو می روند. با گذشت زمان حرکت این مواد ادامه داشته تا جایی که به یک لایه غیر قابل نفوذ و یا سفره آب های زیر زمینی می رسند. حرکت مواد نفتی در طول زمان تحت تاثیر توپوگرافی منطقه، باد و حرکت آب است. سرعت و جهت حرکت مواد نفتی بستگی به ویژگی های این مواد، دمای هوا، دمای خاک، هیدرولوژی سفره آب زیر زمینی و نفوذپذیری خاک دارد. گسترش و حرکت مواد نفتی در زیر سطح زمین متفاوت از حرکت مواد نفتی در سطح زمین است. مواد نفتی پخش شده بر روی سطوح شنی موجب آلودگی سطحی کمی می شود و به دلیل نفوذ به زیر سطح زمین به سفره آب زیر زمینی رسیده و در سطح وسیعی پخش می گردند. مواد نفتی پخش شده در مناطق تالابی بر روی سطح باقیمانده و بر روی سطح خاک اشباع شده از آب شناور باقی می مانند. مواد نفتی پخش شده در سواحل شن و ماسه ای در زمین فرو رفته و با حرکت در جهت شیب زمین به لایه ماسه ای نرم رسیده و با جذر و مد بعدی به سطح زمین می رسد (۱۴).

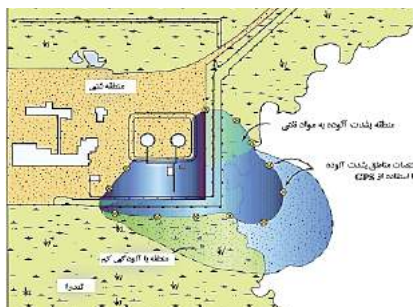
هدف از عملیات بررسی و ردیابی مواد نفتی، ارزیابی میزان گسترش مواد نفتی در سطح و زیر سطح زمین می باشد به طوری که بتوان از این اطلاعات در مراحل بعدی عملیات واکنش استفاده کرد (۱۴). با توجه به بررسی های انجام گرفته ممکن

- است برای مواد نفتی در روی زمین دو حالت وجود داشته باشد:
- ۱- مواد نفتی پخش شده در روی زمین قابل مشاهده و قابل دسترس باشد.
 - ۲- مواد نفتی پخش شده در روی زمین قابل مشاهده و قابل دسترس نباشد.
- که در ادامه درباره هر یک از موارد بالا توضیحاتی آورده شده است.

۵-۲-۱-۱ مشاهده مواد نفتی پخش شده در روی زمین

در این حالت حدود منطقه آلوده مشخص و نقشه آن تهیه می شود. در صورتی که سطح، لایه و غلظت مواد نفتی در این منطقه متفاوت باشد این تغییرات نیز باید در نقشه نشان داده شود. همزمان موقعیت جغرافیایی محدوده ی آلودگی توسط سیستم موقعیت یاب جغرافیایی^۱ مشخص و بر روی نقشه اعمال گردد.

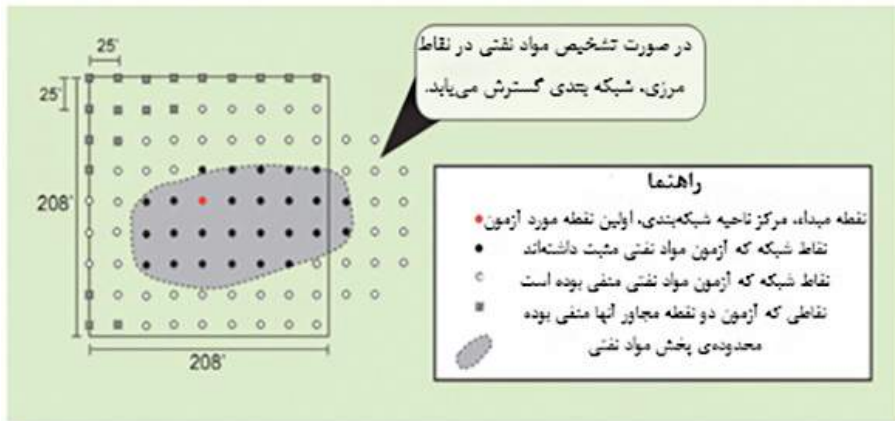
بهتر است در فواصل ۱۵ تا ۳۰ متری پیرامون منطقه آلوده نقاطی مشخص شده و مختصات آن توسط دستگاه سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) ثبت گردد. پس از این مرحله مساحت منطقه قابل محاسبه است. بهتر است طرح مقدماتی از منطقه مورد نظر بر روی نقشه توپوگرافی و یا عکس هوایی گرفته شده از محل، به صورت دستی رسم گردد. اطلاعات محل باید با جزئیات در این طرح آورده شود. زمان، تاریخ و فرد تهیه کننده این طرح باید ذکر گردد. با استفاده از این طرح و ادغام داده های حاصل از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) در آن می توان نقشه های دقیق تری (شکل ۱۶) را تهیه کرد (۱۴).



شکل ۱۶: نقشه تعیین محدوده منطقه شدت آلوده و آلودگی کم به مواد نفتی با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) (۱۴)

۵-۲-۱-۲-۲-۵ عدم مشاهده مواد نفتی در روی زمین

اگر به دلیل قرارگیری در زیر زمین محدوده پخش مواد نفتی قابل مشاهده نباشد، بررسی و ردیابی مواد نفتی باید به شیوه ی دیگری انجام شود. در مرحله اول باید منطقه احتمالی وقوع آلودگی و محدوده پخش آن در زمین مشخص گردد. در این حالت می توان جهت تعیین مسیر احتمالی حرکت مواد نفتی از یک سیستم شبکه ای استفاده کرد (شکل ۱۷). اولین نقطه در این سیستم محل احتمالی وقوع پخش مواد نفتی است. از این نقطه شبکه در تمامی جهات برقرار می گردد. تعیین نقاط



شکل ۱۷: ردیابی مواد نفتی از طریق تهیه یک سیستم شبکه ای (۱۴)

پس از شبکه بندی باید وجود یا عدم وجود مواد نفتی در این نقاط مشخص گردد. بدین منظور از اولین نقطه، بررسی وجود مواد نفتی را شروع کرده و مطابق با شبکه موجود بقیه نقاط مورد بررسی و آزمون قرار گیرد. در صورت عدم وجود مواد نفتی در اولین نقطه مجدداً محل را مورد بازبینی قرار داده و نقطه احتمالی دیگری برای محل وقوع پخش مواد نفتی در نظر گرفته و در صورت لزوم مجدداً محل آلودگی شبکه بندی گردد. اگر در نقطه ای وجود مواد نفتی تایید شد نقطه مجاور آن نیز

باید مورد آزمون قرار گیرد و در صورت منفی بودن عدم وجود مواد نفتی در این نقطه، یک نقطه دیگر در مجاور آن باید مورد آزمون قرار گیرد. در صورت عدم وجود مواد نفتی در دو نقطه مجاور در شبکه، آزمون دیگری در آن مسیر صورت نمی گیرد. در صورت مثبت بودن نتیجه آزمون در نقاط موجود در مرزهای شبکه ی تعیین شده باید شبکه در نظر گرفته شده را گسترش داد. نقاط در نظر گرفته شده در محل باید شماره دار شده و در یک نقشه اولیه آورده شوند (۱۴).

۵-۲-۲ بررسی و ردیابی مواد نفتی پخش شده در آب

هدف از عملیات بررسی و ردیابی مواد نفتی در آب، ارزیابی میزان گسترش مواد نفتی و مسیر حرکت آن در سطح آب است. روش کلی این کار عبارت است از:

۱. تعیین محل تقریبی پخش مواد نفتی

۲. ارزیابی ویژگی های محل و مشخص کردن تجهیزات و پرسنل مورد نیاز

۳. استقرار تجهیزات و افراد در محل

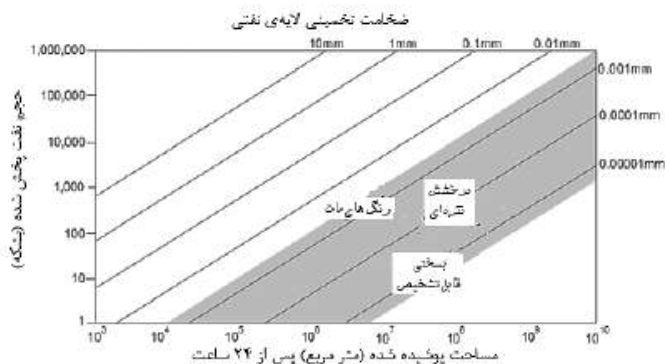
۴. شروع عملیات بررسی و ردیابی

در صورت لزوم باید عملیات بررسی تکرار گردد.

اولین مرحله در واکنش به پخش مواد نفتی در آب، ارزیابی محل، ویژگی و ابعاد گستردگی لکه نفتی است. رفتار مواد نفتی هنگامی که در آب پخش می شوند قابل پیش بینی است. مواد نفتی در سطح آب به صورت جانبی حرکت کرده و دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی (هوازگی) می شوند. لکه نفتی حرکت کرده، شکل و اندازه آن تحت تاثیر باد، شرایط دریا، جریان ها و امواج قرار می گیرد. تغییرات فیزیکی و شیمیایی خود شامل فرایندهای دیگری بوده و سرعت آن بستگی به ویژگی های مواد نفتی، شرایط دریا، دمای هوا، دمای آب و میزان تابش نور خورشید دارد. بررسی و ردیابی مواد نفتی در آب، منجر به برآورد ابعاد گسترش لکه نفتی و کمک به برنامه ریزی جهت واکنش به حادثه می گردد. بهترین و معمول ترین روش

ردیابی لکه نفتی، مشاهده مستقیم است. این کار باید توسط یک فرد آموزش دیده و با وسایل هوانوردی و یا دریانوردی انجام شود (۱۴).

لکه نفتی ضخیم ظاهری قهوه ای و یا مشکی داشته در حالی که لکه ی نفت بسیار نازک ظاهری خاکستری و یا نقره ای دارد. مواد نفتی امولسیون شده قرمز تا قهوه ای رنگ هستند. از شکل ۱۸ و جدول ۱۶ می توان برای تخمین ضخامت لکه ی نفتی در آب استفاده نمود (۱۵).



شکل ۱۸: رابطه بین ظاهر، ضخامت و حجم نفت خام پخش شده بر روی آب (۱۵)

(نکته: منطقه سایه دار محدوده ای را نشان می دهد که ضخامت و سطح پوشیده شده را می توان از ظاهر لکه نفت تخمین زد. مقادیر زیر این ناحیه قابل مشاهده نبوده و مقادیر بالای این ناحیه قهوه ای تیره و یا مشکی هستند)

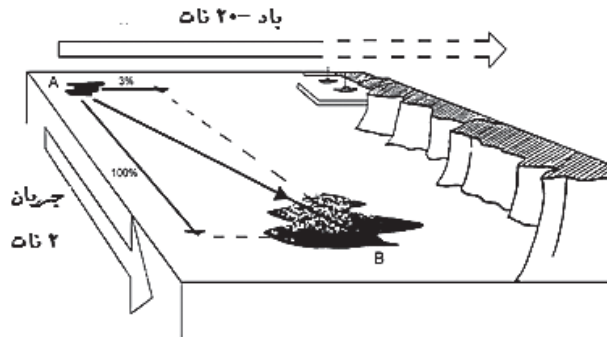
سرعت حرکت مواد نفتی در حدود ۳ درصد سرعت باد است. به عنوان مثال اگر سرعت باد ۱۰ متر در ثانیه باشد سرعت حرکت مواد نفتی ۳۰ سانتی متر در ثانیه است. سرعت حرکت مواد نفتی معادل سرعت حرکت جریان های آبی است. به منظور محاسبه سرعت کل مواد نفتی در آب، حاصل جمع برداری سرعت باد و جریان آب باید محاسبه گردد. این کار به صورت ترسیمی انجام می شود (شکل ۱۹) (۱۵).

جدول ۱۶: راهنما برای تخمین حجم نفتی پخش شده در آب (۱۵)

رنگ ظاهری						ضخامت تخمینی (mm)
غیر قابل تشخیص	درخشش نقره ای	رنگ های ضعیف	نوار رنگی روشن	رنگ های مات	قهوه ای روشن	
4×10^{-5}	10^{-4}	1.5×10^{-4}	3×10^{-4}	10^{-2}	2×10^{-2}	
سطح (m ²)						
۱۰۰	۰.۰۰۴	۰.۰۱	۰.۰۱۵	۰.۰۳	۰.۱	۰.۲
۵۰۰	۰.۰۲	۰.۰۵	۰.۰۷۵	۰.۱۵	۰.۵	۱.۰
۱۰۰۰	۰.۰۴	۰.۱	۰.۱۵	۰.۳	۱.۰	۲.۰
۱۵۰۰	۰.۰۶	۰.۱۵	۰.۲۲۵	۰.۴۵	۱.۵	۳.۰
۲۰۰۰	۰.۰۸	۰.۲	۰.۳	۰.۶	۲.۰	۴.۰
۳۰۰۰	۰.۱۲	۰.۳	۰.۴۵	۰.۹	۳.۰	۶.۰
۵۰۰۰	۰.۲	۰.۵	۰.۷۵	۱.۵	۵.۰	۱۰.۰
۱۰۰۰۰	۰.۴	۱.۰	۱.۵	۳.۰	۱۰.۰	۲۰.۰
۳۰۰۰۰	۱.۲	۳.۰	۴.۵	۹.۰	۳۰.۰	۶۰.۰
۶۰۰۰۰	۲.۴	۶.۰	۹.۰	۱۸.۰	۶۰.۰	۱۲۰.۰
۹۰۰۰۰	۳.۶	۹.۰	۱۳.۵	۲۷.۰	۹۰.۰	۱۸۰.۰
۱۰۰۰۰۰	۴.۰	۱۰.۰	۱۵.۰	۳۰.۰	۱۰۰.۰	۲۰۰.۰
۱۲۵۰۰۰	۵.۰	۱۲.۵	۱۸.۷۵	۳۷.۵	۱۲۵.۰	۲۵۰.۰
۱۵۰۰۰۰	۶.۰	۱۵.۰	۲۲.۵	۴۵.۰	۱۵۰.۰	۳۰۰.۰
۱۷۵۰۰۰	۷.۰	۱۷.۵	۲۶.۲۵	۵۲.۵	۱۷۵.۰	۳۵۰.۰
۲۰۰۰۰۰	۸.۰	۲۰.۰	۳۰.۰	۶۰.۰	۲۰۰.۰	۴۰۰.۰
۴۰۰۰۰۰	۱۶.۰	۴۰.۰	۶۰.۰	۱۲۰.۰	۴۰۰.۰	۸۰۰.۰
۶۰۰۰۰۰	۲۴.۰	۶۰.۰	۹۰.۰	۱۸۰.۰	۶۰۰.۰	۱۲۰۰.۰
۸۰۰۰۰۰	۳۲.۰	۸۰.۰	۱۲۰.۰	۲۴۰.۰	۸۰۰.۰	۱۶۰۰.۰
۱۰۰۰۰۰۰	۴۰.۰	۱۰۰.۰	۱۵۰.۰	۳۰۰.۰	۱۰۰۰.۰	۲۰۰۰.۰
۱۲۵۰۰۰۰	۵۰.۰	۱۲۵.۰	۱۸۷.۵	۳۷۵.۰	۱۲۵۰.۰	۲۵۰۰.۰
۱۷۵۰۰۰۰	۷۰.۰	۱۷۵.۰	۲۶۲.۵	۵۲۵.۰	۱۷۵۰.۰	۳۵۰۰.۰

۴۰۰۰	۲۰۰۰	۶۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۸۰	۲۰۰۰۰۰
۴۵۰۰	۲۲۵۰	۶۷۵	۳۳۷٫۵	۲۲۵	۹۰	۲۲۵۰۰۰۰
۵۰۰۰	۲۵۰۰	۷۵۰	۳۷۵	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰۰۰۰۰
۵۵۰۰	۲۷۵۰	۸۲۵	۴۱۲٫۵	۲۷۵	۱۱۰	۲۷۵۰۰۰۰

(نکته: حجم مواد نفتی برحسب لیتر است. محاسبات با این فرض انجام شده که ضخامت لایه نفتی در تمام نقاط یکسان است. این حالت به خصوص در منطقه وسیع به ندرت رخ می دهد).



(نکته: تاثیر ۳ درصدی سرعت باد و ۱۰۰ درصدی حرکت جریان آب موجب حرکت مواد نفتی از نقطه A به B می شود).

شکل ۱۹: روش برداری برای تعیین جهت حرکت مواد نفتی پخش شده (۱۵)

روش های دیگر اطلاعات دقیقی در مورد موقعیت، شکل، اندازه، ضخامت، سطح مورد پوشش، وضعیت تغییرات فیزیکی و شیمیایی و مسیر حرکت لکه نفت ارائه نمی کند. از هواپیما و یا هلیکوپتر می توان به منظور ردیابی لکه نفتی استفاده کرد. همزمان می توان از قایق یا کشتی نیز در منطقه مشخص شده، جهت بازدید و بررسی خصوصیات لکه نفت و ضخامت آن استفاده کرد (۱۴). با توجه به موارد بالا ممکن است ۲ حالت برای لکه نفتی در سطح آب وجود داشته باشد:

۱. لکه نفتی قابل مشاهده و در دسترس است.

۲. لکه نفتی قابل مشاهده و در دسترس نیست.

که در ادامه توضیحات آن آورده شده است.

۵-۲-۲-۱ مشاهده لکه نفتی در سطح آب

لکه نفتی باید توسط فرد آموزش دیده بررسی و نقشه برداری شود. همچنین اگر ضخامت لکه در نقاط مختلف متفاوت است باید به طریقی در روی نقشه مشخص گردد. تکرار عملیات پس از گذشت مدت زمان مشخص، در تعیین جهت حرکت و سرعت لکه نفتی کمک می کند. دقت روش تا حدود زیادی بستگی به تجربیات و آموزش شخص مشاهده کننده دارد.

در صورت تداوم لکه نفتی، موقعیت مسیر لبه های آن را می توان با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) ثبت نمود. از روی موقعیت های ثبت شده می توان مساحت لکه نفتی را محاسبه کرد. عکس های دیجیتال از نما های مختلف لکه نفتی نیز سودمند است. بهتر است طرح مقدماتی از منطقه مورد نظر بر روی نقشه دریایی، نقشه توپوگرافی، عکس هوایی گرفته شده از محل و یا نقشه خط ساحلی به صورت دستی رسم گردد. اطلاعات محل باید با جزئیات در این طرح آورده شود. زمان، تاریخ و فرد تهیه کننده این طرح باید ذکر گردد. داده های ثبت شده، داده های سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)، نقشه ها و عکس ها باید فوراً به بخش برنامه ریزی در خصوص حادثه پخش نفت ارسال شوند (۱۴).

۵-۲-۲-۲ عدم مشاهده لکه نفتی در سطح آب

در صورتی که لکه نفتی به دلیل مه، تاریکی و یا عدم دسترسی به وسایل هوانوردی قابل مشاهده نباشد، باید از روش های دیگر استفاده کرد. گزینه های مختلف مورد استفاده در این مورد به شرح زیر می باشد:

- تکنولوژی مادون قرمز
- شناورهای ردیاب^۱

1. Tracking Buoys

- رادار

- حس گر فلورسانس لیزری^۱ (شکل ۲۰)

- مدل های کامپیوتری

در تکنولوژی مادون قرمز از دوربین های مادون قرمز جهت تشخیص تفاوت دمای بین لکه نفت و آب های اطراف آن استفاده می شود. با گسترش لکه نفتی و سرد شدن آن این روش کارایی خود را از دست می دهد. هنگامی که این دوربین ها بر روی وسایل هوانوردی نصب شوند سیستم های حسگر از راه دور روش موثری خواهند بود. همراهی فرد آموزش دیده و مجرب در استفاده از این روش الزامی است. مطابق روش قبل نقشه لکه نفتی توسط این تکنولوژی رسم می شود.

شناورها و یا تجهیزات مشابه ردیاب را می توان جهت ردیابی لکه نفتی بر روی آب استفاده کرد. این تجهیزات شناور بر روی آب اغلب دارای سیستم فرستنده رادیویی بوده و برخی از انواع آن نیز مجهز به سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) هستند، که مکان یابی لکه نفت را دقیق تر می کنند. در صورتی که شناورهای ردیاب با لکه نفت همراه باشد، مکان یابی لکه نفتی آسان خواهد بود. این روش ضخامت، مساحت و تداوم لکه نفتی را مشخص نمی کند (۱۳).

در رادارها، سیگنال های تولید شده از سطوح نسبتا صاف لکه نفتی با سیگنال های حاصل از آب های اطراف مقایسه می شوند. در این حالت در تصویر رادار لکه نفتی به صورت ناحیه سیاه مشاهده می شود. رادارهای مورد استفاده در این روش قابلیت تشخیص لکه نفتی در هر گونه آب و هوایی را به جز بادهای شدید دارند. لازم به ذکر است که پدیده های دیگری مانند سطوح صاف ناشی از جریان باد نیز می تواند موجب خطا در تشخیص لکه های نفتی گردد. بهتر است که این روش همراه با روش های دیگر مانند مادون قرمز و یا روش های شناسایی بصری مورد استفاده قرار گیرد. در حس گرهای فلورسانس لیزری (شکل ۲۰)، از یک پرتو لیزری هوابرد جهت تشخیص

1. Laser Fluorosensor

لکه نفتی استفاده می شود. سیگنال برگشتی در این روش حاوی اطلاعاتی در مورد نوع مواد نفتی است. به دلیل اختصاصی بودن این روش احتمال سیگنال‌های اشتباه کمتر است.



شکل ۲۰: استفاده از حس گرهای فلورسانس لیزری برای تخمین غلظت نفت در آب جهت تعیین مسیر حرکت مواد نفتی و سرنوشت آنها در شرایط مختلف آب و هوایی می توان از مدل های کامپیوتری نیز استفاده کرد. یک نمونه از این مدل ها، مدل OIL MAP می باشد که برای پیش بینی جهت و سرعت حرکت مواد نفتی در محیط های دریایی استفاده می شود. در مواردی که میزان پخش مواد نفتی زیاد بوده و متغیرهای سرعت باد و جریان آب به قدری پیچیده هستند که از روش ساده

بررداری نتوان استفاده کرد، کاربرد این مدل ها ارزشمند است. اطلاعات مورد نیاز برای مدل OIL MAP عبارتند از:

- نقشه منطقه پوشیده شده توسط لکه نفتی
- خصوصیات فیزیکی مواد نفتی
- جهت و سرعت باد در منطقه
- سرعت و جهت جریان آب
- مشاهدات در مورد پخش مواد نفتی در منطقه (۱۵).

۵-۳ نمونه برداری از خاک و آب آلوده به مواد نفتی

پس از بررسی و ردیابی مواد نفتی پخش شده در منطقه و در حین بازرسی میدانی و همچنین پایش منطقه پس از عملیات پاک‌سازی، لازم است که نمونه‌هایی از آب و خاک برداشته شود که در ادامه روش تعیین نقاط نمونه برداری، روش‌های نمونه برداری از خاک و آب آورده شده است.

در صورتی که اطلاعات کمی از منبع آلودگی در دسترس باشد و یا با توجه به بزرگی بودن منطقه آلودگی برنامه کلی نمونه برداری که شامل چندین دوره نمونه برداری است. به عنوان مثال اندازه‌گیری گاز در خاک، ممکن است به منظور ارزیابی اولیه از گستره آلودگی در محل آلودگی به کار رود. این کار به دو روش فعال^۱ و غیر فعال^۲ صورت می‌گیرد. در روش اول غلظت بخار توسط پمپاژ هوا از لوله ای که درون خاک قرار گرفته و به یک آشکار ساز متصل است، اندازه‌گیری می‌شود. در روش دوم آشکار ساز در محل قرار گرفته و میزان بخارهای آزاد شده در محل اندازه‌گیری می‌گردد. از نتایج حاصل از این اندازه‌گیری در تعیین محل چال آزمایش و یا چاه‌های گمانه^۳ برای نمونه برداری از خاک در طی بازرسی محل استفاده می‌شود. اطلاعات حاصله از بررسی خاک را می‌توان جهت تعیین نیاز به افزایش تعداد نمونه برداری

1. Active
2. Passive
3. Test Pits or Boreholes

از خاک و به منظور مشخص کردن گستره آلودگی مواد نفتی و علاوه بر آن نیاز به نمونه برداری از آب های زیر زمینی استفاده کرد. اگر در مورد ویژگی مواد منتشر شده، زمین شناسی و هیدروژئولوژی محل اطلاعاتی در دسترس باشد و یا نتایج نمونه برداری نشان دهنده این باشد که آلودگی قابل توجهی رخ نداده است، فقط یک بار نمونه برداری برای تعیین ویژگی های محل آلودگی لازم می باشد تا ویژگی های محل آلودگی را مشخص کرد.

مراحل اصلی در فرآیند نمونه برداری عبارتند از:

- به منظور کاهش امکان آلوده شدن نمونه محل نمونه برداری ایزوله شود.
- لوازم نمونه برداری مورد استفاده کاملاً تمیز باشند.
- جمع آوری نمونه به نحوی که احتمال آلودگی نمونه به حداقل برسد.
- نمونه ها در ظروف مخصوص نگهداری و برچسب زنی شود.
- نمونه ها در مکانی خنک نگهداری شوند.
- نمونه ها همراه با مستندات به آزمایشگاه ارسال شوند.

مراحل نمونه برداری بستگی به محل نمونه برداری ندارد. لازم به ذکر است که منطقه اطراف محل نمونه برداری ممکن است در معرض آلودگی های سطحی و محیطی باشد. بنابراین ایجاد محیطی تمیز جهت نمونه برداری اولین قدم در این فرآیند است. به علاوه روش کار زیر را باید در هنگام نمونه برداری در نظر داشت:

- قبل از نمونه برداری کلیه تجهیزات تمیز شوند.
- در هنگام کار با تجهیزات نمونه برداری و جمع آوری نمونه، تمامی افراد باید از دستکش تمیز از جنس پی وی سی یا لاتکس استفاده کنند.
- برای هر نمونه باید یک جفت دستکش جداگانه استفاده شود.
- باید دقت شود که هنگام نمونه برداری از هوادهی اضافی نمونه اجتناب گردد.
- از تجهیزات به نحوی استفاده گردد که رسوبات هنگام نمونه برداری، بهم نخورند.

- نمونه های ترکیبات آلی باید در ظرفی بسته با درب آلومینیومی یا تفلونی نگهداری شوند.
- نمونه های آب که برای تعیین مواد فرار گرفته می شوند، باید مطابق با روش آزمایشگاه کاملاً پر شوند.
- در صورت مشاهده مواد نفتی آزاد در نمونه، باید یک نمونه جدا نیز از آب بدون این مواد شناور جهت تعیین مقدار مواد محلول گرفته شود.
- هنگام نمونه برداری آب زیر زمینی باید دما، pH، کدورت و هدایت الکتریکی نمونه نیز اندازه گیری و ثبت شود.
- هر ظرف نمونه باید مطابق دستورالعمل برچسب زنی شده و اطلاعات لازم بر روی برچسب درج گردد.
- نمونه ها باید در همان روز نمونه برداری به آزمایشگاه ارسال شوند. نمونه ها باید طی انتقال در دمای کمتر از چهار درجه سلسیوس نگهداری گردند.
- مدارک و مستندات لازم باید تهیه گردد (۱۳).

دلایل لازم در مورد انتخاب تعداد نمونه ها، روش نمونه برداری، محل و آزمایشات خاک در بخش ۵-۳-۱ و دلایل لازم در مورد انتخاب محل و تعداد چاه های پایش آب زیر زمینی و آزمایشات پیشنهادی در این مورد در بخش ۵-۳-۲ آورده شده است.

۵-۳-۱ روش ها و محل نمونه برداری

این بخش در ارتباط با دلایل لازم در مورد انتخاب روش نمونه برداری، تعداد و محل نمونه ها، نوع نمونه و آزمایشات لازم جهت تعیین ویژگی های خاک در منطقه غیر اشباع است.

هدف کلی از نمونه برداری تعیین احتمال وجود غلظتی از آلاینده در محل است که موجب مخاطرات بهداشتی و یا زیست محیطی غیر قابل قبولی می شود. مقرون به صرفه ترین و مناسب ترین روش، نمونه برداری از محلی است که بیشترین احتمال

آلودگی را دارد.

نمونه برداری از خاک به سه روش زیر صورت می گیرد:

- نمونه برداری به صورت شبکه بندی نظام مند.
- نمونه برداری بر اساس منطق جریان حرکت.
- نمونه برداری تصادفی ساده.

به طور کلی در صورت مشخص بودن منبع آلودگی و یا محدود شدن آن به منطقه خاص، نقاط نمونه برداری نسبت به منبع مورد انتظار تعیین می شوند. در این حالت چنانچه اطلاعات هیدروژئولوژیکی منطقه در دسترس باشد نمونه برداری بر اساس منطق جریان حرکت آب انجام می شود. در صورت عدم مشخص بودن اطلاعات هیدروژئولوژیکی منطقه، نمونه برداری باید به صورت شبکه بندی نظام مند انجام گیرد، تفاوت بین روش نمونه برداری شبکه بندی نظام مند و منطق جریان حرکت آب در شکل ۲۱ نشان داده شده است (۱۶). روش انتخاب شده نمونه برداری، بستگی به مدل مفهومی محل خواهد داشت، در عمل ممکن است ترکیبی از روش‌ها در قسمت‌های مختلف محل به کار روند. به عنوان مثال در صورتی که منبع آلودگی مشخص نباشد و یا آلودگی در محل پراکنده باشد ممکن است محل شبکه بندی شده و نمونه‌ها با توجه به اهداف مطالعه به صورت نظام مند و یا تصادفی جمع آوری شوند (۱۶).

برای تعیین میزان گسترش و پخش جانبی هیدروکربن‌ها از یک منبع شناخته شده، از نمونه برداری بر اساس منطق جریان حرکت استفاده می شود (۱۶). نمونه‌ها در ابتدا باید نزدیک به محل آلودگی برداشت شود. اگر هیدروکربن‌های نفتی در این نقاط تشخیص داده شود، نمونه‌های اضافی باید در نقاط دورتر از منبع احتمالی تا زمانی که هیچ آلودگی مشخص نباشد، جمع آوری شود.

از روش نمونه برداری نظام مند ممکن است در مواردی که زمان عامل مهمی بوده

یا حذف تصادفی یک نقطه نمونه برداری بر روی تصمیم گیری و پیامدها اثر قابل توجهی داشته باشد استفاده گردد. همچنین جهت ارزیابی روش های پاکسازی مورد استفاده و در صورت فقدان و یا کمبود اطلاعات از روش نمونه برداری نظام مند استفاده می شود.

از نمونه برداری تصادفی ساده اغلب در نمونه برداری برای پایش زمین مزرعه، پاکسازی توده زیستی، حفاری خاک، آزمایش مواد پر کننده و در مواردی که اطلاعاتی در خصوص پیشینه و یا ویژگی های هیدروژئولوژیک منطقه در دسترس نباشد، استفاده می شود. مزایا و معایب روش های نمونه برداری از محل آلودگی در جدول ۱۷ آورده شده است.

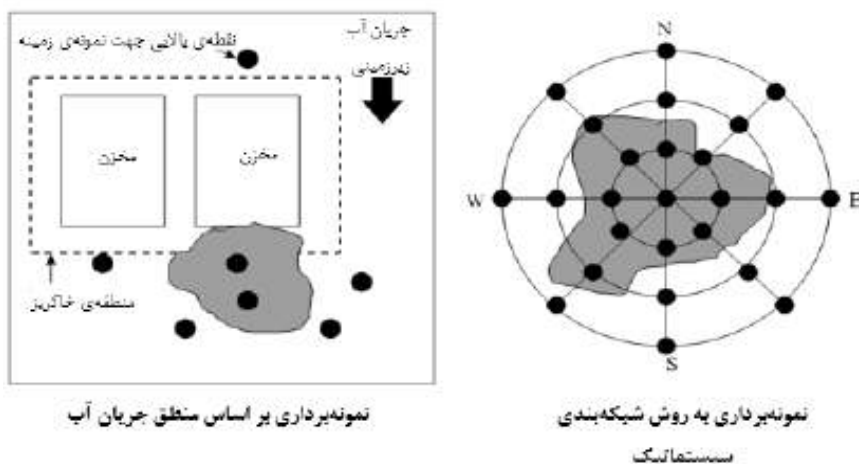
جدول ۱۷: مزایا و معایب روش های نمونه برداری از خاک محل آلودگی به مواد نفتی ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت (۱۶)

روش نمونه برداری	مزایا	معایب
شبکه بندی نظام مند (۵-۳۰ متر)	- از نظر پوشش آماری محل آلودگی معتبر است.	- مناطق بی خطر را نیز پوشش می دهد. - پر هزینه، ممکن است خطر منطقه را کمتر از میزان واقعی نشان دهد.
تصادفی ساده	- گزینه کم هزینه، تعداد نقاط نمونه برداری محدود به انتخاب تصادفی است.	- تمام نقاط امکان یکسانی برای نمونه برداری دارند. - ممکن است نقاط خطرناک حذف شوند.
منطقی	- بر اساس بازرسی میدانی محدوده را می توان تغییر داد.	- با صرف هزینه مناسب بر نقاط بحرانی تمرکز دارد. - نیاز به مدل بنیانی مناسب دارد.

در طی نمونه برداری شرایط زیر سطحی مشاهده شده در هر چاه گمانه^۱، چال آزمایش^۲ و یا چاهک حفر شده با مته نمونه برداری^۳ باید ثبت گردد. عمق مشاهدات ثبت شده باید نسبت به سطح زمین اعلام گردد. شرایط غیر معمول و یا غیر

1. Bore Hole
2. Test Pit
3. Auger Hole

منتظره در زیر سطح زمین از قبیل وجود آب زیر زمینی معلق^۱ و یا بو نیز باید ثبت شوند. جمع آوری، برچسب زنی و ثبت مشخصات نمونه های خاک باید انجام گردد. هنگام نمونه برداری از خاک از تجهیزات مختلفی استفاده می شود. نکاتی که هنگام استفاده از این تجهیزات باید در نظر گرفته شوند در جدول ۱۸ آورده شده است (۱۶).



شکل ۲۱: روش های نمونه برداری از خاک آلوده به مواد نفتی (۱۶)

۵-۳-۱- تعداد نقاط نمونه برداری و تعداد نمونه ها

هدف از بازرسی به دست آوردن اطلاعات صحیحی در خصوص آلودگی در منطقه ای مخصوص است. این کار از طریق نمونه برداری مناسب صورت می گیرد. هرچه تعداد نمونه ها بیشتر باشد درجه اطمینان از نتایج آزمایش بیشتر خواهد بود. تعداد نمونه بیشتر، موجب می گردد که اطلاعات ما از وضعیت محل بیشتر شده ولی هزینه انجام کار نیز بیشتر می شود.

تعداد نقاط نمونه برداری به عوامل زیر بستگی دارد:

- اندازه منطقه

1. Perched Ground water

- میزان آلودگی پخش شده
- درجه اطمینان مورد نیاز (داده ها جهت مقاصد قانونی است یا تصمیم گیری در خصوص آلودگی)
- هزینه ها
- کاربرد منطقه در آینده
- تجهیزات موجود
- زمان

جدول ۱۸: نکات مربوط به نمونه برداری از خاک محل آلودگی به مواد نفتی ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت توسط تجهیزات مختلف (۱۵)

نکات نمونه برداری	وسیله نمونه برداری
<ul style="list-style-type: none"> - بیل باید کاملاً تمیز بوده و عاری از روغن و سیالات هیدرولیکی باشد. - در پایان هر نمونه برداری بیل مکانیکی و بوم آن باید توسط بخار تمیز شوند. - در هنگام حفاری قبل از رسیدن به عمق مورد نظر، خاک و آلودگی هایی که به بیل چسبیده باید پاک شود. - توسط یک قاشقک تمیز نمونه باید از محفظه بیل خارج و به ظرف مناسب منتقل گردد. - پس از پایان نمونه برداری گودال حفر شده باید هرچه زودتر پر شده و به حالت اول باز گردد. 	ماشین حفاری (بیل مکانیکی)
<ul style="list-style-type: none"> - تا زمان استفاده تمام قسمت های مته باید تمیز شده و در فویل آلومینیومی نگهداری شوند. - جنس مته به گونه ای باشد که ایجاد آلودگی نکند. - پس از هر نمونه برداری مته باید تمیز شود. - حفره ایجاد شده پس از نمونه برداری باید پر شود. 	مته نمونه گیر دستی
<ul style="list-style-type: none"> - قبل از حفاری، لوله مخصوص حفاری باید با بخار شسته شده و عاری از آلودگی باشد. - تمام تجهیزات نیز باید قبل از هر نمونه برداری تمیز شوند. - نمونه باید توسط قاشقک تمیز به ظرف مناسب منتقل گردد. - نمونه بردار باید در هر نمونه برداری از یک جفت دستکش تمیز استفاده کند. - در صورت عدم نیاز به چاه گمانه باید آن را پر نمود. 	نمونه برداری از طریق حفاری

تعداد نمونه های خاک که باید از هر نقطه نمونه برداری، گرفته شود به عوامل زیر بستگی دارد:

- همگن بودن خاک
 - عمق حفاری و یا عمقی که انتظار می رود آلودگی وجود داشته باشد.
 - میزان آلودگی پخش شده در منطقه
 - وجود مسیری که آلودگی بتواند به صورت عمودی در خاک حرکت کند.
 - تعداد و نوع آزمایش هایی که آزمایشگاه می تواند انجام دهد.
 - صحت و دقت مورد نظر مطابق با اهداف عملیات
- حداقل نمونه های پیشنهادی برای شرایط مختلف آلودگی خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت در جدول ۱۹ آورده شده است. جهت تعیین عمق نفوذ مواد نفتی در خاک در طی حفاری و یا در چال آزمایش^۱، نمونه ها باید:
- در فواصل ثابت (مثلا ۰/۳ تا ۱/۵ متر)
 - با تغییر ساختار زمین شناختی محل^۲
 - در هر عمقی که نشانه هایی از مواد نفتی مشاهده می گردد یعنی آلودگی به صورت چشمی قابل رویت بوده و یا بویی استشمام گردد و یا از طریق روش های بازرسی میدانی مانند تجهیزات دستی اندازه گیری بخارات مواد آلی مشخص گردند، برداشته شوند.
 - نمونه برداری باید تا رسیدن به سطح آب زیر زمینی و یا تا عمقی که دیگر مواد نفتی مشاهده نشوند (از طریق روش های بازرسی میدانی) انجام گردد.
 - به منظور تایید گستره عمودی آلودگی حداقل یک نمونه باید در زیر عمقی که وجود آلودگی توسط روش های بازرسی میدانی تایید شده برداشته شود (۱۶).

1. Test pit
2. Lithology

۵-۳-۱-۲ انواع نمونه برداری از خاک آلوده به مواد نفتی ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت

برای بررسی خاک آلوده به مواد نفتی از هر دو نوع نمونه یعنی نمونه های مجزا^۱ و نمونه های مخلوط^۲ می توان استفاده کرد. در نمونه های مخلوط، از مناطق مختلفی نمونه برداری شده و سپس با هم مخلوط و نمونه مورد نظر گرفته می شود، البته نمونه های مجزا مناسب تر هستند. برای ترکیبات فرار باید نمونه های جداگانه ای برداشت شود. معمولا نمونه های مخلوط برای برآورد مقدار میانگین یک آلاینده استفاده می شود. نمونه برداری به روش مخلوط برای مواد نفتی فرار مناسب نیست زیرا هنگام مخلوط کردن نمونه ها مقداری از مواد فرار از دست می روند. هنگامی که هدف نمونه برداری تعیین محل های دارای آلودگی شدید است، نباید از روش نمونه برداری مخلوط استفاده کرد (۱۶).

جدول ۱۹: حداقل تعداد نمونه توصیه شده برای خاک آلوده به مواد نفتی از حوادث خطوط

لوله انتقال نفت (۱۶)

محل	تعداد نمونه ها	اقدام لازم
ناحیه محدوده بالای مخازن ذخیره	دو نمونه به ازای هر مخزن دو نمونه به ازای محدوده	نمونه برداری از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک طبیعی در ورودی ها، خروجی ها، محل تهویه، محل تخلیه و یا هر جایی که بتوان مواد نفتی را جمع آوری کرد.
گودال مربوط به مخزن ذخیره	پنج نمونه به ازای هر گودال	نمونه برداری از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک طبیعی از هر کدام از دیواره های گودال و از ته آن.
ناحیه پمپ بنزین	یک نمونه به ازای هر ناحیه	نمونه از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک اطراف محل برداشته می شود.

1. Discrete Samples
2. Compositing Samples

ادامه جدول ۱۹

محل	تعداد نمونه ها	اقدام لازم
خط لوله زیر زمینی سوخت	یک نمونه برای هر پنج متر خط لوله	نمونه از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک اطراف برداشته می شود. هدف نمونه برداری مناطقی است که لکه مشاهده می شود.
خط لوله سوخت روی سطح زمین	یک نمونه به ازای هر ۱۰ متر لوله	نمونه از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک اطراف برداشته می شود. هدف نمونه برداری محل مشاهده لکه و نقاط اتصال است.
بشکه های ذخیره و منطقه پاک	یک نمونه به ازای هر ۲۵ متر مربع	نمونه برداری از نقاطی که نشستی یا پخش مواد رخ داده و یا از زیر منطقه مورد نظر و از عمق ۲۰۰ و ۶۰۰ - ۳۰۰ میلی متری خاک.
محل نگهداری باتری های مصرف شده	یک نمونه به ازای هر ۲۵ متر مربع	نمونه از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک اطراف برداشته می شود.
محل دفن مواد زائد	یک نمونه به ازای هر ۲۵ متر مربع	نمونه از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک اطراف برداشته می شود.
گود برداری	یک نمونه به ازای هر ۲۵ متر مربع از دیواره ها	نمونه برداری از عمق ۲۰۰ میلی متری خاک طبیعی از هر کدام از دیواره های گودال و از ته آن.
حفاری چاه	۵ نمونه به ازای هر حلقه چاه	نمونه برداری از عمق های مختلف با فواصل ثابت (به عنوان مثال ۰/۳ تا ۱/۵ متری) در مقاطعی که تغییری در بافت سنگ مشاهده شده و یا اثراتی از لکه نفت دیده شود.

۵-۳-۱-۳ آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های خاک آلوده به مواد نفتی

آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های خاکی که از مناطق آلوده به مواد نفتی گرفته شده است، بستگی به نوع مواد نفتی داشته و در جدول ۲۰ به صورت خلاصه این آزمایشات آورده شده است. از کل هیدروکربن های نفتی^۱ می توان به عنوان

1. Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)

شاخص کلی برای آلودگی های ناشی از مواد سوختی استفاده کرد. اندازه گیری کل هیدروکربن های نفتی به روش کروماتوگرافی می تواند توزیع هیدروکربن ها را در نمونه آلوده تعیین کرده و به مشخص نمودن آلودگی از چند منبع مختلف کمک کند. در صورتی که نوع مواد نفتی مشخص نباشد بهتر است مقادیر کل هیدروکربن های نفتی، ترکیبات فرار آروماتیک آلی^۱ و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای^۲ در نمونه اندازه گیری شوند (۱۶).

جدول ۲۰: آزمایش های توصیه شده برای نمونه های خاک آلوده به مواد نفتی (۱۶)

منبع آلودگی	پارامتر	روش اندازه گیری
بنزین سوخت هواپیما مواد نفتی سبک	ترکیبات آروماتیک فرار آلی کل هیدروکربن های نفتی ترکیبی (C۶ تا C۹؛ C۱۰ تا C۱۴، بیشتر از C۱۵)	به رهنمود روش های نمونه برداری و آزمایش نمونه های آب و خاک آلوده به مواد نفتی (رفرنس شماره ۴۲) مراجعه شود (۴۲).
سوخت دیزل کروزن مواد نفتی متوسط	هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای کل هیدروکربن های نفتی ترکیبی	به رفرنس شماره ۴۲ مراجعه شود.
برش های سنگین نفت سوخت کوره سوخت باقیمانده نفت خام	هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای	به رفرنس شماره ۴۲ مراجعه شود.

۵-۳-۲ روش ها و محل نمونه برداری از آب آلوده به مواد نفتی

۵-۳-۱ نمونه برداری از آب زیرزمینی

نمونه برداری از آب زیر زمینی به منظور تعیین غلظت مواد نفتی در این منابع و جمع آوری داده های هیدروژئولوژی و زمین شناسی اطراف و منطقه پایین دست منبع آلودگی نفتی، انجام می گردد.

به هنگام نمونه برداری از آب های زیر زمینی آلوده به مواد نفتی اهداف زیر می تواند مطرح باشد:

1. Aromatic Volatile Organic Compounds (AVOCs)
2. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

- آیا آب زیر زمینی تحت تاثیر آلودگی به مواد نفتی قرار دارد؟
 - وضعیت موجود و روند تغییرات کیفیت آب زیر زمینی چگونه است؟
 - آلاینده تا چه عمقی در زیر زمین و در محدوده سطح آبخوان گسترش یافته است؟
 - آیا کیفیت آب برای کاربری‌های تعیین شده مناسب است؟
- نمونه برداری می تواند موارد زیر را نیز تعیین نماید:
- تعیین وجود و توزیع مکانی آلاینده‌ها
 - تعیین روند غلظت آلاینده‌ها و مواد طبیعی در طول زمان
 - سنجش اثر بخشی اقدامات جلوگیری کننده یا محدودکننده
- پس از تعیین اهداف نمونه برداری باید طراحی برنامه پایش انجام شود. بدین منظور لازم است تا در ابتدا یک مدل مفهومی از سیستم آب زیر زمینی، آلاینده‌های آن و عوامل و فرآیندهای تاثیرگذار بر آنها تهیه شود (۱۷).
- مدل مفهومی بیانی ساده از سیستم آب زیر زمینی است که می تواند شامل اطلاعاتی درباره زمین شناسی، مسیرهای جریان آب زیر زمینی، کیفیت پایه آب زیر زمینی، منابع آلاینده (حجم ها و غلظت ها برای هر تخلیه)، روش های تخلیه، دریافت کننده ها به علاوه هر فرآیند انتقال و سرنوشت احتمالی تاثیرگذار روی آلاینده ها باشد. پس از تهیه مدل مفهومی انجام هر گونه ارزیابی کیفیت آب زیر زمینی امکان پذیر است (۱۷).
- کلیدی ترین مواردی که باید در مدل مفهومی در نظر گرفت عبارتند از:
- ماهیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی تخلیه ها یا منابع آلاینده
 - ویژگی های هیدرولوژیکی و کیفی آبخوان
 - فرایندهای زیرسطحی مانند ترقیق و زوال که هنگام حرکت رو به پایین آلاینده ها به سمت آبخوان یا به همراه جریان آب زیر زمینی بر آن اثر می گذارند.

- موقعیت همه کاربران و رابطه آنها با جریان آب زیر زمینی
 - استانداردها/ معیارهای محیط زیستی (برای کیفیت آب) که برای مصرف کننده آب قابل استفاده هستند.
- مهم ترین مصارفی که باید مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از: شرب، صنعت، کشاورزی، پهنه‌های آب سطحی و اکوسیستم های خاکی وابسته به آب زیر زمینی مانند تالاب هایی که به وسیله پهنه‌های آب زیر زمینی تغذیه می‌شوند.
- تعداد و محل چاه های نمونه برداری آب زیر زمینی بستگی به مدل مفهومی و محدوده مورد بررسی دارد. محل و عمق چاه های گمانه باید به گونه ای باشد که مسیر احتمالی جریان آلودگی را تعیین کند (۱۵).
- به طور معمول پراکنش نقاط نمونه برداری بر اساس سه روش تصادفی، سطح بندی و جهت بندی انتخاب می شود که در ادامه آورده شده است.
- روش تصادفی:** از چاه ها، چشمه ها و چاه قنات های منطقه، تعداد مورد نیاز به صورت تصادفی انتخاب می شود.
- روش ناحیه بندی:** این روش منطقه مورد مطالعه به نواحی تا حد امکان مشابه تقسیم و تعداد ایستگاه ها در هر ناحیه متناسب با مساحت آن انتخاب می شود.
- روش جهت بندی:** در این روش جهت حرکت یا گرادیان هیدرولیکی آب زیر زمینی تعیین و سپس بر اساس موقعیت منابع موجود و مسیر حرکت جریان آب زیر زمینی، ایستگاه ها در مسیر حرکت آب از بالا دست منابع آلاینده تا پایین دست این منابع و نقاط برداشت آب در راستای جهت جریان انتخاب می شوند. در صورت عدم وجود منبع، می توان در مسیر حرکت آب زیر زمینی چاه حفر کرد.
- لازم به ذکر است که در یک محدوده هدف می توان با تلفیقی از این سه روش به شرح زیر ایستگاه ها را انتخاب کرد:
- جهت بندی حرکت آب های زیر زمینی در کل محدوده هدف یا آبخوان.

- سطح بندی منطقه به نواحی تا حد ممکن مشابه که با توجه به جهت حرکت آب می توان ناحیه های مشابه را شناسایی کرد.
 - انتخاب تعداد ایستگاه ها در هر ناحیه با توجه به مساحت آنها.
 - انتخاب نقاط نمونه برداری به صورت تصادفی در هر کدام از نواحی.
- بدیهی است برای کاهش هزینه و مشکلات اجرایی پس از انتخاب مکان های مناسب برای نمونه برداری بر اساس روش های فوق باید به این موضوع توجه کرد که حتی الامکان از منابع موجود که از نظر فنی مناسب تر هستند، استفاده کرد.
- نکته ای که باید به آن توجه داشت این است که نقاط نمونه برداری در شبکه پایش آب های زیر زمینی محدود به نواحی هستند که دسترسی به آبخوان وجود دارد. به عبارت دیگر در درجه اول نمونه ها را باید از چاه های موجود برداشت. همچنین اگر از عدم نفوذ آلودگی از طریق آب های سطحی اطمینان باشد، چشمه ها را نیز می توان به عنوان ایستگاه های نمونه برداری انتخاب کرد (۱۷).
- روش های نمونه برداری از آب زیر زمینی به شرایط و ویژگی های منطقه مانند کیفیت داده های مورد نظر، نحوه دسترسی به چاه های نمونه برداری، نوع تجهیزات در دسترس و پارامترهای کیفیت آب مورد نظر بستگی دارد. قبل از انجام نمونه برداری باید روش و تجهیزات نمونه برداری را تعیین کرد.
- تجهیزات برداشت نمونه به برخی از عوامل مانند قطر داخلی چاه، نحوه دسترسی به چاه نمونه برداری، عمق آب، عمق نمونه برداری، حجم آب موجود در چاه و نوع آلاینده ها بستگی دارد. نوع تجهیزات مورد استفاده در نمونه برداری را باید به گونه ای انتخاب کرد که کمترین اثر منفی را بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نمونه داشته باشد. همچنین پیش از انتخاب تجهیزات باید نوع آلاینده ها و حد تشخیص را به دقت تعیین کرد. برای اطلاعات بیشتر در مورد نحوه نمونه برداری و تجهیزات لازم به «دستورالعمل رفتار سنجی کیفی آب های زیر زمینی» نشریه شماره ۱۸۷ سازمان

مدیریت و برنامه ریزی کشور مراجعه شود (۱۸).

۵-۳-۱-۱ تعداد نقاط نمونه برداری و تعداد نمونه های برداشت شده از آب زیر زمینی

تعداد نقاط نمونه برداری به وسعت محدوده مطالعاتی، پیچیدگی هیدروژئولوژیکی محیط، وضعیت منابع آلاینده و مصرف کنندگان آب بستگی دارد. ورای بررسی های اجمالی، تعداد نقاط نمونه برداری به اهداف پروژه و روش تحلیل داده ها نیز بستگی دارد. مهم ترین عامل در انتخاب تعداد نقاط نمونه برداری شناخت یا پیش بینی تغییرات مکانی کیفیت آب زیر زمینی است. چرا که اگر تغییرات مکانی زیاد باشد، تعداد بیشتری نقطه باید نمونه برداری شوند.

در بررسی های اجمالی و پایش پایه اغلب حداقل تعداد ایستگاه های نمونه برداری برابر با ۱۰ تا ۳۰ نقطه است. تعداد کمتر از ۱۰ نقطه برای آبخوان های آزاد که در آنها تغییرات (مکانی) در مقیاس محلی کم است و تعداد بیشتر از ۳۰ نقطه برای آبخوان های سطحی آلوده مناسب است. پایش روند^۱ برای تشخیص دقیق تغییرات احتمالی کیفیت آب که ممکن است در نتیجه یک مشکل بالقوه در مدت زمان طولانی رخ دهد، انجام می شود.

اندازه گیری ها به طور مستمر با فاصله زمانی مشخص انجام می شود تا محدوده تغییرات یک عامل خاص در دراز مدت مشخص شود. در پایش روند، در صورتی که تغییرات مکانی قابل توجه نباشد یک ایستگاه به ازای هر ۲۵ تا ۱۰۰ کیلومتر مربع توصیه می شود. همچنین در صورتی که تغییرات مکانی قابل توجه باشد یا تعیین دقیق نرخ تغییرات پارامترهای کیفیت آب مد نظر باشد، یک ایستگاه به ازای هر ۱۰ تا ۲۵ کیلومتر مربع توصیه می شود (۱۸).

امروزه تعیین روند تغییرات در کیفیت محیط های آبی و بررسی روند تاثیر پذیری از محیط زیست در اثر رها سازی مواد آلاینده ناشی از فعالیت های انسانی و فرایندهای

1. Trend Monitoring

تصفیه فاضلاب از دیگر اهداف مورد نظر در این برنامه به شمار می روند. این نوع برنامه های پایش اغلب به عنوان پایش اثر^۱ شناخته می شوند. در پایش اثر، تعداد ایستگاه ها به موقعیت عوامل تاثیرگذار بر کیفیت آب بستگی دارد و باید بر اساس مدل مفهومی که تهیه می شود، تعداد نقاط نمونه برداری تعیین شوند (۱۸).

۵-۳-۲ نمونه برداری از آب های سطحی آلوده به مواد نفتی

۵-۳-۲-۱ نمونه برداری از سد، مخازن و دریاچه های طبیعی

مشاهدات مربوط به جریان آب، بستر، موجودات آبی، وجود لکه نفتی، بو و وضعیت آب و هوا باید در فرم مربوط به نمونه برداری ثبت گردد. نمونه باید از محل مشخص شده در برنامه نمونه برداری گرفته شود. نمونه برداری باید از زیر سطح آب صورت گیرد تا نمونه ناگهانی از لکه نفتی روی آب برداشته نشود. تجهیزات مناسب جهت این کار باید استفاده شود. نمونه مجزا از لکه های نفتی روی سطح آب نیز باید گرفته شود. رعایت الزامات زیر ضروری است:

- مشاهداتی از قبیل سطح آب رودخانه، رنگ و غیره و به خصوص چگونگی رابطه نمونه با جریان کلی باید ثبت گردد.
- نمونه ها باید در جهت جریان بالا دست گرفته شود تا از ایجاد اختلاط در رسوباتی که ممکن است روی نمونه های پایین دست جریان تاثیر داشته باشند، جلوگیری شود.
- در صورتی که بطری نگهداری نمونه حاوی مواد نگهدارنده باشد، نمونه باید توسط یک ظرف مناسب به آن منتقل گردد.
- مشخصات نمونه های جمع آوری شده باید در فرم مخصوص ثبت شوند.
- جهت کاهش آلودگی نمونه ظرف جمع آوری نمونه باید در یک سبد پلی اتیلنی قرار گیرد (۱۶).

با توجه به هدف نمونه برداری از جمله تعیین شرایط زمینه ای آلودگی، تعیین

میانگین غلظت آلودگی یا پایش پیوسته روند تغییرات غلظت آلودگی، ممکن است انتخاب محل ایستگاه نمونه برداری متفاوت باشد. در مواردی که تعیین اثر یک منبع آلودگی متمرکز یا غیر متمرکز مد نظر است، ایستگاه های نمونه برداری باید در مسیر پخش و انتقال آلودگی از نقطه ورود به سمت درون مخزن انتخاب و گسترده شوند. در صورتی که هدف، تعیین میانگین غلظت آلاینده ها در مخزن باشد، برای انتخاب تعداد و نقاط ایستگاه ها باید از روش های نمونه برداری آماری مانند نمونه برداری تصادفی ساده، نمونه برداری نظام مند و نمونه برداری لایه بندی شده بسته به شرایط، استفاده گردد. باید توجه داشت در صورتی که شکل یا اندازه مخزن به گونه ای باشد که مخزن به دو یا چند زیر مخزن دیگر تقسیم شده باشد (حتی اگر این تقسیم به صورت فیزیکی نبوده و به دلیل شرایط جریان ها و لایه بندی ها اتفاق افتاده باشد) هر یک از مخازن باید به طور مجزا نمونه برداری شوند. در این مورد ملاحظاتمانند لایه بندی حرارتی، جریان های اتصال کوتاه و جریان های آب داخلی مخزن باید در نظر گرفته شوند. در هر حال باید در نظر داشت که علیرغم انتخاب محدوده ایستگاه، نقاط نهایی نمونه برداری یا اندازه گیری باید پس از بازدید محل و انجام بررسی های اولیه و حتی در برخی موارد اندازه گیری های میدانی، تعیین گردند (۱۹).

پیش از اجرای عملیات اصلی نمونه برداری، باید بررسی اولیه ای از جوانب مختلف پروژه صورت پذیرد. برای این بررسی لازم است در نقاط مختلف سطح مخزن و در عمیق ترین نقاط مخزن در عمق (با فواصل ارتفاعی حداقل ۲ متر) از سطح تا بستر مخزن، نمونه گیری هایی انجام داد تا مشخص گردد که آیا با انتخاب یک ایستگاه می توان کیفیت آب کل مخزن را برآورد نمود یا خیر. در واقع این وضعیت که می توان مخزن را یک بعدی یا دو بعدی در طول و عرض فرض کرد یا خیر باید در این مرحله مشخص گردد.

در صورتی که رفتار مخزن مانند چندین مخزن کوچک تر در کنار هم باشد، باید در این مرحله مشخص شده و محدوده این پیکره های آبی با رفتار کیفی مستقل، شناسایی گردند. همچنین ضروری است در این مرحله تغییرات کیفیت آب نسبت به عمق به خصوص در دوره لایه بندی حرارتی، در نقاط مختلف مخزن بررسی گردد. بررسی و تعیین بازه زمانی اختلاط کامل در مخزن نیز باید در این مرحله صورت گیرد. علاوه بر موارد یاد شده، قابلیت دسترسی به نقاط انتخابی نمونه برداری، سهولت و امکان برداشت نمونه ها، نگهداری و حمل نمونه ها، حجم نمونه های مورد نیاز، روش های اندازه گیری در محل و آموزش تخصصی کار میدانی برای کارمندان، از جمله سایر مواردی است که در این مرحله باید انجام شده تا در حین انجام مراحل اصلی نمونه برداری از ایجاد مسائل و مشکلات منجر به وقفه یا کاهش دقت کار، اجتناب گردد (۱۹).

جهت تعیین نقاط و روش نمونه برداری در مخازن سد به نشریه ۵۵۱ دفتر نظام فنی اجرایی، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، با عنوان «دستورالعمل اجرایی پایش کیفیت آب مخازن پشت سدها» مراجعه گردد (۱۹).

۵-۳-۲-۲-۲ نمونه برداری از آب های سطحی

هدف از نمونه برداری از آب های سطحی، تعیین روند تغییرات در کیفیت محیط های آبی و بررسی روند تاثیر پذیری از رهاسازی مواد آلاینده ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت می باشد. روش نمونه برداری مورد استفاده باید روش نظام مند باشد در چنین روشی نمونه ها با فواصل زمانی (مشخص شده) مساوی و مکان های مشابه مشخص شده برداشت می شوند، لیکن ممکن است تغییراتی در الگوی مشخص شده براساس نظرات کارشناسی انجام شود.

بررسی روند تغییرات کیفیت آب در طول زمان، تنها زمانی امکان پذیر است که نمونه ها به طور متوالی از یک نقطه برداشت شوند. در شرایط اضطراری مانند

حوادث خطوط لوله انتقال نفت می توان از روش نمونه برداری تصادفی استفاده کرد. اغلب نمونه های آب از راه پر کردن ظرف، در کمترین فاصله از سطح آب بدست می آید. این روش به نام غوطه ور کردن یا نمونه برداری ساده شناخته می شود. نمونه های ترکیبی از اختلاط حجم های برابر از این نمونه ها تهیه می شوند و تخمینی از میانگین شرایط کیفیت آب را فراهم می کنند. در شرایط زیر نمونه به صورت ساده برداشته می شود:

- هنگامی که انتظار نمی رود غلظت اجزاء و عوامل مورد بررسی با زمان یا مکان تغییر کند.

- داده های شرایط حدی (منتهی الیه تغییرات عوامل محیطی) مورد نظر باشد.

هنگامی که انتظار می رود غلظت اجزاء و عوامل مورد بررسی با زمان یا مکان تغییر کند، نمونه به صورت ترکیبی برداشته می شود. نمونه های مجزا که نمونه ترکیبی را تشکیل می دهند، به نسبت های مساوی و یا متناسب با سرعت جریان برداشت شود. به این منظور سرعت جریان باید به دقت (و ترجیحاً پیوسته) اندازه گیری شود. در صورت عدم وجود مشکل در تماس نمونه منحصراً با مواد قابل قبولی از جمله فولاد ضد زنگ، شیشه، پلاستیک و تفلون می توان از نمونه گیرهای خودکار نیز استفاده کرد. دستگاه نمونه گیر خودکار باید توانایی جلوگیری از جدا شدن (ته نشینی) مواد جامد را داشته باشد. این نمونه ها پس از جمع آوری باید بدون تاخیر به آزمایشگاه فرستاده شوند. در شرایطی که پساب های منابع آلاینده به صورت مداوم و با بده مشخصی وارد رودخانه نمی شوند و در ساعتی از شبانه روز به صورت غیر مداوم به رودخانه تخلیه می شوند باید از روش نمونه برداری تلفیقی- زمانی استفاده کرد. جهت تعیین نقاط و روش نمونه برداری از آب های سطحی به نشریه ۵۲۲، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، با عنوان «دستورالعمل پایش کیفیت آب های سطحی جاری» مراجعه گردد (۲۰).

۵-۳-۳ آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های آب آلوده به مواد نفتی

آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های آب، بستگی به نوع مواد نفتی داشته و در جدول ۲۱ آمده است.

جدول ۲۱: آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های آب (۱۶)

منبع آلودگی	پارامتر مورد اندازه گیری	روش
بنزین سوخت هواپیما مواد نفتی سبک	ترکیبات آروماتیک فرار آلی	به رفرنس شماره ۴۲ مراجعه شود.
سوخت دیزل کروزن مواد نفتی متوسط	ترکیبات آروماتیک فرار آلی هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای	به رفرنس شماره ۴۲ مراجعه شود.
برش های سنگین نفت سوخت کوره سوخت باقیمانده نفت خام	هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای	به رفرنس شماره ۴۲ مراجعه شود.

۶- کنترل مواد نفتی و مقابله با آن

پس از بررسی محل و ردیابی مواد نفتی پخش شده لازم است تا تمهیداتی در زمینه کنترل این مواد و مقابله با آن در نظر گرفته شود. بنابراین با توجه به محل وقوع حادثه و شرایط محل عملیات، کنترل و مقابله با مواد نفتی منتشره ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال نفت در خاک و آب انجام می گردد.

۶-۱ کنترل و مقابله با مواد نفتی در خشکی

پخش مواد نفتی بر روی زمین نیاز به اقدامات سریع جهت توقف تخلیه از منبع آلودگی و محدود سازی گسترش آلودگی دارد. طی این اقدامات باید نکات ایمنی و خطرات ناشی از آتش سوزی را در نظر داشت. انتخاب روش های کنترلی و مقابله مناسب در خشکی به عوامل زیر بستگی دارد:

- ویژگی های طبیعی زمین

- شیب زمین
 - مقدار مواد نفتی
 - نوع مواد نفتی
 - زمان در دسترس جهت انجام اقدامات مقابله
- هدف از محدود سازی سطحی، جلوگیری از پخش مواد نفتی بر روی خاک و یا سطح سوبسترا بوده تا برای عملیات بازیافت و یا تصفیه آماده گردند. معمولاً این کار با استفاده از امکانات در دسترس (مانند بیل، ماشین آلات خاک برداری، تجهیزات ساخت موانع، جاذب ها و غیره) جهت ایجاد خاکریزها، بندها، موانع^۴ و ترانشه‌ها^۵ به منظور انحراف و محدود سازی جریان انجام می شود. روش هایی جهت محدود سازی و انحراف جریان های زیر سطحی نیز وجود دارد. عملیات محدود سازی باید دارای شرایط زیر باشد:
- اقدامات به سرعت انجام شود.
 - حتی الامکان کنترل و محدود سازی در نزدیک منبع آلودگی انجام شود.
 - از منابع موجود در مسیر آلودگی نفتی محافظت گردد.
 - از رسیدن جریان آلودگی به جویبارها، رودخانه ها و یا آب زیر زمینی جلوگیری شود.
 - هر مکانی که ممکن است از امکانات طبیعی^۵ برای محدود سازی و کنترل جریان آلودگی استفاده شود (۱).

۶-۱-۱ روش های کنترل و مقابله با مواد نفتی در خشکی

جهت تصمیم گیری در خصوص انتخاب روش های محدود سازی مواد نفتی پخش شده در خشکی می توان از راهنمای آورده شده در شکل ۲۲ استفاده نمود. لازم به ذکر است که اگرچه روش سوزاندن در محل ذاتاً یک روش محدود سازی نمی باشد ولی در شکل ۲۲ به عنوان روش کنترلی جهت حذف سریع مواد نفتی ذکر گردیده است.

1. Berms
2. Dams
3. Barriers
4. Trenches
5. Natural features

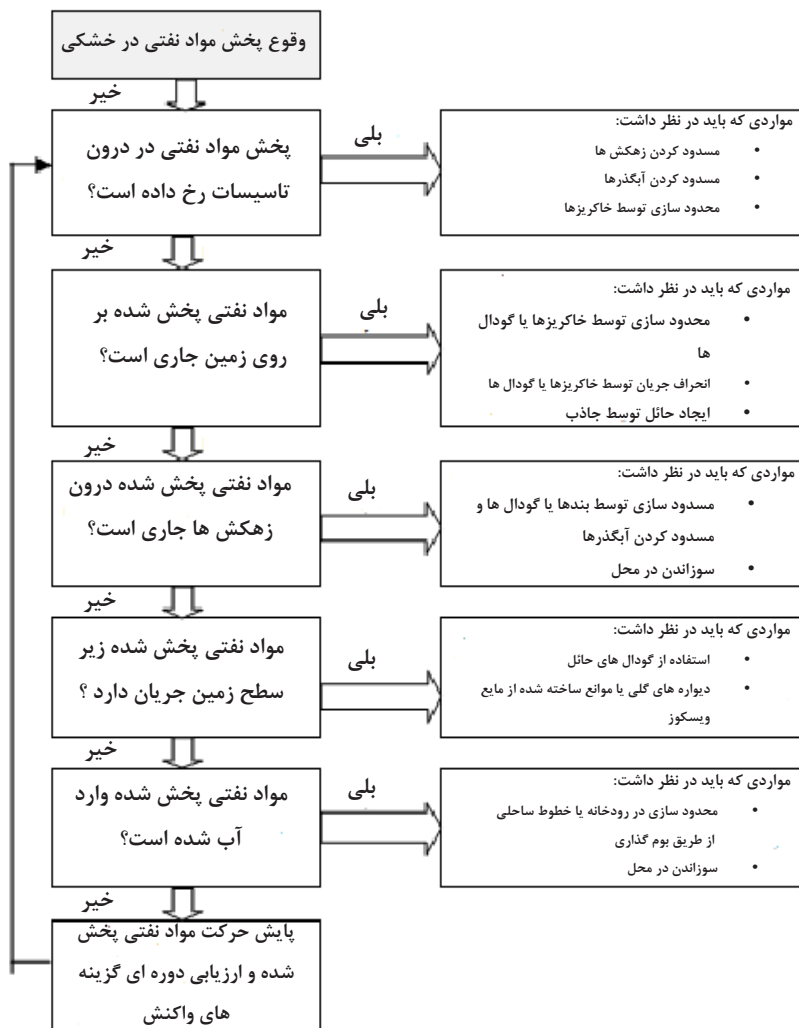
در شکل ۲۳ نیز با توجه به نفوذ پذیری و شیب زمین رهنمودی جهت انتخاب روش مناسب آورده شده است. خلاصه ای از روش های محدود سازی در خشکی در جدول ۲۲ آمده و در ادامه توضیحاتی در مورد روش های محدود سازی در خشکی آورده شده است (۲۱).

۶-۱-۱-۱-۱-۱-۱ خاکریزهای محدودکننده و انحرافی

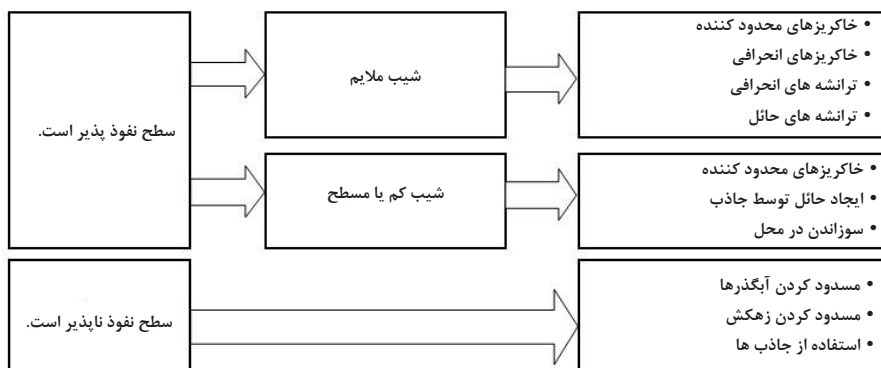
از ماشین های خاک برداری و یا نیروی انسانی برای ایجاد خاکریزهای محدودکننده و انحرافی استفاده می شود. این خاکریزها از موادی مانند خاک، سنگریزه، کیسه های شن و غیره ساخته شده تا جریان مواد نفتی را به سمت محل های بازیافت هدایت کرده و یا آن را از مناطق حساس دور کنند (شکل ۲۴). خاکریزها عمدتاً در زمین هایی با شیب کم تا ملایم استفاده می شوند.

ملاحظات استفاده از خاکریز های محدود کننده و انحرافی عبارتند از:

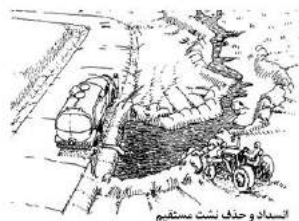
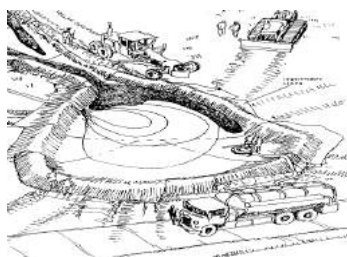
- پهنای خاکریز ها باید بیش از پهنای جریان مواد نفتی باشد.
- ارتفاع خاکریز و اندازه منطقه محدود سازی بستگی به خصوصیات آلودگی نفتی دارد.
- در صورت استفاده از مواد موجود در محل، خاک برداری باید از پشت خاکریز انجام شود.
- در مناطقی که سطح آب زیر زمینی بالا بوده و یا نفوذ پذیری خاک زیاد است منطقه در نظر گرفته شده جهت محدود سازی باید غرقاب شده و یا توسط صفحات پلاستیکی پوشانده شود تا از نفوذ مواد نفتی به خاک جلوگیری گردد.
- مواد نفتی را می توان توسط اسکیمرها (رویه گیرها) از سطح آب جمع آوری کرد.
- در مناطق با شیب کم باید از خاکریز های انحرافی استفاده کرد. این خاکریزها در دو سوی جریان مواد نفتی ایجاد شده تا از گسترش این مواد جلوگیری و جریان را به سمت محل بازیافت (مانند گودال حفرشده یا طبیعی) هدایت کند.
- به طور دوره ای خاکریز باید از نظر نشتی و مناسب بودن ارتفاع کنترل گردد (۲۱).



شکل ۲۲: راهنمای انتخاب روش محدود سازی مواد نفتی پخش شده در خشکی (۲۱)



شکل ۲۳: انتخاب روش مناسب محدود سازی مواد نفتی پخش شده در خشکی با توجه به نفوذ پذیری و شیب زمین (۲۱)



شکل ۲۴: شماتیک خاکریزهای محدود کننده و انحرافی جهت مقابله با گسترش مواد نفتی (۲۱)

۶-۱-۱-۲ ترانشه های محدود کننده و انحرافی جهت مقابله با حوادث خطوط لوله انتقال نفت

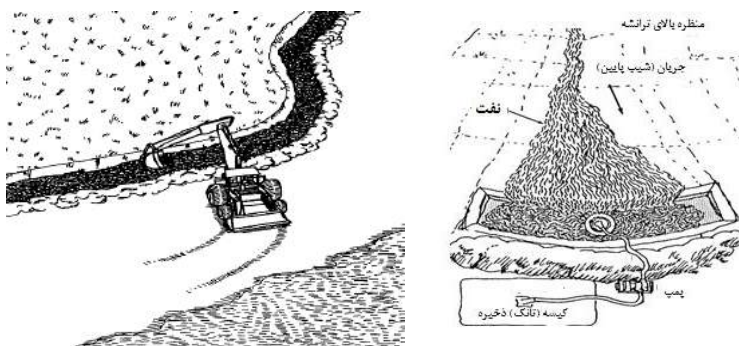
یک ترانشه در محل عبور جریان مواد نفتی ایجاد می شود تا مواد نفتی را جهت بازیافت محدود ساخته و یا مانع جریان مواد نفتی و هدایت آن به سمت محل های

بازیافت گردد و یا از مناطق حساس دور سازد (شکل ۲۵). به منظور جلوگیری از انباشتگی جریان ترانشه ها کمی به سمت سرایشی زاویه دار می گردد. ترانشه ها را می توان به صورت عمود بر شیب حفر کرد تا به جای انحراف جریان آن را محدود نمود. به منظور جلوگیری از نفوذ مواد نفتی و کمک به جریان یافتن آن، ترانشه ها را می توان به صورت جزئی غرقاب کرد.

۶-۱-۱-۲-۱ ملاحظات استفاده از ترانشه های محدود کننده و انحرافی

ملاحظات استفاده از ترانشه های محدود کننده و انحرافی عبارتند از:

- ترانشه باید کاملاً جریان مواد نفتی را قطع کرده و به سمت محل های بازیافت هدایت و یا از محل های حساس دور کند.
- پهنا و عمق ترانشه بستگی به حجم مواد نفتی دارد.
- مواد حاصل از حفاری در پایین دست ترانشه ریخته شود.
- در مناطق نسبتاً مسطح (مانند تالاب ها) به منظور تامین جریان مناسب، عمق ترانشه به طرف محل های بازیافت و تخلیه افزایش می یابد.
- بصورت دوره ای ترانشه ها از نظر میزان جریان مناسب، انسداد ناشی از ریزش دیواره ها و مواد باقیمانده کنترل شود (۲۱).



شکل ۲۵: شماتیک ترانشه های محدود کننده و انحرافی جهت مقابله با جریان مواد نفتی (۲۱)

۶-۱-۱-۳ ایجاد حائل توسط جاذب

مواد جاذب ممکن است به صورت چیده شده روی هم و یا توده در مقابل جریان های کوچک مواد نفتی قرار گیرد تا مانع پیوسته ای در گذر این جریان ایجاد کرده و بخشی از آن بازیافت گردد. نحوه قرار گیری مواد جاذب در مقابل جریان باید به نحوی باشد که لبه های جریان را نیز در بر گیرد. از این جاذب ها جهت متوقف کردن جریان و محدود کردن نفوذ به خاک های نفوذپذیر نیز استفاده می شود. به منظور جلوگیری از حرکت مواد نفتی ممکن است کل سطح آلوده با مواد جاذب پوشانده شود.

از مواد جاذب طبیعی یا صنعتی می توان جهت ایجاد حائل استفاده کرد. جاذب های استوانه ای و گرانولی مناسب تر هستند. از مواد معدنی، کاه، زغال کک، خاک اره، خورده چوب نیز می توان برای مقابله با جریان مواد نفتی استفاده کرد (۱).

۶-۱-۱-۳-۱ ملاحظات استفاده از ایجاد حائل توسط جاذب

ملاحظات استفاده از ایجاد حائل توسط جاذب ها عبارتند از:

- به طور دوره ای و جهت افزایش بازیافت، جاذب ها باید زیر و رو شده و جاذب های اشباع شده با جاذب های جدید جایگزین گردد. در صورت نیاز مقدار بیشتری جاذب استفاده شود.
- تا زمان دفع، مواد جاذب مصرف شده در ظروف مقاوم غیرقابل نفوذ نگهداری گردد.
- در طی این عملیات، تخریب سطحی و استفاده از نیروی کار به حداقل رسانده شود (۲۱).

۶-۱-۱-۴ مسدود کردن آبگذرها و زهکش ها

مواد نفتی ممکن است از طریق آبگذر ها و زهکش ها به جوی ها، نهرها و مجاری تخلیه دیگر به سیستم فاضلابرو و کانال های عبور وارد شوند. مسدود کردن این

مسیرها توسط گل و لای، ماسه و مواد مشابه در نقطه پایانی بالا دست آبگذرها مانع ورود مواد نفتی به این مجاری می گردد. در مورد زهکش ها و یا مجاری ورودی مشابه می توان از صفحه پلاستیکی همراه با کیسه های شنی بر روی آنها استفاده کرد.

۶-۱-۱-۴ - ملاحظات مسدود کردن آبگذرها و زهکش ها

ملاحظات مسدود کردن آبگذر ها و زهکش ها عبارتند از:

- در صورتی که فضای مناسبی جهت ذخیره مواد نفتی در پشت آبگذر مسدود شده وجود نداشته باشد، بهتر است مسیر باز شده و مواد نفتی در خروجی جمع آوری شوند.

- محل مسدود شده باید به صورت دوره ای از نظر نشت کنترل گردد (۲۱).

۶-۱-۱-۵ - ترانشه های حائل

ترانشه ها در مقابل مسیر جریان مواد نفتی ایجاد شده تا حرکت افقی این مواد را در زیر سطح زمین متوقف کند (شکل ۲۶).

۶-۱-۱-۵-۱ - ملاحظات استفاده از ترانشه های حائل

ملاحظات استفاده از ترانشه های حائل عبارتند از:

- این ترانشه ها در محل هایی که سطح آب زیر زمینی کمتر از ۳ متر در زیر سطح زمین باشد، قابل استفاده است.

- در صورتی که کف ترانشه یک متر پایین تر از سطح پیژومتری باشد، جریان مواد نفتی متوقف می گردد.

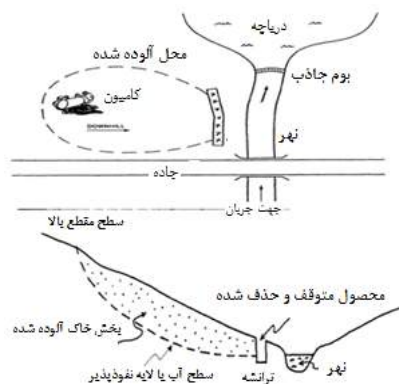
- بهتر است ارتفاع آب در درون ترانشه به حدود ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر کاهش یابد، از سر ریز شدن مواد نفتی جلوگیری شده و جریان ورودی مواد نفتی به ترانشه زیاد تر گردد.

- بسته به عمق ترانشه ممکن است دو طرف ترانشه نیاز به حامل های عمودی

داشته باشد. در عملیات طولانی مدت، در صورتی که نقاطی برای پمپاژ آب و مواد نفتی در نظر گرفته شود ترانشه ممکن است با سنگریزه پر گردد.

- تنها مزیت یک ترانشه پهن نسبت به ترانشه باریک ظرفیت حجمی بیشتر آن است.

- طول ترانشه باید به اندازه کافی باشد تا جریان نفت را قطع و تمام مواد نفتی را جمع آوری کند (۲۱).



شکل ۲۶: شماتیک استفاده از ترانشه حائل برای متوقف کردن جریان افقی مواد نفتی در زیر

سطح زمین (۲۱)

۶-۱-۱-۶ دیواره گلی

دیواره گلی برای محدود کردن آب آلوده زیر زمینی، هدایت آب آلوده زیر زمینی از آبگیر آب آشامیدنی و یا انحراف جریان آب زیر زمینی فاقد آلودگی استفاده می شود. این سیستم برای جدا کردن آلاینده و افزایش بازده سیستم تصفیه آب زیر زمینی نیز کاربرد دارد. این سیستم شامل یک ترانشه عمودی بوده که توسط دوغاب/ گل پر می شود. دیواره ها از خاک، بنتونیت و مخلوطی از آب ساخته می شوند که حائلی

با نفوذپذیری کم و مقاومت شیمیایی و هزینه پایین هستند. دوغاب بطور هیدرولیکی موجب محکم شدن دیواره ترانشه و جلوگیری از فرو ریختن آن می گردد، همچنین لایه ای تشکیل می دهد که جریان آب زیر زمینی را کاهش می دهد. گزینه دیگر نصب یک دیواره معلق به طوری که این دیواره تا سطح آب زیر زمینی رسیده و بدین طریق موجب ممانعت از حرکت مواد نفتی می شود.

۶-۱-۱-۱-۶ ملاحظات استفاده از دیواره گلی

ملاحظات استفاده از دیواره گلی عبارتند از:

- دیواره های گلی موجب تهدید آب زیر زمینی موجود در محل خاصی شده و آلاینده تصفیه نمی گردد.
 - عمق دیواره ها و ضخامت آن معمولاً به ترتیب کمتر از ۱۵ متر و ۰/۶ تا ۱/۲ متر است.
 - به منظور حداقل رساندن احتمال نشت، شالوده دیواره ها ممکن است ۰/۶ تا ۰/۹ متر از لایه با نفوذپذیری کم مانند رس یا سنگ بستر باشد (۲۱).
- جدول ۲۲: خلاصه ای از روش های کنترل و محدود سازی آلودگی مواد نفتی ناشی از حوادث

خطوط لوله انتقال نفت در خشکی (۲۱)

اثرات احتمالی بر محیط زیست	محدودیت ها	شرح روش	روش
تخریب محیط زیست در نتیجه حفاری های انجام شده جهت تامین مواد لازم برای ساخت خاکریز	زمین های شیب دار قابلیت دسترسی زمان اجرا زمین های با نفوذ پذیری بالا و مواد نفتی با ویسکوزیته پایین	موانع کم ارتفاع ساخته شده از مواد موجود در محل (خاک، سنگریزه، کیسه های شن و غیره) که برای محدود سازی جریان سطحی مواد نفتی استفاده می شوند.	خاکریزهای محدودکننده
تخریب محیط زیست در نتیجه حفاری های انجام شده جهت تامین مواد لازم برای ساخت خاکریز	زمین های شیب دار و یا سنگلاخی قابلیت دسترسی زمان اجرا زمین های با نفوذپذیری بالا	موانع کم ارتفاع ساخته شده از مواد موجود در محل (خاک، سنگریزه، کیسه های شن و غیره) که برای هدایت جریان مواد نفتی به محل بازافت و یا منحرف کردن از مناطق حساس استفاده می شوند.	خاکریزهای انحرافی

روش	شرح روش	محدودیت ها	اثرات احتمالی بر محیط زیست
ترانشه ها	حفاری توسط ماشین آلات به منظور محدود سازی و جمع آوری مواد نفتی جهت بازیافت و یا جلوگیری از جریان های سطحی مواد نفتی. بر روی اغلب زمین ها قابل استفاده است. جهت هدایت مواد نفتی به محل های بازیافت و منحرف کردن از مناطق حساس. برای جلوگیری از نفوذ مواد نفتی باید داخل این گودال ها پوشش داده شود.	قابلیت دسترسی محدود زمان اجرا مواد نفتی با ویسکوزیته پایین روی زمین های با نفوذپذیری بالا بالا بودن سطح آب زیر زمینی	تخریب محیط زیست در نتیجه حفاری های انجام شده جهت ایجاد ترانشه. عدم پوشش دهی در درون ترانشه موجب افزایش میزان نفوذ می شود.
ایجاد حائل توسط جاذب	استفاده از مواد جاذب بر روی زمین های نسبتاً مسطح یا با شیب کم به منظور محدود سازی و یا متوقف کردن جریان های کوچک مواد نفتی و بازیافت قسمتی از این مواد. ممانعت از نفوذ مواد نفتی به درون خاک های نفوذپذیر	زمان اجرا شیب های تند	باد می تواند موجب پراکنده کردن جاذب ها در محیط اطراف شود.
مسدود کردن آبگذرها	صفحات مسطح، کیسه های شنی، درپوش های باد شونده و یا مواد خاکی جهت مسدود کردن آبگذر ها همچنین ممکن است برای جلوگیری از ورود مواد نفتی به اقیانوس از طریق آبگذرها	قابلیت دسترسی محدود زمان اجرا محل های ذخیره پشت آبگذر آب های جاری اندازه آبگذر	-----
مسدود کردن زهکش	صفحات مسطح، کیسه های شنی و مواد دیگری که به منظور جلوگیری از ورود مواد نفتی پخش شده در جاده ها و مناطق آسفالت به زهکش ها و لوله های جمع آوری کننده سیلاب استفاده می شوند. صفحات را در ورودی جداول خیابانی قرار داده و توسط کیسه های شنی در جا نگه داشته می شوند. مسدود کردن ورودی های زهکش در خیابان توسط صفحات ساخته شده از مواد مختلف.	زمان اجرا	-----

<p>تخریب محیط زیست در نتیجه حفاری های انجام شده جهت ایجاد ترانشه.</p>	<p>زمین های سنگی آب زیر زمینی بیش از ۳ متر از سطح زمین فاصله داشته باشد. زمان اجرا</p>	<p>ایجاد ترانشه های عمود بر مسیر حرکت مواد نفتی و قطع جریان افقی این مواد در زیر سطح زمین (یعنی مواد نفتی شناور بر روی سطح آب زیر زمینی که با جریان آب زیر زمینی حرکت می کند).</p>	<p>ترانشه های حائل</p>
<p>تخریب محیط زیست در نتیجه حفاری های انجام شده جهت ایجاد ترانشه.</p>	<p>دیواره ها ممکن است در طی زمان تخریب شوند. آلوده کننده های خاص ممکن است موجب تخریب دیواره ها شوند.</p>	<p>ترانشه عمودی که توسط دوغاب پر می گردد تا آب زیر زمینی آلوده به مواد نفتی را محدود کرده و یا جهت جریان آن تغییر دهد و یا مانعی جهت سیستم تصفیه آب زیر زمینی فراهم آورد.</p>	<p>دیواره های گلی</p>

۶-۲ کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب

درک تفاوت بین محیط های آبی موجود در خشکی که در آن پخش مواد نفتی رخ می دهد، از عوامل موثر بر رفتار مواد نفتی است. آب های موجود در خشکی ممکن است ساکن و یا جاری باشند. در جدول ۲۳ خلاصه ای در مورد رفتار مواد نفتی در انواع منابع آب در خشکی و اقدامات کنترلی لازم آورده شده است (۲۲).

جدول ۲۳: رفتار مواد نفتی در انواع منابع آب در خشکی و اقدامات لازم هنگام

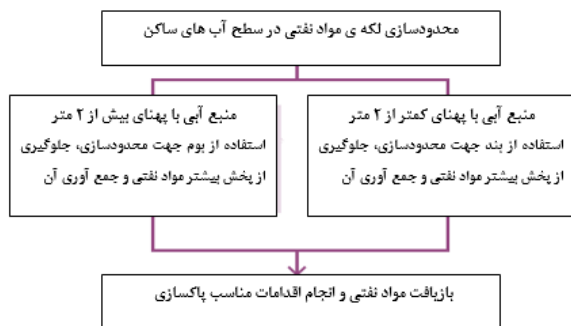
پخش مواد نفتی (۲۲)

نوع منبع آب موجود در خشکی		رفتار مواد نفتی
آب های جاری	آب های ساکن	
<p>مواد نفتی سریعاً توسط جریان آب و در جهت باد و امواج منتقل می شوند. معمولاً مواد نفتی به صورت لایه ی نازکی پخش شده و به شدت تحت تاثیر فرایندهای هوا زدگی نیز قرار می گیرند.</p>	<p>مواد نفتی بر روی سطح آب های ساکن شناور شده و به صورت لایه ی نازکی پخش می شوند. در این منابع به ندرت آب کاملاً ساکن بوده و امواج ایجاد شده در اثر وزش باد موجب پخش مواد نفتی می شوند.</p>	<p>رفتار مواد نفتی در محیط آبی</p>
<p>نمونه ای از منابع که باید مورد محافظت قرار گیرند عبارتند از: رودخانه ها جویبارها آبگیرها مناطق ماهیگیری</p>	<p>نمونه ای از منابع که باید مورد محافظت قرار گیرند عبارتند از: برکه ها دریاچه ها مخازن</p>	<p>تعیین منابع در معرض خطر</p>

ادامه جدول ۲۳

<p>هرچه سریع تر باید مواد نفتی محدود و جمع آوری شود. ضمن محافظت از منبع در معرض خطر و جهت جلوگیری از آلودگی بیشتر، جریان مواد نفتی به سمت پایین دست جریان آب متوقف شود.</p>	<p>جلوگیری از پخش مواد نفتی و آلودگی بیشتر سطح آب. توجه به اثر مواد نفتی در حال حرکت به منطقه ی دارای پوشش گیاهی مانند نيزارها. در نيزارها مواد نفتی به دام افتاده و باز یافت آنها بسیار مشکل است.</p>	<p>اقدامات لازم</p>
---	--	---------------------

همانطور که در شکل ۲۷ دیده می شود در آب های ساکن برای محدود سازی مواد نفتی شناور می توان از بوم و بند استفاده کرد. در این نوع آب ها در نتیجه جریان هوا و موج ایجاد شده مواد نفتی پخش شده، بنابراین به منظور جلوگیری از پخش آلودگی، لازم است تا عملیات محدود سازی انجام گیرد. در صورتی که دریاچه ها و دیگر آب های ساکن توسط منابع آبی مانند رودخانه ها و ... تغذیه می شوند و یا این نوع آب ها منابع آبی دیگر را تغذیه می کنند، لازم است ورودی و خروجی آنها محافظت شود. از روش های شرح داده شده در مورد آب های جاری در بخش ۶-۲-۱-۲ نیز می توان استفاده کرد.



شکل ۲۷: محدود سازی مواد نفتی شناور در آب های ساکن (۲۲)

بیش از ۶۰ درصد پخش مواد نفتی در خشکی در رودخانه‌هایی رخ می‌دهد که سرعت جریان در آنها بیش از ۰/۵ متر در ثانیه است. از روش‌ها و تجهیزات مختلفی از قبیل بوم‌ها و بندها با توجه به شرایط محیطی مختلف استفاده می‌گردد (شکل ۲۸). در

رودخانه های با سرعت جریان بیش از ۱ متر بر ثانیه توصیه می شود از روش هایی که در عین محدود سازی مواد نفتی در سطح آب، جریان آزاد زیر سطحی آب وجود داشته باشد مانند صفحات چوبی و یا حتی کیسه های حاوی ماسه استفاده شود (۲۲).

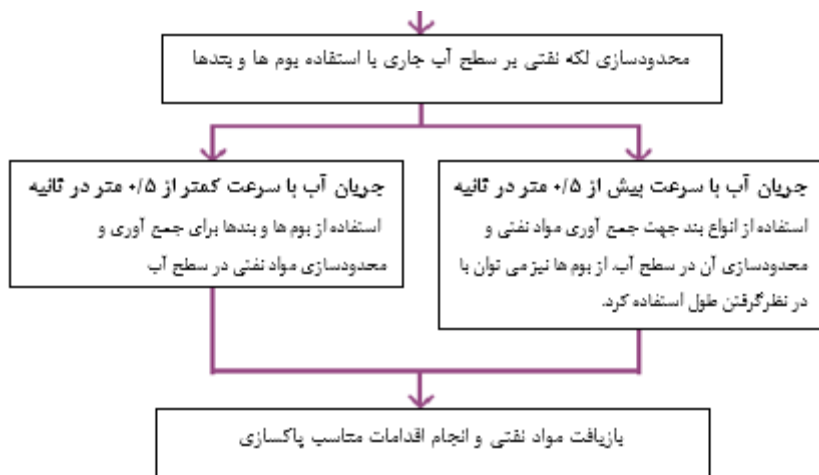
۶-۲-۱ روش های کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب

بوم ها و بندها از روش هایی هستند که در کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب ها بکار می روند.

۶-۲-۱-۱ بوم ها و ساختار آنها

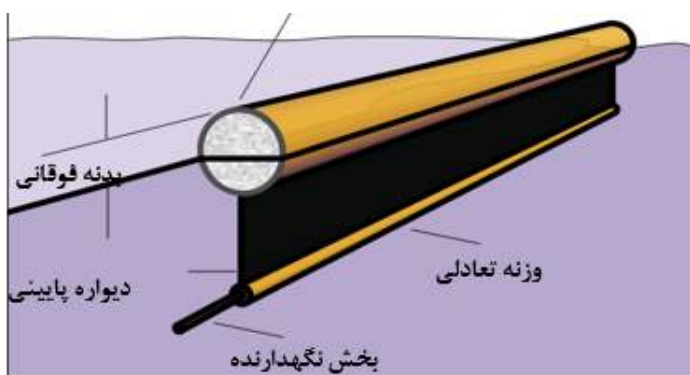
بوم ها موانع مکانیکی شناوری هستند که جهت متوقف کردن و یا هدایت حرکت آلودگی نفتی در آب استفاده می شوند. اغلب بوم ها از چهار بخش اصلی تشکیل شده اند که عبارتند از: بخش شناورساز^۱، بخش بیرون زده از آب یا بدنه فوقانی^۲، بخش دیواره پایینی^۳، قسمت های نگهدارنده بوم^۴. بوم ها به صورت قطعات ۱۵ تا ۳۰ متر بوده که توسط اتصالاتی بهم وصل می شوند و می توان آنها را یدک کش کرد و یا در یک محل ثابت نگه داشت (۲). بخش های یک بوم در شکل ۲۹ نشان داده شده است. انواع بوم ها، ویژگی ها، مزایا، معایب و موارد کاربرد آنها در جدول ۲۵ آورده شده است.

1. Means of Flotation
2. Free Board
3. Skirt
4. Tension Members



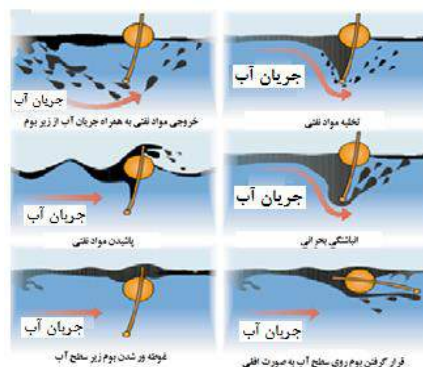
شکل ۲۸: محدود سازی مواد نفتی در آب های جاری (۲۲)

بخش شناورساز بوم میزان شناور بودن آن را تعیین می کند و بوم را بر روی آب نگه می دارد. برخی بوم ها دارای بدنه شناور بوده و برخی دیگر فاقد این بدنه بوده و توسط هوا به صورت شناور در می آیند. نوع دوم فضای کمتری برای نگهداری نیاز دارند. بدنه فوقانی بوم، مانع عبور مواد نفتی موجود در سطح آب به خارج از محدوده بوم می شود. این قسمت مشخص کننده فاصله سطح آب تا نقطه بالایی بوم است (۲).



شکل ۲۹: بخش های اصلی بوم مورد استفاده برای کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب (۲)

مطابق شکل شماره ۲۹ دیواره پایینی بوم، در زیر بخش شناورساز ادامه داشته و به محدود کردن آلودگی کمک می کند. این قسمت معمولا از جنس بدنه فوقانی بوده و بخش شناورساز را می پوشاند. این قسمت از موادی مانند پی وی سی، پلی استر، نایلون و یا الیاف آرامید ساخته می شود که با پوشش مقاوم به مواد نفتی مانند پلی استر، پلی اورتان، نیتریل و پلی اتر اورتان پوشیده شده است. بخش نگهدارنده بوم در پایین ترین قسمت قرار داشته و باعث ثابت ماندن بوم در برابر امواج و جریان های آب می گردد. این بخش معمولا کابل یا زنجیرهایی از جنس استیل می باشد. بخش دیگری که در بوم ها وجود دارد وزنه تعادلی^۱ است. این وزنه باعث می گردد که بوم به صورت دیواره کاملا عمودی درون آب قرار گیرد. در برخی از بوم ها این قسمت و بخش نگهدارنده یکی شده اند. کارایی بوم ها و توانایی آنها در محدود کردن آلودگی نفتی بستگی به جریان آب، امواج و باد دارد. هر یک از این موارد و یا ترکیبی از آنها باعث ایجاد اشکال و خروج نفت از محدوده می شود. مواردی که بوم دچار مشکل شده و علت آن در جدول ۲۴ آورده شده است. همچنین در شکل ۳۰ این موارد نشان داده شده است (۲).



شکل ۳۰: مشکلات عملیاتی هنگام استفاده از بومها برای کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب (۲)

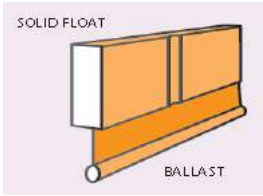
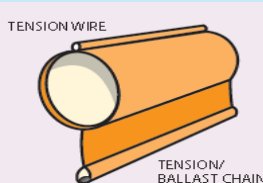
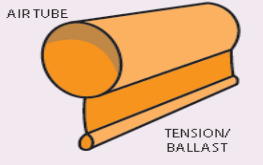
1. Ballast

جدول ۲۴: مشکلات هنگام استفاده از بوم برای کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب (۲)

مشکل	دلایل	راه حل	توضیحات
خروج آلودگی نفتی به همراه جریان آب از زیر بوم ^۱	جریان آب شدید آلودگی مواد نفتی سبک	استفاده از حالت انحرافی بوم	
تخلیه مواد نفتی ^۲	مشابه حالت قبل بستگی به سرعت جریان آب دارد و بیشتر در مورد آلودگی های مواد نفتی سبک رخ می دهد.		ممکن است همراه با حالت قبل رخ دهد که بستگی به جریان و طراحی بوم دارد.
انباشتگی بحرانی ^۳	آلودگی مواد نفتی سنگین که حرکت کندی بر روی آب دارند.		انباشتگی مواد نفتی در لبه جلویی بوم و در نهایت خروج از زیر بوم
پاشیدن مواد نفتی ^۴	در آب های متناطم که ارتفاع موج بیشتر از بدنه ی فوقانی بوم است.		انباشتگی بیش از حد مواد نفتی در مقایسه با بدنه فوقانی بوم
فرو رفتن بوم در آب ^۵	مناسب نبودن شناوری بوم و عبور نفت از روی آن		بندرت رخ می دهد.
قرار گرفتن بوم روی سطح آب به صورت افقی ^۶	خارج شدن بوم از حالت عمودی به دلیل ضعیف بودن نیروی نگهدارنده و استفاده از بوم در سرعت های بالاتر از سرعت بحرانی		
عیوب ساختاری بوم ^۷	اجزای بوم دچار مشکل شده و نفت از بوم خارج می شود. اشیای شناور ممکن است باعث ایجاد این مشکل شوند.		گاهی این مشکل آنقدر شدید است، که بوم نیز همراه جریان حمل می شود.
گرفتنی بوم در آب های کم عمق ^۸	بوم در آب کم عمق مانند سد عمل کرده و سرعت جریان از زیر بوم افزایش یافته و باعث خروج نفت می شود.	استفاده از بوم کوتاه به جای بوم طولیل	استفاده از بوم در آب کم عمق مناسب نیست.

^۱ Entrainment Failure; ^۲ Drainage Failure; ^۳ Critical Accumulation; ^۴ Splash Over; ^۵ Submergence Failure; ^۶ Planing; ^۷ Structural Failure; ^۸ Shallow Water Blockage

جدول ۲۵: انواع بوم های به کار رفته در محدود سازی مواد نفتی (۲۲،۲۳)

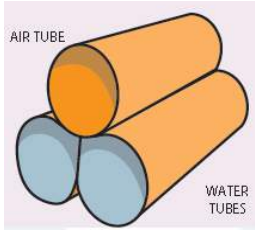
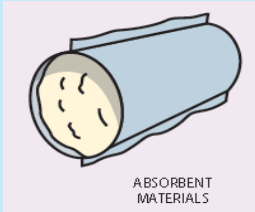
نوع بوم	ویژگی ها	موارد کاربرد	مزایا	معایب	شماتیک
بوم های سخت یا حصاری ^۱	محفظه شناورسازی با مواد جامد پر می شود و وزنه تعادلی آن در انتهای دیواره پایینی است.	در شرایط آرام عملکرد خوبی دارد.	نصب آن سریع است.	برای نگهداری نیاز به فضای زیادی دارد نسبت به بوم های پرده ای متورم ویژگی های حرکتی کمتری در آب دارد.	
بوم های آب های با جریان تند ^۲	محفظه شناورسازی با فوم جامد پر می شود و دارای قطعه و زنجیر کششی در انتهای دیواره پایینی است.	در مواردی که سرعت جریان آب کمتر از ۰.۵ متر در ثانیه باشد. دهانه رودخانه و بندها.	ویژگی های حرکتی خوبی در آب دارد. قدرت شناوری بالایی دارد.	برای نگهداری نیاز به فضای زیادی دارد.	
بوم های پرده ای بادکنکی ^۳	محفظه شناورسازی با هوا پر می شود و وزنه تعادلی آن در انتهای دیواره پایینی است.	دریا، نواحی ساحلی حفاظت از نقاط حساس در رودخانه ها و نواحی ساحلی	ویژگی های حرکتی خوبی در آب دارد. به راحتی جمع شده و نیاز به فضای کمی جهت نگهداری دارد.	نیاز به تجهیزات جانبی دارد (پمپ هوا جهت پر کردن محفظه).	

¹ Rigid/ Fence Boom

² Fast Water Boom

³ Inflation Curtain Boom

ادامه جدول ۲۵

شماتیک	معایب	مزایا	موارد کاربرد	ویژگی ها	نوع بوم
	<p>نیاز به تجهیزات جانبی دارد (پمپ هوا) و آب جهت پر کردن محفظه ها.</p>	<p>حائل موثری در نواحی دارای جزر و مد^۲ ایجاد می کند.</p> <p>محفظه های پایینی هنگام شناوری مانند وزنه تعادلی عمل کرده و هنگام پایین رفتن سطح آب بر روی زمین قرار گرفته و مانع عبور مواد نفتی می شود.</p>	<p>در آب های کم عمق.</p> <p>محدود سازی مواد نفتی در حین پاک سازی خط ساحل.</p> <p>آب های درون خشکی</p>	<p>محفظه شناورسازی با هوا پر می شود و دو محفظه پایینی با آب پر شده و به عنوان دیواره پایینی عمل می کنند.</p>	<p>بوم های آبند ساحل^۱</p>
	<p>ایجاد مواد زائد (ماده) جاذب که مواد نفتی را جذب کرده است.</p>	<p>نگهداری، محدود سازی و جذب همزمان مواد نفتی.</p>	<p>مواردی که حجم مواد پخش شده کم است.</p> <p>همراه با بوم های دیگر استفاده می شود.</p>	<p>محفظه شناورسازی با مواد جاذب پر می شود و دیواره پایینی کوتاه است.</p>	<p>بوم های جاذب^۲</p>

¹ Shore Sealing Boom

² Intertidal Areas

³ Sorbent Boom

۶-۲-۱-۱-۱ نکات مهم در کاربرد بوم برای کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب

در کاربرد بوم ها باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

۱- انتخاب محل قابل دسترسی در ساحل رودخانه جهت بازیافت مواد نفتی

تعیین محل های جمع آوری در نقاطی که به صورت طبیعی امکان جمع آوری وجود

داشته و یا جریان آب آهسته است مانند داخل پیچ رود خانه و یا در هر جا که امکان دسترسی وجود دارد.

• اطمینان از دسترسی ایمن جهت کارکنان و ماشین آلات

۲- تعیین و پیش بینی شرایط محیطی و عملیاتی

تخمین سرعت جریان رودخانه و برنامه ریزی جهت بوم گذاری در زاویه مناسب. لازم به ذکر است که در بوم گذاری از حداکثر زاویه مربوط به سرعت جریان نباید تجاوز شود. از نمودار بوم گذاری در آب های با جریان سریع استفاده گردد.

• از گزارشات هواشناسی جهت پیش بینی شرایط آب و هوایی در آینده استفاده گردد.

۳- آماده کردن تجهیزات

• روش بوم گذاری مشخص گردد.

• بوم های آماده در بالا دست نقاط در نظر گرفته شده قرار گیرد.

• در جریانات بیش از ۱ متر در ثانیه باید از بوم های با طول کمتر استفاده کرد تا در محل های اتصال نقاط مهار بیشتری ایجاد گردد.

• نقاط مهار در رودخانه و یا سواحل آن مشخص گردد.

• تجهیزات جانبی و اتصالات مربوط به بوم ها تهیه گردد.

۴- نصب بوم و تجهیزات جانبی

بوم ها را برای تغییر جهت جریان مواد نفتی از طرف جریان تند به طرف جریان آرام رودخانه به طرف محل های جمع آوری مواد نفتی نصب گردد.

جهت اطمینان از جمع آوری کلیه مواد نفتی از بوم های انحرافی و محدود کننده پشتیبان استفاده گردد (فواصل بین بوم ها باید به گونه ای باشد تا مواد نفتی بتوانند دوباره به سطح آب برگردند).

از بوم ها می توان برای تغییر مسیر مواد نفتی، ممانعت از گسترش بیشتر و محدود سازی آنها بر سطح آب جهت باز یافت این مواد استفاده نمود (۲۲).

۶-۲-۱-۲-۲ تغییر مسیر مواد نفتی^۱

۶-۲-۱-۲-۱-۲-۱ بوم گذاری در آب جاری

هدف از بوم گذاری در آب جاری هدایت مواد نفتی از جریان تندتر آب به منطقه ای با جریان آب آرام تر است. این کار ممکن است با بوم گذاری در بالا دست جریان و یا پایین دست آن صورت گیرد. قبل از نصب باید نقاط مهار بوم مشخص گردد. بوم به یک نقطه مهار در ساحل رودخانه وصل شده و سپس به سمت بالا دست جریان کشیده شده و در نقطه ای وسط جریان آب مهار می گردد. در حالت دیگر ممکن است اجازه داده شود که بوم در جهت جریان و به سمت پایین دست حرکت کند. پس از تنظیم بوم جهت اطمینان از وضعیت مناسب آن، نقاط مهار میانی نیز متصل می شوند (باید این نکته را در نظر داشت که جریان عمودی آب بر بوم نباید بیش از ۰/۴ متر بر ثانیه باشد). ۲ روش برقراری بوم جهت تغییر مسیر مواد نفتی در ادامه آورده شده است.

۱. انحراف توسط یک بوم

یک بوم از یک ساحل رودخانه تحت زاویه مناسب به وسط جریان آب و یا در سمت ساحل مقابل مهار می گردد. با این کار نقاط گردابی و یا محل هایی با جریان آرام آب در خط ساحل رودخانه ایجاد می گردد. در حالت دیگر ممکن است از یک بوم طویل جهت یکی کردن جریان های ناشی از چند کانال استفاده گردد.

۲. انحراف توسط چند بوم (پلکانی^۲)

هنگامی که به دلیل جریان تند نمی توان از یک بوم استفاده کرد و یا نیاز به باز کردن مسیری جهت حرکت قایق ها باشد از چندین بوم به صورت پلکانی استفاده می شود (شکل ۳۱). از این روش در جریان های خیلی قوی و هنگامی که کاربرد یک بوم طویل غیر ممکن یا مشکل باشد، استفاده می شود. در چنین آب هایی

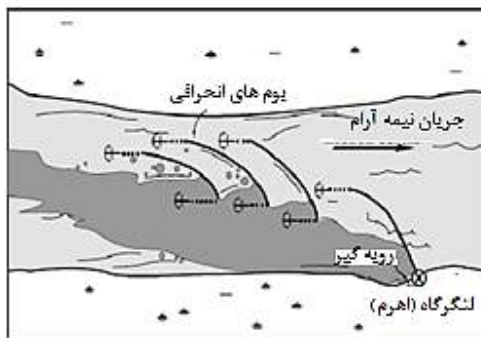
1. Diversion
2. Cascade

استفاده از بوم های کوچک تر راحت تر است. با این وجود نسبت به روش تک بوم تجهیزات بیشتری مورد نیاز است (۲۲).

۶-۲-۱-۲-۱-۱-۱ ملاحظات بوم گذاری در آب جاری و محدودیت ها

ملاحظات بوم گذاری در آب جاری و محدودیت های آن عبارتند از:

- از آنجایی که سرعت جریان آب عمود بر بوم باید $0/4$ متر در ثانیه یا کمتر باشد طول بوم مورد استفاده بستگی به جریان دارد. برای نهر رودخانه ای با عرض $30/5$ متر و سرعت $0/5$ متر بر ثانیه یک بوم 43 متری (140 فوت) مورد نظر است. در آب جاری با سرعت 1 متر در ثانیه و عرض مشابه یک بوم $97/5$ متری (320 فوت) مورد نیاز است. سرعت جریان در عرض نهر یکنواخت نیست، در مناطق عمیق تر سرعت جریان بیشتر است. مواد نفتی جاری در یک نهر رودخانه در قسمتی که دارای سرعت جریان بیشتری است جمع می گردند (۲۴).
- باید توجه داشت که کوتاه ترین بوم موجود $15/2$ متر (50 فوت) طول دارد.
- زاویه و فواصل بین بوم ها با تغییر سرعت جریان آب و باد باید دوباره تنظیم گردند. جهت جلوگیری از فرار مواد نفتی باید به طور دائم بوم های نصب شده را مورد بازبینی قرار داد.



شکل ۳۱. شماتیک بوم گذاری در آب جاری به روش پلکانی (۲۴)

۶-۲-۱-۲-۲ بوم گذاری در آب های آزاد سواحل

از بوم گذاری به منظور تغییر مسیر مواد نفتی در جریان هایی با سرعت بیشتر از ۰/۵ متر در ثانیه و یا مواقعی که بوم گذاری معمول از خطوط ساحلی حفاظت نمی کند، استفاده می شود. این روش مواد نفتی را به مناطقی با حساسیت کمتر و یا مناسب برای بازیافت هدایت می کند (شکل ۳۲).

بوم از یک انتها در خط ساحلی مهار شده و طرف دیگر آن تحت زاویه مناسب و توسط لنگر مهار می گردد. بوم گذاری در زاویه ای انجام می شود که جریان کاهش یافته و جریان سطحی انحراف پیدا کند. این کار موجب حرکت مواد نفتی در طول بوم و ممانعت از جریان گردابی و اختلاط بیشتر با آب می شود. فواصل مهار سازی بسته به میزان جریان آب متفاوت بوده اما معمولاً در فواصل ۱۵ متری (۵۰ فوت) انجام می گردد.

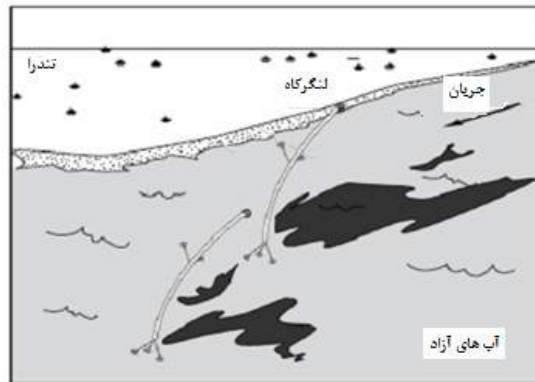
بوم گذاری انحرافی پلکانی شامل دو یا چند قطعه بوم به طول ۳۰/۵ تا ۱۵۲ متر می باشد. اولین قطعه موجب انحراف مواد نفتی شده و بقیه قطعه ها این مواد را به محل مورد نظر هدایت می کنند.

۶-۲-۱-۲-۲-۱ ملاحظات بوم گذاری در آب های آزاد سواحل و محدودیت ها

ملاحظات بوم گذاری در آب های آزاد سواحل عبارتند از:

- زاویه بهینه بوم گذاری بستگی به سرعت جریان، طول بوم و نوع آن دارد. در جریان های شدیدتر میزان زاویه کوچک تر از جریان های ضعیف تر بوده و با افزایش طول بوم کاهش می یابد. در یک سرعت جریان خاص هرچه زاویه بهینه کارگذاری بوم بزرگ تر باشد بوم پایدارتر است. چون بوم های انحرافی جریان سطحی را به طور قابل ملاحظه ای کاهش می دهند در بوم های متوالی به ترتیب زوایا بزرگ تر می شوند.

محدود سازی ۱۰۰ درصدی با یک سیستم بوم گذاری بدست نمی آید.
با تغییر سرعت جریان و باد، زاویه و فواصل بین بوم ها باید دوباره تنظیم گردد
(۲۴).



شکل ۳۲: شماتیک بوم گذاری در سواحل آب های آزاد (۲۴)

۳-۱-۲-۶ ممانعت از ورود مواد نفتی

۱-۳-۱-۲-۶ بوم گذاری در رودخانه

از بوم های متداول و یا بوم های آب بندی ساحل برای ممانعت از ورود مواد نفتی به مناطق حساس استفاده می شود. به عنوان مثال بوم های آب بندی ساحل را می توان در آب های کم عمق استفاده کرده تا از برگشت آب جلوگیری کرد و یا یک بوم متداول را می توان در عرض یک کانال قرار داده تا از ورود مواد نفتی جلوگیری گردد. به علاوه می توان بوم های آب بندی ساحل را همراه با بوم های متداول برای محافظت از خط ساحلی بکار برد (شکل ۳۳) و شکل (۳۴).

۱-۱-۳-۱-۲-۶ ملاحظات بوم گذاری در رودخانه و محدودیت ها

ملاحظات بوم گذاری در رودخانه عبارتند از:

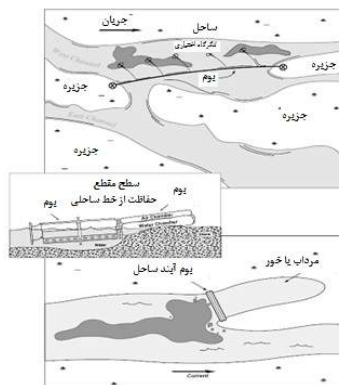
- از آنجایی که سرعت جریان آب عمود بر بوم باید ۰/۴ متر در ثانیه یا کمتر باشد

طول بوم مورد استفاده بستگی به جریان دارد. برای رودخانه ای با عرض ۳۰/۵ متر و سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه یک بوم ۴۳ متری (۱۴۰ فوت) مورد نظر است. در رودخانه ای با سرعت ۱ متر در ثانیه و عرض مشابه یک بوم ۹۷/۵ متری (۳۲۰ فوت) مورد نیاز است.

- سرعت جریان در عرض رودخانه یکنواخت نیست در مناطق عمیق تر سرعت جریان بیشتر است. مواد نفتی جاری در یک جویبار در قسمتی که دارای سرعت جریان بیشتری است جمع می گردند (۲۴).

- محدود سازی ۱۰۰ درصدی با یک سیستم بوم گذاری بدست نمی آید.

- زاویه و فواصل بین بوم ها با تغییر سرعت جریان آب و باد باید دوباره تنظیم گردند. جهت جلوگیری از فرار مواد نفتی باید به طور دائم بوم های نصب شده را مورد بازبینی قرار داد.



شکل ۳۳: شماتیک ممانعت از ورود مواد نفتی به مناطق حساس با استفاده از بوم (۲۴)



شکل ۳۴: ممانعت از ورود مواد نفتی به رودخانه با استفاده از بوم (۲)

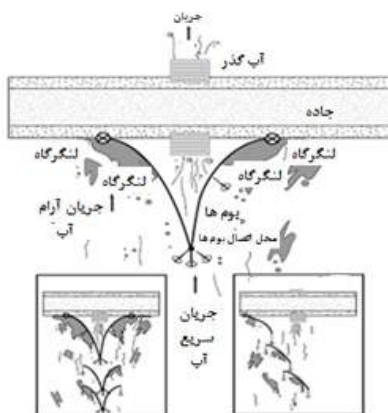
۶-۲-۱-۲-۳-۲ بوم گذاری در آبراهه

در برخی موارد ضروری است تا از ورود مواد نفتی پخش شده به آبراهه ها جلوگیری شود. مسدود کردن آبراهه ها ممکن است باعث آلوده شدن تاسیساتی که در بالای آن قرار دارد (مانند جاده) شود. در این حالت بوم گذاری باید به صورت ۷ معکوس و یا انحرافی انجام شود (شکل ۳۵). این کار مواد نفتی را از ورودی آبراهه به سمت امتداد جاده هدایت می کند (۲۴).

۶-۲-۱-۲-۳-۱ ملاحظات بوم گذاری در آبراهه و محدودیت ها

ملاحظات بوم گذاری در آبراهه عبارتند از:

- در این روش معمولاً از یک بوم ۸ در ۶ متر استفاده می شود.
- برای جلوگیری از خروج مواد نفتی، سرعت جریان عمود بر بوم باید کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه باشد.
- تعداد و آرایش بوم ها بستگی به سرعت جریان و تعداد نقاط جمع آوری دارد. باید توجه داشت که با هیچ سیستم بوم گذاری محدود سازی ۱۰۰ درصدی بدست نمی آید (۲۴).



شکل ۳۵: شماتیک بوم گذاری در ورودی آبراهه به شکل ۷ معکوس (۲۴)

۶-۲-۱-۳-۳ بوم گذاری مانعی در آب آزاد (ورودی خور)

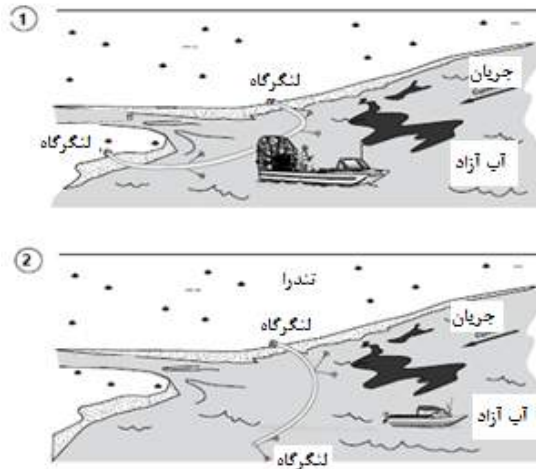
بوم گذاری در محل های حساسی مانند ورودی خور و یا خور کوچک انجام می گیرد. هر جا که سرعت جریان کمتر از $0/4$ متر بر ثانیه و ارتفاع امواج کمتر از ۱۵ سانتی متر باشد بوم گذاری مانعی، باید انجام گیرد. بوم گذاری ممکن است از ساحل به ساحل و بر روی مسیر ورودی انجام شده و یا تحت زاویه ای نسبت به خط ساحلی و جهت هدایت و دور کردن مواد نفتی از مناطق حساس صورت گیرد (شکل ۳۶) (۲۴).

۶-۲-۱-۳-۳ ملاحظات بوم گذاری مانعی در آب آزاد (ورودی خور) و محدودیت ها

ملاحظات بوم گذاری مانعی در آب آزاد (ورودی خور) و محدودیت ها عبارتند از:

- بوم گذاری مانعی هنگامی موثر است که سرعت جریان کمتر از $0/4$ متر بر ثانیه و ارتفاع امواج کمتر از ۱۵ سانتی متر باشد و عمق آب نسبت به دیگر مناطق کشنندی، حداقل دو برابر ارتفاع بوم باشد.
- استفاده از بوم پرده ای در این روش نسبت به بوم سخت مشکل است.
- با یک سیستم بوم گذاری محدود سازی ۱۰۰ درصدی بدست نمی آید.

- با تغییر سرعت جریان و باد، زاویه و فواصل بین بوم ها دوباره تنظیم گردد. جهت جلوگیری از فرار مواد نفتی باید به طور دائم بوم های نصب شده را مورد بازبینی قرار داد (۲۴).

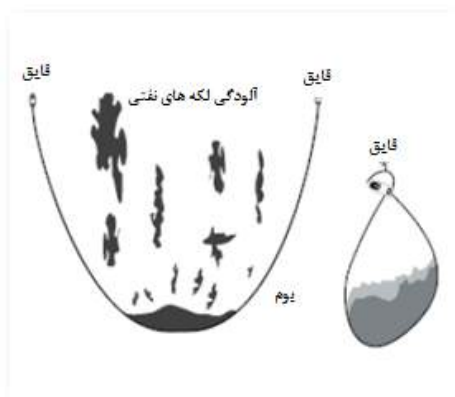


شکل ۳۶: شماتیک بوم گذاری مانعی در آب های آزاد (ورودی خور) (۲۴)

۶-۲-۱-۴ محدود سازی و جمع آوری

۶-۲-۱-۴-۱ محدود سازی در آب های آزاد

روش های مانعی و تغییر مسیر مواد نفتی به عنوان بخشی از استراتژی مقابله و جمع آوری استفاده می شود. با محدود سازی آلودگی روش های مختلفی را می توان جهت بازیافت مواد نفتی استفاده کرد. شیوه مورد استفاده برای محدود سازی بستگی به محل، میزان پخش مواد و شرایط محیطی دارد. در آب های باز وسیع می توان از دو قایق و بومی با طول ۳۰۵ متر استفاده کرد. مطابق شکل ۳۷ و ۳۸ این روش برای محدود سازی و انتقال موقت مواد نفتی کاربرد دارد (۲۴).



شکل ۳۷: شماتیک نحوه محدود سازی در آب های باز (آزاد) با استفاده از قایق و بوم (۲۴).



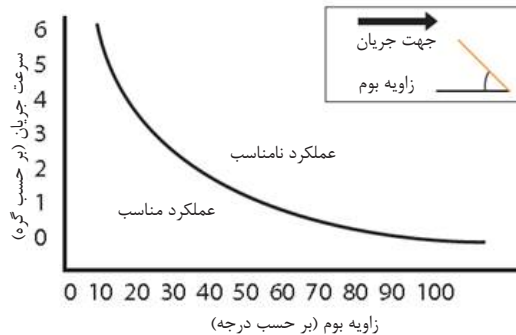
شکل ۳۸: نحوه محدود سازی در آب های باز با استفاده از قایق و بوم (۴).

۶-۲-۱-۴-۲ بوم گذاری در آب های با جریان تند

اجرای موثر بوم گذاری در آب های با جریان تند مشکل است. جهت اطمینان از محدود سازی موفقیت آمیز مواد نفتی می توان روش های مختلف بوم گذاری را بکار برد.

به دلیل فشار زیاد ناشی از جریان تند آب، بوم از نقاط مهار شدگی دچار پارگی می شود. در مواردی که جریان خیلی شدید باشد مانند جریان های سیلابی، خطر

پاره شدن بوم وجود دارد. برای جلوگیری از این مشکل بوم ها باید همیشه با طناب هایی با تنش گسیختگی کم محکم شوند. علاوه بر این زاویه بوم گذاری موجب بهبود عملکرد بوم می شود. با افزایش سرعت جریان آب، زاویه بوم گذاری باید کاهش یابد. در آب های با جریان آرام بهتر است که زاویه بوم گذاری بین ۷۰ تا ۹۰ درجه باشد. شکل ۳۹ رابطه بین سرعت جریان آب و زاویه ی مناسب بوم را نشان می دهد.



شکل ۳۹: رابطه بین سرعت جریان آب و زاویه ی مناسب بوم (۲۲)

۶-۲-۱-۵ بند و بوم های اضطراری

در مقابل بوم های تجاری که در بازار موجود هستند بند و بوم ها اضطراری اشاره به انواعی از بوم ها دارند که در محل و با امکانات موجود ساخته می شوند. برای این نوع موانع و بوم ها از عبارت های موقتی^۱ و دست ساز^۲ نیز استفاده می شود. بر اساس طراحی از این بوم ها و موانع می توان در ساحل، بنادر، آب های درون خشکی، آب های سطحی استفاده کرد. مشابه بوم های تجاری این تجهیزات در موارد زیر کاربرد دارند:

- محدود سازی مواد نفتی پخش شده

1. Makeshift Barrier
2. Custom -Made Barrier

- منحرف کردن جریان مواد نفتی پخش شده
- محافظت از منطقه آسیب پذیر
- محدود سازی مواد نفتی پخش شده جهت بازیافت آن
- صاف کردن ستون آب
- دلایل استفاده از این موانع و بوم ها در جدول ۲۶ آورده شده است (۲۵).

جدول ۲۶: دلایل استفاده از بندها و بوم‌های اضطراری (۲۵)

مثال	دلیل استفاده
- جریان خیلی شدید آب، تلاطم شدید در سطح آب، عدم دسترسی به گروه های مقابله با حوادث	شرایط محیطی برای استفاده از بوم‌های تجاری مناسب نیست.
- آلودگی به زیر آب رفته، پراکنده شده، در ستون آب حل شده و بتواند از بوم‌های تجاری عبور کند.	رفتار مواد نفتی متناسب با بوم‌های تجاری نیست.
- بوم‌ها و موانع اضطراری برای برقرار شدن نیاز به افراد زیاد و تخصص ندارند.	- این بوم ها را می توان با طول نا محدودی در محل ساخت.
- افزایش کارایی بوم های تجاری و مقاوم سازی آنها در برابر شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی و یا وجود خار و خاشاک	تجهیزات و نیروی انسانی کافی نباشد.

شرایط کاربرد، مزایای و معایب، مواد و تجهیزات لازم برای انواع بندها و بوم های اضطراری در جداول ۲۷ الی ۳۷ آورده شده اند.

۶-۲-۱-۵-۱ انسداد توسط بند موقت

شرایط کاربرد، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم جهت کاربرد بند موقت در جدول ۲۷ آورده شده است.

جدول ۲۷: شرایط کاربرد، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم جهت کاربرد بند موقت (۲۵)

انسداد توسط بند موقت	
نوع مواد نفتی	شناور، ذرات پراکنده در ستون آب، محلول، مواد نفتی که به زیر آب می روند.
محیط قابل کاربرد	پهنه کشند، نهرهای با جریان کم تا متوسط، خمیدگی رودخانه، جریان های سطحی آب بر روی زمین
مزایا	مقاومت مکانیکی خوب، عدم نفوذ مواد نفتی، نگهداری کم
معایب	در صورت استفاده از ماشین آلات هزینه عملیات زیاد است، خطر سر ریز شدن مواد نفتی، اثر بر محیط زیست در صورت استفاده از خاک موجود در محل
مواد مورد نیاز	قلوه سنگ، خاک به صورت کیسه های کوچک یا بزرگ
تجهیزات	تجهیزات حفاری، بیل
نکات مهم	<ul style="list-style-type: none"> - بندهای موقتی را نباید به مدت طولانی استفاده کرد. - در مناطقی که جریان آب مورد نیاز بوده و باید حفظ گردد، بهتر است از روش جریان با لوله ی زاویه دار استفاده کرد. - جهت صرفه جویی در زمان هنگام وقوع حادثه پخش مواد نفتی، محل حفاری باید از قبل مشخص باشد. - چیدمان کیسه ها باید به گونه ای باشد که مواد نفتی نشت نداشته باشند. - هنگامی که تجهیزات حفاری در دسترس نباشند می توان از نزدیکترین پل جهت ایجاد بند موقت استفاده کرد.

شکل ۴۰ انسداد توسط بند موقت را نشان می دهد.



شکل ۴۰: شماتیک انسداد توسط بند موقت (۲۵)

۶-۲-۱-۵-۲ انسداد توسط الوار و چوب

شرایط کاربرد، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم جهت کاربرد الوار و چوب در جدول ۲۸ آورده شده است.

جدول ۲۸: شرایط کاربرد، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم جهت کاربرد الوار و چوب (۲۵)

انسداد توسط الوار	
نوع مواد نفتی	شناور، ذرات پراکنده در ستون آب، محلول، مواد نفتی که به زیر آب می روند.
محیط قابل کاربرد	پهنه کشند، نهرهای با جریان کم تا متوسط، خمیدگی رودخانه، جریان های سطحی آب بر روی زمین، نهرهایی با جریان کم، خط ساحلی و محل های پاک سازی

ادامه جدول ۲۸

مزایا	برپا کردن سریع با مواد ارزان، عدم نفوذ مواد نفتی، اگر آلودگی کم باشد مواد به کار رفته مجدداً قابل استفاده هستند.
معایب	خطر سر ریز شدن مواد نفتی، اختلال در زندگی موجودات آبی محیط
تجهیزات	الوار، تخته های چندلا، پایه های چوبی و یا آهنی جهت نگهداری الوار و یا تخته
مواد مورد نیاز	چکش، اره

- باید از مسدود کردن جریان آب به مدت طولانی اجتناب کرد.

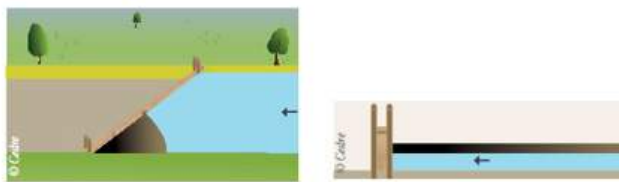
- در مناطقی که جریان آب مورد نیاز بوده و باید حفظ گردد، بهتر است از روش جریان با لوله ی زاویه دار استفاده کرد.

نکات مهم

- بهتر است که از تخته های مقاوم در برابر آب استفاده شود.

- از یک دستگاه منگنه زن برای اتصال صفحات پلاستیک به الوار و صفحات چوبی استفاده گردد.

شکل ۴۱ انسداد توسط الوار و چوب را نشان می دهد.



شکل ۴۱: شماتیک انسداد توسط الوار و چوب (۲۵)

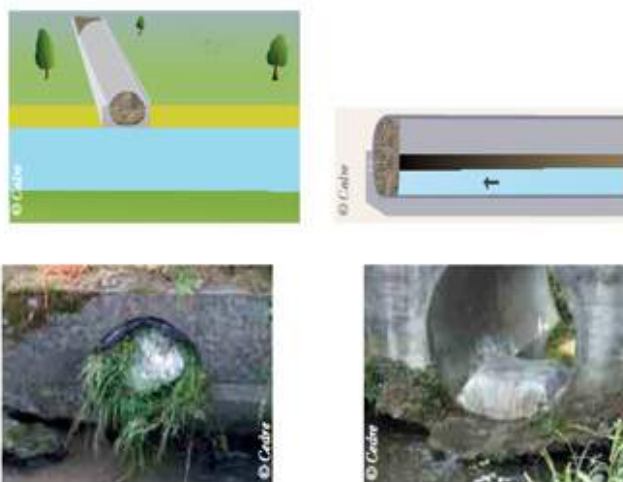
۶-۲-۱-۵-۳ انسداد کامل لوله ها

شرایط کاربرد، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم جهت انسداد کامل لوله ها در جدول ۲۹ آورده شده است.

جدول ۲۹: شرایط کاربرد، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم جهت انسداد کامل لوله ها (۵۲)

انسداد کامل لوله‌ها	
نوع مواد نفتی	شناور، ذرات پراکنده در ستون آب، محلول، مواد نفتی که به زیر آب می روند.
محیط قابل کاربرد	بر روی خروجی ها، لوله های با قطر حداکثر یک متر
مزایا	در صورتی که انسداد لوله کامل باشد موثر هستند. به پرسنل فرصت داده تا راه حل دائمی برای آلودگی پیدا کنند.
معایب	موقتی بودن، نیاز به نگهداری و مراقبت زیاد.
تجهیزات	دستگاه منگنه زن، سیم چین
مواد مورد نیاز	توری با منافذ ۵ میلی متری، ژئوتکستایل، پر کننده ها مانند مواد جاذب آب گریز - باید از مسدود کردن جریان آب به مدت طولانی اجتناب کرد.
نکات مهم	- در مناطقی که جریان آب مورد نیاز بوده و باید حفظ گردد، بهتر است از روش جریان با لوله ی زاویه دار استفاده کرد.

شکل ۴۲ انسداد کامل لوله ها را نشان می دهد.



شکل ۴۲: شماتیک محدود سازی توسط انسداد کامل لوله ها (۲۵)

۶-۲-۱-۵-۴ محدود سازی توسط بند با جریان روگذر

شرایط کاربرد روش محدود سازی توسط یک بند با جریان روگذر، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن در جدول ۳۰ آورده شده است.

جدول ۳۰: شرایط کاربرد روش محدود سازی توسط یک بند با جریان روگذر، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن (۲۵)

محدود سازی توسط یک بند با جریان روگذر	
نوع مواد نفتی	مواد نفتی که به زیر آب می روند.
محیط قابل کاربرد	بر روی خروجی ها، آبراهه ها، نهرها، رودخانه ها، لوله ها
مزایا	- عدم قطع جریان آب، استفاده مجدد از مواد و تجهیزات
معایب	محدودیت استفاده در جریان های قوی آب، اختلال در زندگی موجودات آبی محیط
تجهیزات	اره، پیچ گوشتی، سیم چین، پتک، دستگاه منگنه زن، گیره
مواد مورد نیاز	الوار چوب، تخته چند لایه، کیسه های ماسه و یا قلوه سنگ، صفحات پلاستیک
نکات مهم	- اطراف بند باید از پوشش گیاهی پاک شود. - از چوب های مقاوم در برابر آب استفاده شود. - جهت بهبود بند از نظر نشست مواد نفتی بهتر است الوار توسط صفحات پلاستیکی پوشیده شده و بین اتصالات نیز با لاستیک پر شود.

شکل ۴۳ محدود سازی توسط یک بند با جریان روگذر را نشان می دهد.



شکل ۴۳: شماتیک محدود سازی توسط یک بند با جریان روگذر (۲۵)

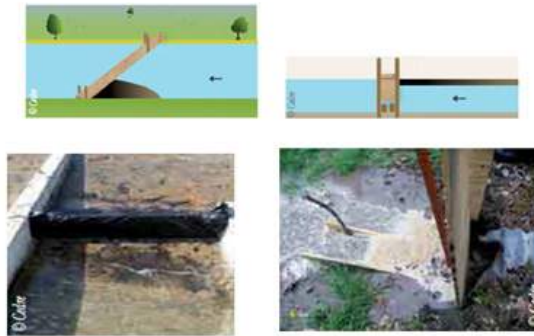
۶-۲-۱-۵-۵ محدود سازی توسط بند با جریان زیرگذر

شرایط روش محدود سازی توسط یک بند با جریان زیرگذر، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات در جدول ۳۱ آورده شده است.

جدول ۳۱: شرایط روش محدود سازی توسط یک بند با جریان زیرگذر، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات (۲۵)

محدود سازی توسط یک بند با جریان زیرگذر	
نوع مواد نفتی	مواد نفتی شناور
محیط قابل کاربرد	بر روی خروجی ها، آبراهه ها، نهرها، رودخانه ها، لوله ها
مزایا	استفاده مجدد از مواد و تجهیزات
معایب	محدودیت استفاده در جریان های قوی آب، اختلال در زندگی موجودات آبی محیط
تجهیزات	اره، پیچ گوشتی، سیم چین، پتک، دستگاه منگنه زن، گیره
مواد مورد نیاز	الوار چوب، تخته چند لایه، کیسه های ماسه و یا قلوه سنگ، صفحات پلاستیک
نکات مهم	اطراف بند باید از پوشش گیاهی پاک شود. از چوب های مقاوم در برابر آب استفاده شود. جهت بهبود بند از نظر نشست مواد نفتی بهتر است الوار توسط صفحات پلاستیکی پوشیده شده و بین اتصالات نیز با لاستیک پر شود.

شکل ۴۴ محدود سازی توسط یک بند با جریان زیرگذر را نشان می دهد.



شکل ۴۴: شماتیک محدود سازی توسط یک بند با جریان زیرگذر (۲۵)

۶-۲-۱-۵-۶ محدود سازی توسط بند با کاربرد لوله های زاویه دار

شرایط محدود سازی توسط بند با کاربرد لوله های زاویه دار، مزایا و معایب، تجهیزات لازم در جدول ۳۲ آورده شده است.

جدول ۳۲: شرایط محدود سازی توسط بند با کاربرد لوله های زاویه دار، مزایا و معایب، تجهیزات

لازم (۲۵)

محدود سازی توسط بند همراه با کاربرد لوله های زاویه دار	
نوع مواد نفتی	مواد نفتی شناور.
محیط قابل کاربرد	پهنه کشند، خروجی های خط ساحلی، آبراه ها، نهرها، رودخانه ها، خشکی
مزایا	حفظ جریان آب و قابلیت تنظیم آن، بادوام، قابلیت استفاده مجدد از مواد و تجهیزات
معایب	اختلال در زندگی موجودات آبی محیط آبی
تجهیزات	تجهیزات حفاری دستی و یا ماشینی
مواد مورد نیاز	کیسه های ماسه و یا قلوه سنگ، صفحات پلاستیک، لوله ی از جنس فلز یا PVC با قطر ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر و طول ۲ متر

ادامه جدول ۳۲

به منظور جلوگیری از خروج مواد نفتی از بالا و اطراف بند، ارتفاع لوله ی خروجی نباید بیشتر از ارتفاع بند باشد.

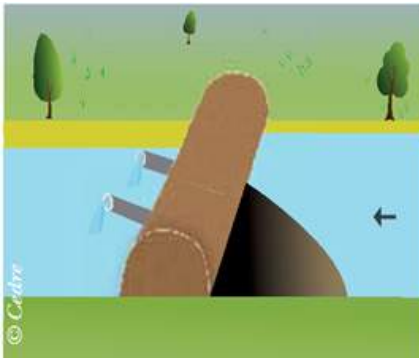
در صورت احتمال افزایش شدت جریان آب (مانند هنگام بارندگی) تعداد لوله های خروجی را باید افزایش داد. لوله ها را باید در کل مسیر جریان آب قرار داده و در صورت نیاز با انسداد و باز کردن آنها جریان خروجی تنظیم گردد.

نکات مهم

با قرار دادن یک لوله خمیده و یا T شکل و یا قرار دادن الوار در سطح بالای ورودی لوله از مکش مواد نفتی به درون لوله خروجی در اثر جریان های گردابی جلوگیری گردد.

به منظور جلوگیری از آلودگی توسط مواد نفتی در کناره‌هایی مسیر جریان آب و بالا دست بند از جاذب ها استفاده شود.

شکل ۴۵ محدود سازی توسط بند همراه با کاربرد لوله های زاویه دار را نشان می دهد.



شکل ۴۵: محدود سازی توسط بند همراه با کاربرد لوله های زاویه دار (۲۵)

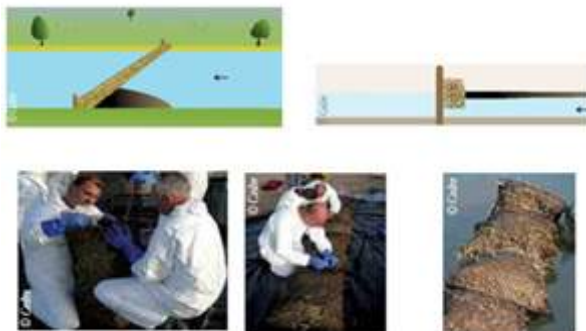
۶-۲-۱-۵-۷ روش محدود سازی - جذب در سطح

شرایط کاربرد روش محدود سازی- جذب در سطح، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن در جدول ۳۳ آورده شده است.

جدول ۳۳: شرایط کاربرد روش محدود سازی - جذب در سطح، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن (۲۵)

محدود سازی - جذب در سطح	
نوع مواد نفتی	مواد نفتی شناور، برای مواد نفتی با ویسکوزیته بالا موثرتر است.
محیط قابل کاربرد	پهنه کشند، خروجی های خط ساحلی، آبراهه ها، نهرها، رودخانه ها، بندرگاه ها، کناره های جنگل های حرا، برای جریان های شدید مناسب نیست.
مزایا	مواد مورد نیاز در دسترس هستند، هزینه کم در صورت استفاده از مواد طبیعی.
معایب	نیاز به نگهداری و مراقبت دائم. در صورتی که آبریزی مواد پرکننده به اندازه کافی نباشد بند ایجاد شده به زیر آب فرو می رود.
تجهیزات	تجهیزات مهار کردن مانند پایه های چوبی یا آهنی، کابل و یا طناب
مواد مورد نیاز	توری هایی از جنس فلزی و یا پلاستیکی، مواد پر کننده گیاهی (مانند کاه، برگ درختان خرما، باگاس) و یا الیاف گیاهی نرم
نکات مهم	جهت افزایش کارایی از چند بند به صورت سری استفاده شده و به طور مرتب تعویض شوند. استفاده از جاذب های نرم کارایی را بالا می برد. هنگامی که بند در حال فرو رفتن به زیر آب است با تجهیزات شناور کننده (بطری خالی، بلوک فوم پلاستیکی) آن را شناور نگه می دارند. در صورت نشت آلودگی از بند ایجاد شده، مواد جاذب نرم (زغال سنگ) در بالادست بند پخش شود. برنامه ای برای جایگزینی بند جدید در نظر گرفته شود.

شکل ۴۶ محدودسازی- جذب در سطح را نشان می دهد.



شکل ۴۶: شماتیک محدود سازی- جذب در سطح (۲۵)

۶-۲-۱-۵-۸ کاربرد بند های صاف کننده ستون آب

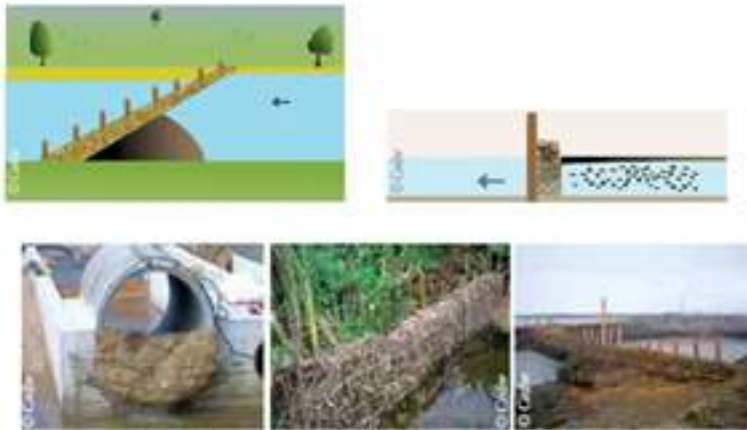
شرایط کاربرد بند های صاف کننده ی ستون آب، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن در جدول ۳۴ آورده شده است.

جدول ۳۴: شرایط کاربرد بندهای صاف کننده ی ستون آب، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن (۲۵)

صاف کردن ستون آب توسط بند	
نوع مواد نفتی	مواد نفتی شناور، ذرات پراکنده شده در ستون آب، مواد فرو رفته در زیر آب، برای مواد نفتی با ویسکوزیته بالا موثرتر است.
محیط قابل کاربرد	مناطق ساحلی، آبراهه‌ها، نهرها، رودخانه‌ها، بندرگاه‌ها، آبگیرها، برای جریان های شدید مناسب نیست. مواد مورد نیاز در دسترس هستند.
مزایا	هزینه‌ی کم در صورت استفاده از مواد طبیعی. نیاز به نگهداری و مراقبت دائم.
معایب	تعیین دقیق ضخامت بند مشکل است. ضخامت بند باید به گونه ای باشد که اجازه عبور مواد نفتی را ندهد و از ایجاد فشار در پشت بند نیز جلوگیری کند. در صورتی که آبگریزی مواد پرکننده به اندازه کافی نباشد، سنگین شده و جابجایی بند مشکل انجام می شود.
تجهیزات	توری هایی از جنس فلزی و یا پلاستیکی، مواد پر کننده گیاهی (مانند کاه، برگ درختان خرما، باگاس) و یا الیاف گیاهی نرم

ادامه جدول ۳۴

تجهیزات مهار کردن مانند پایه های چوبی یا آهنی، کابل و یا طناب	مواد مورد نیاز
قسمت بالایی بند باید باز بوده تا امکان دسترسی و حتی تعویض مواد پرکننده فراهم باشد.	
جهت نگهداری کامل مواد پرکننده در صورت امکان توری ها باید به هم بافته شوند.	
در صورتی که طول بند زیاد باشد به صورت قطعات جداگانه درست شود تا حمل و نقل آنها راحت تر گردد.	نکات مهم
در صورت نشت آلودگی از بند ایجاد شده، مواد جاذب نرم (زغال سنگ) در بالا دست بند پخش شود.	
برنامه ای برای جایگزینی بند جدید در نظر گرفته شود.	
شکل ۴۷ صاف کردن ستون آب توسط بند را نشان می دهد.	



شکل ۴۷: شماتیک صاف کردن ستون آب توسط بند (۲۵)

۶-۲-۱-۵-۹ کاربرد بند های ایجاد شده از پوشش گیاهی

شرایط کاربرد بند های ایجاد شده از پوشش گیاهی، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن در جدول ۳۵ آورده شده است.

جدول ۳۵: شرایط کاربرد بند های ایجاد شده از پوشش گیاهی، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن (۲۵)

صاف کردن ستون آب توسط بند ایجاد شده از پوشش گیاهی	
نوع مواد نفتی	مواد نفتی شناور، ذرات پراکنده شده در ستون آب، مواد فرو رفته در زیر آب، برای مواد نفتی با ویسکوزیته بالا موثرتر است.
محیط قابل کاربرد	مناطق ساحلی، آبراهه ها، نهرها، رودخانه ها، بندرگاه ها، آبگیرها، برای جریان های شدید مناسب نیست.
مزایا	مواد مورد نیاز در دسترس هستند. هزینه کم در صورت استفاده از مواد طبیعی.
معایب	نیاز به نگهداری و مراقبت دائم. تعیین دقیق ضخامت بند مشکل است. ضخامت بند باید به گونه ای باشد که اجازه عبور مواد نفتی را نداده و از ایجاد فشار در پشت بند نیز جلوگیری کند. در صورت شدید شدن جریان، بخش پایینی بند باید تمیز شود.
تجهیزات	تجهیزات مهار کردن مانند پایه های چوبی یا آهنی، کابل یا طناب
مواد مورد نیاز	توری های فلزی و یا نرده های چوبی، مواد صاف کننده مانند برگ یا الیاف گیاهی (مانند کاه، برگ درخت خرما، باگاس) و یا پوشش گیاهی موجود در منطقه
نکات مهم	به منظور بهبود عملیات محدود سازی و صاف کردن از گیاهان مختلف برای ایجاد بند و یا بندها در صورت نشت آلودگی از بند ایجاد شده، مواد جاذب نرم (پیت) در بالا دست بند پخش گردد. برنامه ای برای جایگزینی بند جدید در نظر گرفته شود.

شکل ۴۸ صاف کردن ستون آب توسط بند ایجاد شده از پوشش گیاهی را نشان می دهد.



شکل ۴۸: صاف کردن ستون آب توسط بند ایجاد شده از پوشش گیاهی (۲۵)

۶-۲-۱-۵-۱۰ کاربرد شبکه های توری

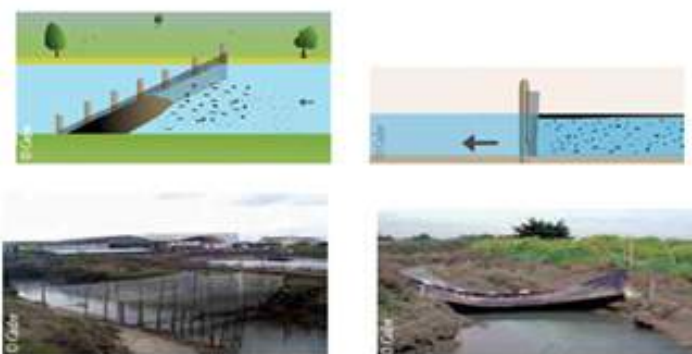
شرایط کاربرد شبکه های توری، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن در جدول ۳۶ آورده شده است.

جدول ۳۶: شرایط کاربرد شبکه های توری، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن (۲۵)

صاف کردن ستون آب توسط شبکه ی توری	
نوع مواد نفتی	ذرات بزرگ شناور آلوده به مواد نفتی، خار و خاشاک پراکنده در ستون آب و زیر آب، مواد فرو رفته در زیر آب، برای مواد نفتی با ویسکوزیته بالا موثرتر است.
محیط قابل کاربرد	آبراهه ها، نهرها، رودخانه‌ها حفظ جریان آب.
مزایا	آسانی حمل و نقل. هزینه کم. مقاومت نسبتا خوب در برابر جریان.
معایب	در صورت افزایش طول نگه داشتن توری به صورت قائم مشکل است. ایجاد اختلال در جریان زندگی موجودات آبی.

<p>پتک، سیم چین، انبر قفلی، اره آهن بر و چوب بر</p>	<p>تجهیزات</p>
<p>توری هایی با اندازه منافذ مناسب جهت نگهداری ذرات و خار و خاشاک، تجهیزات مهار کردن مانند پایه های چوبی یا آهنی، کابل و یا طناب، تجهیزات شناورسازی مانند فوم</p>	<p>مواد مورد نیاز</p>
<p>مهار و نگهداری توری در مقابل ستون آب. به منظور جریان آزاد موجودات آبی و کاهش نیروی کششی در توری، بهتر است که توری به دو قسمت تقسیم گردد. یک قسمت از پایین تا میانه ستون آب و دیگری با فاصله کوتاه از میانه ستون آب تا سطح آب کشیده شود. در قرار گیری توری ها باید میزان جذر و مد را در نظر داشت. در بالا دست جریان از یک توری با منافذ بزرگتر جهت جدا کردن ذرات، خار و خاشاک بزرگ تر استفاده گردد.</p>	<p>نکات مهم</p>

شکل ۴۹ صاف کردن ستون آب توسط شبکه ی توری را نشان می دهد.



شکل ۴۹: صاف کردن ستون آب توسط شبکه ی توری (۲۵)

۶-۲-۱-۵-۱۱ کاربرد بندهای شناور چوبی

شرایط کاربرد بندهای شناور چوبی، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن در جدول ۳۷ آورده شده است.

جدول ۳۷: شرایط کاربرد بندهای شناور چوبی، مزایا و معایب، مواد و تجهیزات لازم آن (۲۵)

<p>محدود سازی - منحرف کردن و محافظت توسط بند های شناور چوبی و یا دسته گیاهان</p>	
<p>مواد نفتی شناور، مواد نفتی با ویسکوزیته بالا</p>	<p>نوع مواد نفتی</p>
<p>آب های آرام در خشکی (رودخانه، نهرها)، بندرگاه ها و جنگل های حرا</p>	<p>محیط قابل کاربرد</p>

مقاومت نسبتا خوب در برابر جریان. قابلیت استفاده مجدد.	مزایا
در شرایط اضطراری ساخت آنها مشکل است. احتمال نشت مواد نفتی از زیر بند چوبی ایجاد شده وجود دارد.	معایب
اره، چکش، مته، پیچ گوشتی	تجهیزات
الوارهای چوبی، کاه و نی، تجهیزات اتصال الوارها به هم، کابل یا طناب	مواد مورد نیاز
بند چوبی از قبل آماده شده تا در موارد اضطراری سریع برپا گردد. از چند بند به صورت سری و پشت سر هم استفاده شود. مشابه بوم ها بهتر است بند چوبی نیز با زاویه ای نسبت به جریان برقرار گردد. با قرار دادن لاستیک و یا نواره های باریک از مواد مقاوم، مانع نشت مواد نفتی از بند گردد.	نکات مهم

شکل ۵۰ منحرف کردن و محافظت توسط بند های شناور چوبی یا دسته گیاهان را نشان می دهد.



شکل ۵۰: منحرف کردن و محافظت توسط بندهای شناور چوبی یا دسته گیاهان (۲۵)

۷- جمع آوری (جداسازی) و پاک سازی مواد نفتی

جمع آوری و پاک سازی مواد نفتی، مرحله پس از کنترل و مقابله با مواد نفتی در آب

است. این مرحله اهمیت زیادی در حذف مواد نفتی از محیط زیست و کاهش آلودگی های ناشی از آن را دارد. روش ها و تجهیزات مختلفی برای جمع آوری و پاک سازی مواد نفتی از آب و خاک وجود دارد که در ادامه در این مورد بحث می شود.

۷-۱ جمع آوری مواد نفتی از آب و خاک

سه روش اصلی جمع آوری فیزیکی مواد نفتی از سطح آب و خاک استفاده از اسکیمرها، جاذب ها و جمع آوری دستی می باشد، که هر کدام از روش های مذکور دارای محدودیت هایی می باشند. محدودیت هر روش به مقدار مواد نفتی پخش شده، شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیای محلی دارد که پخش مواد نفتی اتفاق افتاده است (۲).

۷-۱-۱ جمع آوری (جداسازی) مواد نفتی با اسکیمرها (رویه گیرها)

رویه گیرها تجهیزات مکانیکی هستند که برای حذف مواد نفتی از سطح آب طراحی شده اند. این تجهیزات از نظر اندازه، کاربرد، ظرفیت و همچنین کارایی تنوع بسیار زیادی دارند. اسکیمرها بر اساس محل کاربرد (به عنوان مثال نزدیک ساحل، آب های کم عمق و یا رودخانه) و همچنین ویسکوزیته مواد نفتی پخش شده، تقسیم بندی می شوند (۲). هرچه لایه مواد نفتی ضخیم تر باشد کارایی رویه گیرها بهتر خواهد بود. اسکیمرها را در قسمت جلویی بوم و یا هرجا که غلظت نفت زیادتر است قرار می دهند. همچنین در صورت وجود جریان هوا، این تجهیزات در پایین دست جریان باد قرار می گیرند (۲). وضعیت آب و هوایی نیز در عملکرد این تجهیزات تاثیر دارد. اغلب اسکیمرها در آب های ساکن و یا با جریان آرام بازده عملکرد بهتری دارند. بسته به نوع اسکیمرها در آب های با امواج بیش از یک متر و سرعت جریان بیشتر از ۰/۵ متر در ثانیه عملکرد خوبی ندارند. در آب و هوای برفی و آبی که همراه خار و خاشاک است اسکیمرها به دلیل گرفتگی دچار مشکل می شوند. با ایجاد صفحات مشبک در ورودی این تجهیزات این مشکل رفع می شود اما استفاده از این تجهیزات در مواد نفتی ویسکوز و گلوله های قیر با مشکل همراه است (۲).

1. Skimmers

اسکیمرها بر اساس نوع عملکرد شان به اسکیمرهای دارای سطح نفت دوست^۱، سرریز دار^۲، مکشی^۳، بالا برنده^۴، غوطه ور در آب^۵، گردابی^۶ یا گریز از مرکز^۷ تقسیم بندی می‌شوند. در جدول ۳۸ مزایا و معایب این اسکیمرها آورده شده است (۲).

اسکیمرهای با سطح نفت دوست خود به انواع اسکیمرهای صفحه ای^۸، استوانه ای^۹، تسمه ای^{۱۰}، برسی^{۱۱}، طنابی^{۱۲} تقسیم می‌شوند. انواع مختلف اسکیمرهای با سطح نفت دوست در شکل ۵۱ نشان داده شده اند. ساختار اسکیمرهای مکشی، بالا برنده، مانعی و غوطه ور در شکل های ۵۲ تا ۵۹ نشان داده شده است. اغلب اسکیمرها دارای یک مخزن برای ذخیره مواد نفتی جمع آوری شده همراه با آب هستند (۲).

اگرچه اسکیمرها تجهیزات مکانیکی هستند که برای حذف مواد نفتی از سطح آب طراحی شده اند اما از اسکیمرهای مکشی برای جمع آوری مواد نفتی از سطح زمین نیز استفاده می‌شود. در صورت کاربرد نامناسب، ممکن است مقدار زیادی آب، خار و خاشاک به همراه مواد نفتی نیز جمع آوری گردد. اغلب این اسکیمرها بر روی کامیون حمل می‌شوند برای استفاده از آنها باید جاده مناسب وجود داشته باشد. انواعی که بر روی یدک کش حمل می‌شوند برای استفاده در مناطق دور افتاده تر مناسب هستند (۲۶).

در صورت تجمع مواد نفتی می‌توان از اسکیمرهای دارای سطح نفت دوست نیز استفاده کرد. این اسکیمرها فقط مواد نفتی را جمع آوری کرده و برخلاف اسکیمرهای مکشی مواد دیگر همراه مواد نفتی جمع آوری نمی‌گردد (۲۶). مواد نفتی جمع آوری شده و به درون

1. Oleophilic Surface Skimmer
2. Weir Skimmer
3. Suction Skimmer
4. Elevating Skimmer
5. Submersion Skimmer
6. Vortex Skimmer
7. Centrifugal Skimmer
8. Disc Skimmers
9. Drum Skimmer
10. Belt Skimmer
11. Brush Skimmer
12. Rope Skimmer

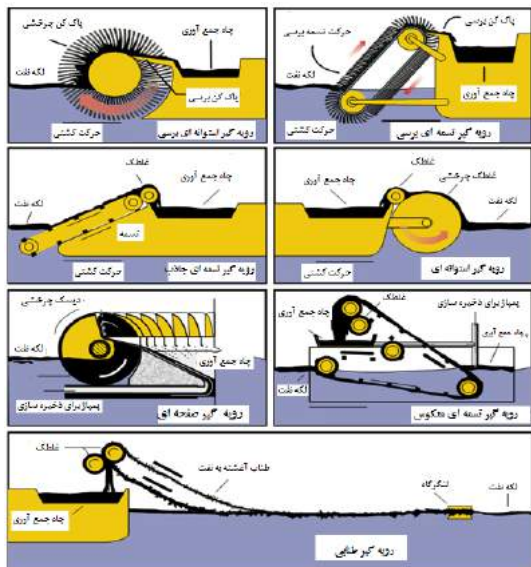
تانک ذخیره پمپ می گردد. این اسکیمرها برای تمام مواد نفتی کاربرد داشته و جهت بازیافت مواد نفتی از خاک بسیار مناسب هستند. لازم به ذکر است که انواعی از لودرها و ماشین های خاک برداری وجود دارد که دارای بررسی در قسمت جلو می باشد که از آن برای بازیافت مواد نفتی از خاک استفاده می شود (۲۶).

بازده کلی اسکیمر به وسیله سرعت بازیافت آن و درصد مواد نفتی بازیافت شده اندازه گیری می شود. سرعت بازیافت، حجم مواد نفتی بازیافت شده تحت شرایط خاص است. این مقدار بر حسب حجم بازیافتی در واحد زمان اندازه گیری می شود. کارایی انواع مختلف اسکیمر برای مواد نفتی مختلف در جدول ۳۹ آورده شده است (۲).

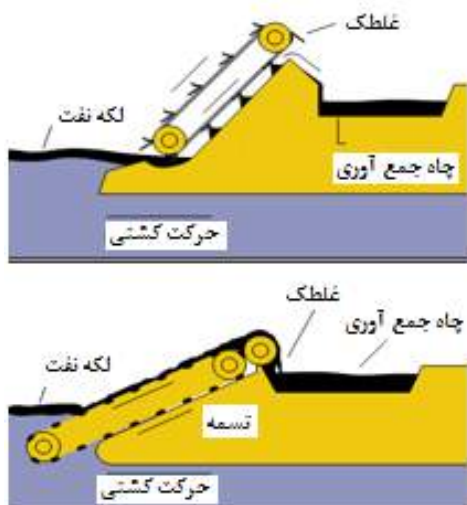
جدول ۳۸: مزایا و معایب انواع مختلف اسکیمرها (۲)

اسکیمر	ویژگی / عملکرد	مزایا	معایب
دارای سطح نفت دوست	صفحاتی دارند که مواد نفتی به آنها می چسبند.	در مقایسه با انواع دیگر آب کمتری همراه مواد نفتی جمع می شود. برای ترکیبات نفتی سبک مناسب تر هستند.	بر خلاف انواع دیگر برای شرایط برفی و خاک و خاشاک مناسب نیستند.
صفحه ای	دارای صفحاتی از جنس پی وی سی یا فولادی	مناسب برای نفت خام سبک در آب های موج عملکرد بهتری دارند.	سرعت بازیافت آنها کم است و عملکرد ضعیفی برای سوخت سبک و مواد نفتی سنگین دارند.
تسمه ای	جنس تسمه از پارچه تا تسمه های نقاله	مناسب جهت نفت خام سنگین برخی از انواع آن برای گلوله های قیر و مواد نفتی خیلی سنگین مناسب هستند.	بزرگ هستند و بر روی تجهیزات پاک سازی مخصوص نصب می شوند.
بررسی		برای مواد نفتی سنگین مناسب هستند	-----
طنابی	طنابی از جنس پلی پروپیلن	مناسب برای مواد نفتی با وزن متوسط و بازیافت نفت از آب های دارای یخ و خار و خاشاک	-----

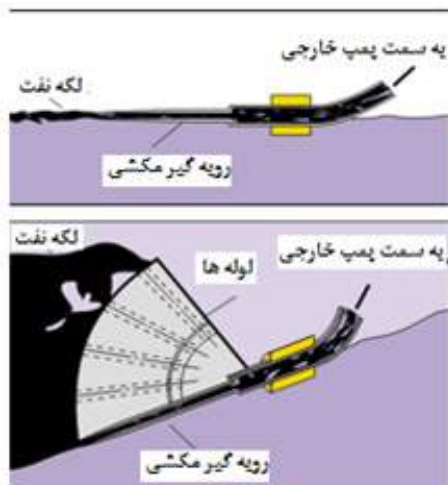
<p>بزرگ هستند و بر روی تجهیزات پاک‌سازی مخصوص نصب می‌شوند.</p>	<p>مناسب جهت نفت خام سنگین برخی از انواع آن برای گلوله های قیر و مواد نفتی خیلی سنگین مناسب هستند.</p>	<p>جنس تسمه از پارچه تا تسمه های نقاله</p>	<p>تسمه ای</p>
<p>-----</p>	<p>برای مواد نفتی سنگین مناسب هستند</p>		<p>بررسی</p>
<p>-----</p>	<p>مناسب برای مواد نفتی با وزن متوسط و بازیافت نفت از آب های دارای یخ و خار و خاشاک</p>	<p>طنابی از جنس پلی پروپیلن</p>	<p>طنابی</p>
<p>مکش هوا و افزایش آب همراه نفت عملکرد بد در آب های نا آرام و یخ زده نامناسب برای مواد نفتی سنگین و گلوله های قیر</p>	<p>مناسب برای آب های آرام و حفاظت شده</p>	<p>از نیروی ثقل برای تخلیه مواد نفتی در سطح آب به مخزن پایین تر از سطح آب استفاده می‌شود</p>	<p>سرریز دار</p>
<p>مشکلاتی مشابه اسکیمر مانعی داشته علاوه بر اینکه دچار گرفتگی ناشی از خار و خاشاک می‌شود</p>	<p>مناسب برای مواد نفتی سبک تا متوسط نسبت به انواع دیگر اقتصادی تر هستند. مناسب جهت آب های کم عمق و فضا های محدود</p>	<p>از سیستم خلاء برای جمع آوری مواد نفتی از سطح آب استفاده می‌کند</p>	<p>مکشی</p>
<p>در آب های نا آرام و آب های دارای خار و خاشاک عملکرد ضعیفی دارد. نا مناسب برای مواد نفتی سبک یا خیلی سنگین</p>	<p>می‌توان از آنها در آب های آرام برای مواد نفتی تا حدودی سنگین استفاده کرد.</p>	<p>از تسمه نقاله برای انتقال مواد نفتی از سطح آب به محل بازیافت استفاده می‌کنند</p>	<p>بالا برنده</p>
<p>قابلیت استفاده در آب های دارای خار و خاشاک ندارند. غیرقابل استفاده در آب های کم عمق بزرگ بوده و نیاز به تجهیزات قوی برای حمل دارد.</p>	<p>سریع تر از انواع دیگر حرکت کرده و سطح وسیع تری را پوشش می‌دهد. مناسب برای زمانی که آلودگی وسعت زیادی دارد. مناسب برای مواد نفتی سبک با ویسکوزیته کم و لایه ی نازک</p>	<p>از یک تسمه نقاله یا صفحه شیب دار جهت انتقال به مخزن بازیافت استفاده می‌شود.</p>	<p>غوطه ور</p>
<p>تنظیم آنها مشکل است. نسبت به خار و خاشاک حساس هستند.</p>	<p>-----</p>	<p>از اختلاف دانسیته آب و مواد نفتی برای جداسازی استفاده می‌کند.</p>	<p>گردابی یا گریز از مرکز</p>



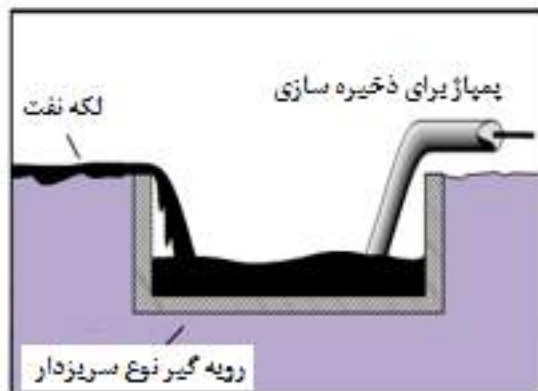
شکل ۵۱: انواع رویه گیر (اسکیمر) دارای سطح نفت دوست (۲)



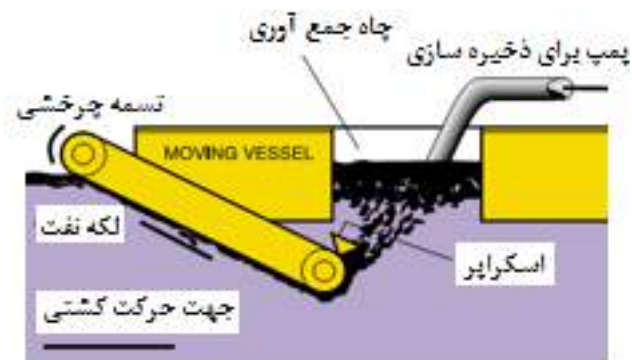
شکل ۵۲: رویه گیر (اسکیمر) بالابرنده



شکل ۵۳: رویه گیر (اسکیمر) مکشی



شکل ۵۴: رویه گیر (اسکیمر) سرریزدار



شکل ۵۵: رویه گیر (اسکیمر) غوطه ور



شکل ۵۶: رویه گیر (اسکیمر) بررسی در حال بازیافت نفت



شکل ۵۷: رویه گیر (اسکیمر) بالا برنده در حال جداسازی لکه های نفت (۲)



شکل ۵۸: رویه گیر (اسکیمر) بررسی در حال جداسازی لکه های نفت از یخ (۲)

جدول ۳۹: کارایی انواع رویه گیر (اسکیمر) برای مواد نفتی مختلف (۲)

سرعت بازیافت (m ³ /hr) برای مواد نفتی مختلف*					نوع اسکیمر
درصد مواد نفتی**	بونکرسی	نفت خام سنگین	نفت خام سبک	سوخت دیزل	
اسکیمر با سطح نفت دوست					
۸۰ تا ۹۵	-----	-----	۰٫۲ تا ۲	۰٫۴ تا ۱	صفحه ای کوچک
۸۰ تا ۹۵	-----	۱۰ تا ۵۰	۱۰ تا ۲۰	-----	صفحه ای بزرگ
۸۰ تا ۹۵	۰٫۵ تا ۲	۰٫۵ تا ۲	۰٫۵ تا ۲۰	۰٫۲ تا ۰٫۸	برسی
۸۰ تا ۹۵	-----	-----	۱۰ تا ۳۰	-----	استوانه ای بزرگ
۸۰ تا ۹۵	-----	-----	۰٫۵ تا ۵	۰٫۵ تا ۵	استوانه ای کوچک
۸۵ تا ۹۵	-----	۲ تا ۱۰	۲ تا ۲۰	-----	طنابی
سرریزدار					
۲۰ تا ۸۰	-----	۲ تا ۲۰	۰٫۲ تا ۵	۰٫۲ تا ۱۰	کوچک
۵۰ تا ۹۰	۳ تا ۵	۵ تا ۱۰	۳۰ تا ۳۰۰	-----	بزرگ
۳۰ تا ۷۰	-----	۵ تا ۲۵	۵ تا ۳۰	۱ تا ۱۰	پیشرفته
بالا برنده					
۱۰ تا ۴۰	۱ تا ۵	۱ تا ۲۰	۱ تا ۱۰	-----	تسمه ی پارویی
غوطه‌ور					
۷۰ تا ۹۵	-----	۱ تا ۲۰	۱ تا ۸۰	۰٫۵ تا ۱۰	بزرگ
مکشی					
۳ تا ۱۰	-----	-----	۰٫۳ تا ۲	۰٫۳ تا ۱	کوچک
۱۰ تا ۸۰	-----	۳ تا ۱۰	۳ تا ۲۰	-----	دارای بخش مکشی بزرگ
گردابی یا گریز از مرکز					
۲ تا ۲۰	-----	۰٫۲ تا ۱۰	۰٫۲ تا ۰٫۸	-----	گردابی یا گریز از مرکز

* بازیافت شدیدا بستگی به ضخامت، نوع، نوع سطح نفت و عوامل دیگر دارد.

** میزان نفت در مواد جمع آوری شده است. میزان بیشتر این مقدار بیانگر مقدار کمتر آب و کارایی بهتر جاذب است.

۷-۱-۲ جاذب‌ها

در پاک‌سازی نهایی و یا آلودگی‌های خیلی کوچک از جاذب‌ها استفاده می‌شود. جاذب‌ها ممکن است از مواد مصنوعی یا طبیعی ساخته شوند. جاذب‌های طبیعی به دو دسته آلی و معدنی تقسیم می‌شوند. زغال سنگ و چوب از جمله جاذب‌های آلی و ورمیکولیت و خاک رس از جاذب‌های معدنی هستند. جاذب‌ها ممکن است به اشکالی مانند مواد توده‌ای^۱ و پودری، گرانولی، کلوخه‌ای (در درون کیسه‌ها و یا توری) و یا به صورت بالشتکی^۲، استوانه‌ای^۳، مسطح^۴ و یا حتی به صورت بوم در دسترس باشند. بازیافت مواد نفتی توسط جاذب‌ها ممکن است به صورت جذب شیمیایی و یا جذب فیزیکی (سطحی) باشد (۲).

موارد عمده کاربرد جاذب‌ها عبارتند از:

- جمع‌آوری و بازیافت سریع مواد نفتی در مناطق ساحلی، بندرها و لنگرگاه‌ها، خور و رودخانه‌ها.
- محدودسازی لکه نفتی همراه با بوم‌های استاندارد (به منظور آب بندی بیشتر).
- محافظت از مناطقی که پاک‌سازی آنها مشکل است (مانند سنگ چین‌ها، نیزارها).
- جمع‌آوری و یا بازیافت مواد نفتی شناور در سطح دریاچه و آب‌های ساکن.
- جلوگیری از پخش مواد نفتی در سطح زمین و یا کاهش نفوذ آلودگی به آن.
- جذب مواد نشست‌شده از محل‌های بازیافت مواد نفتی.
- جذب جریان مواد نفتی خروجی از شستشوی صخره‌ها، دیواره‌ها و ساختمان‌ها.
- جذب از طریق فیلتر کردن آلودگی معلق در ستون آب.
- پاک‌سازی و رفع آلودگی از افراد و تجهیزات در محل پاک‌سازی (۲۷).

1. Bulk
2. Pillows
3. Rolls
4. Pads



شکل ۵۹: اسکیم (رویه گیر) سرریز دار
برای جمع آوری مواد نفتی (۲)

ظرفیت جاذب بستگی به سطح و نوع آن دارد. جاذبی که سطحی با منفذ ریز دارد، برای جذب مواد نفتی سبک مناسب بوده در حالی که جاذب دارای سطحی با منافذ درشت جهت پاک‌سازی نفت خام سنگین^۱ و یا بونکر^۲ به کار می رود. در ساختار برخی از جاذب ها از مواد نفت دوست (ترکیبات جاذب نفت) و هیدرو فوبیک (آبگریز) استفاده شده است تا ظرفیت جاذب را بهبود دهد. این مواد همچنین باعث افزایش خاصیت شناوری جاذب بر روی آب می گردند.

بازده جاذب ها به صورت کل مواد نفتی بازیافت شده بیان می شود. بازیافت مواد نفتی عبارت است از وزن مواد نفتی بازیافت شده نسبت به وزن اولیه جاذب. بازده جاذب های مختلف برای مواد نفتی متفاوت در جدول ۴۰ آورده شده است. در کاربرد جاذب ها باید نکات زیر را در نظر داشت:

• کاربرد بیش از حد جاذب ها به خصوص به صورت گرانول و ذرات ریز ممکن است پاکسازی و استفاده از ابزارهای مکانیکی را با مشکل مواجه کند.

• جاذب ها ممکن است باعث گرفتگی لوله های تخلیه و یا پمپ ها شوند.

• از جاذب هایی که به ته آب فرو می روند، نباید استفاده شود زیرا به محیط آسیب می رسانند.

• بازیافت مواد نفتی جذب شده و دفع جاذب ها را نیز باید در نظر داشت. اغلب جاذب ها

پس از بازیافت مواد نفتی از آنها، سوزانده شده و یا دفن می گردند (۲).

اشکال مختلف جاذب ها در شکل ۶۰ آورده شده است. در شکل ۶۱ نیز کاربرد بوم ها و جاذب ها در کنار هم نشان داده شده است.

1. Heavy crude oil
2. Bunker

جدول ۴۰: کارایی جاذب های مختلف برای انواع مواد نفتی (۲)

بازیافت نفت در ترکیبات مختلف نفتی (وزنی: وزنی)*					جاذب
گازوئیل	نفت خام سبک	نفت خام سنگین	بونکرسی	درصد نفت**	
جاذب های مصنوعی					
۷	۹	۱۲	۲۰	۹۰+	بالشتک جاذب پلی استر
۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۹۰+	بالشتک جاذب پلی اتیلن
۲	۲	۳	۸	۹۰+	جاذب های مسطح پلی الفینی
۶	۸	۱۰	۱۳	۹۰+	بالشتک جاذب پلی پروپیلن
۳	۶	۶	۱۵	۹۰+	جاذب های مسطح پلی پروپیلن
۲۰	۳۰	۴۰	۴۵	۹۰+	بالشتک جاذب پلی اورتان
جاذب های طبیعی آلی					
۱	۳	۴	۵	۷۰	الیاف پوست یا چوب درخت
۱	۳	۳	۲	۸۰+	پر پرندگان
۳۰	۴۰	۳۰	۱۰	۹۰+	اسفنج کلازنی
۲	۳	۴	۵	۸۰+	زغال سنگ تورب
۵	۶	۸	۱۰	۸۰+	زغال سنگ تورب عمل آوری شده
۲	۲	۳	۴	۷۰	کاه و مواد مشابه
۹	۴	۴	۱۰	۸۰+	الیاف گیاهی، خام و یا ضایعاتی
جاذب های طبیعی معدنی					
۳	۳	۳	۲	۷۰	خاک رس
۸	۸	۸	۹	۷۰	پرلیت عمل آوری شده
۳	۳	۴	۸	۷۰	ورمیکولیت عمل آوری شده (پوکه صنعتی)
۲	۲	۳	۵	۷۰	ورمیکولیت

* بازیافت شدیداً بستگی به ضخامت، نوع، نوع سطح نفت و عوامل دیگر دارد.
 ** میزان نفت در مواد جمع آوری شده است. میزان بیشتر این مقدار بیانگر مقدار کمتر آب و کارایی بهتر جاذب است.



شکل ۶۰: اشکال مختلف جاذب های مورد استفاده در پاک سازی آلودگی های نفتی (۲)



شکل ۶۱: کاربرد بوم ها و جاذب ها در کنار هم جهت پاک سازی آلودگی های نفتی (۲)

در جدول ۴۱ و ۴۲ راهنمای سریع جهت انتخاب جاذب ها با توجه به نوع مواد نفتی پخش شده به ترتیب در آب و خاک ارائه شده است.

جدول ۴۱: راهنمای انتخاب جاذب برای مواد نفتی پخش شده در آب (۲۷)

مواد نفتی با ویسکوزیته پایین (مواد نفتی سبک، نفت خام سبک)	مواد نفتی با ویسکوزیته بالا (مواد نفتی سنگین، نفت خام (امولسیون شده))
---	---

آب های آزاد بدون جریان

استفاده از بوم های جاذب، جاذب های توده ای و موبها	استفاده از بوم های جاذب، جاذب های استوانه‌ای، بالشتکی، مسطح و یا حتی توده‌ای
---	--

آب های آزاد دارای جریان

<p>- استفاده از بوم های جاذب، جاذب های استوانه ای و یا موب</p> <p>- استفاده از بوم جاذب و یا جاذب استوانه ای که در مسیر جریان توسط طناب نگه داشته شده است.</p>	<p>استفاده از بوم های جاذب و یا جاذب های بالشتکی، مسطح و یا استوانه ای</p> <p>- جریان کمتر از ۰/۲ متر در ثانیه: جاذب استوانه‌ای که در مسیر جریان توسط طناب نگه داشته شده است.</p> <p>- جریان کمتر از ۰/۲ متر در ثانیه: استفاده از بوم جاذب و یا جاذب استوانه‌ای که در مسیر جریان توسط طناب نگه داشته شده است.</p>
--	---

جدول ۴۲: راهنمای انتخاب جاذب برای مواد نفتی پخش شده بر روی زمین و خاک (۲۷)

مواد نفتی با ویسکوزیته بالا (مواد نفتی سنگین، نفت خام امولسیون شده)	مواد نفتی سیال (مواد نفتی سبک، نفت خام سبک)
---	---

نشت از تجهیزات

استفاده از جاذب های توده ای، مسطح و یا حتی استوانه ای	استفاده از جاذب های بالشتکی، مسطح و یا حتی استوانه ای همراه با محدود سازی توسط بوم ها
---	---

مواد نفتی جاری بر سطح زمین

استفاده از بوم های جاذب و یا جاذب های بالشتکی، متناسب با پهنای جریان جهت توقف آن	استفاده از بوم های جاذب و یا جاذب های بالشتکی، متناسب با پهنای جریان جهت توقف آن
استفاده از جاذب های توده ای و یا موپ ها در بالا دست جریان مواد به سمت بوم	استفاده از جاذب های توده ای و یا مسطح در بالا دست جریان جهت کاهش نفوذ مواد نفتی به درون زمین

مواد نفتی جمع شده در سطح زمین

استفاده از جاذب های توده ای و مخلوط کردن با مواد نفتی و سپس پاک کردن و یا جمع کردن مواد نفتی توسط موپ ها	استفاده از جاذب های توده ای و یا مسطح و استوانه ای
--	--

مواد نفتی جمع شده درون صخره ها

جمع کردن توسط موپ ها	استفاده از جاذب های مسطح و یا بالشتکی
----------------------	---------------------------------------

همانطور که قبلاً ذکر گردید جاذب ها انواع مختلفی داشته در شرایط متفاوتی کاربرد دارند. در جدول ۴۳ کاربرد و نحوه استفاده از انواع جاذب ها و نکاتی که باید در کاربرد آنها در نظر گرفت آورده شده است. در شرایط بهینه ی عملیات، جاذب ها می توانند به اندازه حجم خود، مواد نفتی را جذب کنند. اما در شرایط واقعی که ممکن است زمان تماس بین جاذب و مواد نفتی به اندازه کافی نبوده و از اشباع شدن جاذب نیز باید اجتناب گردد، بهتر است مقدار جاذب در نظر گرفته شده دو تا چهار برابر مقدار مواد نفتی باشد. در مورد جاذب های توده ای می توان میزان افزایش حجم پس از جذب آلودگی را به عنوان مبنا در نظر گرفت. جاذب باید به میزانی استفاده شود که تمام آلودگی جذب گردد (آلودگی قابل مشاهده نباشد). به منظور سهولت در حمل جاذب پس از استفاده از آن و به منظور اجتناب از اشباع شدن آن و نشت مواد آلوده، بهتر است مقدار بیشتری از جاذب استفاده گردد (۲۷).

جدول ۴۳: انواع جاذب ها و نحوه کاربرد آنها جهت حذف آلودگی های نفتی ناشی از خطوط لوله انتقال نفت (۲۷)

نوع جاذب	کاربرد	نکاتی که باید در نظر گرفته شود
جاذب توده ای	<ul style="list-style-type: none"> در موارد زیادی چه در آب و یا خشکی کاربرد دارد. در مواردی که آلودگی به صورت لایه نازک و یا لکه نفت است. مناطقی که دسترسی مشکل است. 	<ul style="list-style-type: none"> جاذب آلوده باید پس از استفاده احیاء گردد.
جاذب درشت با قطر بیش از ۳۰ میلی متر	<ul style="list-style-type: none"> این جاذب ها با مواد نفتی ویسکوز، توده متراکمی ایجاد کرده که به راحتی از هم پاشیده می شود. پخش کردن آنها با سیستم های موجود مشکل است. بازیافت این مواد توسط توری ها و یا سیستم خلاء قوی. 	<ul style="list-style-type: none"> به دلیل پخش ذرات جاذب و یا توده های تشکیل شده هنگام استفاده از این جاذب ها در آب های آزاد بهتر است همراه با بوم ها استفاده شوند.
جاذب درشت با قطر بین ۱۰ تا ۳۰ میلی متر	<ul style="list-style-type: none"> امکان پخش توسط یک دمنده (اگر دانسیته کمتر از ۰٫۴ باشد) بازیافت این مواد توسط توری ها و یا پمپ خلاء. 	
جاذب متوسط با قطر بین ۱۰ تا ۵ میلی متر	<ul style="list-style-type: none"> امکان پخش توسط تجهیزات معمول (اگر دانسیته کمتر از ۰٫۴ باشد) بازیافت این مواد توسط توری ها و یا پمپ معمول فاقد شیر. 	
جاذب ریز با قطر بین ۵ تا ۱ میلی متر	<ul style="list-style-type: none"> امکان پخش توسط تجهیزات معمول بازیافت این مواد توسط توری های دسته دار با منافذ ریز 	
جاذب های گرد مانند با قطر کمتر از ۱ میلی متر	<ul style="list-style-type: none"> مشکل پخش به خصوص در شرایط طوفانی بازیافت فقط توسط پمپ ها 	



نوع جاذب	کاربرد	نکاتی که باید در نظر گرفته شود
جاذب مسطح و استوانه ای	<p>روی خشکی: جاذب ها مستقیماً روی محل آلوده قرار می گیرند. این کار باید سریع انجام شود تا از نفوذ آن به زمین جلوگیری شود.</p> <p>در آب های آزاد و یا آبگیرها بدون جریان: جاذب روی محل آلوده قرار گرفته و در صورت لزوم همراه با هم زدن آلودگی نفتی جذب و سپس توسط دست و یا ابزار جمع آوری می شود. در مواقع خاص استفاده از بوم و محدود سازی لازم است.</p> <p>آب آزاد دارای جریان: در غیاب سیستم محدود کننده و جریان کمتر از ۰٫۲ متر در ثانیه جاذب های استوانه ای مناسب تر هستند. اولویت با جاذب استوانه ای است که با طنابی مقاوم شده است.</p> <p>عملیات شستشوی صخره و سطح: جذب آلودگی در جریان حاصل از شستشوی و یا آب سطحی که به یک ترانشه هدایت می شود.</p>	



نکاتی که باید در نظر گرفته شود	کاربرد	نوع جاذب
<p>استفاده از جاذب بالشتکی و بوم های جاذب در مقیاس کوچک آسان تر از جاذب توده ای بوده اما هزینه بیشتر دارد.</p>  <p>انواع متراکم این نوع جاذب برای آلودگی های سیال تر مناسب هستند.</p>	<p>روی خشکی: بوم یا بالشتک ها در مقابل جریان قرار می گیرند.</p> <p>در آب های آزاد و یا آبگیرها بدون جریان: جاذب به طور مستقیم روی آلودگی قرار می گیرد. اگر جاذب فشرده باشد نفوذ آلودگی به آن مشکل است. این جاذب ها سبک بوده و برای فرو رفتن در آب باید وزنه ای به آنها متصل شود.</p> <p>آب آزاد دارای جریان: در صورتی که وزنه ای به آنها متصل نشود برای این گونه موارد مناسب نیستند. در کنار بوم های معمولی و برای جاذب باقیمانده مواد نفتی استفاده می شوند.</p> <p>عملیات شستشوی صخره و سطح: جذب آلودگی در جریان حاصل از شستشوی که به درون یک ترانше هدایت می شود.</p>	<p>جاذب بالشتکی و بوم های جاذب</p>
<p>مواد نفتی از طریق جذب جمع آوری نشده بلکه به الیاف آن می چسبند.</p> 	<p>برای بازیافت دستی، مواد نفتی با ویسکوزیته زیاد تا خیلی زیاد به کار می روند.</p> <p>بازیافت آلودگی نفتی که شدیداً امولسیون شده و یا در شکاف صخره ها گیر افتاده است.</p> <p>روی خشکی: به صورت دستی برای جذب استفاده می شود.</p> <p>در آب های آزاد و یا آبگیرها بدون جریان: همراه بوم ها برای جمع آوری مواد نفتی استفاده می شوند. درون آب آلوده که توسط بوم محدود شده، در کنار هم و در بالادست یا پایین دست بوم قرار می گیرند. برای جذب ذرات نفت در حجم زیاد آب، از طریق قرار دادن در نقاط مختلف جریان آب نیز استفاده می شود.</p>	<p>موپ ها</p>

علاوه بر جاذب های تجاری موجود در برخی مواقع می توان از مواد موجود در طبیعت به عنوان جاذب و فیلتر استفاده کرد. از جمله این مواد می توان کاه، علف جاروب، نی، باگاس و الیاف کنف را نام برد. به منظور جذب مواد نفتی و جمع آوری می توان این مواد گیاهی را به صورت معمول آنها و یا بسته بندی شده به صورت توری، استوانه ای و یا درون ژئوتکتایل استفاده کرد (شکل ۶۲) (۲۷).

خاصیت آب گریزی این مواد محدود بوده و در نهایت توسط آب سنگین شده و به زیر آب می روند به همین دلیل باید آنها را به صورت دوره ای تعویض کرد. بهتر است این مواد به صورت

بسته های کوچک استفاده شوند تا حمل آنها پس از جذب آلودگی آسان تر باشد. ویژگی نفت دوستی این جاذب ها نیز محدود بوده و بازده آنها بستگی به میزان مواد نفتی دارد که درون الیاف آنها جذب می شود. در صورتی که آلودگی مربوط به مواد نفتی سبک (نفت خام سبک، سوخت) باشد بهتر است در بالادست جریان از جاذب های توده ای استفاده شود تا مواد متراکم حاصل توسط جاذب های موقتی راحت تر جذب شوند (۲۷).



شکل ۶۲: اشکال مختلف جاذب های موقتی در پاک سازی آلودگی های نفتی (۲۷)

۳-۱-۷ جامد سازها^۱

بیشتر جامد سازها محصولاتی متشکل از پلیمرهای با وزن ملکولی بالا و خشک هستند که دارای سطحی متخلخل و روغن دوستی بالا می باشند. اینگونه مواد پیوند فیزیکی را بین خود و مواد نفتی تشکیل می دهند. با این عمل ویسکوزیته نفت شروع به افزایش کرده و به شکل جامدی لاستیک مانند تغییر شکل می دهد. محصول نهایی این فرآیند از یک توده سخت چسبناک تا مواد دانه ای غیر چسبنده متغیر است. بیشتر جامد سازها به سرعت عمل می کنند. انعقاد نفت کمتر از ۱۰ دقیقه تا ۱ ساعت به طول می انجامد. این نوع مواد بیشترین اثر را بر نفت های سبک تا متوسط می گذارند و تاثیر کمتری بر نفت سنگین و امولسیون های نفتی دارند.

1. Solidifiers

جامد سازها در شکل های مختلفی یافت می شوند. این مواد شامل پودر خشک، دانه ها، مواد نیمه جامد (بعنوان مثال اسفنجی، توپوی و...) می باشند. جامد سازهای مورد استفاده جهت جلوگیری از گسترش حریق ناشی از مخازن و خطوط لوله انتقال در آب باید دارای خصوصیات زیر باشند:

- قابل حل در آب باشد.
- وزن مخصوص آن کمتر از ۱ باشد و قابلیت شناور بودن بر سطح آب را هم در آب شیرین و آب شور دارا باشد.
- فلزات سنگین و هیدروکربن های کلرینه بکار رفته در آنها باید کمتر از ۵ ppm باشد.
- محصول تولید شده برای حیات وحش و گونه های دیگر غیر سمی باشد.
- از انتشار مایعات جامد کننده با فشار بالا ممانعت گردد (۳۰).

در برخی مواقع در اثر پارگی ظروف نگهدارنده و وزش بادهای شدید، جامد سازها در محیط پخش می شوند. اینگونه پلیمرها سرعت تجزیه بسیار کندی در محیط دارند و در صورت بلع توسط حیوانات خصوصاً پرندگان خطرانی را برای جوامع جانوری به همراه خواهد داشت. در جدول ۴۴ مزایا و معایب جامد سازها و مقایسه آن با جاذبها ارائه شده است.

جدول ۴۴: مقایسه مزایا و معایب جامد سازها در مقایسه با جاذبها

آیتم	مزایا	معایب	مقایسه با جاذبها
کارایی بر نفت سبک	کارایی عالی بر نفت سبک	-	واکنش جامد سازها با نفت سبک بهتر از جاذب
کارایی بر نفت سنگین	-	زمان انجماد طولانی	جاذب موثرتر می باشد.
دمای پایین	-	طولانی شدن زمان انجماد در اثر افزایش ویسکوزیته	جاذبها در دمای پایین موثرتر می باشند.
نقطه اشتعال	قابلیت اشتعال پایین محصول نهایی	-	جاذبها و جامد سازها دارای نقطه اشتعال پایین
آموزش در استفاده از آن	-	احتیاج به آموزش دارد	استفاده از جاذبها نیاز به آموزش کمتری دارد.
ملاحظات کاربری	-	احتمال کاهش اثرگذاری در مناطق باز با وزش باد	-
کاربرد در زمینهای سخت	موثر بر سطوح سخت	-	اثرگذاری بیشتر نسبت به جاذبها

۷-۱-۴ استفاده از تکنیک خلاء

یکی دیگر از روش های موثر در پاکسازی آب از مواد نفتی ناشی از نشت و آتش سوزی استفاده از تکنیک خلاء می باشد. این تکنیک برای تمام شرایط عملیاتی کارآمد بوده و نصب و بکارگیری آن ساده و سریع می باشد. برای جداسازی قطرات نفت از آب توسط تکنیک خلاء، از اختلاف دانسیته بین نفت و آب و همین طور انرژی حباب های هوای تزریق شده به درون آب جهت حرکت دادن قطرات نفت به سمت واحد بازیابی استفاده شده است. این روش از جهت اقتصادی نیز نتایج عالی به همراه داشته است (۳۰).

۷-۱-۵ جمع آوری (جداسازی) دستی

مواد نفتی از مناطق آلوده را می توان توسط کارگران با استفاده از سطل، بیل و ابزارهای مشابه جمع آوری کرد. این روش جمع آوری، شدیداً وابسته به نیروی انسانی بوده اما در برنامه های پاکسازی مناطق آلوده به مواد نفتی می توان از آن استفاده کرد (۲).

هنگامی که پخش مواد نفتی در محدوده کوچک و یا در مناطق دور افتاده رخ می دهد می توان از روش های جمع آوری دستی استفاده نمود. در این روش، جمع آوری مواد نفتی سنگین تر در مقایسه با مواد سبک تر راحت تر است. هنگامی که پخش مواد نفتی در آب های نزدیک به خط ساحلی اتفاق افتاده است می توان مواد نفتی را با استفاده از بیل و پارو یا با قطع پوشش گیاهی آلوده به مواد نفتی، جمع آوری کرد (شکل ۶۳). بعضی اوقات از گل کش های دستی (وسيله ای است که دارای سطلی در انتهای یک دسته می باشد) برای جمع آوری مواد نفتی از سطح آب استفاده می شود. جمع آوری دستی کاری خسته کننده بوده و احتمال جراحت های فیزیکی در حین کار وجود دارد. از این روش اغلب جهت سواحل استفاده می شود (۲).



شکل ۶۳: بازیافت (جمع آوری) دستی مواد نفتی جهت حذف آلودگی های نفتی (۲)

۲-۷ پاک سازی

۲-۷-۱ سوزاندن در محل^۱

سوزاندن در محل یکی از روش های پاک سازی آلودگی نفتی در آب، نزدیک ساحل، تالاب ها و یا خشکی است. در صورتی که این روش به نحو مناسب و تحت شرایط درستی انجام شود، قادر است به سرعت حجم آلودگی را بدون نیاز به جمع آوری، نگهداری، انتقال و دفع کاهش دهد. زمان واکنش نسبت به پخش مواد نفتی کوتاه بوده در نتیجه امکان گسترش آلودگی کمتر می گردد. همچنین سریع بودن این روش، از انتشار آلودگی جلوگیری می کند (۲۸).

پس از عملیات سوزاندن در محل، محصولات جانبی از قبیل دی اکسید کربن، آب، ذرات دوده و مواد نفتی نسوخته باقی می ماند. میزان مواد منتشره ناشی از این عملیات و فاصله ایمن در پایین دست جریان باد را می توان محاسبه کرد. به منظور تامین ضخامت مناسب لایه مواد نفتی (۲ تا ۳ میلی متر)، ممکن است نیاز به محدود

1. In-Situ Burning

سازی آن باشد. حتی در این حالت نیز عملیات سوزاندن در محل، نیاز به تجهیزات و پرسنل کمتری نسبت به روش های مکانیکی دارد (۲۸).

سوخت، اکسیژن و یک منبع جهت احتراق برای این عملیات لازم است. سوخت از طریق تبخیر مواد نفتی تامین شده و باید به میزانی باشد تا شرایط سوختن پایداري فراهم گردد. سرعت سوختن نفت خام سبک و سنگین به ترتیب $3/75$ و 1 میلی متر در دقیقه است. سرعت سوختن توسط مقدار اکسیژن در دسترس محدود می شود. به عنوان یک اصل تجربی، میزان سوختن نفت خام سبک حدود 5000 لیتر در متر مربع در روز و نفت خام سنگین 1200 لیتر در متر مربع در روز است (۲۸).

در صورتی که بخار کافی از مواد نفتی تولید نشود، فرآیند سوختن آغاز نشده و یا خیلی سریع خاموش می شود. میزان بخار تولید شده نیز بستگی به مقدار گرمای بازتابش شده به مواد نفتی دارد. اگر ضخامت لکه نفت کم باشد، مقداری از این گرما به لایه ی آب زیرین منتقل می شود. از آنجا که مواد نفتی نقش عایق را دارند ضخامت لازم برای سوختن مداوم 2 تا 3 میلی متر است (۲۸).

نوع مواد نفتی و میزان تغییرات فیزیکی و شیمیایی (هوازدگی) آن نیز بر روی بازده سوختن آن موثر بوده اما ضخامت لایه ی مواد نفتی عامل مهم تری است. احتراق راحت و یا مشکل بخارهای هیدروکربن تحت عنوان قابلیت سوختن^۱ شناخته می شود. ویژگی های دیگر مواد نفتی که در بر آورد موثر بودن عملیات سوزاندن در محل کاربرد دارند، عبارتند از:

قابلیت سوختن: سهولت نسبی در آتش گرفتن و دوام در سوختن را گویند.

سرعت نسبی گسترش شعله^۲: میزان سرعت گسترش شعله در لکه نفتی است.

تخمین مواد نفتی حذف شده^۳: میزان حذف مواد نفتی از سطح آب توسط سوزاندن.

1. Burnability

2. Relative Speed of Flame Spreading

3. Estimates of Oil Removal

سرعت سوختن^۱: سرعت از بین رفتن لکه نفتی را گویند.

دوده حاصل از شعله^۲: مقدار دوده (دود سیاه رنگ) تولید شده طی سوختن مواد نفتی بوده که مقدار زیاد آن نشان دهنده سوختن ناقص و یا ساختار مواد شیمیایی مواد نفتی در حال سوختن، می باشد.

سهولت نسبی اشتعال^۳: معیار فرضی از احتمال اشتعال بوده و تعیین کننده نیاز به مواد کمکی (به عنوان مثال مشتعل کننده) جهت اشتعال بخار مواد نفتی می باشد. در جدول ۴۵ ویژگی های فوق برای برخی مواد نفتی آورده شده است (۲۹).

جدول ۴۵: ویژگی های مواد نفتی مورد استفاده در روش سوزاندن در محل (۲۹).

نوع مواد نفتی	محدوده مقدار API	قابلیت سوختن	سرعت نسبی گسترش شعله	تخمین مواد نفتی حذف شده (درصد)	سرعت سوختن mm / (min)	دوده حاصل از شعله	سهولت نسبی اشتعال
بنزین	۵۸ - ۷۴	خیلی زیاد	سریع	۹۵ - ۹۹	۳,۵ - ۴	متوسط	خیلی آسان
گازوئیل	۳۵ - ۴۰	زیاد	متوسط	۹۰ - ۹۸	۲,۹ - ۳,۵	خیلی زیاد	آسان
خام سبک	۳۱	زیاد	متوسط	۸۵ - ۹۸	۳,۵	زیاد	آسان
خام متوسط	۲۳ - ۳۱	متوسط	متوسط	۸۰ - ۹۵	۳,۵	متوسط	آسان
خام سنگین	بیشتر از ۲۲	متوسط	متوسط	۷۵ - ۹۰	۳	متوسط	متوسط
خام هوا زده	ذکر نشده	کم	کند	۵۰ - ۹۰	۲ - ۲,۸	کم	مشکل، نیاز به ماده کمکی دارد.
خام همراه با یخ	۲۲ - ۳۱	کم	کند	۵۰ - ۹۰	۲	متوسط	مشکل، نیاز به ماده کمکی دارد.

1. Burn Rate
2. Sootiness of Flame
3. Relative Ease of Ignition

مشکل، نیاز به ماده کمکی دارد.	کم	۲،۵	۵۰-۸۰	کند	کم	۱۷-۲۸	سوخت سبک
مشکل، نیاز به ماده کمکی دارد.	کم	۲/۲	۴۰-۷۰	کند	خیلی کم	۱۴-۱۸	سوخت سنگین
مشکل، نیاز به ماده کمکی دارد.	متوسط	۲	۳۰-۶۰	کند	کم	ذکر نشده	دور ریز
مشکل، نیاز به ماده کمکی دارد.	کم	۱-۲	۳۰-۶۰	کند	کم	ذکر نشده	امولسیون شده

تجهیزات متفاوتی که در عملیات سوزاندن به کار می رود بستگی به شرایط پخش مواد نفتی و محدوده سوزاندن دارد. به طور معمول برای انجام عملیات سوزاندن تجهیزات لازم عبارتند از:

پخش مواد در خشکی: از آنجا که در این شرایط سطح زمین، گیاهان و مواد گیاهی، مواد نفتی و حرکت آن را محدود می کنند و در صورت ضخامت مناسب لایه مواد نفتی، تنها وسیله احتراق و تجهیزات کنترل آتش مورد نیاز است. پخش مواد در زمین های شیب دار و متخلخل: به منظور ایجاد حوضچه برای جمع آوری مواد نفتی، نیاز به تجهیزات حفاری و یا بیل است. وسیله احتراق و تجهیزات کنترل آتش نیز مورد نیاز است (۲۹).

پخش مواد نفتی در آب: از آنجا که در این شرایط موانع طبیعی برای محدود سازی و افزایش ضخامت لایه مواد نفتی وجود ندارد، نیاز به تجهیزاتی مانند بوم‌های مقاوم در برابر آتش است. علاوه بر بوم، تجهیزات یدک کش، وسیله احتراق و تجهیزات کنترل آتش نیز باید فراهم گردد.

بوم های مقاوم در برابر آتش مشابه بوم های معمول مورد استفاده جهت محدود سازی بوده و اجزا و ساختمان یکسانی دارند. تنها تفاوت این نوع بوم ها، مقاوم بودن در برابر آتش و همچنین سنگین تر بودن آنها (جهت مقاومت در برابر امواج

و شرایط جوی نا مناسب) است. مقاوم سازی این بوم ها در برابر آتش به دو روش انجام می گیرد:

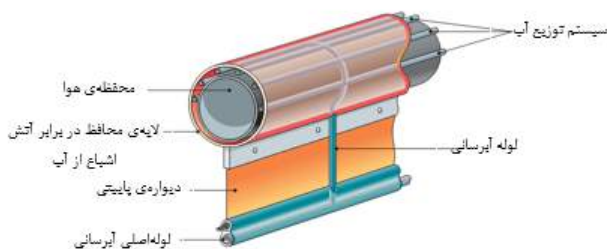
استفاده از خنک کننده ها (به عنوان مثال پمپاژ آب در سطح بوم طی عملیات).

استفاده از مواد مقاوم در برابر آتش در ساخت بوم.

انواع مختلف بوم های مقاوم در برابر آتش به شرح زیر می باشند:

الف - بوم های پر شده از هوا با سیستم خنک کننده آب (۲۹)

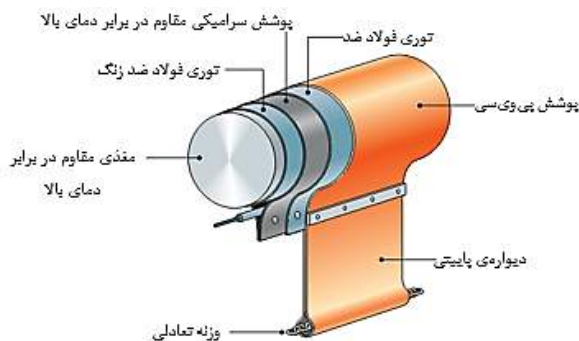
در این بوم ها از آب به عنوان خنک کننده استفاده می شود. سیستم خنک کننده آب درون سطح محفظه هوای بوم گسترده شده و آب به درون آن پمپاژ می گردد و از این طریق پوشش محافظی در برابر حرارت آتش ایجاد می گردد (شکل ۶۴). این بوم ها نیاز به سیستم های جانبی مانند پمپ هوا و آب دارند.



شکل ۶۴: بوم های پر شده از هوا با سیستم خنک کننده ی آب جهت حذف آلودگی های نفتی (۲۹)

ب - بوم های سخت با بدنه مقاوم در برابر آتش

بدنه این بوم ها از جنس مواد مقاوم در برابر آتش است. این بوم ها نیازی به پمپ هوا و یا آب نداشته و نگهداری و مستقر کردن آنها آسان است (شکل ۶۵).



شکل ۶۵: بوم های سخت با بدنه مقاوم در برابر آتش (۲۹)

برای ایجاد شعله در خشکی از مشعل هایی با سوخت پروپان یا بوتان، مشعل های کوچک و تکه های پارچه آغشته به سوخت استفاده می شود. از تجهیزات دیگر مورد استفاده جهت اشتعال مواد نفتی در خشکی می توان به مشعل های قطره ای اشاره کرد. این مشعل ها دارای محفظه ای جهت نگهداری سوخت (مخلوط بنزین و گازوئیل) و لوله ای حلقوی بوده که از این محفظه خارج شده است. پس از خروج سوخت از لوله حلقوی و شعله ور شدن آن، مواد مشتعل به صورت قطره بر روی زمین می ریزد.

شعله پرتاب کن ها نیز تجهیزات قابل حمل و نقلی هستند که در این مورد استفاده می شوند. این تجهیزات قادرند که سوخت ژل شده (مخلوطی از مواد ژله ای و سوخت های نفتی) را تا فاصله ی ۱۵ تا ۳۰ متری پرتاب کنند. این تجهیزات برای سوزاندن لایه های ضخیم مواد نفتی در سطح زمین مناسب می باشند. فشفشه ها و منورها نیز قادرند حرارت لازم جهت عملیات سوزاندن را ایجاد کنند. این تجهیزات سبک بوده و براحتی قابل حمل و نقل هستند و در صورت فعال شدن به مدت ۳ تا ۵ دقیقه می سوزند و برای انجام عملیات در محدوده کوچک تا متوسط بکار می روند. انواعی از فشفشه ها که ضد آب و شناور می باشند در عملیات سوزاندن مواد نفتی در

سطح آب بکار می روند.

از تجهیزات اشتعال که بر روی بالگرد نصب شده اند نیز در عملیات سوزاندن در محل استفاده می شود. یک مخزن ذخیره حاوی سوخت ژله ای، یک پمپ و سیستم آتش زنه الکترونیکی حاوی گاز پروپان در بیرون یک بالگرد نصب می شود. سوخت ژله ای توسط پمپ به بیرون پرتاب و همزمان سیستم آتش زنه موجب مشتعل شدن این سوخت می گردد. این مواد در حال سوختن موجب آتش گرفتن مواد نفتی می گردد (شکل ۶۶) (۲۹).



شکل ۶۶: انواع مختلف تجهیزات مورد استفاده جهت اشتعال مواد نفتی در خشکی (۲۹)

لازم به ذکر است که اگر وسعت منطقه عملیاتی زیاد باشد ممکن است نیاز به تجهیزات پایش کیفیت هوا نیز باشد. از آنجا که این تجهیزات در بازده عملیات سوزاندن در محل تاثیری نداشته و همچنین این راهنما در خصوص اثرات مواد نفتی و روش های کنترل آن در خاک و آب است، این تجهیزات و پایش کیفیت هوا در این راهنما مورد بحث قرار نگرفته است (۲۹).

هنگامی که حادثه پخش مواد نفتی رخ می دهد باید اطلاعات در مورد محل حادثه،

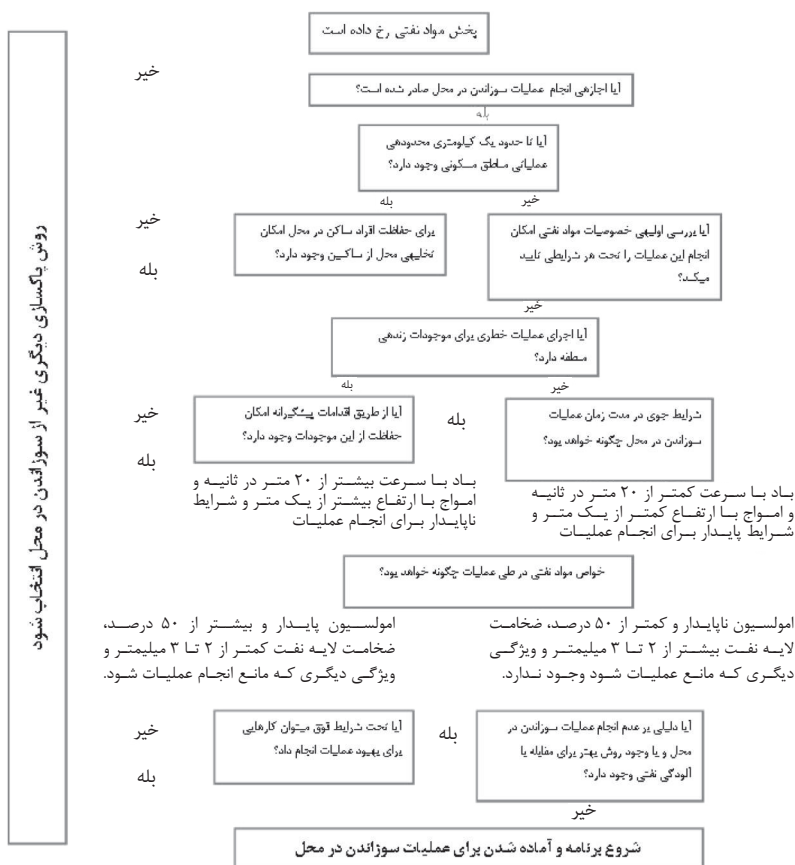
شرایط آب و هوایی و شرایط دیگر مربوط به محل حادثه جمع آوری گردد. برنامه ریزی و تدارکات برای عملیات باید پیش از وقوع حادثه کامل شده باشد. دیاگرام تصمیم گیری در خصوص امکان استفاده از این عملیات در شکل ۶۷ و فهرست مراحل عملیات در شکل ۶۸، آورده شده است.

مراحل زیر باید در انجام عملیات سوزاندن در خشکی در نظر گرفته شوند:

- برنامه ها و روند کارها که از قبل مشخص شده اند، مرور گردد.
- مشاوره با سازمان های قانون گذار دارای صلاحیت.
- ارزیابی منطقه و اثرات دود بر افراد ساکن در منطقه و محیط زیست.
- آیا هر دو شرط نوع نفت و ضخامت لایه نفتی برای عملیات سوزاندن فراهم است؟

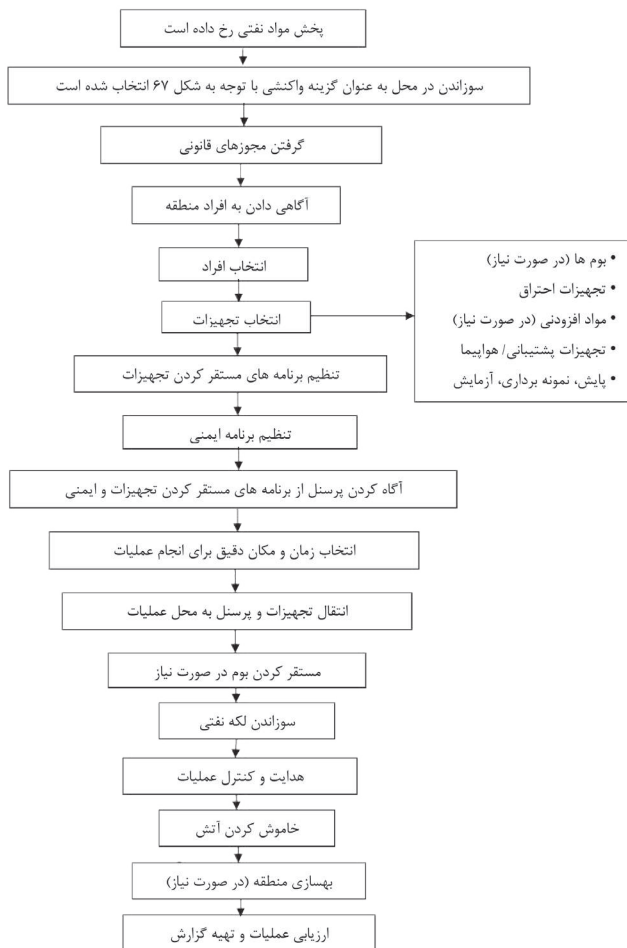
• آیا شرایط برای سوزاندن ایمن است؟

- ارزیابی شرایط آب و هوایی جهت سوزاندن در محل.
- انجام عملیات در صورتی که شرایط مهیا باشد (۲۸).



شکل ۶۷: دیاگرام تصمیم‌گیری در خصوص امکان استفاده از سوزاندن در محل جهت

پاک‌سازی (۲۸)



شکل ۶۸: فهرست مراحل عملیات سوزاندن در محل جهت پاک‌سازی آلودگی هوای نفتی (۲۸)

۷-۲-۱-۱ عملیات سوزاندن در خشکی

سوزاندن در محل را می توان در موارد زیر به کار برد:

- حذف سریع آلودگی نفتی جهت جلوگیری از گسترش به مناطق آسیب پذیر و یا در منطقه وسیع تر.

- کاهش مواد زائد نفتی، در مواقعی که محدودیتی در دفع و یا انتقال آنها وجود دارد.
- مناطقی که غیر قابل دسترس بوده، بستر نرم و یا پوشش گیاهی فشرده در منطقه.
- هنگامی که روش های دیگر موثر نباشند به عنوان آخرین گزینه در نظر گرفته می شود.

شرایط مناسب جهت انتخاب روش سوزاندن در خشکی:

- مناطق مسکونی در فاصله ای بیش از ۱/۵ کیلومتری محل عملیات قرار داشته باشند.
- شرایط جوی آرام بوده تا ستون دود بالا رفته و کنترل آتش امکان پذیر باشد.
- آلودگی تازه بوده تا عملیات سوزاندن به راحتی و به طور موثری انجام شود.
- پوشش گیاهی منطقه علف بوده زیرا پوشش بوته ای و یا درختان به سختی آتش می گیرند.
- عملیات در زمان غیر فعال بودن گیاهان منطقه صورت گیرد (در فصل رویش گیاهان نباشد).

مناطق فاقد پوشش گیاهی، جاده های آسفالت نشده، چاله ها، بستر خشک نهرها و زمین های کشاورزی بایر است.

- هنگامی که در تالاب ها لایه آب بستر را پوشانده (مانع آسیب حرارتی به خاک و ریشه ها شده و از نفوذ مواد نفتی به خاک جلوگیری می کند). به هر حال وجود لایه آب الزامی نبوده و حداقل خاک باید از آب اشباع باشد.
- وجود برف و یخ که موانع طبیعی ایجاد کرده و از نفوذ مواد نفتی به بستر جلوگیری می کنند.

جهت انجام عملیات سوزاندن در محل، بر روی خشکی نیاز به هماهنگی و اخذ مجوز از سازمان های مربوطه مانند سازمان حفاظت از محیط زیست، وزارت جهاد کشاورزی،

سازمان آتش نشانی و دیگر ارگان های مربوطه است. برنامه عملیات، موارد ایمنی، روش سوزاندن، برنامه کنترل و اقدامات بعد از عملیات باید مشخص باشد (۳۰، ۲۹).
موارد کلی که باید در نظر گرفته شوند عبارتند از:

- به سازمان آتش نشانی و پلیس منطقه اطلاع رسانی شده و منطقه عملیاتی مورد حفاظت قرار گیرد. همچنین با اورژانس منطقه هماهنگی های لازم به عمل آید.
 - منبع آلودگی از سایر بخش های منطقه جدا شده و کاملاً محدود گردد (به عنوان مثال خط لوله دارای نشتی کاملاً بسته شود) (۳۰).
 - در صورت لزوم منطقه خارج از محدوده عملیاتی در مقابل آتش محافظت شود (با استفاده از مرطوب نگه داشتن منطقه اطراف ناحیه عملیاتی و یا استفاده از خط آتش شکن).
 - ممکن است جهت اشتعال نیاز به مواد تسریع کننده مانند مخلوط ۳۰ : ۷۰ بنزین و گازوئیل باشد.
 - پس از اشتعال ممکن است نیاز به احتراق دوباره و سوزاندن باقی مانده مواد نفتی، خاموش کردن نقاطی که حرارت خیلی زیاد شده و یا جمع آوری مواد باقیمانده ناشی از سوزاندن باشد.
- نکات ایمنی و بهداشتی که باید در این عملیات مورد توجه قرار گیرند شامل:
- نگرانی اصلی باید ایمنی و حفظ سلامت پرسنل عملیاتی و ساکنین نزدیک به منطقه عملیات باشد.
 - شرایط محل عملیات (به خصوص سرعت و جهت باد) تعیین کننده خطرناک بودن ستون دود برای ساکنین منطقه است. بنابراین ارزیابی هر حادثه آلودگی نفتی به صورت جداگانه باید انجام شود.
 - علاوه بر برنامه سازمان آتش نشانی منطقه، باید برنامه جداگانه ای (پشتیبان) برای خاموش کردن و کنترل آتش در نظر گرفته شود.

عوامل محدود کننده و محدودیت های محیط زیست در انجام عملیات سوزاندن عبارتند از:

- مواد نفتی سنگین، هوازده (دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی شده) و یا امولسیون شده ممکن است حتی با استفاده از مواد تسریع کننده شعله ور نشوند.
- پس از عملیات سوزاندن ممکن است پوسته و یا لایه ای از مواد باقی بماند که به منظور سرعت بخشیدن به رویش مجدد گیاهان منطقه باید جمع آوری شود.
- غرقاب کردن طولانی مدت و کامل تالاب هایی که پوشش گیاهی آنها سوزانده شده موجب از بین رفتن گیاهان می شود.
- در مناطقی که پوشش گیاهی سوزانده شده و کاهش یافته ممکن است فرسایش رخ دهد. در این موارد باید اقداماتی جهت کنترل فرسایش انجام داد (۳۰).

۷-۲-۱-۱ عملیات سوزاندن در آب های درون خشکی

عملیات سوزاندن در آب های درون خشکی در موارد زیر کاربرد دارد:

- حذف سریع آلودگی نفتی جهت جلوگیری از گسترش به مناطق آسیب پذیر و یا در منطقه وسیع تر. در منطقه ای به وسعت ۹۰۰ متر مربع سرعت حذف مواد نفتی به ۱۹۰ متر مکعب در ساعت می رسد. تحت شرایط مناسب بازده عملیات تا ۹۰ درصد می رسد.
 - زمانی که بازیافت نفت به دلیل محدودیت در مخازن و نگهداری آنها امکان پذیر نباشد.
 - کاهش مواد زائد نفتی، در مواقعی که محدودیتی در دفع و یا انتقال آنها وجود دارد.
 - مناطقی که دسترسی امکان پذیر نبوده، آب های کم عمق، یخ زده (۳۰).
- در این مورد نیز نیاز به هماهنگی و اخذ مجوز از سازمان های مربوطه مانند سازمان حفاظت از محیط زیست، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان آتش نشانی و دیگر ارگان های مربوطه است. برنامه عملیات، موارد ایمنی، روش سوزاندن، برنامه کنترل و اقدامات بعد از عملیات باید مشخص باشد.

موارد کلی که باید در نظر گرفته شوند شامل:

- به سازمان آتش نشانی و پلیس منطقه اطلاع رسانی شده و منطقه عملیاتی مورد حفاظت قرار گیرد. همچنین با اورژانس منطقه هماهنگی های لازم به عمل آید.
- عملیات سوزاندن حجم زیادی از دود سیاه تولید کرده بنابراین در مناطق قابل کشتیرانی باید به طرز مناسبی اطلاع رسانی انجام شود.
- برای انجام سوختن و تداوم آن ضخامت لایه نفت باید به اندازه کافی باشد.
- در طی عملیات باید حرارت لازم برای تبخیر مواد نفتی و ایجاد بخار قابل اشتعال در بالای سطح آب فراهم گردد (بخار مواد نفتی مشتعل شود نه مایع).
- برای شروع اشتعال می توان از مواد تسریع کننده مانند بنزین ژل شده، سوخت جت، پارچه، کاغذ باطله و مواد جاذبی که به مخلوط ۳۰: ۷۰ بنزین و گازوئیل آغشته شده است، استفاده کرد.

نکات ایمنی و بهداشتی که در عملیات سوزاندن در آب ها باید رعایت گردند عبارتند از:

- نگرانی اصلی باید ایمنی و حفظ سلامت پرسنل عملیاتی و ساکنین نزدیک به منطقه عملیات باشد.
- شرایط محل عملیات (به خصوص سرعت و جهت باد) تعیین کننده خطرناک بودن ستون دود برای ساکنین منطقه است. بنابراین ارزیابی هر حادثه آلودگی نفتی به صورت جداگانه باید انجام شود.
- علاوه بر سازمان آتش نشانی منطقه باید برنامه ای جداگانه برای خاموش کردن و کنترل آتش در نظر گرفته شود (۳۰).
- در انجام عملیات سوزاندن، عوامل محدود کننده و محدودیت های محیط زیستی عبارتند از:
- **ضخامت مواد نفتی:** حداقل ضخامت مواد نفتی برای آلودگی تازه، فرار و نفت

خام باید یک میلی متر، برای آلودگی نفت خام و سوخت دیزل کهنه و امولسیون نشده ۲ تا ۵ میلی متر و برای باقیمانده مواد نفتی سنگین تر ۱۰ میلی متر باشد. در این صورت مواد نفتی باید محدود شوند (به صورت طبیعی و یا توسط بوم).

• **حداکثر سرعت باد:** سرعت باد باید حدود ۱۰ تا ۱۲ متر در ثانیه باشد و در صورت نزدیکی به مناطق مسکونی باید جهت باد را هم در نظر داشت.

• **اثر تشکیل امولسیون:** بر اساس نتایج آزمایشگاهی، وجود ۱۲ درصد آب در آلودگی نفتی اثرات کمی بر عملیات دارد. بین ۱۲ تا ۱۵ درصد کاهش قابل ملاحظه‌ای در بازده سوزاندن داشته و در امولسیون پایدار با ۲۵ درصد آب، بازده عملیات صفر می‌شود.

• **قابلیت دید خوب:** عملیات باید در روز انجام شود تا کنترل آن به خوبی صورت گیرد.

• **جمع آوری مواد باقیمانده حاصل از سوزاندن:** در نتیجه سوزاندن مواد نفتی باقیمانده نیمه جامد و یا لایه قیر مانند تشکیل شده که باید جمع آوری شود. برای نفت خامی با ضخامت ۱۰ تا ۲۰ میلی متر این لایه باقیمانده حدود یک میلی متر بوده و هرچه ضخامت مواد نفتی اولیه بیشتر باشد این لایه باقیمانده ضخیم تر است. برای سوخت های سبک تا متوسط نیز این لایه باقیمانده یک میلی متر است.

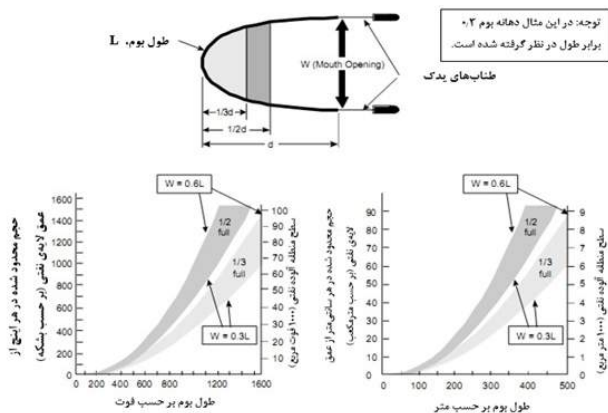
• **فرو رفتن مواد باقیمانده به زیر آب:** مواد باقیمانده از سوختن مواد نفتی پس از سرد شدن ممکن است به زیر آب بروند. برای جمع آوری آنها می توان از پهن کردن تور در زیر لایه مواد نفتی و قبل از عملیات استفاده نمود و یا این مواد را بلافاصله پس از سوختن و هنگامی که هنوز داغ هستند جمع آوری کرد. در صورتی که مواد باقیمانده از سوزاندن زیاد بوده و به ته آب رسوب کنند باید جهت جمع آوری آنها اقداماتی انجام گیرد (۳۰).

۷-۲-۱-۲ سوزاندن در آب های آزاد

از آنجا که ضخامت لایه مواد نفتی باید ۲ تا ۳ میلی متر باشد تا عملیات سوزاندن در محل به طرز مناسبی انجام شود و این امر در آب های آزاد بدون محدود سازی امکان پذیر نیست (شکل ۶۹). به همین منظور در این مناطق باید از بوم های مقاوم در برابر آتش استفاده نمود. ظرفیت نگهداری این بوم ها را می توان از روی شکل ۷۰ تخمین زد. دهانه باز بوم در دو اندازه 0.3 برابر طول بوم و 0.6 برابر آن قابل استفاده بوده که حالت اول به دلیل کشش کمتر بوم و کنترل راحت تر بیشتر توصیه می شود (۳۱). سوزاندن چند لکه نفتی همزمان در آب های آزاد در شکل ۷۱ آورده شده است.



شکل ۶۹: سوزاندن لکه نفتی در آب های آزاد همراه با محدود سازی توسط بوم ضد آتش (۲)

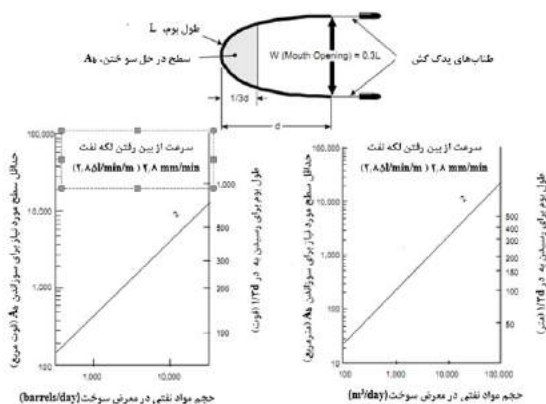


شکل ۷۰: تخمین ظرفیت نگهداری بوم های ضد آتش جهت محدود سازی لکه نفتی (۳۱)

بازده کلی عملیات بستگی به ضخامت لایه آلودگی و چگونگی نگهداری ناحیه مشتعل طی عملیات سوزاندن دارد. لایه های ضخیم (۱۳ میلی متر و یا بیشتر) معمولاً با سرعت ۲/۴۵ میلی متر در دقیقه کاهش ضخامت دارد (این به معنی ۲/۸۵ لیتر در دقیقه در هر متر مربع از سطح در حال سوختن است). برای تعیین حجم مواد نفتی مصرف شده در واحد زمان می توان از شکل ۷۲ استفاده نمود. همچنین زمان مورد نیاز برای سوختن مقدار یا ضخامت مشخص از مواد نفتی را نیز می توان توسط این شکل تخمین زد (۳۱).



شکل ۷۱: سوزاندن چند لکه نفتی همزمان در آب های آزاد (۲)



شکل ۷۲: حجم مواد نفتی مصرف شده در واحد زمان در هنگام سوزاندن لکه نفتی (۳۱)

۷-۲-۲ مواد پراکنده کننده مورد استفاده در پاک‌سازی آلودگی های نفتی

مواد پراکنده کننده موازنه بین پراکنش طبیعی و امولسیون شدن را تغییر داده و باعث پراکنش مواد نفتی می شوند. ماده فعال در این مواد (مواد فعال کننده سطح) خواص سطح واسطه بین آب و نفت را تغییر داده به طوری که با میزان انرژی امواج مشابه، قطرات نفت ریزتری تشکیل شده و از بوجود آمدن امولسیون جلوگیری می شود. مزایا و معایب استفاده از این مواد در جدول ۴۶ آورده شده است.

جدول ۴۶: مزایا و معایب مواد پراکنده کننده در پاک‌سازی آلودگی های نفتی (۳۲)

مزایای مواد پراکنده کننده	معایب مواد پراکنده کننده
<ul style="list-style-type: none"> - حذف مواد نفتی از سطح بدن پرندگان و پستانداران دریایی و کاهش خطرات ناشی از مواد نفتی شناور. - تشکیل قطرات ریز که امکان تجزیه زیستی مواد نفتی را افزایش می‌دهد. - مواد نفتی پخش شده در ستون آب تحت تاثیر جریان باد قرار نگرفته و فقط توسط جریان آب و امواج جابجا می شوند. استفاده از این مواد روش مناسبی برای حفاظت از خطوط ساحلی و مناطق آسیب پذیر که در پایین دست جریان باد محل حادثه هستند، می باشد. - با استفاده از وسایل نقلیه هوایی، در مقایسه با روش های دیگر می توان سطح گسترده ای از منطقه آلوده را تحت پوشش قرار داد. 	<ul style="list-style-type: none"> - عیب اصلی استفاده از این مواد افزایش غلظت موقت مواد نفتی در ناحیه مورد استفاده می باشد. این افزایش ناگهانی ممکن است حیات موجودات دریایی که در نزدیکی محل قرار دارند را تحت تاثیر قرار دهد.

انواع مختلفی از مواد پراکنده کننده وجود دارد. مواد پراکنده کننده با سمیت کم که در آغاز دهه ۱۹۷۰ تولید شدند و به عنوان مواد پخش کننده با پایه هیدروکربن، نوع متداول و یا نوع یک (بر اساس تقسیم بندی بریتانیا) شناخته می شوند.

نوع اول مواد پخش کننده: حلال مورد استفاده در آنها (کروژن) دارای مقادیر خیلی کم مواد آروماتیک بوده که همراه با غلظت کمی از مواد فعال کننده سطحی استفاده می شوند. اگرچه این مواد سمیت کمی داشتند اما بازده آنها نیز کم بود

و باید به نسبت بالایی یعنی ۲ تا ۳ برابر مواد نفتی مصرف می شدند.

نوع دوم مواد پخش کننده: مواد قابل رقیق سازی با آب دریا هستند. این مواد به روش پاششی به آب دریا افزوده می شوند. در مواد پراکنده کننده موثرتر از مخلوط انواع مختلفی از مواد فعال کننده سطحی استفاده می شود.

نوع سوم مواد پخش کننده: این مواد غلیظ تر از نوع اول و دوم بوده و با نسبت یک قسمت به ۲۰ تا ۳۰ قسمت مواد نفتی (به صورت رقیق نشده) به کار می رود. این مواد را می توان به صورت رقیق شده (به عنوان مثال توسط آب دریا و به نسبت ۱۰ قسمت حجمی به ۹۰ قسمت آب) نیز استفاده نمود. در این صورت یک قسمت از مخلوط تهیه شده برای ۲ تا ۳ قسمت مواد نفتی استفاده می شود. کاربرد مواد به صورت پاششی فقط برای مواد نفتی سبک تا متوسط مناسب است (۳۲).

جهت تاثیر بیشتر این مواد بهتر است که پس از وقوع حادثه هرچه سریع تر از این مواد استفاده کرد زیرا در مراحل اولیه مواد نفتی دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی نشده و اثرات این مواد بیشتر است. جهت مشخص نمودن تاثیر این مواد بر لکه نفت می توان آزمونی به شرح زیر انجام داد:

دو ظرف آزمایش شیشه ای درب دار دهان گشاد را تا ۳/۴ از آب (آب محل وقوع حادثه) پر کرده و به یکی از آنها ۲۰ قطره از مواد نفتی اضافه کرده، درب لوله را بسته و کاملاً بهم زده می شود. این لوله به عنوان شاهد مقایسه نگه داشته می شود و در آن لایه نفت بر روی سطح آب پس از مدتی تشکیل می گردد. به لوله دیگر نیز ۲۰ قطره مواد نفتی و یک قطره مواد پراکنده کننده افزوده شده و کاملاً بهم زده می شود. در این حالت نفت در آب پراکنده شده و مخلوطی ابر مانند (کدر) ایجاد می کند. پس از کمتر از یک ساعت قطرات ریزی از مواد نفتی در سطح آب مشاهده می شوند. مقایسه این لوله با لوله شاهد موثر بودن مواد را مشخص می کند. هرچه تفاوت دو لوله بیشتر باشد تاثیر مواد پراکنده کننده نیز بیشتر است

(۳۳).

برای تصمیم گیری در خصوص استفاده از مواد پراکنده کننده باید اثرات بالقوه مواد نفتی بدون کاربرد این مواد در مقایسه با حالتی که این مواد استفاده می شود، بررسی گردد. هدف باید حداقل نمودن پیامدها در محیط زیست باشد. استفاده از این مواد نیازمند برنامه پشتیبانی منظم بوده که شامل تهیه وسایل نقلیه (هوایی یا دریایی)، تهیه مجدد مواد پخش کننده در صورت لزوم و تدارکات لازم جهت تامین پرسنل و تجهیزات است (۳۳).

مواد پراکنده کننده را می توان با استفاده از کشتی یا از طریق هوایی بکار برد. استفاده از این مواد باید بر اساس برنامه مشخصی باشد یعنی به جای اینکه عملیات از میانه و یا لبه های نازک لکه نفتی شروع شود باید از لبه های خارجی بخش های ضخیم تر آن شروع گردد. در صورتی که لکه نفتی در نزدیک ساحل باشد، نحوه پاشیدن مواد پخش کننده باید به صورت نوارهای رفت و برگشتی و به موازات ساحل باشد (۳۱).

در صورت وزش باد و هنگام استفاده از این مواد باید موارد زیر را در نظر داشت (شکل ۷۳):

- به منظور اجتناب از برگشت مواد بکار رفته، کشتی ها باید در پایین دست باد حرکت کنند.

- پاشیدن مواد توسط هواپیما، حرکت آن به سمت باد انجام شود (شکل ۷۵ و ۷۶).

- مواد نباید توسط هواپیما به درون جریان قوی باد مخالف پاشیده شوند.

در شرایطی که باد نمی وزد و دریا آرام است نیز باید استفاده از این مواد ادامه داشته باشد، حتی اگر مواد نفتی بلافاصله پراکنده نگردند. پراکندگی قطرات مواد نفتی در ستون آب تحت تاثیر مقدار انرژی اختلاط در دریا است. چون با گذشت زمان مواد نفتی دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی (هوازدگی) می شوند بنابراین

تاخیر زیاد موجب می گردد که تاثیر مواد پخش کننده کمتر گردد.



شکل ۷۳: شماتیک نحوه پاشیدن مواد پراکنده کننده با توجه به جهت وزش باد توسط هواپیما (۳۱)
مواد پراکنده کننده توسط کشتی ها به دو روش استفاده می شوند:

- توسط افشانه ثابت^۱ روی کشتی
 - توسط مونیتور آتش نشانی^۲ روی کشتی
- هنگام استفاده از این تجهیزات باید نکات زیر را در نظر داشت:
- اندازه مناسب قطرات مواد پراکنده کننده ۰/۳ تا ۰/۷ میلی متر است.
 - از افشانه ها برای پاشیدن یکنواخت و مستقیم مواد استفاده می شود.
 - لوله افشانه باید حتی الامکان به جلو رانده شود تا اثرات موج های ناشی از حرکت کشتی را کم کند (شکل ۷۴) (۳۱).
 - هنگام استفاده از افشانه ها بهتر است که از مواد پراکنده کننده مستقیماً (بدون رقیق سازی) استفاده شود. در این حالت نیاز به تجهیزات خاصی مانند جریان سنج^۳ برای اندازه گیری دقیق مواد پمپ شده است.
 - پراکنده شدن مواد نفتی توسط انرژی مکانیکی ناشی از حرکت کشتی افزایش می یابد. روش های دیگر افزایش پراکندگی مواد نفتی استفاده از جریان آب، ایجاد

1. Spray Booms
2. Fire Monitor
3. Flow Meter

تلاطم توسط قایق های تندرو و استفاده از صفحات چوبی یدک کش شده توسط کشتی است.

• هنگام استفاده از مونیتور آتش نشانی نازل خروجی باید تحت زاویه ۳۲ درجه نسبت به افق باشد. همچنین برای پخش مواد در سطح گسترده تر بهتر است از نازل مخصوص و یا صفحات توری (با مش ۴) استفاده شود.

• مونیتورهای آتش نشانی قادرند بیش از چهار برابر سطح عملیاتی افشانه ها، را پوشش دهند.

پخش مواد از طریق هوایی منطقه وسیع تری را نسبت به استفاده از کشتی پوشش می دهد به خصوص هنگامی که لکه نفت دور از ساحل بوده و یا مناطق دور افتاده باشد (۳۱).



شکل ۷۴: افشانه های نصب شده بر روی کشتی جهت استفاده از مواد پراکنده کننده (۳۱)

مقدار مصرف مواد پراکنده کننده معمولاً بین ۲۰ تا ۱۰۰ لیتر در هر هکتار لکه نفت است. بر اساس نسبت یک حجم مواد نفتی به یک حجم مواد پراکنده کننده این میزان بسته به ضخامت مواد نفتی بین ۱۰۰ به ۱ تا ۱۰ به ۱ است. برای لایه های ضخیم تر مقادیر زیادتر مصرف می شود.

مقدار ماده پراکنده کننده مورد نیاز را می توان از فرمول زیر تخمین زد:

(بر حسب لیتر در متر مربع) $D = 2720 \cdot t \cdot R$ (میزان ماده پراکنده کننده)

(بر حسب لیتر در دقیقه) $P = 238/9 \cdot N \cdot S \cdot t \cdot R$ (سرعت پمپ)

که در اینجا N سرعت کشتی یا هواپیما بر حسب گره، S عرض محدوده کاربرد مواد بر حسب فوت، t ضخامت متوسط لایه نفتی بر حسب اینچ و R نسبت ماده پراکنده کننده به حجم نفت است (۳۱).

سرعت حرکت کشتی و یا هواپیما تاثیر مستقیمی بر میزان مواد پراکنده کننده مصرفی دارد. سرعت مناسب را می توان از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\text{سرعت (گره)} = \frac{32.4 \cdot (\text{سرعت پهناز (l/min)}) \cdot (\text{میزان کاربرد مواد (m}^3/\text{Km}^2))}{\text{پهنای کاربرد مواد (m)}}$$

میزان کاربرد مواد معمولاً بین ۲۰-۵ متر مکعب در کیلومتر مربع است.

میزان مناسب مواد پراکنده کننده را می توان از طریق چشمی و با توجه به وضعیت لکه نفت بر روی آب و مطابق با جدول ۴۷ نیز مشخص نمود (۳۳).

جدول ۴۷: بررسی مناسب بودن میزان مواد پراکنده کننده با توجه به وضعیت لکه نفت بر روی

آب (۳۳)

میزان ماده ی پراکنده کننده مصرفی	رفع مشکل	شماتیک
----------------------------------	----------	--------



کاهش سرعت حرکت و بررسی سرعت پمپاژ.

کمتر از مقدار مناسب

- تجمع موقت مواد نفتی
- مواد نفتی در سطح آب بدون تغییر باقی می مانند.



جهت باقی ماندن در شرایط بهینه ممکن است تغییرات سرعت حرکت و یا سرعت پمپاژ لازم باشد.

مقدار مناسب

- تشکیل توده خاکستری و یا به رنگ شیر قهوه ای
- حرکت محسوس مواد نفتی به درون ستون آب



افزایش سرعت حرکت و یا کاهش سرعت پمپاژ.

بیش از مقدار مناسب

- توده ابر مانند سفیدی در آب ظاهر می شود.

علاوه بر روش های فوق جهت پاکسازی روش های دیگری نیز وجود دارد که موارد استفاده، مزایا، اثرات آنها در محیط زیست و محدودیت های استفاده از آنها در جدول ۴۸ آورده شده است.



شکل ۷۵: استفاده از هواپیما برای پخش مواد پراکنده کننده بر روی لکه نفتی در آب دریا (۲)



شکل ۷۶: استفاده از هواپیما برای پخش مواد پراکنده کننده بر روی لکه نفتی در آب دریا (۲)

جدول ۴۸: روش های پاک سازی مواد نفتی در آب و خاک ناشی از حوادث خطوط لوله انتقال

نفت (۳۴)

اثرات زیست محیطی	محدودیت	موارد استفاده	زیستگاه مورد استفاده	تشریح روش	هدف	روش
اگر خاک آلوده شده بدون جایگزینی از منطقه خارج شود به محیط صدمه می رساند. به دلیل پاک سازی کامل روش مناسبی است اما تمام میکروارگانیسم های موجود در رسوبات نیز حذف می شوند.	محدودیت تردد وسایل سنگین در مناطق حساس (تالاب ها و ..) و مناطقی که گونه های در معرض خطر وجود دارند.	- جمع آوری حجم زیادی از رسوبات آلوده شده و انتقال آنها. - در مناطق باستانی نیاز به مجوز است. - عملیات برداشت فقط تا عمق نفوذ مواد نفتی باید انجام شود.	بر روی خشکی، در تمام مناطقی که بتوان با این تجهیزات به رسوبات دسترسی داشت و بر روی آب در دریاچه ها و رودخانه ها و در نقاطی که انباشته شده است.	نفت سطحی و نفت ته نشین شده در آب یا مناطق ساحلی با استفاده از ماشین آلات سنگین مانند بیل مکانیکی، لودر، بولدزر، گریدر و ... جابجا و جمع آوری می شود	جمع آوری نفت روی سطح آب و رسوبات کف و کناره های محیط آبی با تجهیزات سنگین	پاک سازی مکانیکی توسط تجهیزات

اثرات زیست محیطی	محدودیت	موارد استفاده	زیستگاه مورد استفاده	تشریح روش	هدف	روش
تردد افراد ممکن است در زیستگاه تغییراتی ایجاد کند و یا با رسوبات حاصل از شستشو پوشیده شود. رسوبات آلوده ممکن است در نواحی کم عمق ساحلی باقیمانده و موجب آلودگی و پوشاندن موجودات آن ناحیه شود.	در نزدیک ساحل که رسوبات حاوی جمعیت های بیولوژیکی فراوانی است توصیه نمی گردد.	- هنگامی که آلودگی شدید بوده و مواد نفتی هنوز به صورت سیالی با چسبندگی کم هستند. - هنگام نفوذ مواد نفتی به رسوبات شنی - اغلب با روش های شستشو با فشار آب استفاده می شود.	در تمام زیستگاه ها قابل استفاده است.	توسط پمپ آب به سطح دچار آلودگی پاشیده شده (فشار کم) تا مواد نفتی به سمت آب رانده شوند. رسوبات متخلخل آب مواد نفتی را از خلل و فرج بیرون می آورد (به حالت شناور). مواد نفتی توسط بوم محصور شده و با رویه گیرها جمع آوری می شوند.	شستن مواد نفتی چسبیده به سطح زمین و هدایت به سمت آب و یا جمع آوری آن.	غرقه سازی و شستن با آب فراوان

از بین رفتن موجودات زنده در منطقه ای که بخار آب پاشیده می شود. نفت جدا شده را نمی توان به طور کامل بازیافت کرد.	محدودیت استفاده در مناطقی با بستر نرم، پوشش گیاهی و یا نواحی که جمعیت بیولوژیکی فراوانی در سطح یا لایه های زیرین دارند.	- هنگامی که پاک سازی باقیمانده مواد نفتی سنگین در خطوط ساحلی به منظور زیباسازی مد نظر باشد. - استفاده از آب گرم موثر نباشد.	سازه های انسان ساخت مانند سنگ چین ها.	بخار یا آب با دمای ۷۰ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس برای تمیز کردن سطوح به کار می رود. در مقایسه با روش های دیگر شستشو با فشار آب، حجم کمتری از آب مصرف می شود.	پاک سازی باقیمانده مواد نفتی سنگین از بسترهای سخت.	تمیز کردن توسط بخار آب
--	---	--	---------------------------------------	--	--	------------------------

<p>در صورت عدم کنترل فشار آب ممکن است آلودگی به لایه های پایین تر نفوذ کند.</p> <p>ممکن است موجودات زنده در تماس با آب گرم از بین بروند.</p>	<p>- در صورتی که جریان شستشو به سمت مناطق حساس باشد باید عملیات متوقف شود.</p> <p>- تماس آب گرم با مناطق حساس مشکل ساز باشد.</p>	<p>- هنگامی شستشو با فشار کم آب موثر نباشد.</p> <p>- شستشوی مواد نفتی در نقاط غیر قابل دسترس.</p> <p>- شستشوی مواد نفتی که در اثر هوازگی به سطوح چسبیده اند.</p>	<p>- بستر سنگی، سازه های انسان ساخت و مناطق شنی و ماسه ای.</p>	<p>آب با فشار ۷ تا ۷۰ اتمسفر برای شستشو مواد نفتی چسبیده و ویسکوز استفاده می شود. در صورتی که حجم آب کم باشد می توان از مواد جاذب در پایین دست محل شستشو استفاده کرد.</p> <p>ممکن است از آب با دمای ۳۸ تا ۷۰ درجه سلسیوس استفاده شود.</p>	<p>- شستشوی مواد نفتی که به بستر سخت یا سازه ها چسبیده اند.</p> <p>- شستن نفت خشک شده و چسبناک</p>	<p>شستشو با فشار آب</p>
<p>تمام موجودات زنده در منطقه ماسه پاشی شده از بین می روند. موجودات زنده پایین دست عملیات توسط ماسه پوشیده شوند. در صورتی که ماسه بازیافت نشود ممکن است منبع آلودگی مجاور نواحی شود.</p>	<p>محدودیت استفاده در مناطقی با بستر نرم، پوشش گیاهی و یا نواحی که جمعیت بیولوژیکی فراوانی در سطح یا لایه های زیرین دارند.</p>	<p>- هنگامی که پاک سازی باقیمانده مواد نفتی سنگین در خطوط ساحلی به منظور زیبا سازی مد نظر باشد.</p> <p>- استفاده از بخار آب موثر نباشد.</p>	<p>سازه های انسان ساخت مانند سنگ چین ها.</p>	<p>استفاده از تجهیزات ماسه پاشی برای پاک سازی سطوح از مواد نفتی. ممکن است از ماسه مورد استفاده (آلوده به مواد نفتی) پس از تمیز شدن مجددا استفاده شود.</p>	<p>پاک سازی باقیمانده مواد نفتی سنگین از بسترهای سخت.</p>	<p>ماسه پاشی</p>

ادامه جدول ۴۸

روش	هدف	تشریح روش	زیستگاه مورد استفاده	موارد استفاده	محدودیت	اثرات زیست محیطی
استفاده از مواد از بین برنده امولسیون	جهت افزایش خواص ویسکوی الاستیک نفت شناور و افزایش سرعت عمل اسکیمرها به محیط اضافه می شود.	این مواد در غلظت های کم (۰/۱ تا ۲ درصد) به کار برده می شوند. آنها را می توان درون مخزن اسکیمرها تزریق کرد و یا مانند مواد پراکنده کننده بر روی لایه نفتی پاشید.	در محیط های آبی که امولسیون مشاهده می شود.	- نیاز به افزایش بازده اسکیمرها. استفاده از بوم ها و تجهیزات محصور کننده لازم است. - برای مواد نفتی خیلی ویسکوز نباید استفاده شود.	برای سواحلی با پوشش گیاهی و یا خار و خاشاک زیاد، مناسب نیست. نقاطی که امکان دور نگهداشتن پرندگان و حیات وحش از محل مصرف این مواد وجود ندارد.	باعث پوشاندن موجودات زنده می شود. باید در مواردی که امکان بازیافت نفت وجود داشته باشد، استفاده شود.
استفاده از مواد متراکم کننده	برای جمع آوری و متراکم کردن مواد نفتی در سطحی کوچک تر و با ضخامت بیشتر جهت افزایش بازیافت. دور کردن نفتی از نقاط حساس. همراه با بوم در زمان انتقال بوم.	مواد شیمیایی نامحلول کاهش دهنده کشش سطح در مقادیر کم (۱ تا ۲ گالن در هر مایل طولی)، جهت پاک سازی آب در اطراف لبه های لکه نفتی به کار می روند. این مواد نفت را محصور کرده اما مانع حرکت آن نمی شوند. در مراحل اولیه آلودگی باید استفاده شود.	قابل استفاده در تمام محیط های آبی راکد	- برای جمع آوری و حفاظت هم زمان. - جمع آوری مواد نفتی در زیر اسکله ها، سکو ها، لنگرگاه ها - در مناطقی با جریان آرام جهت دور کردن لکه نفت از مناطق حساس مجاور - در جریان شدید، دریای نا آرام و شرایط بارانی کاربرد ندارد.	در آب هایی که عمق کم و تخلیه ریزی ماهی ها نباید استفاده شود.	اثرات سمی حاد بر روی موجودات زنده سطح آب دارند. محصولات مختلف درجه سمیت متفاوتی دارند.

ادامه جدول ۴۸

روش	هدف	تشریح روش	زیستگاه مورد استفاده	موارد استفاده	محدودیت	اثرات زیست محیطی
شستشو با فشار آب	- شستشوی مواد نفتی که به بستر سخت یا سازه‌ها چسبیده‌اند.	آب با فشار ۷ تا ۷۰ اتمسفر برای شستشوی مواد نفتی چسبیده و ویسکوز استفاده می شود. در صورتی که حجم آب کم باشد می توان از مواد جاذب در پایین دست محل شستشو استفاده کرد.	- بستر سنگی، سازه‌های انسان ساخت و مناطق شنی و ماسه ای.	- هنگامی شستشو با فشار کم آب موثر نباشد. - شستشوی مواد نفتی در نقاط غیر قابل دسترس.	- در صورتی که جریان شستشو به سمت مناطق حساس باشد باید عملیات متوقف شود.	در صورت عدم کنترل فشار آب ممکن است آلودگی به لایه های پایین تر نفوذ کند. ممکن است موجودات زنده در تماس با آب گرم از بین ببرند.
ماسه پاشی	پاک‌سازی باقیمانده مواد نفتی سنگین از بسترهای سخت.	استفاده از تجهیزات ماسه پاشی برای پاک‌سازی سطوح از مواد نفتی. ممکن است از ماسه مورد استفاده (آلوده به مواد نفتی) پس از تمپز شدن مجدداً استفاده شود.	سازه‌های انسان ساخت مانند سنگ چین‌ها.	- هنگامی که پاک‌سازی باقیمانده مواد نفتی سنگین در خطوط ساحلی به منظور زیبا سازی مد نظر باشد. - استفاده از بخار آب موثر نباشد.	محدودیت استفاده در مناطقی با بستر نرم، پوشش گیاهی و یا نواحی که جمعیت بیولوژیکی فراوانی در سطح یا لایه‌های زیرین دارند.	تمام موجودات زنده در منطقه ماسه پاشی شده از بین می‌روند. موجودات زنده پایین دست عملیات توسط ماسه پوشیده شوند. در صورتی که ماسه باز یافت نشود ممکن است منبع آلودگی مجاور نواحی شود.

ادامه جدول ۴۸

روش	هدف	تشریح روش	زیستگاه مورد استفاده	موارد استفاده	محدودیت	اثرات زیست محیطی
استفاده از مواد از بین برنده امولسیون	جهت افزایش خواص ویسکو الاستیک نفت شناور و افزایش سرعت عمل اسکیمرها به محیط اضافه می شود.	این مواد در غلظت های کم (۰/۱ تا ۲ درصد) به کار برده می شوند. آنها را می توان درون مخزن اسکیمرها تزریق کرد و یا مانند مواد پراکنده کننده بر روی لایه نفتی پاشید.	در محیط های آبی که امولسیون مشاهده می شود.	- نیاز به افزایش بازده اسکیمرها. استفاده از بومها و تجهیزات محصور کننده لازم است. - برای مواد نفتی خیلی ویسکوز نباید استفاده شود.	برای سواحلی با پوشش گیاهی و یا خار و خاشاک زیاد، مناسب نیست. نقاطی که امکان باز یافت نفت وجود داشته باشد، استفاده شود. زیات وحش پرندهگان و حیات وحش از محل مصرف این مواد وجود ندارد.	باعث پوشاندن موجودات زنده می شود. باید در مواردی که امکان باز یافت نفت وجود داشته باشد، استفاده شود.
استفاده از مواد متراکم کننده	برای جمع آوری و متراکم کردن مواد نفتی در سطحی کوچک تر و با ضخامت بیشتر جهت افزایش باز یافت. دور کردن نفتی از نقاط حساس. همراه با بوم در زمان انتقال بوم.	مواد شیمیایی نا محلول کاهش دهنده کشش سطح در مقادیر کم (۱ تا ۲ گالن در هر مایل طولی)، جهت پاک سازی آب در اطراف لبه های لکه نفتی به کار می روند. این مواد نفت را محصور کرده اما مانع حرکت آن نمی شوند. در مراحل اولیه آلودگی باید استفاده شود.	قابل استفاده در تمام محیط های آبی راکد	- برای جمع آوری و حفاظت هم زمان. - جمع آوری مواد نفتی در زیر اسکله ها، سکو ها، لنگرگاه ها - در مناطقی با جریان آرام جهت دور کردن لکه نفت از مناطق حساس مجاور - در جریان شدید، دریای نا آرام و شرایط بارانی کاربرد ندارد.	در آب هایی که عمق کمی دارند و محل تخم ریزی ماهی ها نباید استفاده شود.	اثرات سمی حاد بر روی موجودات زنده سطح آب دارند. محصولات مختلف درجه سمیت متفاوتی دارند.

ادامه جدول ۴۸

روش	هدف	تشریح روش	زیستگاه مورد استفاده	موارد استفاده	محدودیت	اثرات زیست محیطی
استفاده از مواد جامدساز	به منظور تبدیل حالت آلودگی نفتی از مایع به جامد و کاهش اثرات آن بر سواحل	مواد شیمیایی (پلیمرها) به میزان ۱۰-۴۵ درصد استفاده شده که در مدت چند دقیقه تا چند ساعت مواد نفتی را به حالت جامد در می آورند. از دمنده‌ها، تفنگ های آب پاش می توان برای پخش کردن این مواد استفاده کرد. برای مواد نفتی شناور و گیر افتاده در سواحل قابل استفاده است.	در تمام محیط‌های آبی، بسترهای سنگی، رسوبات و سازه‌های انسان ساخت قابل استفاده است.	- هنگامی که متوقف کردن حرکت مواد نفتی جهت جلوگیری از شناورسازی مجدد از خط ساحلی، نفوذ به بستر و پخش شدن بیشتر مد نظر باشد. - نمی توان برای مواد نفتی خیلی ویسکوز استفاده کرد زیرا اختلاط به خوبی انجام نمی شود.	مواد به کار رفته در فرآیند باید قابل بازیافت باشند.	-----

پاک‌سازی اولیه خط ساحلی با مواد شیمیایی	ممانعت از چسبیدن و یا نفوذ مواد به بستر	انواع مختلف ترکیبات تشکیل دهنده فیلم و یا عوامل ترکننده در قسمت پیش رونده لکه نفت استفاده شده تا از چسبیدن و یا نفوذ آن جلوگیری شود. مواد باید قبل از ته نشینی آلودگی نفتی به کار روند. زمان عامل مهمی در استفاده و کارایی این مواد است.	بسترهای سنگی، رسوبات و سازه‌های انسان ساخت قابل استفاده است.	- در نواحی ساحلی که از نظر تفریحی و زیبایی طبیعی اهمیت زیادی دارند. - فقدان اطلاعات در خصوص دسترس بودن، اثرات و موثر بودن این مواد محدودیت هایی در استفاده از آنها ایجاد کرده است.	محدودیت هایی به دلیل عدم دسترسی و نا مشخص بودن سمیت این ترکیبات.	این مواد به صورت تجاری در دسترس نیستند. نگرانی‌هایی در خصوص سمیت و قدرت پوشش آنها وجود دارد.
---	---	--	--	---	--	--

ادامه جدول ۴۸

هرچه مواد نفتی بیشتری در ستون آب پخش شود، رسوبات معلق آلوده تر شده و آلودگی به نزدیکی سواحل منتقل می شود. سمیت مواد به کار رفته در این روش مشابه مواد پخش کننده است.	آلودگی نفتی که طی شستشو آزاد شده، باید قبل از پخش شدن در ستون آب بازیافت گردد. در نزدیک تالابها و سواحل حساس که رسوبات معلق زیاد است، این روش توصیه نمی شود.	- هنگامی که به دلیل هوازگی آلودگی نفتی، پاکسازی توسط آب گرم موثر نباشد.	در تمام محیطهایی که بتوان عملیاتهای غرقاب کردن و شستن با جریان آب را انجام داد.	برای هر بستری روش مخصوصی به کار می رود. استفاده از موادی جهت خیساندن و یا شستن مواد نفتی سبک یا سنگینی که دچار هوا زدگی شده اند. این کار به منظور کاهش میزان آب مصرفی و دمای آن طی شستن سطوح انجام می گیرد.	افزایش پاکسازی بسترها از آلودگی	مواد پاک کننده سواحل
--	--	---	---	---	---------------------------------	----------------------

۷-۳ پاکسازی آب زیر زمینی از مواد نفتی

بطور کلی پاکسازی آلودگی نفتی آب های زیر زمینی امری بسیار پرهزینه بوده و در دراز مدت عمدتاً ناموفق می باشد. جهت کاهش احتمال اثرگذاری آلودگی های نفتی بر کیفیت آب زیر زمینی، حذف آلودگی از منبع قبل از رسیدن به آبخوان بهترین راه ممکن می باشد، که به ۳ روش فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی صورت می گیرد. لذا به این منظور روش های زیر به طور مختصر در ادامه معرفی می شوند:

ایجاد سد و مانع از طریق تزریق سیمان و دوغاب

جهت ننگه داشتن جریان حاوی آلودگی های نفتی در مناطقی که آب زیر زمینی کم است توسط یک لایه نفوذ پذیر آب را جمع کرده و مانع رسیدن آلودگی به عمق آبخوان می شود. در واقع این روش یک فرآیند فیزیکی برای جلوگیری از آلودگی آب زیر زمینی است.

روش بیولوژیکی

با تزریق مواد مغذی آلی و اکسیژن به آبخوان ها، میکروارگانیزم هایی که در آن آبخوان ها وجود دارند، آلاینده های آلی را تجزیه می کنند. این روش نسبت به سایر روش ها سرعت کمتری در حذف و کاهش آلاینده های نفتی دارد.

تزریق مواد شیمیایی نظیر سولفید به آبخوان ها

در این روش، مقدار فلزات موجود در مواد نفتی کاهش می یابد.

محدود ساختن جریان آلودگی توسط حفر شبکه هایی از چاه های بازیافت و

جداساز

در این روش با اثرگذاری بر سیستم فشار آب سبب کنترل جریان آلودگی شده و از رسیدن آلودگی به آبخوان جلوگیری می شود.

تصفیه و پمپاژ آب

در این روش که هزینه بر است، آب موجود در چاه های بازیافت در همان محل تصفیه می گردد. سپس دوباره آب تصفیه شده به همان آبخوان تزریق می شود و یا اینکه به منابع آب سطحی تخلیه می گردد.

۸- جداسازی، دفع و تصفیه مواد نفتی جمع آوری شده

مواد نفتی جمع آوری شده از محل آلودگی همراه مقدار زیادی آب و خاشاک بوده و حجم زیادی را اشغال می کنند. پس از جمع آوری مواد نفتی از روی سطح خشکی و یا آب، این مواد باید به طور موقت نگهداری شده، آب و خار و خاشاک آن جدا گردیده و مواد نفتی بازیافت و یا دفع گردند. ذخیره سازی، جداسازی و دفع از بخش های مهم عملیات کاهش آلودگی هستند. برخی مواقع نبودن مکانی برای نگهداری و ذخیره مواد جمع آوری شده ممکن است منجر به توقف عملیات جمع آوری و پاک سازی گردد (۱). انواع مخازن و تانک ها جهت ذخیره

جدول ۴۹: انواع مخازن و تانک ها جهت ذخیره سازی همراه با کاربرد هر کدام (۱)

توضیحات	کاربرد	نوع تانک یا مخزن
از جنس پلاستیک، قبل از استفاده فضای کمی را اشغال می کنند.	معمول ترین مخازن جهت ذخیره سازی در خشکی و دریا	مخازن انعطاف پذیر قابل حمل ^۱
از جنس فلزات	استفاده کمتری نسبت به نوع انعطاف پذیر	مخازن انعطاف ناپذیر ^۲
از جنس پلیمر و الیاف محکم	نگهداری مواد نفتی جمع آوری شده در خشکی	مخازن بالشتکی ^۳
از جنس پلیمر، فشنگی شکل	نگهداری مواد نفتی جمع آوری شده در دریا	مخازن انعطاف پذیر با قابلیت یدک کشی ^۴
	نگهداری مواد نفتی جمع آوری شده در دریا و آلودگی های بزرگ	قایق های مخزن دار ^۵

1- Flexible Portable Tanks; 2- Rigid Tanks; 3- Pillow Tanks; 4- Towable, flexible tanks; 5- Barge

۸-۱ جداسازی

پس از جمع آوری و ذخیره سازی مواد نفتی، در صورت امکان مواد نفتی باید از آب و خاشاک جدا شده و به طور مناسبی دفع گردند و یا جهت تصفیه به پالایشگاه ها باز گردانده شوند. برخی از اسکیمرها مجهز به مخازن جدا کننده، که به همین منظور طراحی شده اند، می باشند. دو نوع تجهیزات جداسازی معمول عبارت از جداکننده های ثقلی^۱ و جداکننده های سانتریفوژی^۲ می باشند. جداکننده های ثقلی نوع متداول تری بوده اما زمان نگهداری در این نوع زیاد است. در صورتی که حجم مواد نفتی جمع آوری شده زیاد باشد فضای زیادی برای عملیات جداسازی مورد نیاز است. در جدا کننده های دارای صفحات

1. Gravity Separator

2. Centrifugal Separators

موازی^۱ با ایجاد تعداد زیادی صفحات موازی در درون جدا کننده و عمود بر جریان ورودی، بازده جداسازی افزایش داده می شود (۲).

جدا کننده های سانتریفیوژی حجم محدودی داشته اما سرعت جداسازی بیشتری دارند. ممکن است جهت افزایش بازده جداسازی از هر دو نوع جدا کننده به طور همزمان استفاده شود (۲).

لازم به ذکر است که فیلتراسیون نیز یکی از روش های جداسازی آب از لجن های آلوده به مواد نفتی است ولی فیلترها معمولا برای پاکسازی لجن های با غلظت نفت کمتر مناسب تر هستند چون پوشش فیلتر را نفتی و کور می کنند. غالبا حاصل فیلتراسیون یک کیک نفتی است و نفت کمتر در فاز مایع ایجاد می شود.

فیلتراسیون هزینه های انتقال و انهدام را کاهش می دهد چون لجن ها آب کمتری دارند. اگر مسیر نهایی انهدام این لجن ها از طریق سوزاندن باشد باقی ماندن نفت بیشتر در این کیک هزینه های سوخت را کاهش می دهد (۲).

۸-۲ دفع مواد زائد مربوط به آلودگی نفتی

دفع مواد آلوده نفتی بخش مهمی از عملیات پاکسازی و کاهش آلودگی است. این بخش تا حدودی به قوانین موجود در خصوص دفع مواد زائد در هر کشور بستگی دارد.

پس از عملیات جداسازی و بازیافت نفت، آب جدا شده ممکن است حاوی خاشاک و آلودگی باشد که نیازمند تصفیه است. در صورت استفاده مجدد از این آب، باید استانداردهای مربوطه در این خصوص رعایت گردد (۲).

مواد زائد مربوط به آلودگی های نفتی در آب و خاک را می توان مطابق با قانون مدیریت پسماند مصوبه ۱۸۲۹۵ - ۸۳/۳/۱۷ دفع کرده و یا در زباله سوزها با رعایت نکات بهداشتی و ایمنی سوزاند.

1. Parallel Plate Separator

۸-۳ تصفیه خاک و آب آلوده

۸-۳-۱ تصفیه خاک

تصفیه خاک عبارت است از کاربرد روش هایی جهت کاهش ترکیبات نفتی در لایه های خاک و رساندن آن به غلظت های قابل قبول. در صورت نشت نفت و آلودگی به بافت خاک، راهکارهای رفع آلودگی به نوع ماده نفتی بستگی دارد. معمول ترین روش پاک سازی جایجایی خاک آلوده با خاک غیر آلوده می باشد. در صورتی که ماده نفتی سبک باشد همچون بنزین به راحتی می توان با هوادهی یا شستشوی خاک آلودگی را رفع کرد. اما در صورتی که ماده نفتی سنگین مانند نفت خام نشت یافته باشد، پاک سازی آن بسیار مشکل بوده و خاک آلوده بایستی جمع آوری و به کوره انتقال یابد و در آنجا سوزانده شود تا تنها درصدهای آلودگی های آن کاهش یابد.

از روش های مقرون به صرفه تصفیه در محل^۱ می توان به استخراج بخار مواد نفتی از خاک^۲، تهویه زیستی^۳ و گیاه پالایی^۴ اشاره کرد. روش های مناسب تصفیه خارج از محل^۵ شامل زمین مزرعه^۶، سلول و توده زیستی^۷ و وا جذبی حرارتی در دمای کم^۸ و شستشوی خاک^۹ هستند (۳۵). که در ادامه توضیحاتی درباره هر کدام از روش های فوق ارائه شده است.

۸-۳-۱-۱ استخراج بخار مواد نفتی از خاک

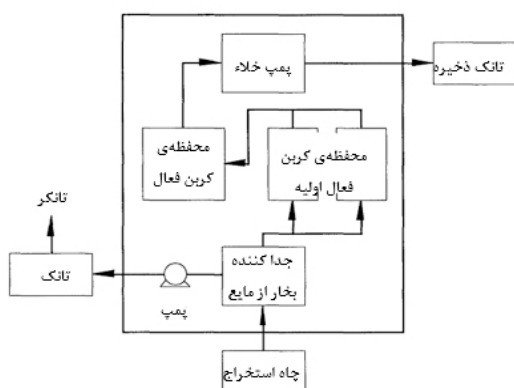
این روش برای استخراج ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار از خاک های اشباع نشده استفاده می گردد. با کاهش فشار و مکش حجم زیادی از هوا به طریق مکانیکی، بخارات مواد آلی از منافذ خاک به بیرون کشیده می شوند. در این فرایند از طریق چاه های افقی و

1. In Situ Treatment
2. Soil Vapour Extraction (SVE)
3. Soil Flushing
4. Phytoremediation
5. Ex Situ Treatment
6. Land Farming
7. Biopile and Biocell
8. Low-Temperature Thermal Desorption
9. Soil Washing

عمودی حفر شده در منطقه آلوده، بخار ترکیبات هیدروکربنی از خاک خارج می گردد. در بالای سطح آب زیر زمینی دیواره چاه دارای منافذی است و با اعمال مکش در بالای چاه بخارات مواد هیدروکربنی به سطح زمین کشیده می شود. موارد و اطلاعات زیر هنگام استفاده از این روش باید در نظر گرفته شوند:

- خصوصیات مواد فرار آلی که به هوا تخلیه می گردند.
 - خصوصیات آلاینده مورد نظر از جمله فشار بخار، ثابت قانون هنری، حلالیت.
 - عمق، پروفیل و گسترش آلاینده در محل.
 - ویژگی های خاک مانند نفوذ پذیری، تخلخل، میزان کربن آلی، رطوبت، توزیع ذرات.
 - بر اساس قوانین محلی ممکن است نیاز باشد تا نسبت به تصفیه بخارات تخلیه شده، اقدام گردد.
- شمایی از این فرآیند در شکل ۷۷ نشان داده شده است.

در صورتی که منافذ چاه در عمق ۳ تا ۱۰ متری سطح زمین قرار داشته باشند و به منظور جلوگیری از مکش هوا از سطح زمین ایجاد یک لایه با نفوذپذیری کم (مانند آسفالت، بتون و یا صفحات پلاستیکی پوشیده شده با خاک) در سطح زمین لازم است. این کار موجب می گردد تا تعداد چاه های مورد نیاز جهت فرآیند حذف کاهش یابد (۳۶).



شکل ۷۷: شماتیک استخراج بخار مواد نفتی از خاک (۳۶)

این روش در خاک های همگن با نفوذ پذیری خیلی زیاد که با ترکیبات آلی دارای فشار بخار بیشتر از ۱ میلی متر جیوه (مانند خاک های آلوده به بنزین) آلوده شده اند موثرتر است. ترکیبات آلی قطبی تر و با وزن مولکولی بیشتر به دلیل فراریت کمتر و جذب بیشتر به خاک به راحتی توسط این روش از خاک جدا نمی گردند. بنابراین در حذف آلودگی های ناشی از گازوئیل و نفت کوره نمی توان از این روش استفاده کرد.

تجهیزات مورد نیاز در این روش شامل پمپ خلاء و یا دمنده، سیستم تصفیه هوا، سیستم کربن فعال جهت جذب مواد آلی، چاه تزریق و چاه استخراج است.

مزایای روش استخراج بخار مواد نفتی از خاک

- تجهیزات به راحتی نصب می شوند و جهت خاک های آلوده به بنزین مناسب است.
- جهت حذف ترکیبات نفتی در چاه های پایش موجود قابل کاربرد است.
- طی این روش ترکیباتی با وزن مولکولی بزرگ تر نیز تا حدودی دچار تجزیه زیستی می شوند.
- نیازی به افزودن مواد ندارد.

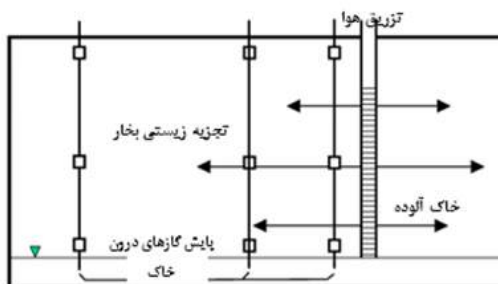
معایب روش استخراج بخار مواد نفتی از خاک

- در خاک هایی با نفوذپذیری کم کاربردی ندارند.
- تولید هوای آلوده که ممکن است نیاز به تصفیه داشته باشد (۳۶).

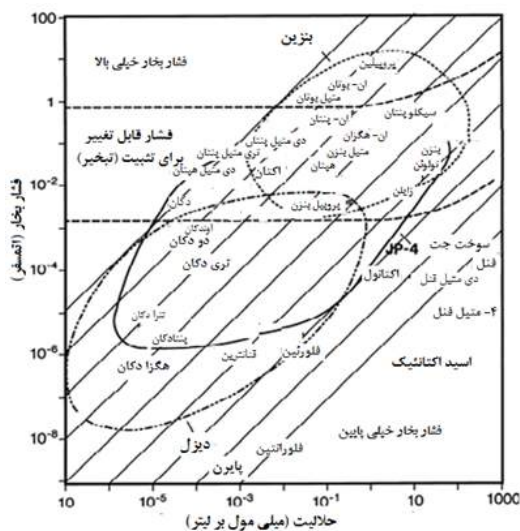
۸-۳-۱-۲ تهویه زیستی

در این روش تجزیه زیستی ترکیبات هیدروکربنی، از طریق تزریق اکسیژن به منطقه اشباع نشده خاک و افزایش فعالیت میکروارگانیسم های موجود، تسریع می گردد. تزریق اکسیژن از طریق مجاری افقی و یا عمودی صورت می گیرد (شکل ۷۸). مجاری افقی در مواردی که آلاینده ها در عمق کمتر از چهار متر از سطح زمین

قرار دارند، موثرتر هستند. میکروارگانیسم های هوازی ترکیبات نفتی با وزن مولکولی متوسط تا سنگین را تجزیه می کنند (شکل ۷۹). به طور معمول سرعت تجزیه زیستی $20-5 \text{ mg / kg / day}$ است. در طی این فرآیند مواد زائد و باقیمانده ای ایجاد نمی شود. پاک سازی محل آلوده یک تا پنج سال طول می کشد (۳۷، ۳۶).



شکل ۷۸: شماتیک تهویه زیستی جهت تصفیه خاک (۳۷)



شکل ۷۹: ارتباط بین خواص فیزیکی شیمیایی ترکیبات آلی و امکان تصفیه آنها توسط فرآیند

تهویه زیستی (۳۷)

پارامترهایی که باید هنگام استفاده از این روش در نظر گرفته شوند عبارتند از:

نفوذپذیری خاک نسبت به گاز.

توزیع آلاینده.

شعاع تاثیر اکسیژن^۱.

فعالیت میکربی.

خاک باید به اندازه کافی نفوذپذیر باشد تا جریان کافی گاز درون خاک و اکسیژن لازم جهت تجزیه زیستی تامین گردد. نفوذپذیری خاک -گاز تابعی از ساختار خاک، اندازه ذرات و میزان رطوبت خاک است. معمولاً نفوذپذیری بیش از ۰/۱ داری جهت تهویه مناسب هوا لازم است. در صورتی که نفوذپذیری کمتر از این مقدار باشد امکان استفاده از این روش وجود دارد ولی باید بررسی های میدانی به منظور امکان سنجی کاربرد این روش انجام گیرد (۳۷). عامل موثر دیگر در امکان استفاده از این روش توزیع آلاینده در محل است. هنگامی که به دلیل نوسانات سطح آب زیر زمینی مقدار قابل توجهی از آلاینده در حاشیه مویینه^۲ و یا در زیر سطح آب زیر زمینی قرار دارد کاربرد این روش با مشکلاتی همراه است. اگر مقادیر قابل توجهی از آلاینده در زیر سطح آب زیر زمینی قرار داشته باشد به منظور قرارگیری خاک آلوده با هوای تزریقی لازم است تا آب موجود در خاک حذف گردد. انتظار می رود که در منطقه اشباع خاک، اکسیژن دهی با محدودیت همراه باشد. در این شرایط می توان از تهویه زیستی همراه با تزریق هوا در زیر سطح آب زیر زمینی استفاده کرده تا هوا را به حاشیه مویینه انتقال داد (۳۷).

تخمینی از شعاع تاثیر اکسیژن مربوط به چاه های تزریق هوا عامل مهمی در طراحی فرآیند تهویه زیستی است. شعاع لازم به منظور تامین اکسیژن جهت انجام حداکثر تجزیه زیستی را شعاع تاثیر اکسیژن می گویند. از این پارامتر به منظور طراحی این فرآیند و به خصوص محاسبه فضای چاه های تزریق هوا، اندازه تجهیزات دمنده و

1. Oxygen Radius of Influence (RI)

2. Capillary Fringe

اطمینان از اکسیژن دهی کافی به جهت انجام تجزیه زیستی استفاده می شود. شعاع تاثیر اکسیژن تابعی از سرعت جریان هوا و نرخ مصرف اکسیژن بوده و بنابراین بستگی به زمین شناسی محل، طراحی چاه، غلظت آلاینده و فعالیت میکربی دارد (۳۷).

در نهایت تهویه زیستی بستگی به فراهم سازی شرایط بهینه برای رشد سریع میکروارگانیسم ها دارد. عوامل متعددی بر روی توانایی میکروارگانیسم ها جهت تجزیه آلاینده ها موثر هستند. به هر حال مهمترین عوامل در این زمینه در دسترس بودن پذیرنده های الکترون و نوع آنها و میزان رطوبت خاک است. با توجه به اینکه بعد از پخش مواد نفتی شرایط بی هواری در زیر سطح زمین حاکم گردیده و تجزیه زیستی هیدروکربن ها محدود می شود، تامین اکسیژن برای انجام سریع تهویه زیستی هیدروکربن های نفتی حیاتی است (۳۷).

با توجه به تاثیر میزان رطوبت خاک بر میکروارگانیسم ها و نفوذ پذیری خاک - گاز، این عامل نیز بر فرآیند تهویه زیستی تاثیر دارد. میکروارگانیسم ها برای انجام فعالیت های متابولیک خود نیاز به رطوبت دارند. از طرف دیگر رطوبت خاک مستقیماً بر نفوذ پذیری آن تاثیر داشته و با افزایش رطوبت میزان توزیع اکسیژن کاهش می یابد. تجهیزات مورد نیاز در این فرآیند عبارتند از سیستم تزریق اکسیژن یا دمنده، مجاری مشبک ایجاد شده در محل آلودگی و سیستم پایش گازهای درون خاک (۳۷).

مزایای روش تهویه زیستی

تجهیزات به راحتی نصب می شوند و جهت خاک های آلوده به بنزین، گازوئیل و نفت خام مناسب است.

تصفیه نقاط آلوده در زیر ساختمان ها بدون ایجاد تغییرات فیزیکی

معایب روش تهویه زیستی

- برای تصفیه محلی با آلودگی متوسط، زمان مورد نیاز یک تا پنج سال است (۳۷).

۸-۳-۱-۳ گیاه پالایی

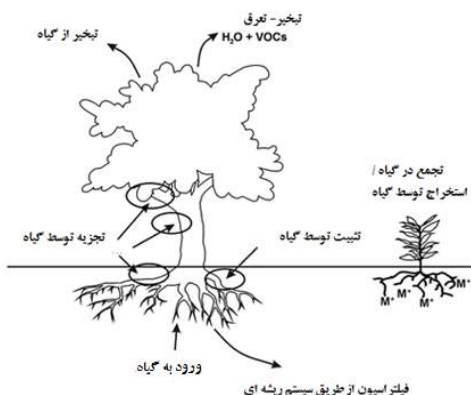
در این روش از گیاهان برای حذف آلودگی خاک استفاده می شود. گیاهانی وجود دارند که ترکیبات آلی را در فرایندهای فیزیولوژیکی استفاده کرده و یا آنها را تجزیه می کنند. با توجه به شکل ۸۰ پنج روش اصلی گیاه پالایی عبارتند از:

- فیلتراسیون از طریق سیستم ریشه ای^۱ که یک روش تصفیه برای آب بوده که در آن آلاینده ها توسط ریشه های گیاه جذب می شود.
 - استخراج توسط گیاه^۲ که عبارت است از جذب آلاینده ها از خاک توسط گیاه.
 - دگرگونی توسط گیاه^۳ که شامل تجزیه آلاینده از طریق متابولیسم گیاه است.
 - تحریک توسط گیاه^۴ یک فرآیند زیست پالایی بوده که به کمک ریشه گیاه تجزیه میکربی افزایش پیدا می کند.
 - تثبیت توسط گیاه^۵ که در آن از گیاهان برای کاهش جابجایی آلاینده ها در محیط خاک استفاده می شود.
- در استفاده از روش گیاه پالایی باید موارد زیر را در نظر داشت:
- آیا شواهدی دال بر کاربرد این روش برای آلاینده های مورد نظر وجود دارد؟ آیا مطالعات آزمایشگاهی شواهد اولیه ای در خصوص کاربرد این روش و توانایی گیاه در تصفیه آلاینده نشان داده است؟
 - امکان حفاظت از گیاهان طی دوره گیاه پالایی وجود داشته باشد.
 - فرآیند گیاه پالایی در بازه زمانی قابل قبولی تصفیه محل آلوده را انجام دهد.
 - در صورت عدم موفقیت روش گیاه پالایی باید روش جایگزینی را در نظر داشت.
 - بررسی مداوم میزان آلاینده در خاک و گیاه به کار رفته جهت کنترل بازدهی فرآیند.
- (۳۸).

1. Rhizofiltration
2. Phytoextraction
3. Phytotransformation
4. Phytostimulation
5. Phytostabilization

هزینه‌های گیاه پالایی شامل:

- هزینه‌های طراحی که عبارتند از مشخص کردن محل، برنامه ریزی و گزارش دهی و امکان‌سنجی روش تصفیه و انجام آزمایش‌های لازم.
- هزینه‌های عملیاتی که عبارتند از آماده‌سازی محل، آماده‌سازی خاک، زیر ساخت‌ها مانند سیستم آبیاری و فنس‌کشی، کاشت و نگهداری گیاه.
- هزینه‌های بهره‌برداری که عبارتند از هزینه‌های نگهداری مانند آب مورد نیاز آبیاری، کود، کنترل pH، آفت‌کش‌ها و هزینه‌های مربوط به پایش مانند پایش وضعیت گیاه از نظر مواد مغذی، مواد آلاینده، پایش وضعیت خاک از نظر رطوبت، مواد مغذی، pH و کنترل وضعیت آب و هوا (۳۸).



شکل ۸۰: شماتیک گیاه پالایی برای حذف آلودگی خاک (۳۸)

۸-۳-۱-۴ زمین مزرعه

زمین مزرعه یک روش تصفیه بیولوژیکی بوده که سمیت ترکیبات آلی موجود در خاک را از طریق بهبود فرآیند تجزیه میکروبی، کاهش می‌دهد. در این روش پس از خاک برداری، خاک با ارتفاع ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر بر روی یک سکو پخش می‌شود

(شکل ۸۱). هر چند وقت مخلوط آب و مواد مغذی بر روی خاک پاشیده شده و مخلوط می شوند. جهت کنترل فرآیند، نمونه هایی از خاک گرفته شده تا غلظت آلاینده ها به میزان مورد نظر برسد. شیرابه حاصله در یک گودال جمع آوری شده و مجدداً استفاده می شود. زمان مورد نیاز برای تصفیه بستگی به نوع مواد نفتی داشته و ممکن است سه ماه تا یک سال طول بکشد (۳۷).

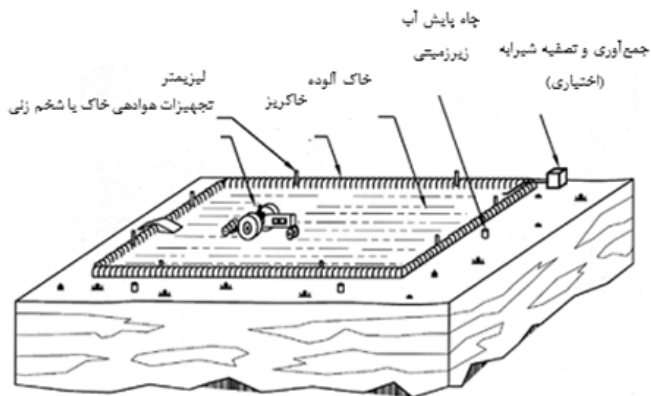
این روش یک گزینه ارزان جهت تصفیه خاک های آلوده به بنزین، گازوئیل و مواد نفتی بوده اما نیاز به زمین با مساحت زیاد دارد. تجهیزات و تاسیسات مورد نیاز این روش عبارتند از زمین کافی جهت پخش خاک و تجهیزات مناسب جهت مخلوط کردن آن.

مزایای روش زمین مزرعه

- تکنولوژی ساده است.
- برای طیف گسترده ای از هیدروکربن های نفتی موثر می باشد.
- بسته به هزینه مورد نیاز برای سکوی پخش خاک، روش نسبتاً ارزانی است.

معایب روش زمین مزرعه

- نیاز به سطح بزرگ دارد.
- مشکل بو در این روش باید در نظر گرفته شود.



شکل ۸۱: شماتیک زمین مزرعه جهت تصفیه بیولوژیکی ترکیبات آلی موجود در خاک (۳۷)

۸-۳-۱-۵ سلول و توده زیستی

در این روش ها پس از خاک برداری از منطقه آلوده و مخلوط کردن خاک آلوده با ترکیبات اصلاح کننده مناسب (مانند مواد مغذی، افزودنی های شیمیایی جهت تنظیم pH و یا عوامل حجم دهنده^۱ جهت بهبود هوادهی)، این مخلوط به صورت توده بر روی سطح یا سکوی از قبل آماده شده قرار گرفته و از طریق مصنوعی هوادهی می شود. در آب و هوای سرد سیستم هوادهی باید مجهز به گرم کننده بوده تا از یخ زدگی جلوگیری شده و شرایط بهینه جهت رشد میکرب ها تامین گردد در نتیجه نیاز به سیستمی جهت حذف رطوبت از مجاری هوادهی می باشد (۳۷).

تفاوت این دو روش در نحوه آماده سازی توده است به طوری که در روش سلول زیستی توده خاک توسط دیواره هایی محدود شده است در صورتی که در روش توده زیستی این دیواره ها وجود ندارد.

در این فرایندها، میکروارگانیسم ها از آلاینده ها به عنوان ماده غذایی جهت رشد و کسب انرژی استفاده می کنند. در نتیجه برای تصفیه آلاینده هایی که به آسانی تجزیه می شوند (مثل هیدروکربن های نفتی) موثرتر هستند. جهت کاهش میزان

1. Bulking Agents

شیرابه و کنترل رواناب، تبخیر و فرارسازی می توان سلول ها و یا توده ها را با پلاستیک پوشاند. به منظور افزایش تخلخل و تسهیل در جریان هوا می توان خاک آلوده را با مواد حجم دهنده مخلوط کرد (۳۷).

به دلیل پیچیدگی این سیستم ها نیاز به برنامه های پایش و کنترلی بیشتری دارند. در شکل ۸۲ شماتیکی از این فرآیند نشان داده شده است. از این فرایندها جهت تصفیه خاک های آلوده به TPH^۱، بنزین، روغن موتور، گازوئیل و PAHs استفاده می شود.

تجهیزات موجود در این روش عبارتند از: دمنده هوا، لوله های مشبک، تانک جهت جمع آوری شیرابه^۲ خروجی، پمپ و سیستم تصفیه هوا

مزایای روش سلول و توده زیستی

- طراحی سیستم ساده و آسان است.
- محدودیت های هیدروژئولوژیکی و یا ویژگی های خاک مانع کاربرد این روش نمی شوند.
- آلاینده ها تبدیل به آب و دی اکسید کربن می شوند.
- به دلیل هوادهی مصنوعی و در نتیجه امکان افزایش ارتفاع توده، زمین کمتری مورد نیاز است.
- به سادگی می توان مواد مغذی، آب و میکروارگانیسم را در طی عملیات ساخت به خاک افزود تا موجب تسریع فرآیند گردد.
- به دلیل طراحی آسان، سیستم به بهره برداری و نگهداری کمی نیاز دارد.
- به دلیل نیاز به سرمایه اولیه اندک و هزینه های تعمیر و نگهداری پایین نسبتاً کم هزینه است (۳۷).

معایب روش سلول و توده زیستی

- نیاز به عملیات خاک برداری است.

1. Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

2. Leachate

بازده حذف در این روش بستگی به غلظت آلاینده نداشته و فقط تابعی از زمان و دمای اعمال شده می باشد. به طور معمول این فرآیند قادر است که ۱۵۰۰۰ متر مکعب خاک آلوده را در طی ۲ ماه تصفیه کند. توزیع اندازه ذرات و سطح در دسترس در بازده این فرآیند تاثیر دارد. ذرات کوچک تر خاک دارای مساحت سطح بزرگ تری بوده و امکان جذب بیشتری برای آلاینده را فراهم می سازند. معمولاً خاک های ماسه‌ای در این روش به طور موثرتری نسبت به خاک های رسی (که ذرات کوچکی دارند) تصفیه می شوند.

این روش نیاز به منبع حرارتی داشته در نتیجه احتیاج به گاز طبیعی و یا گازوئیل دارد. همچنین به منظور جلوگیری از ایجاد گرد و غبار پس از اتمام فرآیند آب نیز مورد احتیاج است. شکل ۸۳ یک نمونه از تجهیزات قابل حمل و نقل این روش را نشان می دهد (۳۵).

مزایای روش واجذبی حرارتی در دمای کم

- حجم زیادی خاک در زمان کمی تصفیه می شود.
- برای اغلب آلودگی های هیدروکربنی قابل استفاده است (۳۵).



شکل ۸۳: تجهیزات قابل حمل و نقل روش واجذبی حرارتی (۳۹)

۸-۳-۱-۷ شست و شوی خاک

در این روش از مایعات (معمولا آب و گاهی اوقات مخلوطی از آب و حلال ها) و فرایندهای مکانیکی برای شستن خاک استفاده می شود. انتخاب حلال بر اساس توانایی حل کردن آلاینده ها و اثرات زیست محیطی آنها صورت می گیرد. از آنجایی که آلاینده های نفتی بیشتر جذب خاک های ریز دانه می شوند و شست و شوی خاک باعث جداسازی خاک های نرم (مانند رس و سیلت) از خاک های درشت تر (مانند شن و ماسه) می گردد، حجم خاک آلوده ای که باید تصفیه شود کاهش می یابد. خاک آلوده باقیمانده باید توسط روش های زیستی یا سوزاندن تصفیه شده و یا مطابق با قوانین محلی دفع گردد.

مزایای روش شست و شوی خاک

- برای ترکیبات آلی نیمه فرار، نفت خام و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای مناسب است.
- از آنجایی که حجم موادی را که نیاز به تصفیه بیشتر دارند را کاهش می دهد مقرون به صرفه می باشد.

معایب روش شست و شوی خاک

- در صورت وجود ترکیبی از آلاینده ها نیاز به استفاده از مخلوطی از حلال ها می باشد.
 - ترکیبات نفتی جذب شده به خاک های رسی به سختی حذف می شوند.
 - آب حاصل از شست و شو قبل از دفع نیاز به تصفیه دارد.
 - این روش برای خاک هایی مناسب است که مقدار رس و سیلت آنها کم باشد.
- (۳۶).

۸-۳-۱-۸ استفاده از هیدروژن پراکساید

این روش جهت احیاء خاک های آلوده به نفت، هیدروکربن های حلقوی آروماتیک،

کلرو فنل ها، گازوئیل استفاده می گردد و باعث کاهش سریع غلظت آلودگی در خاک می گردد. استفاده از این روش در مواقعی که احتمال نفوذ و سرایت آلودگی نفتی به لایه های زیرین خاک و سفره های آب زیر زمینی می باشد بسیار مفید می باشد.

۸-۳-۱-۹ استفاده از تزریق بخار^۱

این روش موجب افزایش بسیار محسوس بازیابی نفت موجود در خاک شده و به روند پاک سازی آن کمک می کند (۳۶).

۸-۳-۲ تصفیه آب زیر زمینی آلوده به مواد نفتی

در خصوص آب های زیر زمینی حذف منبع آلودگی قبل و در طی عملیات تصفیه، اهمیت زیادی دارد. خاک اشباع از مواد هیدروکربنی و ترکیبات نفتی آزاد^۲ بر روی سطح آب، منابع احتمالی آلاینده آب زیر زمینی هستند. روش های حذف و تصفیه ترکیبات نفتی آزاد شامل ترانشه بازیافت^۳، سرباره گیری^۴، استخراج به وسیله خلاء^۵، مکش^۶ و مکش زیستی^۷ است. مزایا و معایب این روش ها در ادامه آورده شده است. آب زیر زمینی آلوده را می توان در محل و یا در خارج از محل آلودگی تصفیه نمود. روش های تصفیه در محل شامل تزریق هوا^۸ و زیست پالایی^۹ است. روش های تصفیه خارج از محل نیز شامل حذف به کمک هوا^{۱۰}، جذب توسط کربن فعال^{۱۱}، آبیاری

1. Soil Vapor Extraction
2. Free Product
3. Recovery Trenches
4. Skimming
5. Vacuum Extraction
6. Suction
7. Bioslurping
8. Air Sparging
9. Bioremediation
10. Air Stripping
11. Activated Carbon Adsorption

افشان^۱ و تصفیه بیولوژیکی^۲ می باشد. مزایا و معایب این روش ها در ادامه آورده شده است (۳۵).

۸-۳-۲-۱ روش ترانشه بازیافت

جهت ایجاد سطحی پایین تر از سطح آب ترانشه در پایین دست حفر می شود. آلودگی نفتی همراه با آب زیر زمینی، به این ترانشه منتقل شده و توسط یک پمپ جمع آوری می گردد.

اگر طول این ترانشه ها کافی بوده، ترانشه ها در محل مناسب حفر شده و مانعی از مواد غیر قابل نفوذ در پایین دست آنها قرار گرفته و به منظور پایین آوردن سطح آب زیرزمینی و هدایت جریان آب زیر زمینی به ترانشه، آب از ترانشه پمپاژ گردد، حذف مواد نفتی از آب به طور موثرتری انجام می شود.

در صورت پهن بودن ستون مواد نفتی وارد شده به آب های زیر زمینی و کم عمق بودن سطح آب زیر زمینی، استفاده از این ترانشه ها اقتصادی است. به عبارت دیگر در صورتی که نفوذپذیری خاک بالا بوده، آب زیر زمینی در نزدیک سطح زمین قرار داشته (کمتر از ۴ متر) و سرعت جریان آب زیر زمینی بالا باشد بازیافت مواد نفتی با این روش موثرتر خواهد بود (۳۵).

مزایای روش ترانشه بازیافت

- بهره برداری از آن راحت بوده و تجهیزات خاصی نیاز ندارد.
- سریع نصب شده و مقرون به صرفه است.
- در صورتی که طول ترانشه به اندازه کافی باشد آلودگی به طور کامل جمع آوری می شود.
- در زمین هایی با نفوذپذیری بالا، برای جمع آوری مواد نفتی شناور مناسب هستند. به خصوص هنگامی که سطح آب نزدیک به سطح (کمتر از ۴ متر) و جریان آب شدید باشد.

1. Spray Irrigation
2. Biological Treatment

معایب روش ترانشه باز یافت

تغییرات فیزیکی در زمین منطقه زیاد بوده و ممکن است کاربری محل را از بین ببرد. در مواقعی که از ترانشه روباز استفاده می شود باید نکات ایمنی را در نظر داشت (۳۵).

۸-۳-۲ روش سرباره گیری

سرباره گیری به دو روش فعال و غیر فعال صورت می گیرد. در سرباره گیری غیر فعال تجهیزات مخصوص در درون چاه آب زیر زمینی قرار گرفته و قادرند آلودگی های شناور در مقادیر کم را جمع آوری کنند. این تجهیزات شامل یک لوله شناور با غشاء آبگریز بوده که اجازه ورود مواد نفتی را داده و مانع ورود آب به درون لوله می گردند. با بالا کشیدن این لوله، مواد نفتی جمع شده در درون آن به صورت دوره ای تخلیه می گردد.

این روش برای منابع آب زیر زمینی مناسب است که حجم مواد نفتی وارد شده به محل کم بوده و خاک دارای نفوذپذیری نسبتاً کمی باشد (۳۵).

مزایای روش سرباره گیری غیر فعال

- ارزان بوده و بهره برداری آن آسان است.
- حجم کمی از آب به همراه مواد جمع آوری می شود.
- قابل نصب در چاه هایی با قطر لوله ۱۰۰ میلی متر و بزرگ تر
- نیاز به برق ندارد.
- ایجاد آلودگی نمی کند.
- برای مقادیر کم مواد نفتی شناور مناسب است.

معایب روش سرباره گیری غیر فعال

- منطقه کوچکی را تصفیه می کند.
- میزان جمع آوری قابل افزایش نیست (ظرفیت محدود است).

• نیاز به پرسنل دارد.

در سربراره گیری فعال از پمپ برای جمع آوری آلودگی نفتی شناور استفاده می شود. پمپ های سربراره گیر پنوماتیک برای لایه هایی از مواد نفتی نسبتاً ضخیم مناسب هستند. سیستم های تک و یا دو پمپی برای محل هایی مناسب هستند که خاک دارای نفوذ پذیری متوسط بوده و امکان پایین افتادگی سطح آب وجود داشته باشد (۳۵).

مزایا روش سربراره گیری فعال

- پس از نصب، بهره برداری آسان بوده هر چند نیاز به تنظیم دقیق دارد.
- پمپ های تک و پنوماتیک سربراره گیر، مقدار کمی آب همراه با مواد جمع آوری می کنند.
- با بالا و پایین رفتن آب قابل تنظیم هستند.
- جمع آوری به صورت مداوم است.

معایب روش سربراره گیری فعال

- پمپ های پنوماتیکی محدوده کوچکی را تصفیه می کنند. سیستم های تک پمپی به همراه مواد نفتی، آب را نیز جمع آوری می کنند که باید به طریق مناسبی دفع گردند.
- سیستم دو پمپی باید همراه با روش های تصفیه آب زیر زمینی استفاده شوند. در نتیجه باید دهانه چاه دارای قطر بیشتری باشد.
- نیاز به برق دارد.
- به منظور نگهداری و ذخیره مواد جمع آوری شده باید سیستم ذخیره در سطح زمین وجود داشته باشد.
- نسبتاً هزینه بر است (۳۵).

۸-۳-۲-۳ روش پمپ مکشی

توسط پمپ، آلودگی نفتی همراه با آب جمع آوری می گردد. این روش اغلب در مواردی که منبع آلودگی نقطه ای بوده و در زیر زمین قرار دارد (مخزن ذخیره زیر زمینی و یا لوله انتقال در زیر زمین) به کار برده می شود (شکل ۸۴).

مزایای روش پمپ مکشی

- به آسانی قابل اجرا است، به خصوص در مرحله بازرسی محل آلودگی.
- برای انواع مختلف مواد نفتی کاربرد دارد.
- مناسب آلودگی ناشی از مخازن زیر زمینی (۳۵).

معایب روش پمپ مکشی

- جمع آوری مداوم نیست.
- دفع آب و مواد نفتی جمع آوری شده مشکل است (۳۵).



شکل ۸۴: استفاده از سیستم پمپ مکشی جهت جمع آوری نفت از ساحل (۲)

۸-۳-۲-۴ روش استخراج به وسیله خلاء

با ایجاد مکش و یا خلاء در بالای سر چاه، مواد فرار خارج می گردند. در مواردی خاک با نفوذپذیری متوسط تا زیاد با بنزین آلوده شده به کار می رود، تا حدودی برای آلودگی به موادی مانند گازوئیل نیز مناسب است.

مزایای روش استخراج به وسیله خلاء

- این سیستم ها به راحتی برقرار شده و در مناطقی که توسط بنزین آلوده شده‌اند مقرون به صرفه هستند.
 - برای مناطق آلوده غیر قابل دسترس و حاشیه های باریک مناسب است.
 - تجزیه زیستی برخی مولکول های درشت هیدروکربن نیز ممکن است رخ دهد.
- (۳۵).

معایب روش استخراج به وسیله خلاء

- هوای خروجی آلوده بوده و باید تصفیه شود (۳۵).

۸-۳-۲-۵ روش مکش زیستی

ترکیبی از استخراج به وسیله خلاء و جمع آوری هیدروکربن مایع است. یک مکنده که به پمپ خلاء^۱ در روی زمین وصل شده، در سطح ایستایی آب زیر زمینی قرار گرفته و بخارها، مواد نفتی و آب را به درون یک سیکلون جدا کننده آب و هوا هدایت می کند. هوای دارای هیدروکربن جهت تصفیه وارد فیلترهای زیستی می شود. آب نیز توسط جدا کننده هایی از توده مواد نفتی جدا می گردد.

این روش در محل هایی که دارای خاک با نفوذپذیری متوسط تا زیاد دارند و مواد نفتی آلوده کننده از نوع بنزین و گازوئیل باشد، کاربرد دارد (۳۵).

مزایای روش مکش زیستی

- ایجاد خلاء در بالای سر چاه باعث افزایش حرکت مواد نفتی به چاه می گردد، به خصوص در زمین هایی با بافت متوسط تا درشت.

1. liquid Ring Vacuum Pump

- تغییرات کمی در سطح آب زیر زمینی ایجاد شده و پخش شدن آلودگی کمتر است.
- قابل استفاده در مناطق آلوده به بنزین، گازوئیل و مواد زائد نفتی

معایب روش مکش زیستی

- پمپ های با مکش شدید تمایل به ایجاد امولسیون دارند.
- آب و هوای خروجی از این سیستم ها نیازمند به تصفیه هستند (۳۵).

۸-۳-۲-۶ روش تزریق هوا

هوای تمیز به منطقه اشباع جهت خارج کردن ترکیبات فراری که در آب زیر زمینی حل و یا در این منطقه جذب شده‌اند، تزریق می‌گردد. هوا به سمت منطقه غیر اشباع حرکت کرده و توسط روش های دیگر و یا تحت مکش به اتمسفر آزاد می‌شود. در این روش ترکیبات فرار به طور کامل از آب زیر زمینی حذف شده و با اکسیژن رسانی به منطقه اشباع، تجزیه زیستی ترکیبات با فراریت کمتر افزایش می‌یابد (۳۵).

مزایای روش تزریق هوا

- هزینه کم تا متوسط
- تصفیه آب های زیر زمینی سریع تر از روش متداول پمپ و تصفیه انجام می شود.

معایب روش تزریق هوا

- به دلیل پدیده کانال زنی، جریان هوا به طور موثر عمل نخواهد کرد.
- لایه های ذرات ریز مانعی برای حرکت هوا به سمت بالا شده در نتیجه منحرف شدن جریان هوا باعث پخش شدن آلودگی می شود.

۸-۳-۲-۷ روش زیست پالایی

توسط بهبود شرایط محیطی سرعت تجزیه مواد نفتی در محیط افزایش می یابد. آب زیر زمینی پمپاژ شده و در یک راکتور زیستی در سطح زمین تصفیه می گردد. آب حاصل می تواند به زمین برگردانده شده و موجب تسریع تصفیه خاک نیز گردد. در این روش باید مواد مغذی و اکسیژن به منطقه اشباع و غیر اشباع اضافه شده تا از

این طریق تجزیه زیستی مواد با فراریت کمتر افزایش یابد (۳۵).

مزایای روش زیست پالایی

- خاک و آب زیر زمینی همزمان مورد پالایش قرار می گیرند.
- سریع تر از روش متداول پمپ آب های زیر زمینی را تصفیه می کند.

معایب روش زیست پالایی

- نیاز به پایش مداوم دارد.
- برای خاک هایی با نفوذپذیری کم مناسب نیستند.
- به اطلاعات کامل زمین شناسی و هیدروژئولوژی نیاز است (۳۵).

۸-۳-۲-۸ روش حذف به کمک هوا

آب زیر زمینی پمپاژ شده، در سطح زمین هوادهی می گردد تا ترکیبات فرار آلی آن حذف شوند. این روش برای ترکیبات فراری مانند BTEX مناسب است (۳۵).

مزایای روش حذف به کمک هوا

- تکنولوژی مطمئن و ساده .
- بهره برداری آسان.
- هزینه نسبتا کم.

معایب روش حذف به کمک هوا

- هوای خروجی آلوده بوده و باید تصفیه شود.
- عملکرد آن تحت تاثیر دمای کم قرار می گیرد (۳۵).

۸-۳-۲-۹ روش جذب توسط کربن فعال

برای جذب مواد آلی از آب از کربن فعال استفاده می شود. به این منظور آب از بسترهایی از کربن فعال عبور داده می شود. مواد شناور در صورت وجود باید از آب حذف گردند قبل از اینکه وارد بستر کربن فعال شوند. کربن فعال استفاده شده باید دفع و یا توسط بخار احیاء شود. این روش برای ترکیبات آروماتیک و ترکیباتی با

فراریت کم مناسب است. به دلیل هزینه زیاد، کاربرد این روش معمولاً در تصفیه نهایی می باشد.

مزایای روش جذب توسط کربن فعال

- روش مطمئن برای حذف ترکیبات آروماتیک بوده و برای ترکیبات آلی اکسیژن دار مناسب نیست.

- با تغییرات جریان و غلظت آلاینده هماهنگ است.

معایب روش جذب توسط کربن فعال

- مشکل گرفتگی ناشی از مواد معلق

- هزینه زیاد خرید کربن فعال و دفع یا احیای آن (۳۵).

۸-۳-۲-۱۰ روش آبیاری افشان

آب توسط افشانه هایی به روی زمین پاشیده می شود. جذب و تجزیه زیستی در خاک صورت می گیرد. این روش در مناطقی استفاده می شود که میزان بارندگی کم تا متوسط بوده و غلظت آلاینده های نفتی کم باشد (۳۵).

مزایای روش آبیاری افشان

- در صورت وجود زمین به اندازه کافی، مقرون به صرفه است.

معایب روش آبیاری افشان

- نیاز به زمین وسیع.

- نیاز به ارزیابی اثرات روش بر روی آب سطحی و آب زیر زمینی (۳۵).

۸-۳-۲-۱۱ روش تصفیه بیولوژیکی

به منظور تجزیه هوازی مواد نفتی از طریق عوامل بیولوژیکی می توان از روش های مشابه برای تصفیه فاضلاب نیز استفاده کرد. به عنوان مثال از صافی های چکنده، برج های زیستی می توان بدین منظور استفاده کرد. این روش ها برای انواع مختلف مواد نفتی مناسب است. در صورتی که غلظت مواد نفتی در آب زیر زمینی نسبتاً

ثابت باشد این روش ها اثر بیشتری دارند (۳۵).

مزایای روش تصفیه بیولوژیکی

- روش مطمئنی برای طیف وسیعی از مواد نفتی است.

معایب روش تصفیه بیولوژیکی

- هزینه راه اندازی، بهره برداری و نگهداری زیاد است.

- مشکل دفع لجن وجود دارد.

لازم به ذکر است که روش های ذکر شده در بالا جهت منابع آب زیر زمینی می باشد اما در صورت آلودگی منابع آب سطحی نیز این روش ها کاربرد داشته و با توجه به شرایط محل، غلظت و نوع آلودگی می توان مطابق با شرایط آب سطحی از آنها استفاده کرد (۳۵).

۸-۴ معیارهای پذیرش خاک و آب تصفیه شده

۸-۴-۱ معیارهای پذیرش خاک

معیارهای پذیرش خاک های رفع آلودگی شده بر اساس مسیرهای مواجهه زیر در نظر گرفته شده است:

- ورود از طریق مسیرهای گوارشی

- تماس مستقیم با خاک و جذب پوستی

- مصرف محصولات گیاهی خانگی

- تنفس مواد فرار (داخل و یا بیرون خانه)

معیارهای پذیرش برای هیدروکربن های نفتی در جدول های ۵۰ تا ۵۲ آورده شده است. همچنین در برقراری این معیارها و استفاده مجدد از زمین، کاربری های زیر در نظر گرفته شده است:

کشاورزی: بهداشت عمومی، حفظ کیفیت ایجاد شده، محافظت از دریافت کنندگان

محیط و در نظر گرفتن جنبه های زیبا شناختی.

مسکونی: بهداشت عمومی، حفظ کیفیت ایجاد شده، محافظت از دریافت کنندگان محیط (محدود) و در نظر گرفتن جنبه های زیبا شناختی.

تجاری و صنعتی: بهداشت عمومی، در نظر گرفتن جنبه های زیبا شناختی (۴۰).

جدول ۵۰: معیارهای پذیرش برای کل هیدروکربن های نفتی، جهت کاربری مسکونی و مواجهه از کلیه مسیرها. (همه مقادیر بر حسب mg / kg (۴۰))

عمق آلاینده			نوع خاک و آلاینده ها
بیشتر از ۴ متر	۱ تا ۴ متر	سطح (کمتر از ۱ متر)	
			ماسه
$(3800)^{(V, A, V)}$	$120^{(M)}$	$120^{(M)}$	$C_7 - C_9^{(F)}$
$(650)^{(V, X)}$	$(560)^{(V, X)}$	$(470)^{(V, X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{26}$
			لجن زار ماسه ای
$(3800)^{(V, A, V)}$	$(500)^{(M)}$	$(500)^{(M)}$	$C_7 - C_9^{(F)}$
$(1000)^{(V, X)}$	$(670)^{(V, X)}$	$(510)^{(V, X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{26}$
			لجن زار رسی
$(19000)^{(V, V)}$	$(7300)^{(V, V)}$	$(2700)^{(V, V)}$	$C_7 - C_9^{(F)}$
$(8900)^{(V, X)}$	$(2700)^{(V, X)}$	$(560)^{(V, X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{26}$
			رسی

			$C_V - C_9^{(F)}$
$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$(15000)^{(V,X)}$	
$(9700)^{(V,X)}$	$(2900)^{(V,X)}$	$(570)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$C_{15} - C_{26}$
			سنگ متخلخل
			$C_V - C_9^{(F)}$
$NA^{(T)}$	$(810)^{(V,M)}$	$(810)^{(V,M)}$	
$(1800)^{(V,X)}$	$(1100)^{(V,X)}$	$(400)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$C_{15} - C_{26}$
			تورب و خاک با مواد آلی زیاد
			$C_V - C_9^{(F)}$
$NA^{(T)}$	$(6700)^{(V,M)}$	$(6700)^{(V,M)}$	
$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$(580)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$NA^{(T)}$	$C_{15} - C_{26}$

۱- معیارهای در نظر گرفته شده برای $C_{10} - C_{14}$ و $C_{15} - C_{26}$ با توجه به ترکیبات آلیفاتیک در TPH اندازه گیری شده، TPH به عنوان جایگزین PAH، و PAH کل که به وسیله برون یابی میزان PAH در گازوئیل و معیار PAH بدست آمده انتخاب شده است.

۲- بیانگر اینکه مقدار تخمین زده شده به بیش از 20000 mg / kg می رسد. در این غلظت باقیمانده انتظار جداسازی فاز در زمینه خاک نیز می رود. اثر آن بر ظاهر منطقه باید در نظر گرفته شود.

۳- فقط بر اساس حفظ سلامت افراد در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن جنبه های زیبا شناختی و اکولوژیکی محل الزامی است.

۴- فقط بر اساس اثر بر سلامتی مربوط به ترکیبات آلیفاتیک، اثرات مربوط به ترکیبات آروماتیک (مانند BTEX) باید به طور

جداگانه در نظر گرفته شود.

۵- معیارهای پذیرش در خاک بر اساس کمترین مقادیری است که در فرارسازی در نظر گرفته شده است مسیره‌های دیگر مواجهه، معیارها برای کارگران نگهداری و ترکیبات TPH به عنوان نماینده ترکیبات PAHs در نظر گرفته شده است. معیارها برای سطح خاک بر اساس هر سه مسیر مواجهه بوده، معیار برای خاک در عمق یک متری بر اساس فرارسازی و کارگران نگهداری و معیارها برای عمق چهار متری خاک فقط بر اساس فرارسازی در نظر گرفته شده اند. از مقادیر نماینده PAH در تمام عمق ها استفاده می شود.

۶- علائم اختصاری برای معیارهای به کار رفته عبارتند از: V فرارسازی، S بلع خاک، d پوستی، p تولید محصول، m نگهداری و حفاری، نماینده PAH.

۷- پرائنز اشاره به مقادیر بیش از حد مجاز دارد که احتمالاً مربوط به تشکیل فاز باقیمانده جدا است.

۸- به دلیل طبیعت شرایط محدود در مدل فرارسازی، معیارهای محاسبه شده برای خاک ماسه ای بیشتر از خاک گلی است. بنابراین معیارها برای ماسه و گل برابر در نظر گرفته شده اند.

جدول ۵۱: معیارهای پذیرش برای کل هیدروکربن های نفتی، جهت کاربری تجاری و صنعتی و مواجهه از کلیه مسیره‌ها (همه مقادیر بر حسب mg / kg) (۴۰)

عمق آلاینده			نوع خاک و آلاینده ها
بیشتر از ۴ متر	۱ تا ۴ متر	سطح (کمتر از ۱ متر)	
			ماسه
$(3800)^{(A,Y,V)}$	$120^{(M)}$	$120^{(M)}$	$C_V - C_q^{(T)}$
$(650)^{(V,X)}$	$(560)^{(V,X)}$	$(470)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{26}$
			لجن زار ماسه‌ای
$(12000)^{(A,Y,V)}$	$(500)^{(M)}$	$(500)^{(M)}$	$C_V - C_q^{(T)}$

$(3400)^{(V,X)}$	$(2200)^{(V,X)}$	$(1700)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{36}$
			لجن زار رسی
NA ^(T)	$(20000)^{(V,V)}$	$(8800)^{(V,V)}$	$C_V - C_9^{(F)}$
NA ^(T)	$(8900)^{(V,X)}$	$(1900)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{36}$
			رسی
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_V - C_9^{(F)}$
NA ^(T)	$(9700)^{(V,X)}$	$(1900)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{36}$
			سنگ متخلخل
$(16000)^{(V,V)}$	$(810)^{(V,M)}$	$(810)^{(V,M)}$	$C_V - C_9^{(F)}$
$(5700)^{(V,X)}$	$(3600)^{(V,X)}$	$(1400)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{36}$
			تورب و خاک با مواد آلی زیاد
NA ^(T)	$(6700)^{(V,M)}$	$(6700)^{(V,M)}$	$C_V - C_9^{(F)}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$(580)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	NA ^(T)	$C_{15} - C_{36}$

۱- معیارهای در نظر گرفته شده برای $C_{10} - C_{14}$ و $C_{15} - C_{36}$ با توجه به ترکیبات آلیفاتیک در TPH اندازه گیری شده، TPH به عنوان جایگزین PAH، و PAH کل که به وسیله برون یابی میزان PAH در گازوئیل و معیار PAH بدست آمده انتخاب شده

است.

۲- بیانگر اینکه مقدار تخمین زده شده به بیش از 20000 mg / kg می رسد. در این غلظت باقیمانده انتظار جداسازی فاز در زمینه خاک نیز می رود. اثر آن بر ظاهر منطقه باید در نظر گرفته شود.

۳- فقط بر اساس حفظ سلامت افراد در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن جنبه های زیبا شناختی و اکولوژیکی محل الزامی است.

۴- فقط بر اساس اثر بر سلامتی مربوط به ترکیبات آلیفاتیک. اثرات مربوط به ترکیبات آروماتیک (مانند BTEX) باید به طور جداگانه در نظر گرفته شود.

۵- معیارهای پذیرش در خاک بر اساس کمترین مقادیری است که در فراسازی در نظر گرفته شده است مسیرهای دیگر مواجهه، معیارها برای کارگران نگهداری و ترکیبات TPH به عنوان نماینده ترکیبات PAHs در نظر گرفته شده است. معیارها برای سطح خاک بر اساس هر سه مسیر مواجهه بوده، معیار برای خاک در عمق یک متری بر اساس فراسازی و کارگران نگهداری و معیارها برای عمق چهار متری خاک فقط بر اساس فراسازی در نظر گرفته شده اند. از مقادیر نماینده PAH در تمام عمق ها استفاده می شود.

۶- علائم اختصاری برای معیارهای به کار رفته عبارتند از: V فراسازی، S بلع خاک، d پوستی، p تولید محصول، m نگهداری و حفاری، نماینده PAH.

۷- پراکنش اشاره به مقادیر بیش از حد مجاز دارد که احتمالاً مربوط به تشکیل فاز باقیمانده جدا است.

۸- به دلیل طبیعت شرایط محدود در مدل فراسازی، معیارهای محاسبه شده برای خاک ماسه ای بیشتر از خاک گلی است. بنابراین معیارها برای ماسه و گل برابر در نظر گرفته شده اند.

جدول ۵۲: معیارهای پذیرش برای کل هیدروکربن های نفتی، جهت کاربری کشاورزی و مواجهه از کلیه مسیرها. (همه مقادیر بر حسب mg / kg) (۴۰)

عمق آلاینده		نوع خاک و آلاینده ها
بیشتر از ۴ متر	۱ تا ۴ متر	
		ماسه
$(3800)^{(A,V)}$	120 (m)	$C_v - C_9 \text{ (}^2\text{)}$
		120 (m)

$(650)^{(V,X)}$	$(560)^{(V,X)}$	$(58)^{(V,X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$(4000)^{(V,X)}$	$C_{15} - C_{36}$
			لجن زار ماسه ای
$(3800)^{(V,V)}$	$(500)^{(M)}$	$(500)^{(M)}$	$C_V - C_9^{(T)}$
$(4900)^{(V,V)}$	$(670)^{(V,X)}$	$58^{(X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$(4000)^{(V,X)}$	$C_{15} - C_{36}$
			لجن زار رسی
$(19000)^{(V,V)}$	$(7300)^{(V,V)}$	$(2700)^{(V,V)}$	$C_V - C_9^{(T)}$
$(8900)^{(V,X)}$	$(2700)^{(V,X)}$	$58^{(X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$(4000)^{(V,X)}$	$C_{15} - C_{36}$
			رسی
NA ^(T)	NA ^(T)	$(15000)^{(V,V)}$	$C_V - C_9^{(T)}$
$(9700)^{(V,X)}$	$(2900)^{(V,X)}$	$58^{(X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$(4000)^{(V,X)}$	$C_{15} - C_{36}$
			سنگ متخلخل
$(4800)^{(V,V)}$	$(810)^{(V,M)}$	$(810)^{(V,M)}$	$C_V - C_9^{(T)}$
$(1800)^{(V,X)}$	$(1100)^{(V,X)}$	$58^{(X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$(4000)^{(V,X)}$	$C_{15} - C_{36}$
			تورب و خاک با مواد آلی زیاد
NA ^(T)	$(6700)^{(V,M)}$	$(6700)^{(V,M)}$	$C_V - C_9^{(T)}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$58^{(X)}$	$C_{10} - C_{14}$
NA ^(T)	NA ^(T)	$(4000)^{(V,X)}$	$C_{15} - C_{36}$

۱- معیارهای در نظر گرفته شده برای C_{10} - C_{14} و C_{15} - C_{36} با توجه به ترکیبات آلیفاتیک در TPH اندازه گیری شده، TPH به عنوان جایگزین PAH، و PAH کل که به وسیله برون یابی میزان PAH در گازوئیل و معیار PAH بدست آمده انتخاب شده است.

۲- بیانگر اینکه مقدار تخمین زده شده به بیش از 20000 mg/kg می رسد. در این غلظت باقیمانده انتظار جداسازی فاز در زمینه خاک نیز می رود. اثر آن بر ظاهر منطقه باید در نظر گرفته شود.

۳- فقط بر اساس حفظ سلامت افراد در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن جنبه های زیبا شناختی و اکولوژیکی محل الزامی است.

۴- فقط بر اساس اثر بر سلامتی مربوط به ترکیبات آلیفاتیک. اثرات مربوط به ترکیبات آروماتیک (مانند BTEX) باید به طور جداگانه در نظر گرفته شود.

۵- معیارهای پذیرش در خاک بر اساس کمترین مقادیری است که در فراسازی در نظر گرفته شده است مسیریهای دیگر مواجهه، معیارها برای کارگران نگهداری و ترکیبات TPH به عنوان نماینده ترکیبات PAHs در نظر گرفته شده است. معیارها برای سطح خاک بر اساس هر سه مسیر مواجهه بوده، معیار برای خاک در عمق یک متری بر اساس فراسازی و کارگران نگهداری و معیارها برای عمق چهار متری خاک فقط بر اساس فراسازی در نظر گرفته شده اند. از مقادیر نماینده PAH در تمام عمق ها استفاده می شود.

۶- علائم اختصاری برای معیارهای به کار رفته عبارتند از: v فراسازی، s بلع خاک، d پوستی، p تولید محصول، m نگهداری و حفاری، نماینده PAH.

۷- پراتنر اشاره به مقادیر بیش از حد مجاز دارد که احتمالاً مربوط به تشکیل فاز باقیمانده جدا است.

۸- به دلیل طبیعت شرایط محدود در مدل فراسازی، معیارهای محاسبه شده برای خاک ماسه ای بیشتر از خاک گلی است. بنابراین معیارها برای ماسه و گل برابر در نظر گرفته شده اند.

۸-۴-۲ معیارهای پذیرش آب

معیارهای پذیرش آب بر اساس کاربردهای زیر ارائه شده اند:

- مصرف آشامیدنی

• مصرف دام

• آبیاری

• مصرف جهت اکوسیستم آبی

معیارهای پذیرش آب ها جهت مصارف مختلف در جدول های ۵۳ تا ۵۵ آمده است. همچنین در برقراری این معیارها برای مصرف آب آشامیدنی از استانداردهای موجود در کشور (استاندارد ۱۰۵۳) و یا استانداردهای جهانی در خصوص ترکیبات نفتی استفاده شده است (۴۱).

جدول ۵۳: معیارهای پذیرش آب جهت مصارف آشامیدنی (مقادیر بر حسب mg/l است) (۴۱)

آلاینده	استاندارد ایران و WHO	استاندارد نیوزیلند	بر آورد شده بر اساس معیارهای سلامت	معیار اتخاذ شده
کل هیدروکربن های نفتی	-	-		
$C_v - C_9^{(۴)}$	-	-	$(۱۸)^{(۴)}$	$(۱۸)^{(۴,۵)}$
$C_{۱۰} - C_{۱۴}$	-	-	بیشتر از $S^{(۴)}$	$(۰.۳۵)^{(۵)}$
$C_{۱۵} - C_{۲۶}$			بیشتر از $S^{(۴)}$	بیشتر از $S^{(۴)}$
آروماتیک ها				
بنزن	۰.۰۱	۰.۰۱		۰.۰۱
تولوئن	۰.۷	۰.۸		۰.۷
اتیل بنزن	۰.۳	۰.۳		۰.۳
زایلین (ها)	۰.۵	۰.۶		۰.۵
هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای				
بنزو(آ) پیرن	۰.۰۰۰۷	۰.۰۰۰۷		۰.۰۰۰۷
کل	-	NAD ^(۱)		NAD

- ۱- اطلاعات کافی برای تهیه رهنمود وجود ندارد.
 - ۲- معیارها بیش از میزان حلالیت آنها است.
 - ۳- اثرات زیبا شناختی در نظر گرفته نشده است.
 - ۴- میزان بنزن محدود کننده خواهد بود.
 - ۵- در این محدوده برای اغلب هیدروکربن های آلیفاتیک معیارها بیش از حلالیت آنها است.
- جدول ۵۴: معیارهای پذیرش آب جهت مصارف دام و بر اساس سلامتی دام (۴۱)

مقدار دریافت قابل قبول (mg/kg/day)	معیار پذیرش جهت غربال گری (mg/l)	آلاینده
کل هیدروکربن های نفتی		
۲۹	بیشتر از S ^(۳)	C _۷ -C _۹
۰٫۴	(۱۸) ^(۴)	C _{۱۰} -C _{۱۴}
۶	بیشتر از S	بیشتر از C _{۱۵}
هیدروکربن های آروماتیک		
(۰٫۴) ^(۱)	۴	بنزن
۰٫۸	۸	تولون
۰٫۴	۴	اتیل بنزن
۰٫۸	۸	زایلن
هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای		
۰٫۱۶	۰٫۱۶	نفتالن
۰٫۱۲	۱٫۲	پیرن (کل PAHs)
(۰٫۱۲) ^(۳)	بیشتر از S	بنزو(ا) پیرن

- ۱- بر اساس اتیل بنزن.
- ۲- نشان می دهد که معیارهای شاخص بیش از میزان حلالیت است.
- ۳- بر اساس پیرن.
- ۴- در این محدوده برای اغلب هیدروکربن های آلیفاتیک معیارها بیش از حلالیت آنها است.

جدول ۵۵: معیارهای پذیرش آب جهت مصارف آبیاری (مقادیر بر حسب mg/l است) (۴۱)

آلاینده	زیباشناختی ^(۱)	آبیاری	اتخاذ شده
کل هیدروکربن های نفتی			
C_v-C_i (نرمال هگزان)	۲۹	بیشتر از $S^{(۲)}$	بیشتر از S
$C_{۱۰}-C_{۱۴}$	۰٫۴	$(۱۸)^{(۳)}$	$(۱٫۸)^{(۳)}$
$C_{۱۵}-C_{۳۶}$	۶	بیشتر از S	بیشتر از S
هیدروکربن های آروماتیک تک حلقه ای			
بنزن	۱۶۰	۰٫۸	۰٫۸
تولونن	۳۰۰	۳۹	۳۹
اتیل بنزن	۳۴۰	۱۸	۱۸
زایلن	۱۳	۳۱	۱۳
هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای			
نفتالن	۹	۰٫۸	۰٫۸
پیرن (کل PAHs)		۲	۲
بنزو(آ) پیرن		۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰۰۱

۱- بر مبنای تخطی از آستانه بوی گزارش شده در هوای محیط که با استفاده از مدل رگباری پیش بینی شده است. معیار بیان شده بر مبنای بوی مربوط به ترکیبات منفرد است. اثر ترکیبی چندین ترکیب ممکن است موجب اثر ناشی از بو در غلظت های کمتر از معیارهای بیان شده در بالا شود.

۲- ”بیشتر از S” یعنی معیار محاسبه شده از حد قابلیت انحلال مربوط به ترکیب بیشتر می شود.

۳- گذشتن از حد قابلیت انحلال هیدروکربن های آلیفاتیک در این محدوده.

مراجع

- ۱- The Italian Association of Chemical Engineering, Chemical engineering transaction, Vol. ۲۸, ۲۰۱۲.
- ۲- M. Fingas, Jennifer Charles, Basics of oil spill cleanup. ۲۰۱۲ (Third Edition), CRC Press, the Taylor & Francis Group.
- ۳- <http://www.esso Chad.com/Chad-English/PA/Files/Sect۴.pdf>, ۲۰۱۴.
- ۴- Ministry for the environment, Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand -Module ۲ - Hydrocarbon contamination fundamentals, Revised ۲۰۱۱.
- ۵- National Oceanic and Atmospheric Administration, <http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills>.
- ۶- شرکت ملی نفت ایران، خطوط لوله نفت و فراورده‌های نفتی. <http://www.ifco.ir>
- ۷- شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی، شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران <http://www.ioptc.ir>
- ۸- پیش نویس دستورالعمل مدیریت پیشگیری و بحران حوادث آلودگی نفتی رودخانه و دریاچه‌ها- وزارت نیرو، معاونت امور آب و آبفا، دفتر مهندسی و معیارهای فنی- نشریه شماره ۳۹۰-الف؛ بهمن ۱۳۹۰
- ۹- DECC, ۲۰۰۹. Pollution Prevention and Oil Spills, Department of Energy and Climate Change. https://www.og.berr.gov.uk/information/bb_updates/chapters/Table_chart۳_۱.htm
- ۱۰- Center of documentation, research and experimentation on accidental water pollution, Inland Waters Technical Newsletter No ۱, ۲۰۱۱. http://www.cedre.fr/en/publication/inland-waters-technical-newsletter/lte۱۱۶_en.pdf.
- ۱۱- U.S. Department of Transportation Pipeline & Hazardous Materials Safety Administra-

tion Pipeline Safety Stakeholder Communications. List of pipeline accidents in the United States

۱۲- http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_pipeline_accidents ۲۰۱۴.

۱۳- Department of Ecology state of Washington, Guidance for Remediation of Petroleum Contaminated Sites, Publication No. ۱۰-۰۹-۰۵۷, ۲۰۱۱. <https://fortress.wa.gov/ecy/publications/documents/۱۰۰۹۰۵۷.pdf>

۱۴- Alaska Department of Environmental Conservation, Oil Spill Surveillance & Tracking-Spill Tactics for Alaska Responders- version: ۲۰۰۶. <https://dec.alaska.gov/spar/perp/>.

۱۵- General Oil Spill Response Plan, Tracking and surveillance. ۱۹۹۹

<http://www.esso.com/Chad-English/PA/Files/Sect۰۵.prn.pdf>

۱۶- Ministry for the environment, Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand (Revised ۲۰۱۱)- MODULE ۳ Site assessment.

۱۷- دستورالعمل پایش کیفیت آب های زیرزمینی- نشریه ۶۲۰

۱۸- « دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب های زیرزمینی معاونت امور فنی»- نشریه شماره

۱۸۷- دفتر امور فنی و تدوین معیارها، وزارت نیرو، تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه-

۱۳۷۸

۱۹- « دستورالعمل دستورالعمل اجرایی پایش کیفیت آب مخازن پشت سدها» - نشریه ۵۵۱

دفتر نظام فنی اجرایی- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور- ۱۳۹۰

۲۰- «دستورالعمل پایش کیفیت آبهای سطحی جاری» - نشریه ۵۲۲ دفتر نظام فنی اجرایی،

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور- ۱۳۸۸

۲۱- General Oil Spill Response Plan, Land Response. Section ۸, <http://www.esso.com/>

Chad-English/PA/Files/Sect۰۸.prn.pdf, ۲۰۱۴

۲۲- Oil Spill Response Company, Inland Operations Field Guide, VERSION NUMBER: ۱
DATE RELEASED: September ۲۰۱۳. http://www.oilspillresponse.com/attachments/technical_field_guides/Inland_Operations_Field_Guide.pdf

۲۳- French Ministry of Ecology, Sustainable Development, Transport and Housing, Manufactured spill response boomms-operational guide. ۲۰۱۰.
http://www.giwacaf.org/userfiles/files/fichier/CEDRE_manufactured-booms.pdf

۲۴- Environmental Protection Agency (EPA), Inland Response Tactics Manual
General tactics to be applied during initial response to a spill of oil on fast water, ۲۰۱۰.
<http://www.umrba.org/hazspills/inland-response-tactics-manual-۲۰۱۰.pdf>

۲۵- Arnaud Guéna, French Ministry of Ecology, Custom-Made Spill Response Barriers-operational guide Information Decision-making Response, ۲۰۱۲.
http://www.giwacaf.org/userfiles/files/fichier/CEDRE_custom-made-barriers.pdf

۲۶- Alaska Department of Environmental Conservation, On-land recovery -Spill Tactics for Alaska Responders- version: ۲۰۱۴. http://dec.alaska.gov/spar/perp/star/final/۰۱_SectionA_FrontMatter.pdf

۲۷- François Xavier Merlin & Pascale Le Guerroué, Use of Sorbents for spill response, Operational Guide, ۲۰۰۹. <http://www.commissionoceanindien.org/fileadmin/resources/Autoroute.pdf>

۲۸- Arpel Emergency Response Planning Working Group, A Guide to In-situ Burning of Oil Spills on Water, Shore, and Land, ۲۰۰۶.
https://www.arpel.org/media/apps/library/۳۲۴/files/AEG_situ_burning.pdf

۲۹- International Association of Oil & Gas Producers, Guidelines for the selection of in-situ burning equipment, ۲۰۱۴.

<http://oilspillresponseproject.org/sites/default/files/uploads/equipment.pdf>

۳۰- Ann Hayward Walker, Jacqueline Michel, Brad Benggio, Selection Guide for Oil Spill Applied Technologies, Vol. I, ۲۰۰۳.

۳۱- General Oil Spill Response Plan, Offshore Response, Section ۰۶, ۱۹۹۹

<http://www.esso.com/Chad-English/PA/Files/Sect۰۶.prn.pdf>

۳۲- International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA), Dispersants and their role in oil spill response, ۲nd edition, ۲۰۰۱.

http://pims.ed.ornl.gov/BlkSeawebiste/ipieca_report_dispersants.pdf

۳۳- Oil Spill Response Company, Dispersant Application Monitoring Field Guide, ۲۰۱۱

http://www.oilspillresponse.com/attachments/technical_field_guides/Dispersant_Application_Monitoring_TI.pdf

۳۴- American petrpleum institute, Options for Minimizing Environmental Impacts of Freshwater Spill Response , ۱۹۹۴.

http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/shoreline_countermeasures_freshwater.pdf

۳۵- Ministry for the environment, Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand (Revised ۲۰۱۱)- MODULE ۷ Site management. <http://mfe.govt.nz/publications/hazardous/oil-guide-jun۹۹/module-۷.pdf>

۳۶- EPA., Handbook of In Situ treatment of Hazardous Waste- Contaminated Soils.

۵۴۰/۲-۹۰/۰۰۲ ۲۰۰۳. <http://nepis.epa.gov>

۳۷- EPA., Application, Performance, and Costs of Biotreatment Technologies for Contaminated Soils, ۶۰۰R-۰۳/۰۳۷, ۲۰۰۳. <http://nepis.epa.gov/>

۳۸- EPA., Introduction to Phytoremediation, EPA/۶۰۰/R-۹۹/۱۰۷, ۲۰۰۰

۳۹- National Oceanic and Atmospheric Administration, What Is Weathering?

<http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/significant-incidents/exxon-valdez-oil-spill/what-weathering.html>

۴۰- Ministry for the environment, Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand (Revised ۲۰۱۱)- Module ۴ Tier ۱ soil acceptance criteria.

<http://mfe.govt.nz/publications/hazardous/oil-guide-jun۹۹/module-۴.pdf>

۴۱- Ministry for the environment, Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand (Revised ۲۰۱۱)- Module ۵ Tier ۱ groundwater acceptance criteria.

<http://mfe.govt.nz/publications/hazardous/oil-guide-jun۹۹/module-۵.pdf>

۴۲- Ministry for the Environment, Sampling Protocols and Analytical Methods for Determining Petroleum Products in Soil and Water, ۱۹۹۹.

<http://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/sampling-protocols-oil-may۹۹.pdf>

فهرست راهنما

آب, ۱, ۳, ۴, ۵, ۶, ۷, ۸, ۹, ۱۰, ۱۱, ۱۲, ۱۳, ۱۷, ۱۸, ۲۱, ۲۳, ۲۴, ۲۵, ۲۶, ۲۷, ۲۸, ۲۹,
۳۰, ۳۱, ۳۲, ۳۳, ۳۴, ۳۵, ۳۶, ۳۷, ۴۱, ۴۸, ۵۰, ۵۱, ۵۲, ۵۳, ۵۴, ۵۵, ۵۶, ۵۷, ۵۸, ۵۹,
۵۵, ۵۷, ۵۸, ۵۹, ۶۰, ۶۱, ۶۳, ۶۴, ۶۶, ۶۷, ۶۸, ۶۹, ۷۰, ۷۱, ۷۳, ۷۵, ۷۸, ۷۹, ۸۰,
۸۱, ۸۲, ۸۳, ۸۴, ۸۵, ۹۰, ۹۱, ۹۲, ۹۳, ۹۴, ۹۵, ۹۶, ۹۷, ۹۸, ۹۹, ۱۰۰, ۱۰۱, ۱۰۲, ۱۰۳,
۱۰۴, ۱۰۵, ۱۰۷, ۱۰۸, ۱۰۹, ۱۱۰, ۱۱۱, ۱۱۳, ۱۱۴, ۱۱۵, ۱۱۶, ۱۱۷, ۱۱۸, ۱۱۹, ۱۲۰,
۱۲۱, ۱۲۲, ۱۲۳, ۱۲۴, ۱۲۵, ۱۲۶, ۱۲۸, ۱۳۶, ۱۳۷, ۱۳۹, ۱۴۰, ۱۴۳, ۱۴۴, ۱۴۶, ۱۴۷,
۱۴۸, ۱۴۹, ۱۵۰, ۱۵۲, ۱۵۳, ۱۵۴, ۱۵۵, ۱۵۸, ۱۵۹, ۱۶۰, ۱۶۱, ۱۶۳, ۱۶۴, ۱۶۵, ۱۶۶,
۱۶۷, ۱۶۸, ۱۶۹.

۱۷۱، ۱۷۲، ۱۷۳، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۸۹، ۱۹۰،

۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۵، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸، ۱۹۹، ۲۰۳، ۲۰۴، ۲۰۵، ۲۰۶، ۲۰۷

آبخوان، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۱۷۸

آبراهه، ۷، ۵۰، ۵۱، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۱۵، ۱۱۷، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۳

آبگذر، ۶، ۸۹، ۹۲

آروماتیک، ۲، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۷، ۳۳، ۳۶، ۳۷، ۳۷، ۷۸، ۸۳، ۱۶۴، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۸، ۲۰۰،

۲۰۱، ۲۰۳، ۲۰۴، ۲۰۵

اسکیمر، ۸، ۱۲، ۲۱، ۳۶، ۵۶، ۸۵، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۵، ۱۳۷، ۱۷۴، ۱۸۰

افشانه، ۱۵، ۱۶۶، ۱۶۷

اکسیداسیون، ۳، ۲۷، ۳۰، ۳۶

اکوسیستم، ۴۱، ۲۰۳

آلکان، ۲۰، ۲۷

آلودگی، ۱، ۳، ۴، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۳۳، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹،

۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۶، ۵۷، ۵۱، ۵۲، ۵۴، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰،

۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۱، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۹۰، ۹۱، ۹۴، ۹۵، ۹۶،

۹۷، ۹۸، ۱۰۸، ۱۱۱، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۲۸، ۱۳۶، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۲،

۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۶، ۱۴۹، ۱۵۲، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۷۱، ۱۷۲، ۱۷۳، ۱۷۴،

۱۷۵، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۵، ۱۹۶،

۱۹۷، ۱۹۸، ۱۹۹، ۲۰۶

امولسیون، ۳، ۱۹، ۳۰، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۶۳، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۴، ۱۴۷، ۱۵۱، ۱۵۹، ۱۶۰،

۱۶۳، ۱۷۴، ۱۹۶

انتشار، ۳، ۱۸، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۱۴۷، ۱۴۹

انسداد، ۷، ۱۱، ۱۴، ۸۸، ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۱۸

بازرسی، ۴، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۹، ۷۱، ۷۳، ۷۵، ۱۹۵

بازیافت، ۹، ۱۵، ۳۶، ۵۶، ۵۷، ۸۴، ۸۵، ۸۸، ۸۹، ۹۲، ۹۴، ۱۰۲، ۱۰۴، ۱۰۸، ۱۱۰، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۳، ۱۳۵، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۹، ۱۵۹، ۱۷۳، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۹۲، ۱۹۳

بند، ۷، ۸، ۱۱، ۱۲، ۸۴، ۹۵، ۹۶، ۱۰۰، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۵، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۴، ۱۲۵

بهسازی، ۱، ۱۷، ۱۸

بوم، ۵۶، ۵۷، ۷۳، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۲۶، ۱۳۶، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۵۲، ۱۵۳، ۱۶۰، ۱۶۱، ۱۶۲، ۱۷۱، ۱۷۴

پاک‌سازی، ۸، ۱۲، ۶۹، ۱۰۱، ۱۲۵، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۴۰، ۱۴۶، ۱۴۸، ۱۴۹، ۱۵۷، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۸، ۱۷۱، ۱۷۲، ۱۷۳، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۳، ۱۹۲

پالایشگاه، ۴۳، ۴۵، ۴۸، ۵۷، ۱۸۰

پایش، ۱، ۴، ۱۷، ۱۸، ۲۳، ۴۶، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۱۵۴، ۱۸۲، ۱۸۵، ۱۸۷، ۱۸۹، ۱۹۷

پخش، ۳، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۸، ۴۵، ۴۶، ۴۹، ۵۴، ۵۷، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۱، ۷۳، ۷۴، ۷۶، ۸۱، ۸۴، ۸۶، ۸۷، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۱۰۱، ۱۰۶، ۱۰۸، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۳۶، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۴۹، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۴، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۶۹، ۱۷۵، ۱۸۵، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۹۶، ۱۹۷، ۲۰۶

پراکنده کننده، ۸، ۱۲، ۳۶، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۶۷، ۱۶۸، ۱۶۹، ۱۷۴

پمپ مکشی، ۹، ۱۹۴، ۱۹۵

تالاب، ۴۰، ۴۲، ۷۹، ۸۸، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۷۱

تبخیر، ۳، ۱۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۶، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۸، ۱۴۹، ۱۶۰، ۱۸۹

تجزیه زیستی، ۳، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۳۰، ۳۶، ۱۶۴، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۹، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸
ترانسه، ۶، ۹، ۵۰، ۸۴، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۹۳
تزریق هوا، ۹، ۱۸۵، ۱۹۲، ۱۹۶
تصفیه، ۸، ۹، ۱۷، ۸۴، ۹۱، ۹۳، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۹، ۱۹۰، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۴، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸
ته نشینی، ۳، ۲۱، ۳۱، ۳۷، ۸۳، ۱۷۵
تهویه زیستی، ۹، ۱۸۱، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۶
توده زیستی، ۱۶، ۷۱، ۱۸۱، ۱۸۹، ۱۹۰
توده ی زیستی، ۹، ۱۸۸
جاذب، ۶، ۸، ۱۲، ۵۶، ۵۷، ۵۵، ۸۴، ۸۹، ۹۲، ۱۰۱، ۱۱۴، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۷۳
جامد ساز، ۸، ۱۲، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۷۵
جداسازی، ۸، ۵۶، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۸، ۱۳۴، ۱۴۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۹۱، ۲۰۱، ۲۰۳
جذب سطحی، ۲، ۲۴
حلالیت، ۲، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۱۸۱، ۲۰۴، ۲۰۵
حوادث، ۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ۳۸، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۵۳، ۵۱، ۵۲، ۵۷، ۷۱، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۸۲، ۸۴، ۸۷، ۸۸، ۹۱، ۱۱۱، ۱۷۱، ۲۰۶
خاک، ۱، ۲، ۴، ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۴۰، ۴۸، ۵۴، ۵۷، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۴، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۸۴، ۸۵، ۸۹، ۹۱، ۹۲، ۱۱۱، ۱۲۵، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۶، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۵۴، ۱۵۸، ۱۷۱، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۸۹، ۱۹۰، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۵، ۱۹۶
۱۹۷، ۱۹۸، ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۰۱، ۲۰۲، ۲۰۳
خاکریز، ۶، ۸۴، ۸۵، ۹۱، ۹۲

خشکی، ۵، ۶، ۸، ۱۱، ۲۸، ۳۱، ۳۶، ۶۰، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۹۱، ۹۴، ۹۵، ۱۰۱، ۱۱۰، ۱۱۷، ۱۲۴، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۹، ۱۵۱، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۷۹

خوردگی، ۴، ۴۷، ۵۵، ۵۰، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷

دانسیته، ۲، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۶، ۲۹، ۳۷، ۱۲۸، ۱۴۳، ۱۴۸

درخشندگی، ۵، ۱۰، ۵۸، ۵۹

دفع، ۸، ۸۹، ۱۳۷، ۱۴۹، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۹۱، ۱۹۴، ۱۹۵، ۱۹۸

رویه گیر، ۸، ۱۲۶، ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۳، ۱۳۴

زمین، ۵، ۹، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۳۶، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۸، ۵۴، ۵۶، ۵۰، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۹، ۷۱، ۷۲، ۷۵، ۷۶، ۷۸، ۸۴، ۸۵، ۸۷، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۱۰۱، ۱۱۱، ۱۱۳، ۱۲۶، ۱۳۶، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۸، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۳، ۱۵۸، ۱۷۱، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۵، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۸۹، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸، ۱۹۹

زمین مزرعه، ۹، ۷۱، ۱۸۱، ۱۸۷، ۱۸۸

زهکش، ۶، ۲۳، ۴۲، ۵۶، ۸۹، ۹۳

زیست پالایی، ۹، ۱۸۶، ۱۹۲، ۱۹۷

سرباره گیری، ۹، ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴

سواحل، ۷، ۳۵، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۵۰، ۶۱، ۱۰۲، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۴۹، ۱۷۵

سوزاندن، ۸، ۱۲، ۳۶، ۸۵، ۱۴۹، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۵۵، ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۱، ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۸۰، ۱۹۱

شبکه، ۸، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۵۱، ۵۲، ۶۲، ۷۱، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۷۸

کربن فعال، ۹، ۱۸۲، ۱۹۲، ۱۹۷، ۱۹۸

کنترل، ۶، ۱۱، ۱۷، ۲۲، ۴۶، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۸۴، ۸۵، ۸۸، ۸۹، ۹۱، ۹۴، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۱۰۲، ۱۲۵، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۴، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۱، ۱۷۳، ۱۷۸، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۹

گیاه پالایی، ۹، ۱۸۱، ۱۸۶، ۱۸۷

لجنزار، ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۰۲

لکه نفتی، ۵، ۲۸، ۳۴، ۳۶، ۳۸، ۶۳، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۸۱، ۱۵۰، ۱۶۱، ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۵، ۱۶۹،

۱۷۴

لوله، ۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳،

۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۶۹، ۷۱، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۸۲، ۸۴، ۸۷،

۸۸، ۹۱، ۹۳، ۱۱۱، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۴۳، ۱۴۷، ۱۵۳، ۱۵۸، ۱۶۵، ۱۶۶،

۱۷۱، ۱۸۹، ۱۹۳، ۱۹۴، ۲۰۶

محدود سازی، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۵۶، ۵۷، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۹۱، ۹۲، ۹۵، ۹۶، ۱۰۰،

۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۵، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۲،

۱۲۴، ۱۳۶، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۹، ۱۵۲، ۱۶۱، ۱۶۲

مخزن، ۴۹، ۵۳، ۵۵، ۵۱، ۷۵، ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۹۴، ۱۲۶، ۱۲۸، ۱۵۳، ۱۷۴، ۱۷۹، ۱۹۴

مکش زیستی، ۹، ۱۹۲، ۱۹۶

موپ، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۴

نفت، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۱،

۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱،

۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۴، ۵۷، ۵۹، ۶۳، ۶۴، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۱، ۷۳، ۷۴، ۷۵،

۷۷، ۷۸، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۷، ۸۸، ۹۰، ۹۱، ۹۷، ۹۹، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۱، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵،

۱۳۶، ۱۳۷، ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۴۹، ۱۵۰، ۱۵۴، ۱۵۹،

۱۶۰، ۱۶۱، ۱۶۳، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۶۷، ۱۶۸، ۱۷۱، ۱۷۳، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۵،

۱۹۱، ۱۹۲، ۲۰۶

نفوذ، ۲، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۴۱، ۴۹، ۶۰، ۶۱، ۷۴، ۸۰، ۸۵، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۱،

۹۲، ۱۱۱، ۱۱۳، ۱۳۶، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۵۸، ۱۷۱، ۱۷۳، ۱۷۵، ۱۷۸، ۱۸۲، ۱۸۵، ۱۹۲، ۱۹۳

نقشه، ۴، ۱۳، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۷، ۵۸، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۶، ۶۷

نقطه اشتعال، ۲، ۲۰، ۲۲، ۱۴۸

نمونه برداری، ۵، ۶، ۱۰، ۱۱، ۵۸، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳

هیدروکربن، ۱۰، ۱۲، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ۲۳، ۲۶، ۲۷، ۳۸، ۵۹، ۷۱، ۷۷، ۷۸، ۸۳، ۱۴۷، ۱۵۰، ۱۸۵، ۱۸۹، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۶، ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۰۳، ۲۰۴، ۲۰۵

واجذبی، ۹، ۱۸۱، ۱۹۰

واکس، ۲۰

ویسکوزیته، ۲، ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۷، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۹۱، ۹۲، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۱، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۶، ۱۲۸، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۴، ۱۴۷، ۱۴۸

واژه نامه انگلیسی به فارسی

واژه انگلیسی	معادل فارسی	واژه انگلیسی	معادل فارسی
Gasoline	بنزین	Mobile	مایعات متحرک
Diesel Fuel	گازوئیل	Immobile	غیرمتحرک
Light Crude Oil	نفت خام سبک	Adsorption	جذب سطحی
Heavy Crude Oil	نفت خام سنگین	Absorption	جذب شیمیایی
(Intermediate Fuel Oil (IFO	سوخت حد واسط	Dilution and Dispersion	پخش
Bunker Fuel	سوخت بونکر	Volatilization	تبخیر
Crude Oil Emulsion	امولسیون نفت خام	Advection	جابجایی افقی
Viscosity	ویسکوزیته	Aardose Zone	منطقه غیراشباع
(Density (specific gravity	دانسیته	Photo- and auto-oxidation	فتواکسیداسیون و اکسیداسیون خود بخود
Solubility	حلالیت	Gravity-inertia	گراننش - اینرسی
Flash Point	نقطه اشتعال	Natural Dispersion	پخش / پراکندگی

Pour Point	نقطه سیلان	Mousse or "Chocolate Mousse"	موس یا موس شکلات
Boiling Point	نقطه جوش	Tar Balls	گلوله های قیری
Surface Tension	کشش سطحی	Technical Inspection	بازرسی فنی
Adhesion	چسبندگی	Risk Based Inspection	بازرسی بر مبنای ریسک (خطر)
Aromatic Content	میزان ترکیبات آروماتیک	Field Screening	بازرسی میدانی
Plumes	ستون آلودگی	Level of Quality Assurance	سطوح تضمین کیفیت
Visual Screening	بازرسی چشمی	Data Quality Objectives	اهداف کیفیت داده ها
Non Aqueous Phase Liquids	فاز مایع غیر آبی	Light Non-Aqueous Phase (LNAPLs)	چگالی کمتر از آب
Dense Non-Aqueous Phase (Liquids) (DNAPL)	چگالی بیشتر از آب	Tracking Buoys	شناورهای ردیاب
Global Positioning System ((GPS	سیستم موقعیت یاب جغرافیایی	Laser Fluorosensor	حسگر فلورسانس لیزری
Active	فعال	Test Pits or Bore holes	چال آزمایش و یا چاه های گمانه
Passive	غیر فعال	Bore Hole	چاه گمانه
Fast Water Boom	بوم های آب های با جریان تند	Test Pit	چال آزمایش
Inflation Curtain Boom	بوم های پرده ای بادکنکی (متورم)	Auger Hole	چاهک حفر شده با مته نمونه برداری
Shore Sealing Boom	بوم های آبند ساحل	Perched Ground water	آب زیر زمینی معلق
Intertidal Areas	مناطق دارای جزر و مد	Test pit	چال آزمایش
Drainage Failure	تخلیه مواد نفتی	Lithology	زمین شناسی محل
Critical Accumulation	انباشتگی بحرانی	Discrete Samples	نمونه های مجزا
Splash Over	پاشیدن مواد نفتی	Compositing Samples	نمونه های مخلوط
Submergence Failure	فرو رفتن بوم در آب	Total Petroleum (Hydrocarbons) (TPH)	کل هیدروکربن های نفتی
Structural Failure	عیوب ساختاری بوم	Aromatic Volatile Organic (Compounds) (AVOCs)	ترکیبات فرار آروماتیک آلی
Shallow Water Blockage	گرفتگی بوم در آب های کم عمق	Polynuclear Aromatic (Hydrocarbons) (PAHs)	هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای
Diversion	تغییر مسیر مواد نفتی	Trend Monitoring	پایش روند

Cascade	پلکانی	Impact Monitoring	پایش اثر
Makeshift Barrier	موانع موقتی	Berm	خاکریز
Custom-Made Barrier	موانع دست ساز	Dam	بند
Skimmers	اسکیمپر (رویه گیر)	Barrier	موانع
Oleophilic Surface Skimmer	اسکیمپرهای دارای سطح نفت دوست	Trenche	ترانشه
Weir Skimmer	اسکیمپر سرریز دار	Natural features	امکانات طبیعی
Suction Skimmer	اسکیمپر مکشی	Means of Flotation	بخش شناورساز
Elevating Skimmer	اسکیمپر بالا برنده	FreeBoard	بخش بیرون زده از آب یا بدنه فوقانی
Submersion Skimmer	اسکیمپر غوطه ور در آب	Skirt	بخش دیواره پایینی
Vortex Skimmer	اسکیمپر گردابی	Tension members	قسمت های نگهدارنده بوم
Centrifugal Skimmer	اسکیمپر گریز از مرکز	Ballast	وزنه تعادلی
Disc Skimmer	اسکیمپر صفحه ای	Rigid/ Fence Boom	بوم های سخت یا حصاری
Rigid Tanks	مخازن انعطاف ناپذیر	Drum Skimmer	اسکیمپر استوانه ای
Pillow Tanks	مخازن بالشتکی	Belt Skimmer	اسکیمپر تسمه ای
Towable, flexible tanks	مخازن انعطاف پذیر با قابلیت یدک کشی	Brush Skimmer	اسکیمپر برسی
Barge	قایق های مخزن دار	Rope Skimmer	اسکیمپر طنابی
Gravity Separator	جداکننده های ثقلی	Bulk	مواد توده ای
Centrifugal Separators	جداکننده های سانتریفوژی	Pillows	بالشتکی
Parallel Plate Separator	جداکننده های دارای صفحات موازی	Rolls	استوانه ای
In Situ Treatment	تصفیه در محل	Pads	مسطح
Soil Vapour Extraction (SVE)	استخراج بخار مواد نفتی از خاک	Heavy crude oil	نفت خام سنگین
Soil Flushing	تهویه زیستی	Bunker	بونکر
Phytoremediation	گیاه پالایی	Solidifiers	جامد سازها
Ex Situ Treatment	تصفیه خارج از محل	In-Situ Burning	سوزاندن در محل
Land Farming	زمین مزرعه	Burn ability	قابلیت سوختن
Biopile and Biocell	سلول و توده زیستی	Relative Speed of Flame Spreading	سرعت نسبی گسترش شعله

Low-Temperature Thermal Desorption	واجذبی حرارتی در دمای کم	Estimates of Oil Removal	تخمین مواد نفتی حذف شده
Soil Washing	شستشوی خاک	Burn Rate	سرعت سوختن
Oxygen Radius of Influence ((RI	شعاع تاثیر اکسیژن	Sootiness of Flame	دوده ی حاصل از شعله
Capillary Fringe	حاشیه مویینه	Relative Ease of Ignition	سهولت نسبی اشتعال
Rhizofiltration	سیستم ریشه ای	Actively Water-Cooled Inflated Fire Boom	بوم های پر شده از هوا با سیستم خنک کننده آب
Phytoextraction	استخراج توسط گیاه	Solid Flotation Fire Boom	بوم های سخت با بدنه مقاوم در برابر آتش
Phytotransformation	دگرگونی توسط گیاه	Drip Torch	مشعل های قطره ای
Phyostimulation	تحریک توسط گیاه	Terra Torch	شعله پرتاب کن
Phytostabilization	ثبیت توسط گیاه	Flare/ Fusee	فشفته ها و منورها
Recovery Trenches	ترانشه بازیافت	Fire Monitor	مونیتور آتش نشانی
Skimming	سرپاره گیری	Flow Meter	جریان سنج
Vacuum Extraction	استخراج به وسیله خلاء	Flexible Portable Tanks	مخازن انعطاف پذیر قابل حمل
Suction	مکش	Bulking Agents	عوامل حجم دهنده
Bioslurping	مکش زیستی	Soil Vapor Extraction	تزریق بخار
Bioremediation	زیست پالایی	Air Sparging	تزریق هوا
Activated Carbon Adsorption	جذب توسط کربن فعال	Air Stripping	حذف به کمک هوا
Biological Treatment	تصفیه بیولوژیکی	Spray Irrigation	آبیاری افشان
		liquid Ring Vacuum Pump	پمپ خلاء

بخش دوم:

راهنمای پایش و بهسازی آلودگی آب و خاک ناشی
از حوادث جاده ای حمل و نقل مواد شیمیایی

مؤلف:

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	محل خدمت
دکتر حمید کاریاب	دانشیار	دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قزوین

کمیته فنی تدوین راهنما به ترتیب حروف الفبا:

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی / سمت	محل خدمت
دکتر نوشین راستکاری	استاد / عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست / دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
دکتر سیمین ناصری	استاد / عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست / دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
مهندس سعیده همتی برجی	کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط / عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست

مقدمه

حمل و نقل یکی از پایه های اصلی توسعه پایدار در جوامع بشری محسوب شده و در واقع شبکه های حمل و نقل با مولفه های مهمی همچون اقتصاد، امنیت و عدالت اجتماعی ارتباط تنگاتنگ دارند. همه روزه مقادیر زیادی از ترکیبات خطرناک بوسیله تانکرها و سایر وسایل نقلیه در جاده ها حمل می گردد. حوادث این وسایل نقلیه تهدیدهای جدی برای انسان و محیط زیست به همراه دارد. مطالعات متعدد روند رو به افزایشی را برای حوادث جاده ای حمل ترکیبات شیمیایی خطرناک به اثبات رسانیده اند. از دلایل روند افزایش حوادث حمل و نقل جاده ای می توان به افزایش میزان حمل و نقل جاده های و همچنین بهبود دسترسی به اطلاعات اشاره نمود. امروزه حمل و نقل مواد در سه عرصه زمین، دریا و هوا انجام می پذیرد. در این بین حمل و نقل جاده ای سهم بالایی از انتقال مواد شیمیایی را به خود اختصاص داده است. عبور این مواد از مناطق گوناگون نظیر مناطق مسکونی، حاشیه رودخانه ها، مسیر سدها، محوطه تالاب ها، جوار جنگل ها، دریاچه ها و مناطق تفریحی در حین حمل جاده ای باعث اهمیت بسیار زیاد آن می گردد و در صورتی که منجر به حادثه گردد می تواند پیامدهای ناگواری را به همراه داشته باشد. مهمترین عامل ایجاد حوادث جاده ای در کشور ایران به ترتیب خطاهای انسانی، نقص سیستم های علائم و خرابی تجهیزات بیان شده است.

یکی از بارزترین ملاحظات در حمل و نقل، حمل ترکیبات شیمیایی و به خصوص مواد

خطرناک می باشد که حوادث آن می تواند عواقب خطرناک انسانی و زیست محیطی را در پی داشته باشد. حوادث این وسایل ریسک جدی در ترافیک جاده ای و ایجاد آلودگی در آب، خاک هوا ایجاد می نماید. نگاهی به تاریخچه حوادث در جهان نشان می دهد که ۳۷٪ حوادث ریلی و ۶۳٪ آن جاده ای بوده است، که ۸۱/۴٪ حوادث جاده ای نیز مربوط به بزرگراه ها می باشد. مطابق گزارش شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران تنها در سال ۱۳۹۰ تعداد ۱۳۹ حادثه برای تانکرهای حمل سوخت رخ داده است که در اثر آن یک میلیون و ۶۸۰ هزار لیتر انواع فرآورده نفتی به محیط تخلیه شده است (نشریه کارکنان صنعت نفت ایران، شماره ۵۹۴، خرداد ۱۳۹۱). در طی سال ۱۳۹۱ روزانه حدود ۲۲۰ میلیارد لیتر انواع فرآورده های نفتی در سطح کشور جابجا شده است که ۸۸ درصد حجم ترکیبات جابجا شده مربوط به بخش جاده ای بوده است. بنابراین حمل و نقل ترکیبات شیمیایی در جاده ها از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است به گونه ای که در کشورهای مختلف مقررات سخت گیرانه ای در این خصوص وضع شده است. حمل ترکیبات شیمیایی و به خصوص ترکیبات خطرناک در جاده های کشور ایران به موجب آیین نامه اجرایی حمل و نقل جاده ای مواد شیمیایی و خطرناک مصوبه شماره ۴۴۸۷۰/ت۲۹۰۲۲۹ مصوب مورخ ۱۳۸۰/۱۲/۲۷ هیات وزیران مستلزم رعایت نکات ایمنی و ملاحظات صریح قانونی است.

با توجه به گستردگی مسیرهای حمل مواد شیمیایی در کشور ایران، بهره مندی از ذخایر سرشار طبیعی مواد شیمیایی، مسیر ارتباطی بین کشورهای مختلف و پراکندگی شهرها و مراکز درخواست کننده مواد شیمیایی ریسک شدیدی آب و خاک کشور را در اثر حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی تهدید می نماید. وجود یک برنامه مدیریتی اقدام سریع جهت جلوگیری از انتشار آلودگی در محیط پس از حوادث جاده ای، اجرای پایش و در نهایت بهسازی و اصلاح آب و خاک آلوده می تواند ریسک فوق را تحت کنترل و مدیریت داشته باشد.

هدف از تدوین این رهنمود شناسایی ترکیبات شیمیایی در حمل و نقل جاده ای کشور، مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی تخلیه آنها به محیط، ارائه روش پایش و در نهایت ارائه روش های عملی پاکسازی و اصلاح آب و خاک پس از حوادث جاده ای ناشی از حمل و نقل مواد شیمیایی می باشد. کنترل انتشار آلودگی در محل حادثه اولین اقدام عملی پس از حادثه می باشد که می تواند مانع انتشار آلودگی در منابع آب و خاک شده، توان انتقال آنها به منابع زیر زمینی را کاهش داده و دسترسی زیستی به آنها را کاهش دهد. پایش جزء مهم مدیریتی دیگری است که در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی باید در نظر گرفته شود. اجرای پایش پس از حوادث جاده ای در سطوح مختلف پایش اثر، روند و سازگاری قابل پیگیری است. هدف پایش در حوادث جاده های با توجه به کاربری آب و خاک و با ارائه یک مدل مفهومی از محیط پذیرنده آلاینده تعیین می گردد. ضمن آنکه در زمان پایش و بهسازی آب و خاک باید تمام اسناد بالادستی از جمله استانداردهای ملی و آئین نامه های جلوگیری از آلودگی آب و خاک باید مورد توجه گروه پایش قرار گیرد. در این رهنمود در نهایت روش های عملی اصلاح و بهسازی آب و خاک و جزئیات و ملاحظات کاربرد آنها ارائه شده است.

این رهنمود برای متخصصین بهداشت محیط، محیط زیست، منابع آب و کلیه کارشناسانی که در گروه های ارزیابی و مقابله با آلودگی حوادث جاده ای نقش دارند، قابل استفاده می باشد.

اهداف

این رهنمود با هدف طراحی پایش و ارائه روش های بهسازی منابع آب و خاک پس از آلودگی در اثر حوادث ناشی از حمل و نقل ترکیبات شیمیایی در جاده های کشور تدوین شده است.

اهداف فرعی:

- شناسایی ترکیبات شیمیایی در حمل و نقل جاده ای کشور
- شناسایی مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی ترکیبات شیمیایی مطرح در حمل و نقل جاده ای
- ارائه روش های پایش در منابع آبی آلوده شده در حوادث جاده ای حمل ترکیبات شیمیایی
- ارائه روش های پایش در زمین های آلوده شده در حوادث جاده ای حمل ترکیبات شیمیایی
- ارائه روش های پاکسازی و اصلاح خاک های آلوده شده در حوادث جاده ای حمل ترکیبات شیمیایی
- ارائه روش های جلوگیری از انتشار آلودگی و بهسازی در منابع آبی در حوادث جاده ای حمل ترکیبات شیمیایی

اصطلاحات و تعاریف¹

اصلاح: مجموعه فعالیت ها و اقدامات زیستی، فیزیکی و شیمیایی که باعث توقف، برگشت یا جبران مخاطرات محیط زیست می گردد.

اصلاح زیستی: به استفاده از فعالیت زیستی موجودات زنده برای کاهش غلظت یا سم زدایی از آلاینده ها اطلاق می گردد که عموماً در این فرآیند میکروارگانیسم ها عمل تجزیه یا تغییر شکل ترکیبات شیمیایی را در اجزاء محیطی اعم از آب، خاک یا هوا انجام می دهند.

آلودگی: ورود یا تولید ترکیبات بیولوژیک، فیزیکی، شیمیایی، رادیواکتیو یا انرژی (صدا، گرما، نور) به محیط که باعث ایجاد اثرات و تغییرات مضر می گردد، آلودگی اطلاق می گردد.

آلودگی خاک: به حضور مواد آلاینده به میزانی که باعث ایجاد اثرات نامطلوب بر

1. کلیه تعاریف برگرفته از فرهنگ لغات ارائه شده توسط سازمان های معتبر علمی می باشد (منابع 1 تا 5)

انسان و سایر موجودات زنده شود و یا به هرگونه تغییر در ترکیب شیمیایی و فیزیکی در خاک اطلاق می گردد بطوری که خاصیت اصلی آن را تغییر دهد.

آلودگی آب: عبارت از حضور مواد آلاینده در بدنه منابع آبی نظیر دریاچه ها، رودخانه ها، اقیانوس ها و آب های زیر زمینی است که در نتیجه فعالیت های انسانی یا طبیعی ایجاد شده و باعث ایجاد اثرات مضر بر ارگانیسم ها، انسان و گیاهان گردد.

انتشار: فرآیندی است که به موجب آن ذرات مایع، گاز یا جامدات در اثر حرکت تصادفی با هم مخلوط می شوند. نتیجه این عمل حرکت مولکول های ترکیب از یک ناحیه با غلظت بالاتر به ناحیه ای با غلظت کمتر می باشد. بر اساس قوانین فیک، انتشار ترکیبات شیمیایی عبارت از جابجایی آنها در محیط های مختلف به واسطه گرادیان غلظت، فشار یا درجه حرارت می باشد که میزان آن تابعی از زمان و فاصله است.

ارزیابی ریسک: فرآیندی که با هدف محاسبه یا برآورد خطر موجود برای یک ارگانیسم، سیستم یا جمعیت بکار می رود و مشتمل بر شناسایی عدم قطعیت ها، مواجهه با یک عامل خاص، گزارش ویژگی های ذاتی یک عامل و مشخص کردن سیستم هدف می باشد.

بهسازی: فعالیت هایی با هدف بهبود یا حفظ استاندارد شرایط محیطی موثر بر سلامت انسان را می توان بهسازی نامید. همچنین علم و هنر کاربرد اصول فیزیکی، زیستی و بهداشتی به منظور بهبود کنترل محیط زیست و عوامل موثر بر حفظ سلامت و رفاه عمومی بهسازی اطلاق می گردد. بهسازی محیط فعالیت های کاهش آلودگی را نیز در بر می گیرد.

پایش: فرآیند برنامه ریزی شده نمونه برداری، سنجش ویژگی های کیفی نمونه ها و ثبت نتایج یا ارسال آنها با هدف تایید کیفیت برای مقاصد خاص پایش اطلاق

می‌گردد.

ترکیبات آلی: ترکیب آلی به هر نوع ماده و ترکیب شیمیایی اعم از جامد، مایع یا گاز اطلاق می‌گردد که ملکول‌های آن دارای اتم کربن باشد. این تعریف عام نبوده و شامل همه ترکیبات کربن‌دار مانند کاربید الماس، سیانید و اکسیدهای ساده کربن نمی‌شود.

سمیت: سمیت درجه ای است که یک ترکیب می‌تواند باعث تهدید یک ارگانیسم گردد. ترکیبات را از نظر سمیت می‌توان با توجه به نوع مخاطرات آنها در سه گروه مخاطرات فیزیکی، سلامتی و محیطی طبقه بندی نمود.

فراریت: به تمایل یک ترکیب برای تبدیل به بخار اطلاق می‌گردد و به طور مستقیم وابسته به فشار بخار ماده می‌باشد. در یک دمای یکسان، ماده ای با فشار بخار بیشتر راحت تر به بخار تبدیل می‌گردد. بر این اساس ترکیبات آلی فرار به موادی اطلاق می‌گردد که دارای فشار بخار بالا و نقطه جوش پایین هستند. این شرایط باعث می‌گردد که این مواد در اثر فرآیند تبخیر به حالت گاز تبدیل شده و در هوا منتشر گردند.

حوادث جاده ای: به یک رویداد نامطلوب و پیشامد برنامه ریزی نشده برای وسایل نقلیه اطلاق می‌گردد که در نتیجه واژگونی یا برخورد در جاده ها رخ می‌دهد. **جاده:** جاده عبارت از یک مسیر باز و عمومی برای عبور وسایل نقلیه، انسان و حیوانات می‌باشد.

ریسک: یک مفهوم ریاضی بوده و به اثرات محتمل و نامطلوب ناشی از مواجهه با یک آلاینده اطلاق می‌شود. در آمار ریسک به معنای احتمال حادثه نامطلوب بوده و تابع خطر میزان مورد انتظار زیان را برآورد می‌نماید.

کنوانسیون کالای خطرناک: مجموعه ای از قوانین است که جهت یکسان سازی و هماهنگ کردن حمل و نقل کالاهای خطرناک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدیریت ریسک: کاربرد هدفمند سیاست‌های مدیریتی، رویه‌ها و فرایندهای مربوط به فعالیت‌های تحلیل، ارزیابی و کنترل ریسک می‌باشد. هدف از مدیریت ریسک به کارگیری شرایطی است که می‌توان از آنها جهت رساندن ریسک تا سطحی قابل قبول استفاده کرد.

متصدی حمل و نقل: منظور از متصدی حمل و نقل کلیه موسسات حمل و نقل، سازمانها و کارخانجات اعم از دولتی و غیر دولتی می باشند که به حمل و نقل محصولات شیمیایی و خطرناک مبادرت می ورزند

مسئول: شخص حقیقی که برابر آئین نامه های کشوری واجد صلاحیت علمی و فنی و شرایط لازم برای تصدی و نظارت بر کلیه امور مربوط به یک فعالیت باشد. **مواد سمی:** مواد سمی به ترکیبی اطلاق می گردد که در اثر تماس پوستی، بلعیدن یا تنفس سلامتی انسان را به خطر می اندازد و یا موجب مرگ انسان می گردد.

مواد شیمیایی خطرناک: ترکیباتی با منشاء معدنی یا آلی که حداقل دارای یک عنصر بوده و به شکل های گوناگون اعم از بخار، گاز، مایع و جامد وجود داشته و با توجه به مسیر ورود به بدن و مدت زمان تماس می توانند سلامت انسان را به خطر انداخته و تهدید جدی برای محیط زیست محسوب شوند.

استانداردها، جراثیم زیست محیطی و قوانین کشوری حفاظت از آب و خاک

محیط زیست در دو مفهوم محیط زیست طبیعی و محیط زیست انسانی قابل بررسی بوده و هر دو عنوان فوق طیف گسترده‌ای از موضوعات را تحت پوشش دارند. در معنای عام نیز محیط زیست شامل کلیه منابع طبیعی تجدید شونده نظیر جنگل‌ها، مراتع، منابع آبی و خاک می باشد.

مطابق اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، حفاظت محیط زیست، که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می گردد. از این رو فعالیت های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی

محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است. قوانین و مقررات متعددی جهت حفاظت از محیط زیست، و از جمله حفاظت از منابع آب و خاک، در کشور ایران تدوین شده و برای تخطی کنندگان نیز جرائمی وضع شده است. جرم زیست محیطی هر نوع فعلی یا ترک فعلی را گویند که باعث ورود آسیب و صدمه به محیط زیست و به خطر افتادن سلامت بشر می شود. بطور کلی جرائم زیست محیطی با توجه به ماهیتشان به دو گروه جرائم ارتكابی نسبت به عناصر زنده و جرائم ارتكابی نسبت به عناصر بی جان محیط تقسیم بندی می گردند. جرائم ارتكابی نسبت به اجزاء جاندار محیط شامل کلیه جانداران گیاهی و حیوانی می شود. بر طبق قانون، پیشگیری و ممانعت از هر آلودگی و هر اقدام مخربی که موجب بر هم خوردن تعادل و تناسب محیط زیست گیاهی و حیوانی می شود، از وظایف ذاتی سازمان حفاظت محیط زیست کشور است. ماده ۴ قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست و ماده ۶ قانون تخریب جنگلها و مراتع از جمله موارد قانونی می باشند که بر هم خوردن تعادل در محیط زیست زنده را عملی مجرمانه محسوب می نمایند.

جرائم ارتكابی نسبت به عناصر بی جان محیط زیست شامل آلودگی آب، هوا، خاک، ایجاد صدا و آلودگی های شیمیایی میباشد. قوانین متعددی جهت جلوگیری از این نوع جرایم وضع شده است که از آن جمله می توان به مواد ۶۷۵، ۶۷۹، ۶۸۰، ۶۸۶، ۶۸۸ و ۶۸۹ قانون مجازات اسلامی اشاره نمود. در این بین ماده ۶۸۸ دارای ابعاد حقوقی مستدل تری جهت طرح علیه واحدهای آلاینده می باشد. مطابق این ماده قانونی هر اقدام علیه بهداشت عمومی و آلوده کردن محیط زیست به تشخیص وزارت بهداشت و سازمان حفاظت محیط زیست جرم محسوب می گردد. در این قانون منظور از آلودگی محیط زیست پخش یا آمیختن مواد خارجی به آب، هوا یا خاک به میزانی که کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیک آن را به طوری که به حال انسان یا سایر

موجودات زنده یا گیاهان یا آثار یا ابنیه مضر باشد، تغییر دهد، می باشد. مسبب این تخلف مطابق قانون به حبس تا یک سال محکوم خواهند شد. از دیگر قوانین کشوری مرتبط با حفاظت از منابع آب و خاک، قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست است. مطابق ماده ۹ این قانون هر عملی که موجب آلودگی محیط زیست گردد، ممنوع است. منظور از آلوده ساختن محیط زیست در این ماده قانون عبارت از پخش یا آمیختن مواد خارجی به آب، هوا یا خاک به میزانی که کیفیت فیزیکی یا شیمیایی یا بیولوژیک آن را به طوریکه زیان آور به حال انسان یا سایر موجودات زنده و یا گیاهان و یا آثار و ابنیه باشد، تغییر دهد، می باشد. از سایر قوانین و آیین نامه های مرتبط با کنترل آلودگی منابع آب و خاک می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- آیین نامه اجرایی حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک مصوب ۱۳۸۰/۲/۲۲ هیات وزیران
- آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب مصوب ۱۳۷۱/۰۲/۱۸ هیات وزیران
- قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران مصوب ۱۳۸۳/۶/۱۱
- قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
- قانون حفظ و تثبیت کناره و بستر رودخانه های مرزی مصوب ۱۳۶۵/۵/۱۸ مجلس شورای اسلامی
- ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب مصوب ۱۳۶۴/۸/۱۴

۱- ترکیبات شیمیایی در حمل و نقل جاده ای

۱-۱ ترکیبات شیمیایی مطرح در حمل و نقل جاده ای

برای ترکیبات شیمیایی تقسیم بندی های متفاوتی ارائه شده است. طبقه بندی می تواند بر اساس ساختار (بطور مثال هیدروکربن ها)، کاربرد (بطور مثال حشره کش ها)، خصوصیات فیزیکی (بطور مثال ترکیبات آلی فرار)، خصوصیات رادیو لوژیکی (بطور مثال مواد رادیواکتیو) و نوع اثرات بر سلامتی (سمی، محرک، سرطان زا، جهش زا). آژانس ثبت بیماری و مواد سمی^۱ ATSDR ترکیبات شیمیایی را در ۱۴ طبقه بنزیدین ها و آمین های آروماتیک؛ دی اکسین ها و فوران ها و بی فنیل های پلی کلرینه؛ حشره کش های حاوی هالوژن؛ هیدروکربن ها؛ ترکیبات غیر آلی؛ فلزات؛ نیتروزامین ها، اترها و الکل ها؛ سموم ارگانوفسفره و کاربامات ها؛ فنل ها و فنوکسی اسیدها؛ فتالات ها؛ ترکیبات رادیو اکتیو؛ ترکیبات آلی فرار و عوامل مورد استفاده در جنگ و ترور تقسیم بندی نموده است (۷). سازمان ملل ترکیبات خطرناک را در ۹ گروه مختلف مواد منفجره، گازها، مایعات قابل اشتعال، جامدات قابل اشتعال، اکسیدکننده ها، مواد سمی، مواد رادیواکتیو، مواد خورنده و مواد متفرقه مورد بررسی قرار می دهد. از سویی دیگر برنامه محیط زیست سازمان ملل UNEP طبقه بندی مواد شیمیایی آلاینده را در ۱۰ رده و بصورت زیر ارائه نموده است که در فعالیت های کشاورزی (سموم و کودها)، محیطی (حوادث جاده ای، تخلیه های غیر مجاز)، کاربری سلامت (ترکیبات دارویی، آرایشی، آفت کش ها، سموم و افزودنی های غذایی)، صنایع (تولید)، تجارت (واردات و صادرات) و حمل و نقل (بسته بندی و انتقال کالاهای خطرناک) می توانند به محیط تخلیه گردند (۸ و ۹).

- Poisons/ pharmaceuticals/food additives
- Narcotics
- Explosives/ arms

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)

- Pesticides/ fertilizers/feed
- Toxic substances/general chemicals
- Dangerous goods in transport
- pollutants/ contaminants
- Hazardous waste
- Hazards to occupational health
- Radioactive mate

به موجب مطابق قوانین کشوری و آیین نامه اجرایی حمل و نقل جاده ای نیز مواد شیمیایی و خطرناک مطابق مصوبه شماره ۴۴۸۷۰/ت/۲۹۰۲۲ مورخ ۱۳۸۰/۱۲/۲۷ هیات وزیران در ۹ گروه؛ مواد و محصولات منفجره، گازهای تحت فشار مایع نشده و گازهای نامحلول تحت فشار، مایعات قابل اشتعال، جامدات قابل اشتعال، پراکسیدهای آلی و عوامل ایجاد زنگ زدگی، محصولات سمی، مواد رادیواکتیو، مواد خورنده واسیدها و در نهایت مواد و محصولات خطرناک متفرقه؛ قرار می گیرند. مطابق این آئین نامه، انجام هرگونه عملیات حمل و نقل جاده ای خطرناک از نقطه ای به نقطه دیگر در داخل کشور مستلزم رعایت مقررات و ضوابط مندرج در این آئین نامه می باشد. برخی از مفاد این آئین نامه که می توانند در فرآیند شناسایی، پایش و اندازه گیری آلاینده های ناشی از حوادث جاده ای موثر واقع گردند به شرح موارد زیر می باشند:

- مطابق ماده ۱۹ این آئین نامه، در صورت بروز سوانحی که منجر به پخش مواد در طبیعت می گردد، متصدی حمل و نقل موظف است سریعاً مراتب را به سازمان های امدادی اطلاع دهد: این موضوع باعث می گردد که انتشار آلودگی در مقادیر کمتری در محیط انجام پذیرد و در نتیجه فرآیند اصلاح و کاهش آلودگی با سرعت بیشتر و هزینه کمتر انجام گردد.

- مطابق ماده ۲۲ حداکثر وزن محموله از طبقه ۱ در زیر گروه ۱-۱ نباید از ۱۰۰۰ کیلوگرم

و در زیر گروه‌های ۱-۲ و ۳-۱ نباید از ۳۰۰۰ کیلوگرم در هر بارگیری تجاوز نماید: اطلاع از میزان حجم یا وزن آلاینده عاملی بسیار تعیین کننده در نوع انتخاب و روش قابل استفاده در کاهش آلودگی می باشد.

- مطابق ماده ۲۹ حمل مایعات از طبقه ۸ فقط توسط تانکرهای ثابت مجاز است و این گونه مواد نباید به صورت بشکه‌های مجزا روی بارگیری های کفی یا اطاقدار حمل شوند.

- مطابق ماده ۳۳ اطلاعات مرتبط با ظرفیت تانکر باید به صورت خوانا روی بدنه بارگیر وسایل نقلیه تانکر دار که محمولات خطرناک را حمل نمایند درج گردد: اطلاع از میزان ماده شیمیایی حمل شده توسط وسیله نقلیه در هنگام حوادث می توانند میزان مواد و تجهیزات مورد نیاز جهت جلوگیری از گسترش آلودگی را مشخص و در نتیجه از هزینه و میزان اقدامات اصلاحی بکاهد.

- مطابق ماده ۴۶ آئین نامه رعایت کنوانسیون بازل و مصوبات مرتبط با آن در حمل و نقل جاده ای لازم الاجرا است.

همچنین حامل های مواد نفتی و ترکیبات شیمیایی که در سطح کشور حمل می شوند دارای شماره شناسنامه های مخصوصی هستند که در هنگام بروز حوادث می توان نوع مواد را تشخیص داد. جهت شناسایی مواد شیمیایی موجود در وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک از پلاک هایی به رنگ نارنجی استفاده می گردد. در واقع این پلاک ها مشخص کننده نوع ویژگی های ماده خطرناک می باشند. این پلاک از دو عدد که یکی در بالا و دیگری در پایین قرار گرفته تشکیل شده است. عدد بالایی معرف شماره شناسایی خطر و عدد پایینی معرف شماره بین المللی ماده خطرناک می باشد (شکل شماره ۱). هریک از مواد خطرناک دارای یک شماره بین المللی می باشند که از طریق آن شناسایی می شوند. به عنوان مثال شماره شناسایی اسید فرمیک که در کشور توسط ماشین های حمل مواد خطرناک حمل می شود

۱۷۷۹ می باشد.

مهمترین ترکیبات شیمیایی که از طریق جاده های کشور و به وسیله انواع مختلفی از وسایل نقلیه موتوری نظیر کامیون، تریلر و تانکر حمل می گردند شامل انواع رنگ ها، فرآورده های نفتی، حلال ها، اسید و قلیا، آزبست، فلزات سنگین سمی و سموم دفع آفات نباتی شیمیایی می باشند. فهرستی از انواع اینگونه ترکیبات شیمیایی و اثرات محیطی و بهداشتی آنها در جدول شماره ۱ ارائه شده است. بسیاری از این ترکیبات دارای اولویت بهداشتی و زیست محیطی بوده و در گروه آلاینده های خطرناک قرار میگیرند.

۱-۲ شناسایی مواد شیمیایی از روی شناسه مخصوص حمل و نقل محصولات خطرناک (پلاک ADR)^۱

شماره شناسایی خطر یک ماده شیمیایی شامل دو یا سه رقم می باشد که نوع و شدت اثرات ترکیب را تعیین می کند. رقم اول (جدول شماره ۲) از سمت چپ نشان دهنده نوع ماده (گروه ماده) می باشد و ارقام دوم یا سوم (جدول شماره ۳) نشان دهنده ویژگیهای ماده خطرناک می باشد. تکرار یک عدد در شماره شناسایی نشان دهنده افزایش شدت آن خطر خاص می باشد. وجود حرف X قبل از شماره شناسایی مبین این امر است که آن ماده در مجاورت آب واکنش شدیدی خواهد داد. به طور مثال، بنزین به عنوان یکی از مهمترین مواد خطرناکی که در کشور حمل می شود، دارای کد شناسایی ۳۳ می باشد. رقم اول نشان دهنده آن است که بنزین متعلق به گروه ۳ مواد خطرناک (مایعات قابل اشتعال) می باشد و رقم دوم نشان دهنده قابلیت اشتعال بالای این ماده می باشد. در صورتی که، خطر ماده خطرناک را بتوان با استفاده از یک رقم نمایش داد، بعد از آن رقم صفر قرار داده می شود (۱۰).

1. Agreement for carriage dangerous goods and substance by road



شکل ۱: درج عدد مرتبط با مواد شیمیایی در وسیله حمل ترکیبات شیمیایی

بر اساس سیستم ADR

همچنین در جدول شماره ۴ شناسه خطر متداول برخی از مواد خطرناک نشان داده شده است. بطور مثال در تابلوی ارائه شده در شکل شماره یک، عدد ۳۰ در نیمه بالایی تابلو بیانگر کد خطر می باشد. با توجه به جدول شماره ۲ و ۳، اولین رقم سمت چپ (۳) در نیمه بالایی تابلو بیانگر حمل «مایع قابل اشتعال» توسط تانکر می باشد و همانگونه که قبلاً ذکر شد، در صورتی که خطر ماده خطرناک را بتوان با استفاده از یک رقم نمایش داد، بعد از آن رقم صفر قرار داده می شود. اطلاعات ارائه شده در جدول ۴ نیز موید این مطالب می باشد.

عدد ۱۲۰۲ در نیمه پایینی تابلو نیز مربوط به کد مواد می باشد. این کد از UN۰۰۰۱ تا UN۳۶۰۰ نشانگذاری شده است و بیانگر نوع ماده در حمل و نقل جاده‌ای می باشد. بطور مثال عدد ۱۲۰۲ بطور اختصاصی بیانگر گازوئیل است.^۱

1. United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods

جدول ۱: مصارف، خصوصیات و اثرات ترکیبات شیمیایی موضوع حمل و نقل جاده‌ای

عناصر ترکیبات شیمیایی	کاربرد	فرم غالب در حمل و نقل جاده ای	اثرات محیطی و بهداشتی
کشاورزی			
سموم ارگانو کلره	کشاورزی، مصارف خانگی	مایع، پودر، گرانول	سمیت برای انسان، آبیان و سایر جانداران خشک زی تجمع پذیری زیستی سرطان‌زایی و ناقص الخلقه زایی اثر سوء بر تولید مثل کاهش شدید جمعیت میکروارگانیسم ها در منابع آبی و خاک
سموم ارگانو فسفره	کشاورزی، مصارف خانگی	مایع، پودر، گرانول	کاهش فعالیت آنزیم استیل کولین استراز تغییرات مورفولوژیکی و آنزومی (تحلیل بافتی) در ساختار بافتی بیضه نقص در عملکرد دستگاه تناسلی کاهش شدید جمعیت میکروارگانیسم ها در منابع آبی و خاک اثرات سمیت بر ماهی ها
کاربامات ها	کشاورزی، مصارف خانگی	مایع، پودر، گرانول	وقفه عملکرد آنزیم استیل کولین استراز افزایش احتمال ابتلا به آسم اختلال در عملکرد خون سازی در بدن
سموم پیروتریوئیدی	کشاورزی، مصارف خانگی	مایع، پودر، گرانول	
کودهای ازته و فسفره	کشاورزی	پودر، گرانول	افزایش مواجهه با نیترات در مواد غذایی پدیده شکوفایی جلبکی در منابع آب بیماری متهموگلوبینما در کودکان
ترکیبات ریز مغذی ۱	در کشاورزی بصورت سولفات آهن، سولفات منیزیم و سولفات مس	پودر	کاهش آب مصرفی در کشاورزی حفظ پایداری خاک
اسیدها ۲	صنایع غذایی، تولید رنگ، صنایع شوینده، تولید کود شیمیایی	مایع	صنایع و کارخانجات
			تغییر pH آب و خاک و اسیدی شدن خاک شویی مرگ آبیان، بخصوص گونه های حساس

ادامه جدول شماره ۱: مصارف، خصوصیات و اثرات ترکیبات شیمیایی موضوع حمل و نقل جاده ای

اثرات محیطی و بهداشتی	فرم غالب در حمل و نقل جاده ای	کاربرد	عناصر / ترکیبات شیمیایی
تغییر pH آب و خاک، مرگ آبیان	مایع	صنایع شوینده، تولید کود شیمیایی	قلیایها
مقاوم سازی میکروارگانیسم ها در محیط جهش در ساختار میکروارگانیسم ها تغییر جنسیت ماهیان نر در اثر مواجهه با هورمون های استروژن	مایع، پودر، گاز	صنایع دارویی	ترکیبات دارویی
خورندگی و اکسیدکنندگی صدمه به ارگان های حساس بخصوص کبد و کلیه	مایع	صنایع رنگ، تولید قطعات، رنگریزی، تولید لاستیک، ابریشم مصنوعی، آزمایشگاه ها، سنتز ترکیبات شیمیایی	حلال های آلی ۳
اثرات زیبایی شناختی بر منابع آبی افزایش مواجهه با فلزات سنگین تهدید حیات آبیان و بخصوص گونه های حساس	مایع	صنایع رنگ، جوهرسازی و چاپ	رنگ ها
اثرات زیبایی شناختی بر منابع آبی افزایش مواجهه با فلزات سنگین تهدید حیات آبیان و بخصوص گونه های حساس	مایع، پودر	صنایع رنگ، جوهرسازی و چاپ	رزین
تاثیر بر اعصاب مرکزی، قلب، شش ها و کلیه تجمع در خاک مرگ آبیان، بخصوص گونه های حساس	مایع	خنک کننده موتور وسایل نقلیه	ضد یخ ۴
افت کیفی منابع آب مشتمل بر افزایش کدورت، کاهش اکسیژن محلول، افزایش pH	نیمه جامد (قابل حمل در کامیون تراک میکسر)	عملیات عمرانی و ساخت سازه	مخلوط سیمان ۵

اثرات محیطی و بهداشتی	فرم غالب در حمل و نقل جاده ای	کاربرد	عناصر / ترکیبات شیمیایی
تغییر در محتوای جامدات محلول و معلق آب افزایش کدورت آب کاهش اکسیژن محلول در منابع آب برهم خوردن بافت طبیعی خاک	جامد	فعالیت های عمرانی، سازه ها، تولید مواد	کانی های معدنی

مصارف خانگی و خدمات

پرکلرواتیلن	خشکشویی ها	مایع	سمیت برای آبزیان و گونه های خشک زی
روغن خوراکی	صنایع غذایی	مایع	افت کیفیت منابع آب برهم خوردن ترکیب طبیعی خاک
شوینده ها	مراکز تجاری، خانگی	مایع، جامد	افت کیفیت منابع آب برهم خوردن ترکیب طبیعی خاک سمیت برای آبزیان

صنایع پتروشیمی، پالایشگاه و شرکت های پخش و توزیع فرآورده های نفتی

متیل ترت بوتیل اتر ۶	بهسوزی سوخت	مایع	افت کیفیت منابع آب مشتمل بر افزایش کدورت، کاهش اکسیژن محلول، افزایش محتوای آلی سمیت برای آبزیان و جانداران خشک زی برهم خوردن استحکام و ترکیب طبیعی خاک افزایش ریسک مواجهه با آلاینده های آلی پایدار و فلزات سنگین
نفت	سوخت	مایع	
بنزین	سوخت وسایل نقلیه موتوری	مایع	
گازوئیل	سوخت وسایل نقلیه موتوری	مایع	
قیر	آسفالت خیابان، عایق کاری	جامد	
روغن صنعتی ۷	وسایل نقلیه موتوری، ماشین آلات صنعتی، صنایع بازیافت روغن	مایع چگال	

۱ از ۱۶ عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان ۷ عنصر آهن، روی، منگنز، بر، مس، مولیبدن، و کلر به مقدار بسیار ناچیزی مورد نیاز گیاهان هستند و بدین علت آنها را عناصر ریز مغذی (میکرو المان) می نامند. این عناصر غذایی پس از متعادل سازی مصرف کودهای ازته، فسفات و پتاسیمی نقش خود را در افزایش تولید نشان می دهند. در ایران کمبود ریز مغذی ها در مزارع و باغها شیوع عمومی دارد که علت آن را باید در حاکمیت شرایط آهکی خاکها، کمبود درصد مواد آلی خاک، قابلیت انحلال کم ریز مغذی ها در pH آهکی به غیر از مولیبدن، وجود یونهای کربنات و بی کربنات در آبهای آبیاری و مصرف بالای فسفر جستجو کرد. مصرف بهینه کودها و ریز مغذی ها علاوه بر افزایش کمی و بهبود محصولات کشاورزی، حفظ محیط زیست را نیز به همراه دارد. همچنین صرفه جویی در میزان آب مصرفی نیز یکی از فواید افزودن ریز مغذی ها به خاک می باشد.

۲ پرکاربرد ترین اسیدها در صنایع مشتمل بر اسید فسفریک، اسید سولفوریک، اسید سولفامیک، اسید سیتریک می باشد. معمول ترین اثر اینگونه ترکیبات در منابع محیطی تغییر pH می باشد که بطور مستقیم بر حلالیت، کیفیت بافت خاک و فعالیت های زیستی در آب تاثیر گذار است.

۳ حلال ها به طور کلی به دو دسته حلال های قطبی و غیر قطبی تقسیم می شوند. در حلال قطبی، ذرات تشکیل دهنده حلال قطبی بوده و یکدیگر را با نیروی جاذبه ی الکتروستاتیکی جذب می نمایند. مهمترین حلال قطبی آب می باشد. انواع اسیدها مانند اسید سولفوریک هیدروژن فلئورید نیز در این دسته قرار می گیرند. در حلال های غیر قطبی، ذرات حلال غیرقطبی بوده و بنابراین نیروی جاذبه ی ضعیف واندروالسی بین ذرات وجود دارد. به همین دلیل این حلال ها اغلب دارای نقطه ی جوش پایین بوده و فرار هستند. حلال های آلی نسبت به حلال های غیر آلی یا حلال های معدنی، قطبیت کمتری دارند و در نتیجه معمولاً این دسته از حلالها مواد غیر قطبی را بهتر در خود حل می کنند. بیشتر حلالهای صنعتی آلی و غیر قطبی می باشند. در صنایع پتروشیمی، نفت و گاز از حلالها برای تهیه و تولید

رنگ، روغن جلا، سوخت و چسب و پلاستیک استفاده می شود. حلال هایی که به طور گسترده در صنایع استفاده می شوند و دارای اثرات برجسته بر سلامت و محیط زیست می باشند شامل بنزن، تتراکلرید کربن، کلروفرم و پرکلرواتیلین هستند. علاوه بر موارد فوق حلال های بسیار دیگری نظیر متانول، سیکلوهگزان، تولوئن، اتانول، پروپانول، بوتانول، اتیل استات، نیترومتان، سولفولان، دی متیل سولفوکسید، دی متیل فرم آمید، تترا هیدرو فوران، استو نیتریل و هگزا متیل فسفر آمید در صنایع کاربرد گسترده ای دارند.

در اثرات تخلیه حلال ها در منابع آب و خاک میزان فاکتور ثابت دی الکتریک اهمیت برجسته ای دارد. زیرا توانایی یک حلال در حل کردن مواد جامد یونی شدیداً به ثابت دی الکتریک آن بستگی دارد. هر چه مقدار این فاکتور بیشتر باشد توانایی حلال در جداسازی یونهای ماده ی جامد یونی حل شدنی بیشتر خواهد بود و هر چه میزان ثابت دی الکتریک کمتر باشد نشان دهنده آن است که حلال غیرقطبی بوده و توانایی کمی برای انحلال مواد یونی را داراست. بنابراین تخلیه حلال های قطبی نظیر متانول با ثابت دی الکتریک ۸۲ باعث حل شدن مواد قطبی و تخلیه ترکیبات غیر قطبی نظیر دی کلرومتان با ثابت دی الکتریک ۹ منجر به تاثیر بر ترکیبات قطبی در منابع آب و خاک می گردد. تخلیه ترکیبات قطبی به خاک باعث انحلال آلاینده های قطبی در حلال شده و احتمال شستشو و ورود آنها به منابع زیر زمینی افزایش می یابد. همچنین تخلیه این گونه حلال ها به منابع آب می تواند آلاینده های قطبی را که در فاز رسوب حضور دارند در خود حل نموده و باعث گردند که آلاینده از فاز رسوب به فاز آبی مهاجرت نماید. این مهاجرت احتمال مواجهه آلاینده با انسان و سایر اجزاء محیطی را افزایش داده و در نتیجه ریسک مواجهه افزایش خواهد یافت. اثر تخلیه حلال های غیر قطبی نیز نظیر حلال های قطبی می باشد با این تفاوت که بسیاری از آلاینده های محیطی که در خاک یا رسوبات انباشته می شوند اثرات سمی تری بر سلامت انسان دارند. از اینگونه آلاینده ها می توان به هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای، دی اکسین ها، فوران ها و بی فنیل های پلی کلرینه نام برد.

۴ ضدیخ سیالی است که از ترکیب یک سیال پایه با نام اتیلن گلیکول (Ethylene Glycol) یا پروپیلن گلیکول و مواد افزودنی به منظور جلوگیری از خوردگی، زنگ زدگی، کف کردن و بهبود کیفیت آب و رنگ تشکیل شده است. منو اتیلن گلیکول به دلیل دارا بودن OH در ساختمان خود به راحتی در آب حل می شود و می تواند در اثر تخلیه در منابع آب به شدت آلودگی ایجاد نماید. همچنین به دلیل اینکه برخی از فلزات سنگین نظیر باریم و ترکیبات فسفات به طور معمول به ترکیب ضد یخ اضافه می شوند، تخلیه این ترکیب به منابع آب و خاک اهمیت فوق العاده تری می یابد. تخلیه ترکیب ضد یخ به آب معمولاً باعث ایجاد کف نمی گردد و مشاهده کف می تواند نشان دهنده حضور حباب هوا در ترکیب باشد.

۵ مخلوط سیمان مورد استفاده در عملیات های عمرانی و ساخت سازه ها ترکیبی از کانی های مختلف (نظیر کانی های سیلیسی، کوارتز، اوپال، کلسه دون، ترمیت، کریستوبالیت، فلدسپاتها، میکا، کربنات ها، سولفات ها، فرومنیزیم، اکسید آهن، زئولیت ها و کانیهای رس)، آب، ترکیبات تسریع کننده سختی بتن (نظیر کربنات سدیم، کلرور آلومینیوم، کربنات پتاسیم، فلئورور سدیم، آلومینات سدیم، نمک های آهن و کلرور کلسیم)، ترکیبات تاخیر دهنده زمان گیرش بتن (نظیر مشتقات هیدروکربنی، نمک های محلول روی و براتهای محلول) و ترکیبات روان کننده (نظیر ملامین فرمالدئید سولفات شده تغلیظ شده و یا نفتالین فرمالدئید سولفات شده تغلیظ شده) می باشد. همچنین با توجه به منشاء تامین سنگدانه های مورد استفاده در تولید سیمان ممکن است فلزات سنگین سمی نظیر کروم در مقادیر جزئی در مخلوط حاصله حضور داشته باشند. این ترکیب عموماً قلیایی و دارای pH بالا می باشد. بنابراین واژگونی کامیون های میکسر حامل مخلوط بتن می تواند منشاء آلودگی گسترده منابع آب و خاک را تشکیل دهد.

۶ متیل ترشیوبوتیل اتر یک ماده آلی اکسیژن دار است که امروزه در ایران و برخی کشورهای جهان به صورت گسترده در بنزین بدون سرب استفاده می شود. در ابتدای انتخاب و استفاده از این ماده در سوخت مزایای زیست محیطی آن مورد توجه بود، ولی اکنون پس از گذشت

چند سال از مصرف آن در دنیا مشخص شده است که MTBE دارای تاثیرات سوء روی انسان بوده و دارای پتانسیل آلودگی محیط زیست است. رعایت دقیق ملاحظات زیست محیطی، بهداشتی و ایمنی در انتقال متیل ترشیو بوتیل اتر از نقاط تولید و بنادر به پالایشگاهها و همچنین حمل بنزین محتوی آن از پالایشگاهها به سایر نقاط مختلف ضروری می باشد. ورود MTBE به منابع آب و خاک به روشهای مختلف انجام می گیرد. MTBE در خاک بسیار متحرک است و حرکت آن در آب تابع قوانین حرکت آب در خاک است. MTBE مقاومت زیادی به تخریب زیستی دارد، نیمه عمر آن در آب بالاست، جذب آنها توسط ذرات خاک ضعیف است، حلالیت بالایی در آب دارد و بسیار متحرک است. این عوامل باعث حرکت MTBE به سمت آبهای زیر زمینی و تجمع این ماده در این آبها می گردد.

۷ روغن موتور از ترکیب روغن های پایه و افزودنی ها بدست می آید. روغن های پایه روغن استفاده شده در تولید روغن موتورها انواع مختلفی دارند و می توان آنها را در پنج گروه روغن های پایه معدنی، روغن های پایه مصنوعی، روغن های نیمه مصنوعی، روغن های پایه نسل جدید و روغن های پایه تصفیه ای دسته بندی نمود. روغن های پایه به تنهایی توانایی محافظت از قطعات موتور و انجام عملیات در موتور را ندارند و بنابراین مواد افزودنی های مختلفی به روغنهای پایه اضافه می شود. مهمترین افزودنی های شامل پاک کننده ها و معلق کننده ها، بهبوددهنده شاخص گرانشی، ترکیبات ضد اکسیداسیون، مواد ضد سائیدگی، مواد ضد کف، مواد ضد خوردگی و ضد زنگ زدگی و ترکیبات پایین آورنده نقطه ریزش می باشند.

جدول ۲: رقم اول شناسایی ترکیبات خطرناک بر اساس روش ADR

نوع ماده	اولین عدد سمت چپ
گاز	۲
مایع قابل اشتعال	۳
جامد قابل اشتعال	۴
مواد اکسیدکننده	۵
ماده سمی	۶
ماده رادیواکتیو	۷
ماده خورنده	۸
سایر مواد خطرناک	۹

جدول ۳: رقم دوم شناسایی ترکیبات خطرناک بر اساس روش ADR

خاصیت ماده	سایر اعداد (ارقام دوم و سوم)
خطر انفجار	۱
خطر انتشار گاز	۲
خطر مشتعل شدن (مایعات)	۳
خطر مشتعل شدن (جامدات)	۴
خطر اکسیدشدن	۵
خطر مسمومیت	۶
خطر تشعشع اتمی	۷
خطر خوردگی	۸
خطر آسیب به محیط زیست	۹

جدول ۴: شناسایی ارقام مربوط به مواد خطرناک از روی پلاک مخصوص ADR

ردیف	نوع / خصوصیت ترکیب شیمیایی	شماره شناسایی خطر
۱	گاز خنثی	۲۰
۲	گاز سرد شده	۲۲
۳	گاز سرد شده، قابل اشتعال	۲۲۳
۴	گاز قابل اشتعال	۲۳

۲۳۶	گاز قابل اشتعال سمی	۵
۲۶۵	گاز سمی اکسیدکننده	۶
۲۶۶	گاز بسیار سمی	۷
۳۰	مایع قابل اشتعال	۸
۳۳	مایع با قابلیت اشتعال بسیار بالا	۹
۳۳۳	مایع آتش زا	۱۰
۳۶۸	مایع قابل اشتعال، سمی و خورنده	۱۱
۳۸۲X	مایع قابل اشتعال و خورنده که با آب واکنش می دهد و گاز تولید می کند.	۱۲
۳۳۸X	مایعات با قابلیت اشتعال بسیار بالا و خورنده که با آب واکنش خطرناک میدهد.	۱۳
۴۲۳	ماده جامدی که گاز قابل اشتعال تولید می کند.	۱۴
۴۴	جامد قابل اشتعال در حالت مذاب و در درجه حرارت بسیار بالا	۱۵
۴۲۶X	جامد قابل اشتعالی که با آب واکنش داده و گاز سمی منتشر می کند.	۱۶
۴۸	جامد خود گرمازا با قابلیت اشتعال بالا و خورنده	۱۷
۵۰	ماده اکسیدکننده	۱۸
۵۳۹	پراکسیدارگانیک، قابل اشتعال	۱۹
۵۵	ماده اکسیدکننده شدید	۲۰
۵۵۸	ماده اکسیدکننده شدید، خورنده	۲۱
۴۸	جامد خود گرمازا با قابلیت اشتعال بالا و خورنده	۲۲
۵۶	ماده اکسیدکننده سمی	۲۳
۵۹	ماده اکسیدکننده که می تواند به صورت خود به خود واکنش شدید ایجاد کند.	۲۴
۶۰	ماده سمی	۲۵
۶۰۶	ماده حاوی مواد واگیردار عفونی	۲۶
۶۶۵	ماده بسیار سمی و اکسیدکننده	۲۷
۶۹	ماده سمی که می تواند به صورت خود به خودی واکنش خطرناک ایجاد نماید.	۲۸
۶۳۸	ماده سمی، خورنده و قابل اشتعال	۲۹
۷۰	ماده رادیواکتیو	۳۰
۷۲۳	رادیواکتیو، گاز و قابل اشتعال	۳۱
۷۶	ماده رادیواکتیو و سمی	۳۲
۸۰	ماده خورنده	۳۳
۸۲۳x	ماده خورنده که در تماس با آب گاز قابل اشتعال منتشر می کند.	۳۴

۳۵	ماده خورنده، قابل اشتعال که می تواند به صورت خود به خودی منجر به واکنش شدید شود.	۸۳۹
۳۶	جامد قابل اشتعال که با آب واکنش می دهد و گاز قابل اشتعال تولید می کند.	۸۴۲
۳۷	ماده با خورندگی بسیار بالا و قابل اشتعال	۸۸۳
۳۸	ماده با خورندگی بسیار بالا و سمی که با آب واکنش خطرناک می دهد.	۸۸۶X
۳۹	مواد خطرناک متفرقه با خطرات محیط زیستی	۹۰
۴۰	مواد خطرناک متفرقه که در دمای بسیار بالا حمل می گردد.	۹۹

۱-۳ وضعیت حمل و نقل جاده ای ترکیبات شیمیایی در کشور ایران

مطابق سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای وضعیت ترکیبات شیمیایی حمل شده کشور به شرح جدول شماره ۵ می باشد. بیشترین میزان صادرات در زیرگروه کالاهای مواد شیمیایی به صادرات روغن و گریس اختصاص داشت. در این مدت ۲۲۷ میلیون و ۲۰۶ هزار دلار از صادرات این بخش مربوط به صادرات این محصول بود که ۲ درصد از ارزش کل صادرات مواد شیمیایی را تشکیل می داد. این گزارش حاکی است پس از روغن گریس، صادرات پارافین، رنگ و رزین به ترتیب با ۷ و ۶ درصد از ارزش کل صادرات بخش مواد شیمیایی، بیشترین میزان را دارا بود. در این مدت ۷۹ میلیون و ۲۵۲ هزار دلار پارافین، ۶۲ میلیون و ۴۳ هزار دلار رنگ و رزین به خارج از کشور صادر شد که این میزان به ترتیب نسبت به مدت مشابه سال قبل ۱۱۷/۲ و ۱۳۲/۵ درصد افزایش یافت. در نه ماهه امسال همچنین ۴۷ میلیون و ۱۰۱ هزار دلار سایر محصولات شیمیایی، ۲۲۴ هزار دلار تینر و انواع آن، یک میلیون و ۲۹۳ هزار دلار مکمل ها و یک میلیون و ۵۹۵ هزار دلار ضدیخ به خارج از کشور صادر شد که به ترتیب نسبت به مدت مشابه سال قبل ۷۳/۲ درصد کاهش، ۸۹/۵ درصد کاهش، ۴۶۴/۲ درصد افزایش و ۱۷۰/۶ درصد رشد داشته است. در این مدت صادرات ضدیخ، الکل ها، روغن و گریس، پارافین و رنگ و رزین با افزایش و صادرات تینر و انواع آن و سایر محصولات پتروشیمی با کاهش روبرو بود (۱۱).

یکی از مهمترین پسماندهای ویژه در حمل و نقل جاده ای باتری های سربی اسیدی

فرسوده می باشند که به دلیل دارا بودن اسید سولفوریک و انواع فلزات سنگین، بخصوص سرب، دارای پتانسیل بالای خطرات می باشد. با توجه به اهمیت اطمینان از عدم خروج محموله های این نوع باتری ها از مسیر مرزهای ورودی به واحدهای صنعتی بازیافت، عدم هرگونه تخلیه و بارگیری این گونه پسماندها در مسیر غیر مجاز می باشد. با توجه به موارد فوق الذکر، در خصوص استفاده از کاربرد فناوریهای شناسایی و ردیابی همچون، شناسایی با امواج رادیویی (RFID) و ردیابی ماهواره ای (موقعیت یاب جغرافیایی) برای محموله های مذکور باید استفاده گردد.

جدول ۵: وضعیت حمل ترکیبات شیمیایی در کشور در سال ۱۳۹۲

نام کالا	میزان حمل شده (هزار تن)	درصد به کل کشور
انواع سیمان	۶۵۹۳۲	۱۷/۳
ترکیبات نفتی و شیمیایی	۴۵۰۹۹	۱۱/۸
سموم و کود کشاورزی	۴۲۵۳	۱/۱
رنگ و مواد پاک کننده	۲۶۰۱	۰/۷

همچنین مطابق سالنامه آمار سازمان راهداری وضعیت واردات و صادرات کالا از مرزهای کشور در سال ۹۲ به شرح جدول شماره ۶ می باشد (۱۱).

جدول ۶: میزان کل واردات و صادرات کالا از مرزهای کشور در سال ۱۳۹۲

نوع عبور	واردات (هزار تن)	صادرات (هزار تن)
دریایی	۳۶۷۷۲۹۸۵ (٪۹۴/۸)	۵۳۸۰۸۱۴۳ (٪۸۷/۸)
جاده ای	۱۳۷۹۸۷۲ (٪۳/۶)	۶۶۱۳۷۳۴ (٪۱۰/۸)
راه آهن	۶۲۵۳۶۴ (٪۱/۶)	۸۹۱۶۶۴ (٪۱/۵)

در این میان میزان صادرات و واردات فرآورده های نفتی به صورت جدول شماره ۷ بوده است (۱۱).

جدول ۷: میزان واردات و صادرات فرآورده های نفتی از مرزهای کشور در سال ۱۳۹۲

نوع عبور	واردات (هزار تن)	صادرات (هزار تن)
دریایی	۱۵۴۷۵۹۴ (٪۹۷/۱)	۹۰۰۸۵۵۸ (٪۸۹/۳)
جاده ای	۳۸۴۵۵ (٪۲/۴)	۱۰۸۲۰۳۳ (٪۱۰/۷)
راه آهن	۷۸۲۱ (٪۰/۵)	۱۲۰۷۷ (٪۰/۱)

میزان ترکیبات شیمیایی که از طریق حمل و نقل جاده ای در کشور جابجا شده است بر اساس آمار سازمان راهداری در جدول شماره ۸ درج شده است (۱۱). همچنین در شکل شماره ۲ شبکه راه های کشور که در حمل و نقل مواد شیمیایی نیز استفاده میگردد درج شده است.

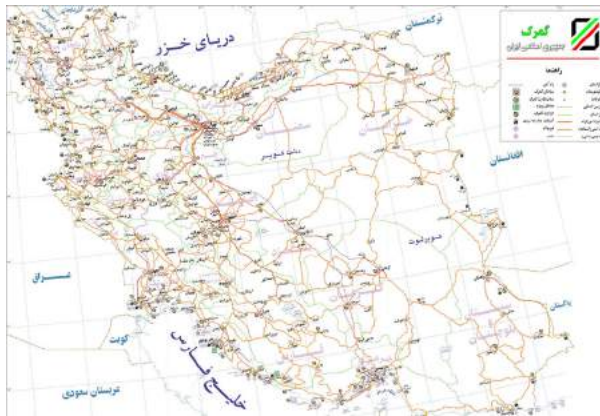
جدول ۸: میزان کالای ترانزیت شده در سال ۱۳۹۲

نوع کالا	میزان ترانزیت (هزار تن)	درصد
ترکیبات نفتی	۵۲۹۷۱۳۶	۴۳/۸
ترکیبات شیمیایی	۱۵۸۱۲۰	۱/۳
روغن نباتی	۱۵۳۳۷۴	۱/۳

۴-۱ وضعیت حوادث جاده های حمل مواد شیمیایی در ایران و جهان

همه روزه مقادیر بسیاری از ترکیبات شیمیایی خطرناک بوسیله کامیون ها و تریلرها

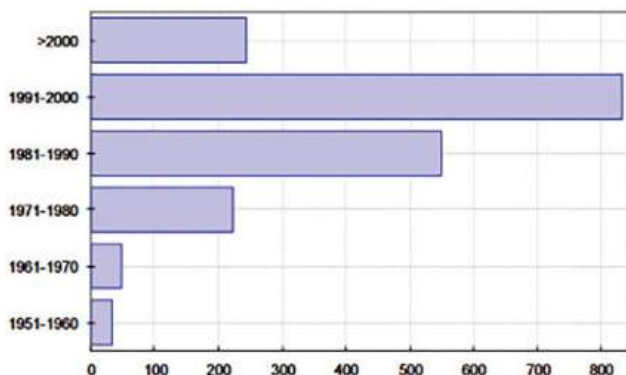
در جاده ها حمل می شوند. حوادث این وسایل نقلیه تهدیدهای جدی برای انسان و محیط زیست به همراه دارد. مطالعات متعددی روند رو به افزایشی را برای حوادث جاده ای حمل ترکیبات شیمیایی خطرناک به اثبات رسانیده اند. از دلایل روند افزایش حوادث حمل و نقل جاده ای می توان به افزایش میزان حمل و نقل جاده‌های و همچنین بهبود دسترسی به اطلاعات اشاره نمود. Linkute (۲۰۱۱) روند توزیع حوادث جاده ای حمل ترکیبات خطرناک را بصورت شکل شماره ۳ گزارش نموده است (۱۲).



شکل ۲: شبکه راه های جاده های حمل کالا و مواد در کشور ایران

در کشور ایران با توجه به وجود منابع نفت و گاز و محصولات پتروشیمی و همچنین موقعیت استراتژیک کشور در منطقه ترانزیت ترکیبات نفتی بسیار رونق دارد و از قضا بیشترین حوادث جاده ای ترکیبات جاده ای برای خودروهای حمل فرآورده های سوختی رخ داده است. در حوادث نفت کش در سال ۱۳۹۰ میزان ۲ میلیون لیتر فرآورده های نفتی در محیط منتشر شده است که علاوه بر کشت و مصدوم شدن ۱۹۲ نفر و زیان اقتصادی قابل توجه، آلودگی محیط را نیز به همراه داشته است. مطابق آمار سال ۱۳۹۰، روزانه در جاده های کشور بیش از ۱۶۸ میلیون لیتر فرآورده های نفتی در نزدیک به ۷۰۰۰ سفر منتقل شده که در ۵۹ مورد منجر به حادثه جاده ای و انتشار

آلاینده به محیط شده است. مطابق آمار منتشر شده توسط سازمان ملل حدود نیمی از بارهایی که حمل می شود به ترکیبات شیمیایی خطرناک اختصاص دارد. تعداد کل حوادث جاده ای در سال ۱۳۹۲ در کشور ۱۱۲۱۱۴ مورد گزارش شده است.



شکل ۳: روند رخداد حوادث جاده ای (Linkute، ۲۰۱۱)

اطلاعات جامعی از حوادث جاده ای حمل جاده ای در کشور در دسترس نمی باشد. نمونه هایی از حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی در کشور در ادامه ذکر شده اند: واژگونی یک تانکر حامل ماده ای شیمیایی MTBE در کیلومتر ۳۵ جاده اراک- توره در آذر ماده سال ۱۳۸۶ باعث سرازیر شدن بیش از هزار لیتر از این ماده در منطقه گردید.

تصادف یک دستگاه تریلر تانکر حامل بنزین با چندین دستگاه اتوبوس مسافری و دو تانکر حامل قیر و واسکازین در جاده بم- زاهدان در محل ایست بازرسی گلوگاه شهید صدوقی در تیر ماده ۱۳۸۳ که منجر به رهاسازی ۳۰ هزار لیتر بنزین و آتش سوزی تریلرهای حامل قیر و واسکازین و آلودگی سطحی در ابعاد ۱۰۰ در ۱۵۰ متر گردید. تصادف و واژگونی تریلی حامل ۲۰ تن سود سوزآور جهت تولید محصولات شوینده و پاک کننده در جاده کرمانشاه به سمت همدان در بهمن ماه ۱۳۷۶ باعث ایجاد

۱. اطلاعات حوادث جاده ای به نقل از رسانه های رسمی کشور ایران می باشد.

آلودگی شد.

واژگونی تانکر حامل سوخت در جاده اهواز شوش در اردیبهشت سال ۱۳۹۲ باعث رهاسازی ۳۰ هزار لیتر بنزین و آلودگی خاک در منطقه شد (شکل شماره ۴).



شکل ۴: واژگونی تریلر حامل بنزین در جاده اهواز شوش در سال ۱۳۹۲

(ماخذ: خبرگزاری جمهوری اسلامی)

واژگونی تریلر حامل ۳۰ هزار لیتر بنزین در بزرگراه ساوه تهران در حوالی پرندهک در اسفند ماه ۱۳۹۲ (شکل شماره ۵).

واژگونی تریلر حامل ۳۰ هزار لیتر بنزین در بزرگراه آزادگان شهر تهران در آبان ماه ۱۳۹۱.

واژگونی یک دستگاه تانکر حامل ماده شیمیایی MTBE در محور قم- تهران در مرداد ۱۳۸۷ و رها شدن ۳۰ هزار لیتر از این آلاینده در محیط آلودگی شدید خاک را به همراه داشته است.

آلودگی سد وحدت سنندج (قشلاق) در اسفند ۱۳۸۰ در اثر واژگون شدن تانکر حمل

MTBE در رودخانه؛ در جریان این حادثه آب شرب منطقه تا ماهها قطع شد و آبرسانی با تانکر انجام شد. ضمن آنکه منجر به مرگ هزاران قطعه ماهی گردید. واژگونی تانکر حامل ۲۲ هزار لیتر کوئینچ اویل در اسفند ۱۳۸۴ در جاده سنندج به دیواندره در نزدیکی سد قشلاق؛ در این حادثه با توجه به سوزاندن سریع این آلاینده صرفاً از ورود آن به رودخانه ممانعت شد (شبکه اطلاع رسانی نفت و انرژی).



شکل ۵: واژگونی تریلر حامل بنزین در بزرگراه ساوه به تهران در سال ۱۳۹۲ (ماخذ: خبرگزاری مشرق)

۱-۵ اثرات تخلیه ترکیبات شیمیایی بر آب و خاک

حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی می تواند زمینه تغییرات کیفی منابع آب و خاک را مهیا نماید. درجه تغییرات کیفی وابسته به نوع ماده شیمیایی، سمیت عوامل آلاینده موجود در ترکیب، حجم و میزان آلاینده و محیط پذیرنده می باشد. بسیاری از ترکیباتی که در جاده های حمل می گردند متشکل از ترکیباتی با درجه سمیت بالا برای انسان و سایر جانداران، خواص سرطانزایی، ناقص الخلقه زایی و قابلیت اثر بر ارگان های حساس می باشند. در جدول شماره ۹ لیستی از ترکیبات

سرطانزای مطابق با نظر IARC ارائه شده است (۱۳). مهمترین اثرات تخلیه ترکیبات شیمیایی پس از حوادث جاده ای را می توان در موارد زیر بیان نمود:

افزایش کدورت آب: افزایش کدورت مستلزم تخلیه املاح و ذرات به آب می باشد. بسیاری از حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی می توانند باعث تغییر در کدورت آب گردند که از آن بین می توان به واژگونی تریلرهای حمل بتن، کانی های معدنی، ترکیبات نفتی و سموم اشاره نمود. میزان کدورت مجاز تخلیه بستگی به نوع منبع و کاربری آب دارد. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا این میزان را برای کلاس منابع آب مختلف بین ۲۵-۱۰ NTU تعیین نموده است. در کشور ایران نیز بااستناد ماده ۵ آئین نامه جلوگیری از آلودگی آب و با توجه به ماده سه همین آئین نامه حد مجاز کدورت برای تخلیه به منابع آب سطحی و خاک کشاورزی حداکثر ۵۰ NTU در نظر گرفته شده است (۱۴).

تغییر pH آب و خاک: اسیدها و قلیاها مهمترین ترکیباتی هستند که می توانند تغییرات برجسته ای را از نظر pH در آب و خاک ایجاد نمایند. معمول ترین اسیدهایی که با حمل و نقل جاده ای جابجا می گردند عبارت از اسید کلریدریک، اسید فسفریک، اسید سولفوریک، اسید سولفامیک و اسید سیتریک می باشد. بنابراین میزان تغییر در pH کاملاً وابسته به حجم و نوع اسید تخلیه شده به محیط می باشد. از آنجاکه بیشتر آبیان فقط در pH بین ۵ تا ۹ زنده می ماندند، تغییر در pH می تواند به سرعت بر جمعیت و گونه های بیولوژیک منابع آب تاثیر منفی گذارد. مطابق ماده ۵ آئین نامه جلوگیری از آلودگی آب و با توجه به ماده سه همین آئین نامه حد مجاز تخلیه ترکیبات به آب های سطحی، زیر زمینی و خاک برای جلوگیری از اثرات منفی بر محیط به ترتیب ۶/۵-۸/۵، ۵-۹ و ۶-۸/۵ تدوین شده است (۱۵ و ۱۶).

فلزات سنگین در آب و خاک: حوادث مرتبط با حمل جاده ای باتری های سربی-کادمیومی، دما سنج های جیوه ای، سموم دفع آفات نباتی، رنگ، رزین و مواد

آرایشی می توانند موجب انتقال فلزات سنگین سمی نظیر سرب، جیوه، کادمیوم و کروم در منابع آب و خاک گردند.

افزایش محتوای آلی در آب و خاک: اکثر حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی نظیر واژگونی کامیون های حامل بنزین، نفت، گازوئیل، سموم، حلال ها و روغن ها منجر به تغییر در محتوای آلی آب های پذیرنده آلودگی و خاک خواهد شد. این ترکیبات غالباً سمی و غیر قابل تجزیه زیستی بوده و ضمن آنکه می توانند تا زمان های طولانی در محیط باقی بمانند و گونه های مختلفی از جانداران را تحت تاثیر قرار می دهند.

جدول ۹: فهرست ترکیبات شیمیایی سرطان زای از دیدگاه آژانس بین المللی مطالعات سرطان (۱۴)

ترکیبات شیمیایی سرطان زای قطعی (گروه A۱)

Aminobiphenyl, ۴- (۴-Aminodiphenyl)	Chromite ore processing
Arsenic, and certain arsenic compounds	Chromium (VI) chloride
Asbestos	,Chromium (VI) compounds
Asbestos, Actinolite	Chromium (VI) dioxchloride
Asbestos, Amosite	Chromium (VI) oxide
Asbestos, Anthophyllite	Coal tar pitch volatiles, benzene solubles
Asbestos, Chrysotile	Ethylene oxide (EtO)
Asbestos, Crocidolite	Naphthylamine, beta
Asbestos, Other forms	Nickel subsulfide
Asbestos, Tremolite	Nickel sulfide roasting, fume & dust
Benzidine	Uranium (natural; soluble and insoluble compounds, as U)
Benzene	Vinyl chloride
Beryllium and certain beryllium compounds	Wood dust (certain hard woods as beech and oak)
Bis(chloromethyl)ether	Zinc chromates
Chloromethyl ether, bis	

ترکیبات شیمیایی مشکوک به سرطان زایی (گروه A۲)

Acrylonitrile, inhibited	Diazomethane
Antimony trioxide production	Dimethyl carbamoyl chloride
Benz[a]anthracene	Ethyl acrylate
Benzo[a]pyrene	Formaldehyde (gas)
Benzo[b]fluoranthene	Lead chromate
Benzo[trichloride	Methylene bis(۲-chloroaniline), ۴,۴'-MBOCA (MOCA)
Butadiene	MOCA (MBOCA)
Butene, ۱,۴-Dichloro	Nitrobiphenyl, ۴-(۴-Nitrodiphenyl) O,W
Cadmium and certain cadmium compounds	Nitrodiphenyl
Calcium chromate (VI)	Silica, Crystalline, Quartz
Calcium cyanamide	Strontium chromate (VI)
Carbon tetrachloride	Sulfuric acid
Chloromethyl methyl ether	Vinyl bromide

دیلدیرین، کلردین، د.د.ت، دی برومواتان، اتیلن دی کلرید، اتیلن اکساید، لیندین، فلورواستامید، هپتاکلر، هگزاکلورو بنزن، پاراتیون، ترکیبات جیوه، پنتاکلروفنل، توکسافن، انواع آزیست‌های آمفیبول، روغنهای آسکارل، تترا اتیل سرب، تترا متیل سرب، دی بروموپروپیل فسفات، اکتاکلرواستایرن، ددپ، بیفنیل های پلی کلرینه، هگزا کلرو بنزن، دی اکسین‌ها، فوران‌ها، هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی و آلکیل سرب از سمی ترین ترکیباتی می باشند که می توانند در اثر حوادث جاده ای به منابع آب و خاک تخلیه گردند. این ترکیبات بقاء بالایی داشته و می توانند حتی تا سالیان متمادی در محیط باقی بمانند. مطابق رهنمودهای ارائه شده یک ترکیب شیمیایی هنگامی مقاوم اطلاق می گردد که واجد شرایط زیر باشد (۱۷):

- نیمه عمر بیش از ۴۰ روز در آب های تازه و دهانه رودخانه ها
- نیمه عمر بیش از ۶۰ روز در آب دریا
- نیمه عمر بیش از ۱۲۰ روز در رسوبات منابع آب تازه و رسوبات دهانه رودخانه

- نیمه عمر بیش از ۱۲۰ روز در خاک

- نیمه عمر بیش از ۱۸۰ روز در رسوبات دریا

این ترکیبات همچنان می توانند دارای اثرات سمیت و تجمع پذیری زیستی متفاوتی بر جانداران باشند. غالباً LC_{50} به عنوان مبنای سمیت و مقایسه ترکیبات قرار می گیرد. در جدول شماره ۱۰ تقسیم بندی ترکیبات شیمیایی بر اساس سمیت آنها در ۵ گروه مختلف ارائه شده است. برای قضاوت در خصوص تجمع پذیری زیستی نیز از مفاهیم ثابت نسبت اکتانول به آب، فاکتور تغلیظ زیستی و یا فاکتور تجمع زیستی استفاده می شود. در جدول شماره ۱۱ معیارهای تعیین تجمع پذیری زیستی ترکیبات شیمیایی در منابع آب و خاک ارائه شده است (۱۸).

جدول ۱۰: طبقه بندی ترکیبات شیمیایی بر اساس میزان سمیت برای جانداران (۱۸)

Pathway Exposure	Toxicity	Category ۱	Category ۲	Category ۳	Category ۴	Category ۵
Oral	LD_{50} (mg/kg)	۵	۵۰	۳۰۰	۲۰۰۰	۵۰۰۰
Dermal	LD_{50} (mg/kg)	۵۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۵۰۰۰
Gas Inhalation	LC_{50} (ppmV)	۱۰۰	۵۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰۰	-
Vapor Inhalation	(mg/L) LC_{50}	۰,۵	۲,۰	۱۰	۲۰	-
Dust Inhalation	(mg/L) LC_{50}	۰,۰۵	۰,۵	۱,۰	۵,۰	-

جدول ۱۱: معیارهای تعیین تجمع پذیری زیستی ترکیبات شیمیایی در محیط (۱۸)

مقدار	معیار تعیین تجمع پذیری زیستی
$\geq 100/000$	ثابت نسبت اکتانول به آب (kOW)
$\geq 5/000$	عامل تغلیظ زیستی (BCF)*
≥ 5000	عامل تجمع زیستی (BAF)

* عامل تجمع زیستی^۱ به نسبت غلظت آلاینده در یک ارگانیسم به غلظت در محیط زیست در شرایط یکنواخت اطلاق می گردد. جذب آلاینده در این حالت می تواند از طریق بلع یا تماس مستقیم انجام پذیرد. این فاکتور با فاکتور تغلیظ زیستی^۲ قابل مقایسه می باشد، با این تفاوت که فاکتور تجمع زیستی (BAF) برای سنجش میزان مواجهه از مسیرهای مختلف بکار می رود.

۱-۶ طبقه بندی حوادث آلودگی آب

با توجه به وسعت انتشار آلاینده های شیمیایی، میزان آسیب وارده به اجزاء اکوسیستم و تهدید مصارف آب می توان اثرات حوادث آلودگی را در سه گروه زیاد، متوسط، کم طبقه بندی نمود (۱۹).

الف) حوادثی با اثرات زیاد به مواردی اطلاق می گردد که دارای ویژگی های زیر باشند:

- توان ایجاد اثرات پایدار روی کیفیت آب یا حیات آبریان داشته باشند.
 - به شدت باعث مرگ ماهی ها شوند (در این سطح آلودگی بیش از ۱۰۰ قطعه ماهی تلف شده باید مشاهده گردد).
 - به شدت شرایط رضایت عمومی از کیفیت منابع آب را کاهش دهند.
 - نیاز به اقدامات اصلاحی گسترده داشته باشند.
 - بر میزان مطلوبیت آب اثر بر جسته بر جای گذارند.
- ب) در مواردی که حوادث آلودگی آب دارای اثرات متوسط می باشد قضاوت بر اساس موارد زیر انجام می پذیرد:
- مرگ معنی دار ماهی ها را به همراه داشته باشد (بین ۱۰-۱۰۰ قطعه ماهی تلف شده در رودخانه مشاهده گردد).
 - اثرات قابل اندازه گیری بر حیات بی مهرگان بر جای گذارد.
 - آب جهت ذخیره سازی نامناسب گردد.

1. Bio Accumulation Factor (BAF)
2. Bio concentration Factor (BCF)

- باعث ایجاد آلودگی در بستر مجرای گذر آب (رودخانه، نهر و...) گردد.
- به واسطه ایجاد رنگ یا کاهش شفافیت، باعث کاهش میزان مطلوبیت عمومی آب شود.
- باعث اعلان تذکر در خصوص مصارف مختلف آب گردد.
- ج) در مواردی که اثرات آلودگی آب در گروه کم قرار می گیرند صرفاً آلودگی در سطح یک منطقه کوچک ایجاد شده است و موارد زیر بیانگر این سطح از آلودگی خواهند بود:
 - اعلان تذکر در مصرف آب نیاز نمی باشد.
 - باعث مرگ کمتر از 10 عدد ماهی شده باشد و اثر برجسته ای بر سایر گونه‌های آبزی بر جای نگذارد.
 - هیچ اثر قابل مشاهده ای بر حیات بی مهرگان آبزی مشاهده نگردد.
 - آلودگی در بستر رودخانه و نهرها فقط به صورت منطقه ای و محلی رخ داده باشد.
 - آب جهت ذخیره سازی مناسب نباشد.
 - حداقل اثرات محیطی ایجاد گردد و مطلوبیت آب صرفاً در شرایط مرزی تحت تاثیر واقع گردد.
- پس از وقوع یک حادثه آلودگی برای منابع آب باید بر اساس شدت حادثه طبقه بندی، ثبت و در نهایت آنالیز حادثه انجام پذیرد. وقوع حادثه باید پس از حداکثر ۳۰ دقیقه به کارشناسان بررسی کننده در فیلد ارجاع گردد. پس از اعزام کارشناسان به منطقه ای که حادثه در آن رخ داده است براساس سطح اثرات، گزارش آلودگی مرتبط با سطح زیاد، متوسط و کم به ترتیب در زمان ۲ ساعت، ۴ ساعت و یک روز کاری تهیه گردد. گروه کارشناسی باید در بررسی موارد زیر را انجام دهد:
 - تأیید وقوع آلودگی در محل
 - تعیین نوع آلاینده تخلیه شده در محیط و شدت آن

- شناسایی منبع آلاینده (نوع وسیله نقلیه) و جمع آوری شواهد و مستندات کافی برای - پیگیری های قانونی

- تعیین اقدامات اصلاحی اولیه برای متوقف شدن انتشار آلودگی در محیط و جلوگیری از بازگشت آن

- مهیا نمودن اطلاعاتی و ارزیابی سریع میزان آلودگی در منابع آب و خاک (۱۹ و ۲۰)

۱-۷ طبقه بندی حوادث آلودگی خاک

خاک یکی از منابع مهم و ارزشمند طبیعت است که بدون داشتن خاک سالم حیات و زندگی روی زمین امکانپذیر نخواهد بود. قسمت عمده غذای انسان از زمین حاصل میشود. بنابراین برنامه ریزی برای داشتن خاکی سالم و تولید کننده، لازمه بقای انسان است. ورود ترکیبات آلاینده به خاک سبب تغییر کیفیت خاک می شود. همین مسئله باعث می شود که خاک از حالت طبیعی خود خارج شود. آلودگی خاک باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و کاهش رشد و نمو گیاهان و در نهایت منجر به فرسایش خاک و بیابانزایی می شود. از مهمترین منابع آلاینده خاک می توان به استخراج معادن، سوخت های فسیلی، کودها و سموم شیمیایی اشاره نمود. ترکیبات نفتی و مشتقات آن یکی از مهمترین آلاینده های خاک می باشند که می توانند در اثر استخراج، حمل و نقل یا ذخیره سازی موجب آلودگی خاک گردند. هر قدر مواد نفتی به عمق بیشتری از خاک نفوذ کنند رفع آن آلودگی مشکل تر خواهد بود. فلزات سنگین همچون سرب، کادمیوم و سلنیوم که در کلوئیدهای خاک ذخیره می شوند، بسیار خطرناک هستند و با ورود به چرخه غذایی زیان های جبران ناپذیری را به جای می گذارند. طبقه بندی حوادث آلودگی خاک را می توان با توجه به میزان آلودگی ایجاد شده در خاک انجام داد. در این خصوص آلودگی می تواند الف) محدود به خاک های سطحی باشد و یا ب) انتشار آلودگی به خاک های عمیق صورت گرفته باشد.

مهمترین معیارهایی که باید در طبقه بندی خاک ها در نظر گرفته شوند شامل pH، محتوای آلی خاک، رطوبت، دما و غلظت آلاینده های شیمیایی در خاک می باشد. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا خاک ها را بر اساس آلودگی در ۴ سطح طبقه بندی نموده است. در سطح ۱ خاک هایی قرار می گیرند که سطح آلودگی در آنها کمتر از حدود تعیین شده در جدول شماره ۱۲ باشد. این نوع خاک ها محدودیت کاربرد زیادی نداشته و به شرط عدم ایجاد تهدید برای سلامتی انسان می توانند در کاربری های مختلف نظیر خاک پوششی لندفیل مورد استفاده قرار گیرند. خاک های واقع در سطح ۲ دارای آلودگی سطح کم هستند. در این سطح میزان آلاینده بالاتر از مقادیر سطح ۱ است. هنگامیکه غلظت آلودگی مشخص نشده باشد، حداکثر غلظت آلاینده باید برای طبقه بندی این گروه مورد استفاده قرار گیرد. خاک های واقع در سطح ۳ دارای مقادیر آلاینده بالاتر از سطح ۲ می باشند. در این سطح نیز هنگامیکه غلظت آلودگی مشخص نشده باشد، حداکثر غلظت آلاینده باید برای طبقه بندی این گروه مورد استفاده قرار گیرد. خاک های واقع در سطح ۴ دارای مقادیر آلودگی بالاتر از حدود جدول شماره ۱۲ می باشند. این نوع خاک ها بودن بهسازی و اصلاح قابل دفع به محیط نمی باشند (۲۱).

جدول ۱۲: طبقه بندی خاک ها بر اساس غلظت آلاینده های شیمیایی و میزان نشت آلاینده (۲۱)

سطح ۳		سطح ۲		سطح یک غلظت بیشینه (میلیگرم در کیلوگرم وزن خشک)	آلاینده
بیشینه غلظت نشت (میلی گرم در لیتر)	غلظت بیشینه (میلیگرم در کیلوگرم وزن خشک)	بیشینه غلظت نشت (میلی گرم در لیتر)	غلظت بیشینه (میلیگرم در کیلوگرم وزن خشک)		
۵	۷۵۰	۰/۵	۲۰۰	۲۰	آرسنیک
۳۵۰	۳۰۰۰	۳۵	۳۰۰	۳۰۰	باریم
۰/۵	۴۰۰	۰/۱	۴۰	۳	کادمیوم
۵	۵۰۰۰	۰/۵	۵۰۰	۵۰	کل کروم

سطح ۳	سطح ۲		سطح یک	آلاینده	
	غلظت بیشینه (میلیگرم در کیلوگرم وزن خشک)	بیشینه غلظت نشت (میلی گرم در لیتر)			غلظت بیشینه در (میلیگرم در کیلوگرم وزن خشک)	بیشینه غلظت نشت (میلی گرم در لیتر)
-	۲۰۰۰	-	۲۰۰	۱	کروم ۶ ظرفیتی
۵	۳۰۰۰	۰/۵	۱۲۰۰	۳۰۰	سرب
۰/۱	۱۱۰	۰/۰۱	۳۰	۱	جیوه کل
۸	۳۰۰۰	۱	۶۰۰	۶۰	نیکل
۰/۰۳	۵۰	۰/۰۰۳	۲۰	۲	مجموع آلدین و دیلدین
۲	۱۰۰۰	۰/۲	۲۰۰	۲	مجموع DDT، DDD و DDE
۰/۰۰۵	۲۰	۰/۰۰۰۵	۲	۰/۰۸	بنزواپیرین
۵۰	۲۰۰۰	۱۴	۵۰۰	۲۵	فنل
-	۱۰۰۰	-	۶۵۰	۶۵	هیدروکربن های نفتی دارای ۹-۱۶ اتم کربن
-	۱۰۰۰۰	-	۵۰۰۰	۱۰۰۰	هیدروکربن های نفتی دارای ۱۰-۳۶ اتم کربن
-	۲۰۰	۰/۰۰۰۵ فاکتور معادل سمیت	۴۰	۲۰	کل هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای
۰/۰۰۲	۵۰	۰/۰۰۱	۲۰	۲	بی فنیل های پلی کلرینه
۰/۵	۵۰	۰/۰۵	۵	۱	بنزن
۱۴	۱۰۰۰	۱/۴	۱۰۰	۱	تولوئن
۳۰	۱۰۸۰	۳	۱۰۰	۳	ایتل بنزن
۵۰	۱۸۰۰	۵	۱۸۰	۱۴	زایلن
۱۰	۲۵۰۰	۱	۱۰۰۰	۳۲	کل سانید
۱۵۰	۱۰۰۰۰	۱۵	۳۰۰۰	۳۰۰	فلوراید

۸-۱ مسیرهای مواجهه انسان و جانداران با آلاینده‌های آب و خاک

مواجهه با آلاینده در انسان می‌تواند از مسیرهای جذب پوستی، بلع و تنفس انجام پذیرد. باید توجه داشت که سهم دریافت آلاینده های مختلف از طریق مسیرهای فوق متفاوت است. بطور مثال بیش از ۹۰ درصد مواجهه با هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی از طریق تنفس بوده و سهم مسیرهای دیگر کمتر از ۱۰ درصد می باشد. در حالیکه بیش از ۵۰ درصد مواجهه با سرب در انسان از مسیر بلع می باشد. در مجموع مواجهه با اغلب آلاینده های محیطی از طریق تنفس و بلع صورت می پذیرد. در جدول شماره ۱۳ مسیرهای تماس انسان با آلاینده های شیمیایی آب و خاک نمایش داده شده است. مواجهه سایر جانداران با آلاینده ها بر حسب نوع جاندار و محیط زیست آن متفاوت می باشد. در گیاهان مواجهه با آلاینده های محیطی از طریق جذب ریشه و برگ صورت می پذیرد. آبیان نیز از طریق جذب پوستی و بلع با آلاینده های آب تماس می یابند.

جدول ۱۳: مسیرهای مواجهه انسان به آلاینده های شیمیایی آب و خاک

محیط	راه‌های تماس/ دسترس
هوا	استنشاق بخار هوا استنشاق مواد بصورت ذره استنشاق بخار خاک
خاک	خوردن خاک تماس پوستی با خاک استفاده گیاهان آلوده بلع خاک آلوده منتقله از هوا (گرد و غبار آلوده) تماس پوستی با خاک آلوده منتقله از هوا (گرد و غبار آلوده) استنشاق مواد گیاهی منتقله از هوا تماس پوستی با خاک با منشاء آب بلع مواد گیاهی با منشاء آب

ادامه جدول ۱۳

<p>آب زیرزمینی</p>	<p>استفاده از آب زیرزمینی مورد استفاده در شبکه آب شهری استنشاق بخارات آب زیرزمینی مورد استفاده در شبکه آب شهری تماس پوستی با آب زیرزمینی مورد استفاده در شبکه آب شهری استنشاق بخارات آب زیر زمینی در طبقات زیرین زمین تماس پوستی با آبهای ناشی از نشت استنشاق بخارات آب ناشی از نشت استفاده گیاهان آلوده به آلاینده های آب زیرزمینی</p>
<p>آب سطحی</p>	<p>مصارف آب سطحی از طریق سیستم آبرسانی تماس پوستی با آب سطحی از طریق سیستم آبرسانی استنشاق بخارات آب سطحی از طریق سیستم آبرسانی استنشاق بخارات آب سطحی که در مصارف تفریحی کاربرد دارد مصرف گیاهانی که با آبهای سطحی آلوده آبیاری شده اند مصرف جانوران و گیاهان آبی</p>

۲- ارزیابی سریع حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

هدف از ارائه این بخش تامین موارد زیر است:

- الگویی برای اجرای واکنش سریع در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی ارائه گردد.
- ساختار سازمانی، اعضا و تجهیزات ضروری برای گروه واکنش سریع ارائه شود.
- کاربر بتواند با استفاده از کاربرگ های ارائه شده ارزیابی سریع حوادث را اجرا نماید.

۲-۱ الزامات اجرای اقدام سریع در ارزیابی حوادث جاده ای حمل مواد

شیمیایی

دسترسی به نقشه منطقه: این نقشه باید شامل جزییاتی به روز شده درباره نقشه تیپ خاک، شیب منطقه، رقوم ارتفاعی، پوشش گیاهی منطقه، جاندران حساس و در معرض انقراض، الگو رواناب سطحی و منابع آب (چاهها، دریاچه ها، رودخانه ها)، الگوهای زهکشی آب، ظرفیت و حجم حوضچه های نگهداری و دریاچه های موجود در سیستم های زهکشی، مکان های ذخیره ترکیبات خاص در منطقه و سایر تجهیزات موجود در منطقه باشد. شکل این نقشه باید به هماهنگ کننده اقدامات، ادارات مسئول نظیر محیط زیست، بهداشت و آتش نشانی برای مواقع اضطراری داده شود. نقشه باید مجهز به برگه راهنما بوده و نشانه گذاری شده و طراحی شده برای مواقع اضطراری باشد.

اقدامات فوری: وقتی یک نشت اتفاق می افتد روشهای خاصی باید دنبال شود که از آن جمله می توان اقدامات اولیه و آگاه کردن مقامات و پاکسازی و مستند سازی مناطقی که نشت اتفاق افتاده را نام برد.

شناسایی: تعیین نوع آلاینده، فرمولاسیون ترکیب، درصد ماده فعال، MSDS مواد، اسم و آدرس شرکت سازنده، مقصد انتقال ترکیبات، شرکت از رودی برگه اطلاعات قابل بررسی می باشد.

الزامات ایمنی: تمام گروه مسئول ارزیابی حوادث جاده ای باید با اصول کمکهای اولیه و ایمنی مواجهه مواد شیمیایی آشنا باشند. در هر مورد اتفاق نشت نگرانی اصلی سلامتی و تندرستی اشخاصی است که در محل و اطراف آن حضور دارند. دسترسی به جعبه کمکهای اولیه و تجهیزات حفاظت فردی در منطقه وقوع حادثه نیز ضرورت دارد. بدیهی است که اقدامات فردی برای هر نوع آلاینده متفاوت است. نگرانی اصلی در این شرایط به حداقل رساندن مواجهه آلودگی با گروه مسئول ارزیابی حوادث جاده ای می باشد. اقدامات بعدی هم می تواند شامل موارد زیر باشد:

- قبل از ورود به منطقه آلوده از تجهیزات حفاظت فردی استفاده شود.
- ارزیابی سریع میزان نشت برای تعیین اینکه آیا نیروی انسانی را در بر گرفته یا خیر

- حذف کلیه منابع احتراق (مانند چراغ ها، موتورهای الکتریکی و موتورهای بنزینی) به منظور جلوگیری از خطر آتش سوزی و انفجار بخارات قابل انفجار - در صورت آلودگی اعضاء گروه مسئول ارزیابی حوادث جاده ای، افراد امدادگر باید به سرعت مجهز به وسایل حفاظت فردی شده و مصدومان را به محل امن و در خلاف جهت باد انتقال دهند.

- رایبه کمکهای اولیه برحسب نیاز؛ بطور نمونه شستشوی چشم های آلوده با آب تمییز به مدت ۱۵ دقیقه

۲-۲ گروه مسئول ارزیابی سریع

گروه واکنش سریع مسئول انجام ارزیابی سریع حوادث تخلیه مواد شیمیایی در محیط میباشد. نیروی انسانی مورد نظر در ارزیابی سریع اثرات حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی باید توان شناسایی خصوصیات ترکیبات شیمیایی تخلیه شده در محیط، فعالیت های تاثیرگذار در انتشار آلاینده ها، پایش، نمونه برداری و تکمیل سیاهه های مرتبط را دارا باشند. بنابراین ترکیبی از تخصص های مختلف می تواند با هدف ارزیابی اولیه و سریع اثرات تخلیه ترکیبات شیمیایی در حوادث جاده ای مورد استفاده قرار گیرد. در جدول شماره ۱۴ تخصص های مورد نیاز برای گروه ارزیابی سریع ارائه شده است.

۲-۳ سیاهه ارزیابی سریع

با توجه به آنکه منطقه وقوع حادثه، نوع آلاینده، وسعت گسترش آلودگی، درجه حساسیت منطقه، پوشش گیاهی و بسیاری دیگر از متغیرهای تاثیرگذار در ارزیابی اثرات تخلیه مواد شیمیایی کاربرگ های شماره ۱ الی ۵ جهت ارزیابی سریع حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی قابل استفاده می باشند.

کاربرگ ۱: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه آب در آلودگی رودخانه ها و نهرها در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

الف- مشخصه عمومی رودخانه

- نام رودخانه:
- نوع رودخانه: دائمی فصلی سیل
- میزان آبدهی (متر مکعب در ثانیه):
- نام رودهای همجوار با ذکر فاصله (کیلومتر):
- نوع بستر رودخانه: سنگی شن و ماسه
- شیب رودخانه (درصد):
- سرعت جریان آب (متر در ثانیه):
- ارتفاع از سطح دریا (متر):
- گونه های غالب جانداران آبی: ماهی ها نرم تنان سخت پوستان غیره با ذکر مورد:
- وضعیت پوشش گیاهی در پیرامون رودخانه: جنگل انبوه جنگل تنگ مرتع بدون پوشش گیاهی
- مشخصات خاک در کرانه رودخانه: سنگریزه ای خاک سست خاک تثبیت شده

ب- مشخصه های اختصاصی آلودگی رودخانه

تاریخ وقوع حادثه
آدرس منطقه وقوع حادثه
مختصات جغرافیایی (طول و عرض)
نوع وسیله نقلیه: □ کامیون □ کامیونت □ تریلر □ کانتینر □ غیره با ذکر مورد
حجم ترکیب شیمیایی در وسیله نقلیه (متر مکعب):
حجم تقریبی ترکیب تخلیه شده به رودخانه (متر مکعب):
عناصر سمی یا آلاینده شاخص در آلودگی: □ فلزات سنگین با ذکر نام □ MTBE □ PAHS □ نفت سیاه □
گازوئیل □ بنزین □ سموم ارگانو کلره با ذکر نام □ سموم ارگانو فسفره با ذکر نام □ سایر سموم آفت کش با ذکر نام □ سایر آلاینده ها با ذکر نام
فاصله محل وقوع حادثه تا مناطق مسکونی
فاصله محل وقوع حادثه تا مخزن سد یا دریاچه
فاصله محل وقوع حادثه تا نزدیک ترین جاده با ذکر نام جاده و مسافت
فاصله محل وقوع حادثه تا تلاقی رودخانه با رودخانه های دیگر
مصارف آب در پائین دست تخلیه آلودگی: □ شرب □ کشاورزی □ صنعت □ سایر موارد با ذکر مصرف

ج- مشخصه های نمونه آب برداشت شده از رودخانه

تاریخ نمونه برداری:
مختصات ایستگاه ها نمونه برداری:
نام ایستگاه:
فاصله ایستگاه تا محل تخلیه آلودگی
نوع نمونه: □ ساده □ مرکب مکانی □ مرکب زمانی
عمق برداشت نمونه (متر)
عمق آب رودخانه در محل نمونه برداری (متر)
فاصله جانبی ایستگاه از ساحل رودخانه (متر)
عرض رودخانه در محل نمونه برداری (متر)
پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری: □ اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر) □ دما (درجه سیلیسیوس) □
PH (.....) □ سایر موارد با ذکر پارامتر و میزان آن
پارامترهای مورد نظر جهت اندازه گیری در آزمایشگاه:
شرایط حمل نمونه: □ در جعبه یخ در دمای کمتر از ۴ درجه سیلیسیوس □ سایر موارد با ذکر ویژگی های آن: ...
محافظت و نگهداری نمونه: □ تبدیل PH با افزودن
□ حذف کلر آزاد باقیمانده با افزودن تیو سولفات سدیم
□ افزودن حلال جهت تثبیت ترکیبات آلی
□ سایر موارد:
مشکلات برداشت نمونه: □ غرق شدن □ زمین های باتلاقی □ جانوران وحشی و حشرات موذی □ سایر موارد با ذکر خصوصیات ...
سایر ملاحظات:
نمونه بردار (نام و امضاء)

کاربرگ ۲: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه آب در آلودگی دریاچه ها و مخازن ذخیره آب در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

الف- مشخصه های عمومی دریاچه یا مخزن سد

- نام سد یا دریاچه
- نوع کاربری آب: □ شرب □ کشاورزی □ صنعت □ سایر موارد با درج ویژگی ها
- حجم مخزن یا دریاچه (متر مکعب):
- وسعت مخزن یا دریاچه (کیلو متر مربع):
- منابع تامین آب دریاچه/سد: □ رودخانه های فصلی با ذکر نام
- رودخانه دائم با ذکر نام
- پساب تصفیه شده با ذکر نام
- سیلاب ها
- آب حاصل از چشمه
- جهت وزش بادهای غالب در منطقه:
- سرعت بادهای غالب (m/s):
- گونه های غالب جانداران در مخزن: □ ماهی ها □ نرم تنان □ سخت پوستان □ سایر با ذکر نام
- وضعیت پوشش گیاهی در پیرامون مخزن: □ جنگل انبوه □ جنگل تنگ □ مرتع □ بدون پوشش گیاهی
- ارتفاع مخزن از سطح دریای آزاد (متر):
- مشخصات خاک در کرانه رودخانه: □ سنگریزه ای □ خاک سست □ خاک تثبیت شده

ب- مشخصه های اختصاصی آلودگی در مخزن

- تاریخ وقوع حادثه و تخلیه آلاینده به مخزن
- آدرس مختصات جغرافیایی محل تخلیه آلاینده
- نوع وسیله نقلیه حادثه دیده: □ کامیون □ کامیونت □ تریلر □ کانتینر □ غیره با ذکر مورد
- حجم ترکیب شیمیایی در وسیله نقلیه (t):
- حجم ترکیب تخلیه شده به مخزن (متر مکعب):
- عناصر سمی یا آلاینده شاخص در آلودگی
- فاصله محل تخلیه آلاینده تا بدنه سد (کیلومتر):
- فاصله محل تخلیه آلاینده تا نقطه برداشت آب (کیلومتر):
- میزان برداشت آب از سد یا دریاچه (متر مکعب در ثانیه):
- نوع سیستم آب برداشت شده از مخزن قبل از مصرف
- آیا خروجی سد آبه تالاب های پائین دست را تامین می کند؟

ادامه کاربرد ۲: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه آب در آلودگی دریاچه ها و مخازن ذخیره آب در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

ج- مشخصه های نمونه آب برداشت شده از مخزن ذخیره آب / دریاچه

تاریخ نمونه برداری:

مختصات ایستگاه نمونه برداری:

نام ایستگاه:

فاصله ایستگاه تا محل تخلیه آلودگی

نوع نمونه: □ ساده □ مرکب مکانی □ مرکب زمانی

عمق برداشت نمونه (متر)

عمق آب مخزن در محل نمونه برداری (متر)

فاصله جانبی ایستگاه از ساحل مخزن / دریاچه (متر)

پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری: □ اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر) □ دما (درجه سیلیسوس

□ pH (.....) □ سایر موارد با ذکر پارامتر و میزان آن

پارامترهای مورد نظر جهت اندازه گیری در آزمایشگاه:

شرایط حمل نمونه: □ در جعبه یخ در دمای کمتر از ۴ درجه سیلیسوس □ سایر موارد با ذکر ویژگی های آن: ...

محافظت و نگهداری نمونه: □ تعدیل pH با افزودن

□ حذف کلر آزاد باقیمانده با افزودن تیو سولفات سدیم

□ افزودن حلال جهت تثبیت ترکیبات آلی

□ سایر موارد:

مشکلات برداشت نمونه: □ غرق شدن □ عدم دسترسی به محل آلودگی □ نبود قایق و تجهیزات مناسب □ سایر

موارد با ذکر خصوصیات

سایر ملاحظات:

نمونه بردار (نام و امضاء)

کاربرگ ۳: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه آب در آلودگی تالاب ها در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

الف- مشخصه های عمومی تالاب

- نام تالاب
- نوع کاربری تالاب: □ شرب □ کشاورزی □ صنعت □ سایر موارد با درج ویژگی ها
- حجم تالاب (متر مکعب):
- وسعت تالاب (کیلو متر مربع):
- منابع تامین آب در تالاب:
- رودخانه های فصلی یا ذکر نام
- رودخانه دائم یا ذکر نام
- پساب تصفیه شده با ذکر نام
- سیلاب ها
- آب حاصل از چشمه
- جهت وزش بادهای غالب در منطقه:
- سرعت بادهای غالب (m/s):
- گونه های غالب جانداران در تالاب: □ ماهی ها □ نرم تنان □ سخت پوستان □ سایر با ذکر نام
- وضعیت پوشش گیاهی در پیرامون تالاب: □ جنگل انبوه □ جنگل تنگ □ مرتع □ بدون پوشش گیاهی
- میانگین ارتفاع آب در تالاب (متر):
- مشخصات خاک در کرانه رودخانه: □ سنگریزه ای □ خاک سست □ خاک تثبیت شده

ب- مشخصه های اختصاصی آلودگی در تالاب

- تاریخ وقوع حادثه و تخلیه آلاینده به تالاب
- مختصات جغرافیایی تخلیه آلودگی با تالاب
- نوع وسیله نقلیه حادثه دیده: □ کامیون □ کامیونت □ تریلر □ کانتینر □ غیره با ذکر مورد
- حجم ترکیب شیمیایی در وسیله نقلیه (م^۳):
- حجم ترکیب تخلیه شده به تالاب (متر مکعب):
- عناصر سمی یا آلاینده شاخص در آلودگی
- فاصله محل تخلیه آلودگی تا تالاب (کیلومتر):
- فاصله محل تخلیه آلودگی تا نقطه برداشت آب از تالاب (کیلومتر):
- میزان برداشت آب از تالاب (متر مکعب در ثانیه):
- سیستم برداشت آب از تالاب قبل از مصرف:

ادامه کاربرد ۳: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه آب در آلودگی تالاب ها در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

ج- مشخصه های نمونه آب برداشت شده از تالاب

- تاریخ نمونه برداری:
- مختصات ایستگاه نمونه برداری:
- نام ایستگاه:
- فاصله ایستگاه تا محل تخلیه آلودگی
- نوع نمونه: □ ساده □ مرکب مکانی □ مرکب زمانی
- عمق برداشت نمونه (متر)
- عمق آب در محل نمونه برداری (متر)
- فاصله جانبی ایستگاه از ساحل تالاب (متر)
- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری: □ اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر) □ دما (درجه سلیسیوس □ pH (.....) □ سایر موارد با ذکر پارامتر و میزان آن
- پارامترهای مورد نظر جهت اندازه گیری در آزمایشگاه:
- شرایط حمل نمونه: □ در جعبه یخ در دمای کمتر از ۴ درجه سلیسیوس □ سایر موارد با ذکر ویژگی های آن: ...
- محافظت و نگهداری نمونه: □ تعدیل pH با افزودن
- حذف کلر آزاد باقیمانده با افزودن تیو سولفات سدیم
- افزودن حلال جهت تثبیت ترکیبات آلی
- سایر موارد:
- مشکلات برداشت نمونه: □ غرق شدن □ عدم دسترسی به محل آلودگی □ نبود قایق و تجهیزات مناسب □ سایر موارد با ذکر خصوصیات ...
- سایر ملاحظات:
- نمونه بردار (نام و امضاء)

کاربرد ۴: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه آب در آلودگی منابع زیرزمینی در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

الف- مشخصه های عمومی منطقه وقوع آلودگی

- نوع منبع زیرزمینی: □ چاه نیمه عمیق (عمق کمتر از ۵۰ متر و یا برداشت از اولین لایه آبده)
- چاه عمیق (عمق بیش از ۵۰ متر و یا برداشت از چندین لایه آبده عمقی)
- چشمه □ چاه آرتزین □ قنات □ چاه تراوشی (فلمن)
- میزان آبدهی (متر مکعب در ثانیه):
- عمق منبع (متر):
- نوع کاربری منبع آب: □ شرب □ کشاورزی □ صنعت □ سایر موارد
- وضعیت پوشش گیاهی در پیرامون منبع آب: □ جنگل انبوه □ جنگل تنگ □ مرتع □ بدون پوشش گیاهی
- فاصله منبع آب از تاسیسات عمومی و سکونتگاه های انسانی:

ب- مشخصه های اختصاصی آلودگی

تاریخ وقوع حادثه و تخلیه آلاینده به محیط
مختصات جغرافیایی تخلیه آلودگی
نوع وسیله نقلیه حادثه دیده: □ کامیون □ کامیونت □ تریلر □ کانتینر □ غیره با ذکر مورد
حجم ترکیب شیمیایی در وسیله نقلیه (۳m):
حجم ترکیب تخلیه شده به محیط (متر مکعب):
عناصر سمی یا آلاینده شاخص در آلودگی:
فاصله محل تخلیه آلودگی تا منبع زیرزمینی (کیلومتر):

ج- مشخصه های نمونه آب برداشت شده از منبع زیر زمینی

تاریخ نمونه برداری: مختصات ایستگاه ها نمونه برداری:
فاصله منبع تا محل تخلیه آلودگی (متر):
نوع نمونه: □ ساده □ مرکب مکانی □ مرکب زمانی
عمق برداشت نمونه (متر): عمق آب در محل نمونه برداری (متر):
پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری: □ اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر) □ دما (درجه سلیسیوس
□ pH (.....) □ سایر موارد با ذکر پارامتر و میزان آن
پارامترهای مورد نظر جهت اندازه گیری در آزمایشگاه:
شرایط حمل نمونه: □ در جعبه یخ در دمای کمتر از ۴ درجه سلیسیوس □ سایر موارد با ذکر ویژگی های آن: ...
محافظت و نگهداری نمونه: □ تعدیل pH با افزودن □ حذف کلر آزاد باقیمانده با افزودن تیو سولفات سدیم
□ افزودن حلال جهت تثبیت ترکیبات آلی □ سایر موارد:
مشکلات برداشت نمونه: □ عدم دسترسی به محل آلودگی □ نبود تجهیزات مناسب □ سایر موارد با ذکر خصوصیات ...
سایر ملاحظات:
نمونه بردار (نام و امضاء)

کاربرگ ۵: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه خاک در آلودگی ناشی از حوادث

جاده ای حمل مواد شیمیایی

الف- مشخصه عمومی منطقه

نام منطقه:
نوع تپ خاک در منطقه: □ سنگی □ رسی □ ماسه □ نمکی □ سایر با ذکر مورد
وضعیت پوشش گیاهی در منطقه: □ جنگل انبوه □ جنگل تنگ □ مرتع □ بدون پوشش گیاهی
کاربری زمین: □ کشاورزی □ مسکونی □ صنعتی □ لم یزرع □ سایر با ذکر نوع کاربری
شیب منطقه (درصد):
ارتفاع از سطح دریا (متر):
گونه های غالب جانداران در منطقه: □ پرندگان □ نرم تنان □ سخت پوستان □ غیره با ذکر مورد:

ادامه کاربرد ۵: ارزیابی ویژگی های منطقه و مشخصه های نمونه خاک در آلودگی ناشی از حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

ب- مشخصه های اختصاصی آلودگی خاک

- تاریخ وقوع حادثه
- آدرس منطقه وقوع حادثه
- مختصات جغرافیایی (طول و عرض)
- نوع وسیله نقلیه: □ کامیون □ کامیونت □ تریلر □ کانتینر □ غیره با ذکر مورد
- حجم ترکیب شیمیایی در وسیله نقلیه (متر مکعب):
- حجم تقریبی ترکیب تخلیه شده به رودخانه (متر مکعب):
- عناصر سمی یا آلاینده شاخص در آلودگی خاک:
- فلزات سنگین با ذکر نام
- PAHS
- MTBE
- PCBs
- نفت سیاه
- گازوئیل
- بنزین
- سموم ارگانو کلره با ذکر نام
- سموم ارگانو فسفره با ذکر نام
- سایر سموم آفت کش با ذکر نام
- سایر آلاینده ها با ذکر نام
- فاصله محل وقوع حادثه تا مناطق مسکونی
- عمق آب های زیر زمینی در منطقه (متر):
- فاصله محل وقوع حادثه تا نزدیک ترین رودخانه، مخزن سد یا دریاچه (کیلومتر):
- فاصله محل وقوع حادثه تا نزدیک ترین جاده با ذکر نام جاده و مسافت (کیلومتر):

ج- مشخصه های نمونه خاک

- تاریخ نمونه برداری:
- مختصات ایستگاه نمونه برداری:
- نام ایستگاه:
- فاصله ایستگاه تا محل تخلیه آلودگی
- نوع نمونه: □ ساده □ مرکب مکانی □ مرکب زمانی
- عمق برداشت نمونه (متر)
- عمق انتشار آلودگی در خاک (متر)
- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری:
- پارامترهای مورد نظر جهت اندازه گیری در آزمایشگاه:
- شرایط حمل نمونه: □ در جعبه یخ در دمای کمتر از ۴ درجه سلیسیوس □ سایر موارد با ذکر ویژگی های آن: ...
- محافظت و نگهداری نمونه:
- مشکلات برداشت نمونه:
- نام نمونه بردار (نام و امضاء)

۲-۴ اجرای ارزیابی سریع حوادث جاده ای

ارزیابی سریع حوادث جاده ای، پایش آب و خاک و همچنین انجام اقدامات اولیه بهسازی بر عهده گروه واکنش سریع می‌باشد. مهمترین الزامات اجرای ارزیابی سریع موارد زیر می باشد:

- برقراری سیستم هشدار سریع^۱ حوادث جاده ای

-تشکیل گروه واکنش سریع

-تامین الزامات و تجهیزات گروه واکنش سریع

- تدوین برنامه عملیاتی گروه واکنش سریع

۲-۴-۱ استقرار سیستم هشدار سریع (EWS) حوادث جاده ای

مطابق تعریف استراتژی بین المللی کاهش خطرپذیری سازمان ملل، هشدار سریع عبارت از فراهم کردن به موقع و موثر اطلاعات از طریق نهادهای مشخص است که به افراد در معرض مخاطره کمک می کند که از ریسک اجتناب کنند، آنرا کاهش دهند و یا برای واکنش موثر به آن آماده باشند. به معنای دیگر، هشدار سریع را می توان به صورت مجموعه ای از ظرفیت های لازم برای تولید و پخش اطلاعات هشداردهنده به موقع و معنادار تعریف کرد که افراد، جوامع و سازمان های تهدید شده توسط یک ریسک را قادر می سازد در برابر مخاطرات آماده شوند، به درستی رفتار کنند و در زمان کافی، امکان آسیب یا زیان را کاهش دهند. چهار عنصر سیستم های موثر هشدار سریع عبارت از دانش ریسک، پایش و خدمات هشدار، پخش و ابلاغ هشدار و واکنش اضطراری می باشد. این چهار عنصر نشان می دهند که این سیستم بر مبنای ارزیابی ریسک و آسیب پذیری بنیان شده است. همچنین، هشدار سریع باید با در نظر گرفتن اقدامات کوتاه و بلند مدت به طور مناسب به اطلاع برسد و ظرفیت واکنش مردم در معرض ریسک را تضمین کند. یک سیستم کامل و موثر هشدار سریع از اطلاع

1. Early warning system

از خطرپذیری شروع و تا آمادگی و اقدام در هشدار سریع در نوسان است. آمادگی برای اقدام و واکنش به مخاطرات زیست محیطی موجود و در حال تغییر، حیاتی می باشند. این امر شامل سیستم‌های هشدار سریع موثر و اقدامات احتیاطی ضروری می‌باشد. سیستم هشدار سریع باید در ستاد بحران هر استان مستقر گردد و دبیرخانه مرتبط با حوادث جاده‌ای حمل مواد شیمیایی در مرکز بهداشت هر شهر تاسیس گردد. دبیر این مرکز مدیر مرکز بهداشت شهر خواهد بود. کلیه دبیرخانه‌های استانی نیز تحت نظارت دبیرخانه کشوری مستقر در وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی فعالیت خواهند نمود. تمامی ستادهای بحران استفاده از سیستم هشدار سریع بر مبنای عناصر چهار گانه این سیستم برای به حداقل رساندن آثار و صدمات حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی بر سلامت انسان، گیاهان و سایر جاندارن به صورت زیر قابل اجرا می باشد:

دانش ریسک: این عنصر متناظر بر جمع آوری اطلاعات و تشکیل یک بانک اطلاعاتی است که دربرگیرنده اطلاعات جاده های کشور، سوابق حوادث جاده ای، نوع مواد شیمیایی موضوع حمل و نقل، نقاط حادثه خیز، مناطق با حساسیت بالای زیست محیطی، آلاینده های خطرناک در حمل و نقل جاده ای، تعداد، نوع و ظرفیت وسایل نقلیه حمل مواد شیمیایی است. بنابراین ضرورت دارد که اطلاعات فوق در دبیرخانه هر شهر و ستاد بحران استان مهیا و نگهداری شوند. همچنین مشخصات و آدرس تماس اعضاء گروه واکنش سریع باید در این مراکز موجود باشد تا در مواقع لزوم بتوان به سرعت به اعضاء دسترسی داشت. برای اطمینان از دسترسی به کلیه اعضاء، مناسب است که از هر تخصص حداقل ۳ نفر بعنوان جایگزین به ستاد معرفی شوند و اطلاعات آنها موجود باشد.

پایش و خدمات هشدار: در این عنصر با شناخت کافی از شرایط موجود که از عنصر دانش ریسک بدست می آید مجموعه اقداماتی نظیر آموزش رانندگان،

تربیت گروه ارزیابی سریع حوادث جاده ای، ارائه مجوز اقدام به موسسات دولتی یا خصوصی برای اقدام سریع پس از حوادث صورت می پذیرد. اجرای آموزش های فصلی به گروه های واکنش سریع و انجام مانورهای برنامه ریزی شده سایر اجزاء این بخش را تشکیل می دهد. مسئول اجرای این بخش دبیرخانه حوادث جادهای حمل ترکیبات جاده ای می باشد.

پخش و ابلاغ هشدار: تامین نیروی انسانی، تامین تجهیزات مقابله با انتشار آلودگی پس از رخداد حوادث جاده ای، تهیه نقشه حمل و نقل جاده ای و نقاط پرخطر و همچنین نقشه مناطق حساس با استفاده از GIS از الزامات این مرحله است. نیروی انسانی گروه واکنش سریع مجموعه کارشناسانی هستند که از سازمان محیط زیست، شهرداری، راهداری، منابع طبیعی، آتش نشانی، دانشگاه علوم پزشکی و شرکت آب و فاضلاب به دبیرخانه معرفی می شوند.

واکنش اضطراری: در این عنصر اقداماتی عملی مقابله با انتشار آلودگی و اجرای پایش اثر صورت می پذیرد. این اقدامات بوسیله افراد آموزش دیده عضو گروه واکنش سریع که دارای دانش و تجربه کافی هستند اجرا می شود. مهمترین مسئولیت ها و اعضاء گروه واکنش سریع در جدول شماره ۱۴ درج شده است. سامانه ارتباطی گزارش گیری و گزارش دهی گروه واکنش سریع از طریق سیستم ارتباطات چند لایه ای و مطمئن نظیر تلفن ثابت، خطوط اینترنت، تلفن همراه، تلفن ماهواره ای، شبکه بی سیم و پیک انجام می پذیرد. این فناوری ها جزء الزامات اساسی در دریافت گزارش ها حوادث جاده ای از عموم مردم، پلیس جاده ای، ارگان های امداد جاده ای و ... می باشد. همچنین با استفاده از این سیستم، گزارش سریع و مطمئن حادثه برای گروه اقدام سریع میسر خواهد شد. در مجموع سیستم هشدار سریع حوادث جاده ای باید واجد قابلیت های برجسته ای باشد که مهمترین آنها به شرح موارد زیر است:

- توانایی ارسال و دریافت پیامهای صوتی در حجم و سرعت بالا
- توانایی ارسال و دریافت چندرسانه‌ای Multi media
- توانایی ارسال پیام‌ها و دستورات از قبل طراحی شده از طریق سیستم‌های پیام سریع کوتاه SMS
- توانمندی ضبط و ثبت کلیه مکالمات و طبقه بندی در فایل‌های قابل بازیافت
- توانایی در ارسال اخبار و درخواست‌ها از طریق رسانه های ملی
- توانمندی در مانیتورینگ شبکه های فیبری داخلی و خارجی و دریافت آخرین اطلاعات حوادث از طریق ماهواره
- برقراری ارتباطات و خطوط مطمئن ارتباطی و حفاظت شده اختصاصی (فیبر نوری)

۲-۴-۲ دستورالعمل عملیات واکنش سریع در حوادث جاده ای

- مجموعه اقدامات در هنگام رخداد حوادث جاده حمل مواد شیمیایی مشتمل بر موارد متوالی زیر می باشد. این اقدامات در مرکز ستاد بحران و دبیرخانه حوادث جاده ای پیگیری و انجام می گردد. فعالیت این مرکز باید بصورت ۲۴ ساعته بوده و از نیروی انسانی آموزش دیده برای هدایت این مرکز استفاده شود.
- دریافت اطلاعات مربوط به حادثه از طریق سامانه ارتباطی گزارشگیری
 - مخابره حادثه به گروه واکنش سریع منطقه مربوطه
 - مخابره حادثه به پلیس، آتش نشانی، ارگان های امداد گر و ستاد حوادث غیر مترقبه منطقه
 - بررسی صحت و سقم اخبار دریافتی و شدت حادثه از طریق برقراری تماس با مسئول گروه اقدام سریع مستقر در محل وقوع حادثه
 - دریافت گزارش ساعتی از مسئول گروه اقدام سریع مستقر در محل وقوع حادثه

- هماهنگی با ستاد حوادث غیر مترقبه، هلال احمر، پلیس و راهداری در صورت لزوم
- تکمیل کاربرگ های ارزیابی حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی توسط گروه واکنش سریع
- انجام عملیات پایش اثر در منابع آب و خاک آلوده
- اجرای اقدامات بهسازی محیطی در منابع آب و خاک آلوده به مواد شیمیایی
- تهیه گزارش از حادثه
- اعلام وضعیت عادی پس از دریافت گزارش اتمام کنترل حادثه از مسئول گروه اقدام سریع
- افراد گروه باید از قبل با نحوه استفاده از نقشه های ماهواره ای و لایه های رقومی، موقعیت یاب جغرافیایی موقعیت یاب جغرافیایی، وسایل نمونه برداری و تجهیزات سنجش آلاینده ها آشنا باشند بطوریکه بتوانند به آسانی برای ثبت موقعیت نقاط از نقشه استفاده نمایند؛ موقعیت مکانی نقاط را ثبت نمایند؛ نمونه برداری از آب و خاک را با دقت بالا انجام دهند؛ قادر به استفاده سریع تجهیزات اندازه گیری قابل حمل باشند و در صورت لزوم نسبت به کالیبره نمودن تجهیزات اقدام نمایند.
- افراد گروه واکنش سریع باید به نحوه تکمیل کاربرگ های ارزیابی سریع آشنایی کامل داشته باشند، به نحوی که در کوتاه ترین زمان ممکن خصوصیات منطقه را شناسایی نموده؛ نوع ماده شیمیایی تخلیه شده به محیط را تشخیص دهند؛ حجم تقریبی مواد شیمیایی تخلیه شده را برآورد نمایند و کلیه موارد را در کاربرگ ثبت نمایند.
- همه افراد گروه باید مجهز به وسایل حفاظت فردی مناسب و موبایل بوده و ملزم به ارائه شماره تلفن همراه خود به سایر اعضاء گروه باشند.

پرونده هایی برای ثبت اطلاعات حوادث جاده ای تشکیل شده و در آنها علاوه بر کاربرد ها، جزئیات اقدامات انجام شده مشتمل بر روش های بهسازی، میزان خاک جابجا شده، نوع جاذب بکار رفته، میزان اتلاف آبیان و ... ثبت گردد.

۲-۴-۳ اعضای گروه و تجهیزات ضروری گروه واکنش سریع

گروه واکنش سریع مسئول ارزیابی سریع حادثه، انجام پایش آب و خاک و اجرای اقدامات بهسازی می باشد. اعضاء و مسئولیتهای این گروه در جدول شماره ۱۴ معرفی شده است. پس از دریافت گزارش از مرکز EWS حوادث جاده ای این گروه فوراً به منطقه وقوع حادثه اعزام شده و مطابق دستورالعمل مصوب اقدام به ارائه راهنمایی کنترل انتشار نموده، کاربرگهای شماره ۱ تا ۵ را تکمیل و پایش اثر را به اجرا می‌رساند. جزئیات اقدامات انجام شده باید به مرکز EWS حوادث جاده ای بصورت ساعتی مخابره شده و پس از اتمام فعالیت گزارش و یک نسخه از کاربرگ های تکمیل شده به مرکز فوق ارسال گردد.

تامین تجهیزات ضروری گروه واکنش سریع باید از قبل پایش بینی شده و با توجه به نقشه پهنه بندی شده حوادث جاده ای در کشور این تجهیزات در اختیار سازمان مسئول قرار گیرد. این تجهیزات مشتمل بر موارد زیر می باشد:

- دستگاه موقعیت یاب جغرافیایی موقعیت یاب جغرافیایی

- نقشه منطقه

- تجهیزات مخابراتی گزارشدهی و گزارشگیری نظیر بی سیم و موبایل

- کامپیوتر قابل حمل

- دوربین

- دستگاه فیلم برداری و شکل برداری

- متر

- دستگاه های قابل حمل آنالیز آب و خاک در محل

- جاذب های مصنوعی مناسب برای مقابله با انتشار ترکیبات شیمیایی مایع در خاک
 - وزنه های بتونی یا فلزی به منظور فشار بر جاذب
 - دسترسی به خاک رس و سازه های پیش ساخته مناسب برای ایجاد بند و احداث سیستم سیستم زهکش
 - پلاستیک های ضخیم، پوشش های پلی اتیلنی و یا کرباس قیر اندود برای پوشاندن آلودگی و ممانعت از انتشار در هوا
 - تانکر آب و سیستم های آب پاش
 - دسترسی به بولدوزر، کامیون و تجهیزات ایجاد خاکریز و سد برای جلوگیری از انتشار آلاینده
 - تجهیزات نمونه برداری از آب و خاک (ظروف، نگهدارنده، جعبه یخ و ...)
 - پمپ های لجن کش و پمپ آب برای هدایت و جمع آوری آلاینده
 - ظروف حجیم فلزی / پلاستیکی و یا کانتینرهایی برای انتقال ترکیبات شیمیایی جمع آوری شده از محیط
 - بر حسب جهت نشان گذاری و درج اطلاعات بر روی ظروف انتقال ترکیبات شیمیایی
- (۲۲)

جدول ۱۴: نیروی انسانی مورد نیاز برای ارزیابی سریع حوادث جاده‌ای حمل مواد شیمیایی، پایش کیفیت منابع آب و خاک و اجرای اقدامات بهسازی در محل

ردیف	تخصص	سمت	شرح وظایف
۱	بهداشت محیط یا محیط زیست	مدیر گروه	مدیریت گروه طراحی و اجرای برنامه پایش آب و خاک ارزیابی سریع و جامع اثرات تخلیه ترکیبات شیمیایی بر آب و خاک طراحی و نظارت بر فعالیت های بهسازی کنترل کیفیت اقدامات مختلف میدانی توسط کارشناسان و تکنسین ها تایید گزارش نهایی
۲	بهداشت محیط با تخصص سنجش آلاینده های محیطی محیط زیست با تخصص آلاینده محیطی	کارشناس ارزیابی و بهسازی	ارزیابی سریع و جامع اثرات ترکیبات شیمیایی بر منابع آبی و خاک شناسایی و بررسی فعالیت های تاثیرگذار در انتشار آلاینده ها در آب و خاک تهیه مدل مفهومی از انتشار آلودگی در منابع آب و خاک کمک به طراحی و اجرای برنامه پایش کمک به طراحی و اجرای برنامه های بهسازی تکمیل سیاهه ها و تهیه گزارش اولیه جمع بندی گزارش ها کارشناسان بخش های مختلف و تدوین گزارش نهایی
۳	زمین شناس زیست محیطی	کمک کارشناس	کمک به طراحی و اجرای برنامه پایش کمک در ارزیابی سریع و جامع اثرات ترکیبات شیمیایی بر خاک
۴	منابع آب	کمک کارشناس	کمک در طراحی و اجرای برنامه پایش کمک در ارزیابی سریع و جامع اثرات ترکیبات شیمیایی بر منابع آبی
۵	بهداشت محیط با تخصص آنالیز آب و خاک شیمی با تخصص آنالیز آب و خاک	کمک کارشناس	تعیین روشهای حمل نگهداری و آماده سازی نمونه انجام آنالیزهای میدانی و آزمایشگاهی کنترل کیفیت نمونه برداری و آنالیز ارزیابی آزمایشگاه های همکار ارائه گزارش آنالیز و اعتبار سنجی داده ها
۶	آمار	کارشناس آمار	طراحی برنامه پایش تحلیل آماری داده ها گزارش تحلیل آماری
۷	نرم افزار با تخصص بانک های اطلاعاتی و سیستم اطلاعات جغرافیایی	کارشناس رایانه	تهیه بانک داده ها و اطلاعات تهیه نقشه های انتشار آلاینده ها یا استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه گزارش مرتبط
۸	بهداشت محیط	تکنسین نمونه برداری	نمونه برداری، حمل، نگهداری نمونه ها
۹	بهداشت حرفه ای	کارشناس ایمنی	کنترل ایمنی اجرای فعالیت ها در مراحل مختلف پایش و بهسازی

جایجایی نفرات در منابع آب، در صورت ضررت برای نمونه برداری از رودخانه، مخازن ذخیره و دریاچه	قابق ران	۱۰
حمل و نقل نمونه	راننده	۱۱
انجام اقدامات مورد نظر مدیر گروه	کارگر خدماتی	۱۲

۵-۲ اجرای ارزیابی ریسک^۱

عموماً آلاینده های شیمیایی در محیط در مقادیر جزئی حضور داشته و ایجاد صدمات حاد بر موجودات نمی نمایند. در اینگونه شرایط مواجهه طولانی مدت انسان و سایر موجودات می تواند منجر به ایجاد عوارض مزمن آلاینده های خطرناک نظیر سرطان، جهش و یا ناقص الخلقه زایی گردد. در حالیکه حوادث جاده های حمل مواد شیمیایی عاملی برای توزیع مقادیر بالای ترکیبات سمی در محیط های آبی و خاک مهیا نموده و موجب می گردند که علاوه بر اثرات مزمن، اثرات حاد مواجهه با آلاینده ها قابل برآورد گردد. ارزیابی ریسک فرآیندی است که با هدف محاسبه یا برآورد خطر موجود برای یک ارگانیزم، سیستم یا جمعیت بکار می رود و مشتمل بر شناسایی عدم قطعیت ها، مواجهه با یک عامل خاص، گزارش ویژگی های ذاتی یک عامل و مشخص کردن سیستم هدف می باشد. با این توصیف ارزیابی ریسک روشی علمی برای برآورد اثرات عوامل شیمیایی بر انسان و جانوران مهیا می نماید که خروجی آن می تواند خطر سرطان اضافی در کل عمر، نسبت خطر، احتمال انقراض، نسبت ریسک و پارامترهایی نظیر آن می باشد. ارزیابی خطر سلامتی در چهار گام شناسایی مخاطرات^۲، ارزیابی دوز پاسخ^۳، ارزیابی مواجهه^۴ و توصیف خطرات^۵ به انجام می رسد. نگرانی در خصوص ترکیبات هنگامی تشدید می گردد که دریابیم روش های موجود ارزیابی ریسک قادر به منعکس نمودن رفتار پیچیده این گونه مواد نمی باشند.

1 برگرفته از منابع شماره 23، 24 و 25

2 Hazard Identification

3 Dose –Response Assessment

4 Exposure Assessment

5 Risk Characterization

۵-۲-۱ طبقه بندی ریسک تخلیه ترکیبات شیمیایی در آب و خاک

گروه واکنش سریع با کاربرد روش های کمی سازی ریسک می تواند رخداد حوادث را برآورد و احتمال وقوع و اثرات آنها را طبقه بندی و شدت ریسک را با یکدیگر مقایسه نماید. در این خصوص گروه می تواند احتمال و شدت وقوع یک حادثه را با استفاده از الگوی ارائه شده در جداول شماره ۱۵ و ۱۶ بررسی نماید. در این جداول احتمال وقوع حوادث جاده ای در ۶ طبقه به شدت غیر محتمل، بسیار غیر محتمل، غیر محتمل، قدری غیر محتمل، نسبتاً محتمل و محتمل قرار می گیرد. این پارامتر بیانگر تناوب زمانی رخداد حادثه می باشد که با توجه به نوع ترکیب موجود در وسایل نقلیه می توان برای هر ترکیب شیمیایی مختلف تناوب زمانی رخداد حوادث جاده ای را در نظر گرفت. همچنین شدت وقوع حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی نیز در ۶ طبقه کم، قابل توجه، معنی دار، شدید، عظیم و فاجعه بار قابل بررسی می باشد. این پارامتر متناظر با اثرات تخلیه ترکیب بر محیط، آثار زیان بار آن بر سلامتی انسان، اثرات سوء بر جانداران و بخصوص آبریان و همچنین کاربری زمین های آلوده شده می باشد.

جدول ۱۵: احتمال وقوع حوادث جاده ای مرتبط با حمل مواد شیمیایی

طبقه	محدوده
۱	به شدت غیر محتمل وقوع حادثه یکبار در هر میلیون سال
۲	بسیار غیر محتمل وقوع حادثه یکبار در هر ۱۰ هزار تا یک میلیون سال
۳	غیر محتمل وقوع حادثه یکبار در هر ۱۰۰ سال تا ۱۰ هزار سال
۴	قدری غیر محتمل وقوع حادثه یکبار در هر ۱۰ تا ۱۰۰ سال
۵	نسبتاً محتمل وقوع حادثه یکبار در هر ۱ تا ۱۰ سال
۶	محتمل وقوع حادثه حداقل یکبار در هر سال

جدول ۱۶: شدت وقوع حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

طبقه	محدوده
۱	کم Minor فاقد اثر خاص بر سلامت انسان و سایر جانداران هیچ گونه شکایت را به همراه ندارد. اثرات صرفاً محدود به ناحیه تخلیه آلودگی می باشد.
۲	قابل توجه Noticeable باعث ایجاد اثرات قابل توجهی می گردد. باعث نقض اندکی در حدود مجاز تخلیه آلاینده ها به محیط می گردد ولی اثرات مضر برای محیط زیست در پی ندارد. باعث ایجاد شکایت های محدودی از طرف عموم می گردد (۱ الی ۲ شکایت عمومی)
۳	معنی دار Significant حدود مجاز تخلیه آلاینده های به محیط به شدت نقض می گردند. شکایات عمومی بسیاری را به همراه دارد. اثرات مضر شدید و پایداری را به همراه دارد.
۴	شدید Severe نیازمند اعلان اختطار عمومی و اجرای طرح های اضطراری می باشد. آلاینده های شیمیایی تخلیه شده به منابع آب مسافتی به طول ۸۰۰ متر را تحت تاثیر قرار می دهند.
۵	بسیار شدید Major شدت آلودگی باعث تخلیه عمومی منطقه شود. موجب ایراد ناتوانی موقت و بستری شدن بسیاری گردد. اثرات سمی شدیدی بر گونه های محافظت شده و حساس بر جای گذارد. صدمات گسترده ولی ناپایداری را به همراه داشته باشد. در مسافتی به طول بیش از ۸۰۰۰ متر در طول رودخانه مرگ معناداری از ماهیان را در پی داشته باشد.
۶	فاجعه بار Catastrophic منجر به تعطیلی سایت و یا تغییر کاربری زمین گردد. باعث ایراد آلودگی شدید بر منابع زیرزمینی یا حوزه های آبریز شده. باعث تلفات شدیدی بر آبریزان گردد.

در نهایت گروه واکنش سریع می تواند مطابق الگوی ارائه شده در جدول شماره ۱۷ اثرات تخلیه ترکیبات شیمیایی در حوادث جاده ای را طبقه بندی نماید. این طبقه بندی در ۳ طبقه مجزا و به صورت زیر قابل اجرا می باشد.

الف) در صورتیکه امتیاز طبقه بندی شدت و احتمال وقوع حوادث کمتر از ۶ باشد: در این حالت حادثه اثرات سوء کمی بر محیط وارد می نماید؛ اثرات صرفاً محدود به ناحیه تخلیه آلودگی می باشد و در محیط گسترش نیافته است؛ آلودگی بر منابع آب ناچیز است؛ در این حالت اجرای ارزیابی سریع حادثه کفایت می نماید؛ مطابق

الگوی ارائه شده در بخش ۱-۶، آلودگی آب در سطح یک (آلودگی کم) بوده و اعلان تذکر در خصوص مصارف آب ضرورت ندارد. همچنین مطابق الگوی ارائه شده در بخش ۱-۷، آلودگی خاک نیز در سطح یک قرار دارد. اقدامات اصلاحی ضروری قابل انجام توسط گروه واکنش سریع مشتمل بر پاکسازی با استفاده از روش های فیزیکی نظیر ایجاد بند و زهکشی می باشد.

ب) در صورتیکه امتیاز طبقه بندی شدت و احتمال وقوع حوادث بین ۸ تا ۱۲ باشد: در این حالت حادثه باعث ایجاد اثرات قابل توجهی در محیط می گردد ولی اثرات پایداری در محیط ایجاد نمی نماید؛ باعث ایجاد شکایت های محدودی از طرف عموم می گردد؛ مطابق الگوی ارائه شده در بخش ۱-۶ و ۱-۷، آلودگی آب در سطح ۲ (دارای اثرات متوسط) و آلودگی خاک نیز در سطح ۲ (آلودگی متوسط) قرار داشته و آلاینده های منابع آب و خاک دارای اثرات قابل اندازه گیری بر حیات می باشد. در اینگونه حوادث جاده ای گروه واکنش سریع باید با اجرای اقدامات اصلاحی فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیک محدود برای رفع آلودگی در منابع آب و خاک اقدام نماید.

ج) در صورتیکه امتیاز طبقه بندی شدت و احتمال وقوع حوادث بیش از ۱۵ باشد: در این شرایط حدود مجاز تخلیه آلاینده ها به محیط به شدت نقض می گردند؛ سطح آلودگی در آب و خاک در طبقه شدید می باشد. آلاینده های شیمیایی تخلیه شده به منابع آب مسافتی به طول ۸۰۰ متر را تحت تاثیر قرار می دهند؛ حادثه آلودگی منابع سطحی و زیرزمینی آب را به همراه داشته و باعث تلفات شدیدی در آبریان می گردد؛ در این شرایط کاربرد روش های فیزیکی نظیر احداث بندها و سیستم های زهکشی برای جلوگیری از گسترش آلودگی ضرورت دارد؛ کاربرد بوم ها و سایر تجهیزات کنترل آلودگی در منبع ضرورت دارد؛ گروه واکنش سریع باید با اجرای روش های بهسازی و اصلاح زیستی و شیمیایی در محل یا خارج محل برای رفع آلودگی در میان مدت و بلند مدت برنامه ریزی و اقدام نماید.

جدول ۱۷: طبقه بندی شدت و احتمال وقوع حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

شدت رخداد حوادث جاده‌ای						احتمال رخداد
فاجعه بار Catastrophic	برجسته Major	شدید Sever	برجسته Significant	قابل توجه Noticeable	کم Minor	
۶	۵	۴	۳	۲	۱	به شدت غیر محتمل
۱۲	۱۰	۸	۶	۴	۲	بسیار غیر محتمل
۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	غیر محتمل
۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	قدری غیر محتمل
۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	نسبتاً محتمل
۳۶	۳۰	۲۴	۱۸	۱۲	۶	محتمل

۵-۲-۲ مدیریت ریسک

گروه واکنش سریع در هنگام بررسی آلودگی ناشی از تخلیه ترکیبات شیمیایی به آب و خاک باید سه فاکتور اساسی را در ارزیابی ریسک ناشی از آنها بر انسان و محیط زیست بررسی نماید (شکل شماره ۶). این سه فاکتور عبارت از عوامل آلاینده تخلیه شده به آب و خاک، محیط یا جاندار پذیرنده آلاینده و مسیر مواجهه با آلاینده می‌باشند. آلاینده تخلیه شده به محیط از نظر نوع، غلظت تخلیه، نحوه و شرایط توزیع و پراکندگی در محیط و همچنین میزان پایداری و نیمه عمر قابل بررسی بوده و خروجی های آن در ارزیابی مواجهه و در نهایت در کمی سازی ریسک مداخله می‌نمایند. نوع آلاینده در حوادث جاده ای بسیار متفاوت بوده و می‌تواند شامل ترکیبات خنثی تا ترکیبات بسیار سمی و پایدار متغییر باشد. پذیرنده آلودگی می‌تواند انسان، گیاهان، آبزیان یا جانوران خشکی زی باشند. نوع و درجه حساسیت پذیرنده در شدت اثرات حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی بسیار نقش دارد. اثرات همچنین می‌توانند باعث تغییر در کاربری زمین و

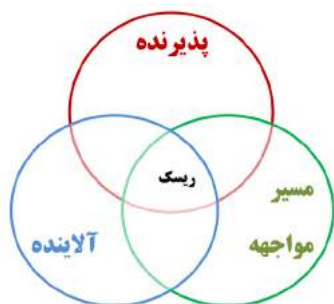
آب بصورت موقت یا دائم گردند. با توجه به موارد فوق برای اجرای ارزیابی ریسک تخلیه مواد شیمیایی در حوادث جاده ای گروه واکنش سریع می تواند الگوی زیر اقدام نماید:

- غربالگری ریسک در آب و خاک آلوده شده با ترکیبات شیمیایی

- مدیریت موقت ریسک در منطقه با اجرای ارزیابی سریع

- ارزیابی ریسک کمی با جزئیات کامل به هدف برآورد ریسک سلامتی و اکولوژیک

- ارائه روش ها و مقیاس هایی جهت کاهش دائمی ریسک مواد شیمیایی در منطقه



آلوده به مواد شیمیایی. اجزاء نمونه

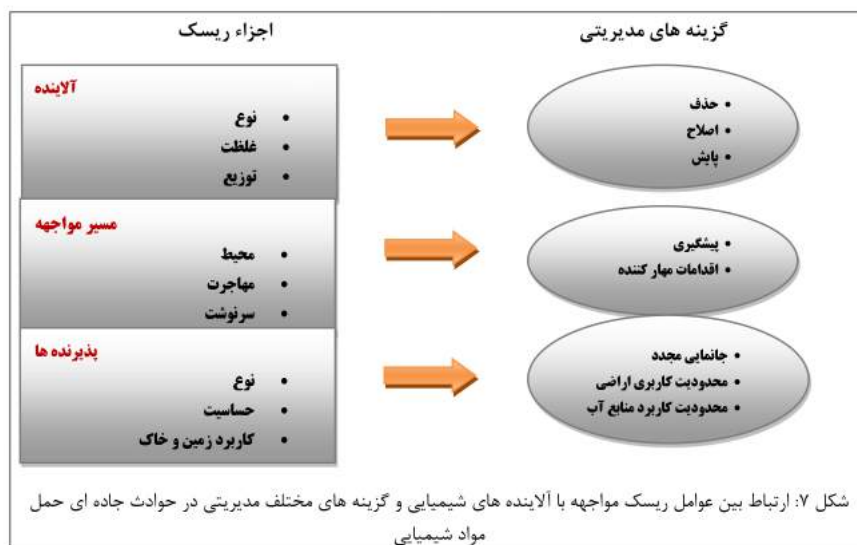
وار مدیریت ریسک ناشی از رها سازی

ترکیبات شیمیایی در حوادث جاده ای

در شکل شماره ۷ نمایش داده شده

است.

شکل ۶: عوامل موثر در ارزیابی ریسک مواجهه با آلاینده های شیمیایی در حوادث جاده ای



۳- پایش آلودگی آب و خاک در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

هدف از این بخش آن است که اعضاء گروه اقدام سریع بتوانند:

هدف و استراتژی اجرای پایش را مشخص نمایند.

پارامترهای با اهمیتی که باید اندازه گیری شوند را تعیین نمایند.

نسبت به برآورد تعداد نمونه مناسب از آب های سطحی، آب زیرزمینی و خاک اقدام نمایند.

بطور صحیح از آب و خاک نمونه برداری نمایند.

نمونه های برداشت شده را در شرایط مناسب به آزمایشگاه منتقل نمایند.

شیوه گزارش دهی مناسب را اتخاذ نمایند.

روش های مناسب تضمین بازخورد گزارش ها را برگزینند.

۳-۱ تعیین هدف پایش

تعیین هدف اولین گام در اجرای پایش است و بنابراین پایش باید بر اساس اهداف مشخص و از پایش معین شده انجام پذیرد. به طور معمول فعالیت های پایش با تهیه یک طرح مطالعاتی همراه هستند که در آن اهداف برنامه پایش و محدوده مطالعاتی ارائه می شود. پایش انواع و سطوح مختلف دارد که عبارتند از:

پایش وضعیت پایه: هدف اصلی این پایش شناسایی شرایط پایه در آب و خاک است. به عبارتی غلظت اولیه آلاینده های شیمیایی در منبع مشخص می شود. این پایش به منظور شناخت شرایط کیفیت آب و خاک در یک محدوده جغرافیایی معین انجام می شود، به همین دلیل بیش از آن که یک پایش کامل باشد یک فهرست برداری یا ارزیابی از وضع موجود است، زیرا تغییرات را در طول زمان نشان نمی دهد. این پایش اغلب در مواردی انجام می شود که اطلاعات کیفی در مورد آن منبع وجود ندارد.

پایش اثر: ارزیابی تاثیر فعالیت های مختلف بر کیفیت آب/ خاک و بررسی روند

تاثیرپذیری محیط در اثر ورود آلاینده ها ناشی از فعالیت های انسانی و وقایع طبیعی هدف این پایش می باشد. پایش اثر به دو صورت کوتاه مدت و بلند مدت انجام میشود. پایش اثر کوتاه مدت اغلب مواقعی انجام می شود که حادثه ای ناشی از فعالیت های انسانی یا وقایع طبیعی رخ میدهد و ممکن است بر کیفیت آب/ خاک اثر گذارد. پایش اثر بلند مدت، برای ارزیابی اثر فعالیت های انسانی یا طبیعی در یک دشت یا آبخوان انجام می شود.

پایش روند: پایش روند برای تشخیص تغییرات احتمالی کیفیت آب و خاک در طول زمان تحت تاثیر عوامل مختلف، انجام می شود. اندازه گیری ها به طور مستمر و با فاصله زمانی مشخص انجام می شود تا محدوده و روند تغییرات یک پارامتر در طول زمان اغلب ۱۰ ساله یا بیشتر، مشخص گردد. برای اطمینان از تشخیص صحیح روندها، لازم است برنامه پایش کمترین تغییر را در طول زمان داشته باشد و عناصر یا اجزای برنامه مانند محل ایستگاه ها، تناوب نمونه برداری، زمان نمونه برداری، روش های نمونه برداری و آنالیز و تجزیه و تحلیل آنها ثابت باشد.

پایش سازگاری: هدف پایش سازگاری اطمینان از انطباق کیفیت آب و خاک با الزامات قانونی یا نیازمندی های کاربران آب می باشد. پایش سازگاری شامل شش مرحله مراقبت یا نظارت (بازرسی اولیه مانند مشاهدات میدانی به منظور کسب اطلاعات کلی پیش از ورود تجهیزات پایش به منطقه)، بازداری (مرور داده ها و اطلاعات قبلی، مشاهدات، نمونه برداری، آنالیز و مصاحبه در منطقه)، بررسی (کامل تر از مرحله بازداری است و در صورت احتمال وجود آلودگی جدی آب/ خاک انجام می شود)، بررسی سوابق (بررسی همه داده ها و اطلاعات موجود جمع آوری شده از منطقه)، جمع آوری اطلاعات موردنظر (کسب اطلاعات دقیق تر درباره موضوع مورد نظر یا شرایط محیطی) و اصلاح پایش سازگاری (اصلاح مراحل قبلی) می باشد.

در پایش منابع آب و خاک سه سطح از پایش، و به شرح زیر، باید مورد نظر قرار

گیرد. اعضاء گروه واکنش سریع مسئول تشخیص سطح پایش بوده و باید نسبت به اجرای آن اقدام نمایند:

- **پایش اثر کوتاه مدت:** در تعیین میزان آلودگی منابع آب و خاک پس از وقوع حوادث جاده ای در یک منطقه

- **پایش اثر بلند مدت:** در صورتی که میزان حوادث جاده ای در مناطقی از کشور زیاد بوده و مشروط به آنکه اثرات سایر منابع آلاینده بر آب و خاک قابل اغماض و یا قابل تفکیک باشد، پایش اثر بلند مدت می تواند اجرا گردد.

- **پایش سازگاری:** با هدف اطمینان از انطباق کیفیت آب یا خاک با الزامات قانونی یا نیازمندی های کاربران

- **پایش روند:** با هدف بررسی بهبود کیفیت منابع آبی و خاک در طول زمان پس از حوادث جاده ای

بنابراین اجرای پایش آب و خاک باید بتواند به سوالات زیر پس از نشت آلاینده های شیمیایی به محیط در اثر حوادث جاده ای پاسخ دهد:

آیا تخلیه ترکیبات شیمیایی در منطقه کیفیت آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار داده است؟ (پایش اثر)

آیا تخلیه ترکیبات شیمیایی در منطقه کیفیت رودخانه و نه‌رهای پذیرنده را تحت تاثیر قرار داده است؟ (پایش اثر)

آیا تخلیه ترکیبات شیمیایی در منطقه کیفیت مخزن ذخیره آب و دریاچه ها را تحت تاثیر قرار داده است؟ (پایش اثر)

آیا تخلیه ترکیبات شیمیایی در منطقه کیفیت تالاب را تحت تاثیر قرار داده است؟ (پایش اثر)

آیا تخلیه ترکیبات شیمیایی در منطقه خاک منطقه را تحت تاثیر قرار داده است؟ (پایش اثر)

آیا کیفیت منابع آبی پس از تخلیه ترکیبات شیمیایی برای کاربری شرب مناسب است؟ (پایش سازگاری)

آیا کیفیت منابع آبی پس از تخلیه ترکیبات شیمیایی برای کاربری کشاورزی مناسب است؟ (پایش سازگاری)

آیا کیفیت منابع آبی پس از تخلیه ترکیبات شیمیایی برای کاربری عمومی و صنعتی مناسب است؟ (پایش سازگاری)

آیا کیفیت خاک پس از تخلیه ترکیبات شیمیایی برای کاربری کشاورزی مناسب است؟ (پایش سازگاری)

آیا کیفیت خاک پس از تخلیه ترکیبات شیمیایی برای کاربری صنعتی مناسب است؟ (پایش سازگاری)

آیا کیفیت خاک پس از تخلیه ترکیبات شیمیایی برای کاربری های عمومی مناسب است؟ (پایش سازگاری)

آیا کیفیت خاک پس از تخلیه ترکیبات شیمیایی برای کاربری تفریحی مناسب است؟ (پایش سازگاری)

آیا کیفیت منابع آب با گذشت زمان پس از حوادث جاده ای بهبود یافته است؟ (پایش روند)

آیا غلظت آلاینده های شیمیایی در خاک با گذشت زمان پس از حوادث جاده ای کاهش یافته است؟ (پایش روند)

۳-۲ تعیین استراتژی پایش آلودگی در آب و خاک

پس از تعیین هدف پایش باید طراحی استراتژی و برنامه پایش انجام شود. بدین منظور لازم است تا در ابتدا یک مدل مفهومی از محیط پذیرنده آلاینده (آب سطحی، آب زیر زمینی، دریاچه، مخزن ذخیره سد یا خاک)، آلاینده منتشر شده در اثر حادثه جاده ای و عوامل تاثیر گذار در انتشار یا حذف آن در محیط تهیه شود. مدل

مفهومی بیانی ساده از سیستم پذیرنده آلاینده است که می تواند شامل اطلاعاتی درباره زمین شناسی، خصوصیات هیدرولوژیکی منطقه، مسیرهای جریان آب های سطحی و زیرزمینی، کیفیت پایه آب، نفوذپذیری خاک، سرعت انتقال آلاینده در خاک، جنس خاک، نوع آلاینده منتشر شده در اثر حادثه، مساحت دریاچه یا مخزن ذخیره آب، سرعت وزش باد، سرعت تجزیه نوری آلاینده، قابلیت جذب آلاینده توسط ذرات، میزان تجزیه پذیری آلاینده و سایر پارامترهایی باشد که در ارائه مدل مفهومی موثر می باشند. پس از تهیه مدل مفهومی انجام هرگونه ارزیابی کیفیت از خاک یا منابع آبی امکان پذیر خواهد شد. اعضاء گروه واکنش سریع مسئول تعیین استراتژی پایش میباشند.

۳-۳ تعیین محدوده و وسعت منطقه پایش

تعیین محدوده پایش از مهم ترین گامها در طراحی برنامه پایش است. انتخاب مناسب این محدوده پایشگر را در انتخاب درست ایستگاه های نمونه برداری در منابع آب و خاک و عمق هایی که بیش ترین احتمال دستیابی به داده های مورد نیاز برای رسیدن به هدف پایش در آنها وجود دارد، یاری می رساند. وسعت محدوده پایش وابسته به خصوصیات آلاینده، محیط پذیرنده و کمیت آلودگی منتشر شده در پذیرنده می باشد. محدوده پایش هدف باید شامل سطح و عمقی از خاک یا منابع آبی باشد که در آن احتمال قابل قبولی وجود دارد که اگر ایستگاه در محل مناسبی قرار گیرد، با آلاینده تلاقی یابد. گام های متوالی برای تعیین محدوده پایش را می توان در چهار مورد زیر بیان نمود:

گام اول: ثبت ویژگی های محل روی یک نقشه توپوگرافی پایه

گام دوم: تهیه مدل مفهومی برای بیان نحوه انتشار آلاینده در آب/ خاک

گام سوم: تخمین محدوده و وسعت منطقه تحت تاثیر انتشار آلاینده

محدوده پایش هدف در آب های زیر زمینی ممکن است شامل فقط بخشی از یک

آبخوان بسیار ضخیم (بیش از ۱۰ متر)، یا ممکن است چند واحد زمین شناسی را در برگیرد و محل های مناسب برای قرارگیری ایستگاه ها را نشان می دهد. این محدوده با تعیین شعاع اثر قابل اندازه گیری می باشد. همچنین در آب های سطحی نیز ممکن است محدود پایش محلی و در مقیاس کوچک و یا در مقیاس منطقه ای و وسیع باشد. در خاک های آلوده شده با ترکیبات شیمیایی نیز محدوده پایش می تواند صرفاً محدود به لایه های سطحی و یا در اعماق زیاد باشد. همچنین با توجه به گستردگی انتشار آلاینده، محدوده پایش خاک می تواند محلی، منطقه ای یا ملی باشد. محدوده مشخص شده پایش برای باید بر روی نقشه هایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و در صورت امکان ۱:۲۵۰۰۰ مشخص شود.

۳-۴ پارامترهای پایش در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی

پارامترهایی که در حوادث جاده ای حمل ترکیبات شیمیایی باید پایش گردند کاملاً در ارتباط با موادی می باشد که در این حوادث به منابع آب و خاک تخلیه می گردند. توجه به سرعت تجزیه ترکیب در محیط، متابولیت های تجزیه محیطی آلاینده و قابلیت ماندن با ذرات و سایر اجزاء محیطی نیز در انتخاب پارامترهایی که باید پایش گردند موثر می باشند. درجه حرارت و pH هرچند جزء آلاینده های هدف نیستند، ولی با توجه به تاثیری که بر سایر پارامترهای کیفیت و فرآیندها می گذارند باید همواره در آلودگی های محیطی اندازه گیری شوند. پارامترهای شاخص آلاینده ای کاملاً مرتبط با ترکیب تخلیه شده به محیط دارد. پارامترهای پایش آب صرف نظر از نوع آلودگی و با توجه به نوع کاربری آب در پایین دست در جدول شماره ۱۸ ارائه شده اند. همچنین در یک قضاوت کلی می تواند پارامترهای شاخص در تخلیه ترکیبات مختلف به محیط را با توجه به جدول شماره ۱۹ تعیین نمود.

جدول ۱۸: پارامترهای شاخص پایش از نقطه نظر نوع کاربری آب

ردیف	نوع کاربری آب	شاخص پایش
۱	حیات وحش و آبیان	میزان جریان، اکسیژن محلول، دما، pH، هدایت الکتریکی، مواد مغذی، شرایط اوتروفیک، سنجش سمیت زیستی
۲	مقاصد تفریحی	میزان جریان، مواد مغذی، کلروفیل، ترکیبات خطرناک، جنبه های زیبایی شناختی
۳	شرب	عناصر جزئی، نیترات، شوری، TDS، میزان جریان، VOCs، حشره کش های آلی، فلزات سنگین سمی، آلاینده های آلی پایدار
۴	پرورش ماهی و صدف	جیوه، کلردان، سموم آلی، PCBs

جدول ۱۹: پارامترهای شاخص پایش در حوادث آلودگی آب و خاک در اثر حوادث حمل

ترکیبات شیمیایی

پارامترهای شاخص پایش اثر	حادثه
کل هیدروکربن های نفتی، PAHs، فلزات سنگین، BTEX، MTBE	واژگونی تریلر حامل بنزین یا گازوئیل
MTBE، متابولیت های آن نظیر استات و فرمالدئید	واژگونی تریلر حامل MTBE ^۱
pH، فلزات سنگین	واژگونی تریلر حامل اسید و قلیا
فلزات سنگین نظیر کروم، نیکل، کادمیوم	واژگونی تریلر حامل لجن تصفیه خانه فاضلاب
نیترات، نیتريت، ارتوفسفات، آمونیم	واژگونی تریلر حامل کودهای کشاورزی
با توجه به نوع سموم تخلیه شده به محیط پایش آلاینده هدف و متابولیت های آن انجام پذیرد.	واژگونی تریلر حامل سموم آفات نباتی
بسته به نوع ترکیب تخلیه شده به محیط متفاوت بوده و می تواند شامل آنتی بیوتیک ها، هورمون ها، تالیم باشد	واژگونی تریلر حامل ترکیبات دارویی
حلال هایی نظیر تولوئن، زایلن؛ استیرن، ونیل کلراید، تتراکلرواتیلن، ارتو دی کلرو بنزن	واژگونی تریلر حامل مواد اولیه صنایع تولید پلاستیک
کادمیوم، باریم، کروم، سیانید	واژگونی تریلر حامل مواد اولیه کارخانجات فولاد و ذوب فلزات
پنتا کلرو فنل	واژگونی تریلر حامل مواد اولیه کارخانجات چوب و کاغذ
تتراکلرواتیلن، پرکلرو اتیلن، او ۲ و ۴ تری کلرو بنزن	واژگونی تریلر حامل مواد اولیه صنایع نساجی و خشکشویی ها

1. Methylene tert buthyle eter

۳-۵ نیروی انسانی مورد نیاز جهت پایش کیفی منابع آب و خاک

گروه نیروی انسانی مورد نظر در ارزیابی اثرات حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی بر کیفیت منابع آب و خاک باید توان ارزیابی سریع و شناسایی خصوصیات ترکیبات شیمیایی تخلیه شده در محیط، فعالیت های تاثیرگذار در انتشار آلاینده ها، تهیه مدل های مفهومی انتشار آلاینده، طراحی الگوی پایش، نمونه برداری و آنالیز آلاینده ها، کنترل کیفیت، تحلیل داده ها، تهیه نقشه های پراکندگی و ثبت و گزارش نهایی را دارا باشند. بنابراین ترکیبی از تخصص های مختلف می تواند با هدف ارزیابی کامل اثرات تخلیه ترکیبات شیمیایی در حوادث جاده ای مورد استفاده قرار گیرد. گروه واکنش سریع مسئول اجرای وظایف فوق بوده و تخصص های مورد نیاز و شرح وظایف آنها در جدول شماره ۱۴ ارائه شده است.

۳-۶ پایش آب در رودخانه ها و نهرها^۱

۳-۶-۱ تعداد نمونه آب

یکی از پارامترهای موثر در افزایش اعتبار فرایند طراحی پایش انتخاب تعداد مناسب نمونه است. بدیهی است که تعداد نمونه در بررسی کیفیت آب های با کیفیت ضعیف باید نسبت به آب های با کیفیت خوب بیشتر باشد. تعداد نمونه مورد نیاز تابعی از درجه اعتماد بوده و می تواند با استفاده از رابطه ۳-۱ تعیین گردد:

$$n = \left[\frac{t(a) \times h \times s}{D} \right]^2 \quad (\text{رابطه ۳-۱})$$

در این رابطه n تعداد نمونه مورد نیاز، $t(a)$ درجه آزادی احتمال a (با حد اطمینان ۹۵٪ مقدار آن ۱/۹۶ می باشد)، h خطای برآورد صدک ها (برای صدک ۹۵ این مقدار برابر با ۱/۶۴ در سطح اطمینان ۹۵٪ می باشد و برای میانگین مقدار این پارامتر برابر با یک است)، s انحراف معیار و D عبارت از میزان اطمینان به اندازه گیری می باشد. میزان اطمینان ضروری را برابر نصف تفاوت بین مقادیر رهنمود آلاینده در آب یا خاک و صدک ۹۵ آن در نظر بگیرید. همچنین برای تعیین میزان صدک ۹۵ می توان

۱. در تدوین پایش آب در رودخانه ها و نهرها از منابع شماره ۲۶ تا ۲۸ استفاده شده است

از رابطه زیر استفاده نمود:

$$95^{\text{th}} \text{ value (microgram per litre)} = \text{mean} + 1,64 \times \text{standard deviation}$$

اغلب نمونه های آب از راه پر کردن ظرف، در کم ترین فاصله از سطح آب به دست می آید. این روش به نام غوطه ور کردن یا نمونه برداری ساده شناخته می شود. نمونه های ترکیبی از اختلاط حجم های برابر از این نوع نمونه ها تهیه می شوند و تخمینی از میانگین شرایط کیفیت آب را فراهم می کنند. در شرایط زیر نمونه به صورت ساده برداشته می شود:

هنگامی که انتظار نمی رود غلظت اجزا و عوامل مورد بررسی با زمان یا مکان تغییر کند .

داده های شرایط حدی (به عبارت دیگر منتهی الیه تغییرات عوامل محیطی) مورد نظر باشد.

هنگامی که که غلظت اجزا و عوامل مورد بررسی با زمان یا مکان تغییر کند، نمونه به صورت ترکیبی برداشته شود. نمونه های مجزا که نمونه ترکیبی را تشکیل می دهند، به نسبت های مساوی و یا متناسب با دبی جریان آب در زمان نمونه برداری، با هم ترکیب شوند. برای برآورد تعداد نمونه مرکب مورد نیاز در رودخانه ها و نهرها، در صورتیکه ترکیبات شیمیایی از تخلیه فاضلاب صورت پذیرد، می توان از جدول شماره ۲۰ برای برآورد تعداد نمونه استفاده نمود. در این جدول مبنای تعیین ایستگاه های نمونه برداری صرفاً عمق در نظر گرفته شده است.

جدول ۲۰: برآورد تعداد نمونه مرکب از رودخانه و نهرها جهت آنالیز آب

تعداد نمونه از عمق	تعداد ایستگاه	نوع جریان آب	میانگین تخلیه آلاینده (m ^۳ /s)
۱	۲	نهر کوچک	<۵
۲	۴	نه‌های متوسط	۵-۱۴۰
۳	۶	رودخانه	۱۵۰-۱۰۰۰
۴	≥۶	رودخانه بزرگ	>۱۰۰۰

۳-۶-۲ ایستگاه نمونه برداری در رودخانه ها

در اندازه گیری ترکیبات شیمیایی در رودخانه و نه‌ها، نمونه برداری باید در چندین نقطه از عرض و عمق در ایستگاه نمونه برداری انجام پذیرد. در صورتیکه تنها یک نمونه بخواهیم برداشت نمائیم، نمونه برداری باید از مرکز رودخانه انجام پذیرد. در نمونه برداری از رودخانه، مکانی باید به عنوان ایستگاه نمونه برداری انتخاب گردد که آب در آن به خوبی مخلوط شده باشد. در صورتیکه ترکیبات شیمیایی مایع ناشی از حوادث جاده ای به رودخانه تخلیه گردند، ایستگاه نمونه برداری در پائین دست نقطه اختلاط انتخاب گردد. اختلاط کامل آلاینده با جریان اصلی رودخانه ممکن است پس از چندین کیلومتر انجام پذیرد. برای تعیین نقطه دقیق اختلاط کامل می توان با اندازه گیری دمای آب در رودخانه عمل نمود. همچنین می توان این فاصله را از جدول شماره ۲۱ برآورد کرد. در پایش اثر، حداقل تعداد ۱۲ نمونه در سال برای حوضه های بزرگ که تقریباً حوضه آنها یکصد هزار کیلومتر مربع وسعت داشته باشند و حداکثر ۲۴ نمونه در سال برای حوضه های کوچک با مساحت تقریبی ده هزار کیلومتر مربع مورد نیاز است. در ایستگاه های پایش سازگاری نیز در صورتی که کیفیت منبع آب آشامیدنی کنترل می شود از حالت روزانه تا هفتگی می تواند متغیر باشد. پایش در خصوص مصارف صنعتی و کشاورزی از هفتگی تا ماهیانه می تواند متغیر باشد. به طور کلی نوع کاربری آب در فواصل زمانی نمونه برداری موثر است. هرچه میزان حساسیت کاربری آب نسبت به کیفیت آن بیش تر باشد باید فواصل زمانی نمونه برداری کاهش یابد.

۳-۷ پایش آب در دریاچه‌ها و مخازن ذخیره^۱

در نمونه‌برداری از مخازن ذخیره آب نظیر سدها و دریاچه‌ها، مکان نمونه‌برداری و تعداد نمونه بسیار متغییر است، زیرا کیفیت آب در این گونه منابع از مکانی به مکان دیگر و از زمانی به زمان دیگر متفاوت است. بنابراین ضرورت دارد قبل از نمونه برداری ابتدا یک بررسی مقدماتی برای اطمینان از انتخاب درست ایستگاه‌های نمونه برداری انجام پذیرد. در این بررسی پارامترهایی نظیر جریان‌های تغذیه کننده دریاچه، جریان‌های خروجی از دریاچه، جریان باد و شکل طبیعی دریاچه باید لحاظ گردند. اگر اختلاط در دریاچه به خوبی انجام شده باشد برداشت یک نمونه از مرکز یا عمق ترین نقطه کفایت می‌کند. البته اگر دریاچه بسیار بزرگ بوده و دارای چندین نقطه عمیق، بیشتر از یک نمونه لازم است. در یک قاعده کلی می‌توان از رابطه زیر برای تعیین تعداد نمونه مورد نیاز از دریاچه‌های مخازن ذخیره آب استفاده کرده:

$$\text{تعداد نمونه آب} = \text{Log}(10 \cdot \text{مساحت به } \text{km}^2)$$

یکی از پدیده‌های موثر در کیفیت آب در مخازن ذخیره که در فرآیند انتخاب ایستگاه نمونه برداری اختلال ایجاد می‌نماید پدیده لایه بندی حرارتی در دریاچه است. برای پی بردن به این پدیده اندازه گیری دما در یک متر پائین تر از سطح و یک متر بالاتر از بستر دریاچه باید انجام پذیرد و در صورتیکه اختلاف دما بیش از ۳ درجه باشد بیانگر لایه بندی حرارتی در دریاچه است. در این شرایط نیز برداشت بیش از یک نمونه از اعماق مختلف دریاچه ضرورت دارد. در دریاچه‌ها و مخازن با عمق بیش از ۱۰ متر ابتدا باید موقعیت لایه ترموکلاین، با بررسی تغییر دما در عمق، مشخص و سپس حداقل تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری به صورت زیر تعیین گردد:

- اولین نمونه: یک متر زیر سطح مخزن
- دومین نمونه: دقیقاً بالای سطح ترموکلاین
- سومین نمونه: دقیقاً زیر لایه ترموکلاین

۱. در تدوین پایش آب در دریاچه‌ها و مخزن ذخیره آب از منابع شماره ۲۷ و ۲۹ استفاده شده است.

• چهارمین نمونه: بالاتر از رسوبات بستر دریاچه یا برکه، به صورتیکه باعث ایجاد اختلاط در رسوبات بستر نگردد.

نکته: در صورتیکه عمق لایه ترموکلاین بیش از چند متر باشد، برداشت چندین نمونه از اعماق مختلف آن ضرورت دارد. تعداد ایستگاه تابعی از طول رودخانه، سطح آلودگی و منابع آلودگی می باشد.

جدول ۲۱: فاصله بر آورد شده برای اختلاط کامل ترکیبات شیمیایی مایع ورودی به رودخانه

فاصله بر آورده شده برای اختلاط کامل (کیلومتر)	عمق آب در رودخانه (متر)	میانگین عرض رودخانه (متر)
۰/۰۸ - ۰/۷	۱	۵
۰/۰۵ - ۰/۳	۲	
۰/۰۳ - ۰/۲	۳	
۰/۳ - ۲/۷	۱	۱۰
۰/۲ - ۱/۴	۲	
۰/۱ - ۰/۹	۳	
۰/۰۸ - ۰/۷	۴	
۰/۰۷ - ۰/۵	۵	
۱/۳ - ۱۱	۱	۲۰
۰/۴ - ۴	۳	
۰/۳ - ۲	۵	
۰/۲ - ۱/۵	۷	
۸ - ۷۰	۱	۵۰
۳ - ۲۰	۳	
۲ - ۱۴	۵	
۰/۸ - ۷	۱۰	
۰/۴ - ۳	۲۰	

۳-۸ پایش آب های زیر زمینی^۱

۳-۸-۱ تعداد نمونه و مکان یابی نمونه برداری از آب های زیرزمینی

۱. در تدوین پایش آب در دریاچه ها و مخزن ذخیره آب از منابع شماره ۲۷، ۳۰ و ۳۱ استفاده شده است.

تعداد نقاط نمونه برداری در منابع زیرزمینی به وسعت محدوده آلودگی، پیچیدگی هیدروژئولوژیکی محیط، میزان انتشار آلاینده و کاربری آب بستگی دارد. مهم ترین عامل در انتخاب تعداد نقاط نمونه برداری در منابع زیرزمینی شناخت یا پیش بینی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی است. زیرا اگر تغییرات مکانی زیاد باشد، تعداد بیش تری نقطه باید نمونه برداری شوند. در بررسی های اجمالی و پایش پایه اغلب حداقل تعداد ایستگاه های نمونه برداری برابر با ۱۰ تا ۳۰ نقطه است. از آنجائیکه در حوادث جاده ای پایش اثر و پایش سازگاری مورد نظر قرار می گیرند، تعداد ایستگاه ها به موقعیت عوامل تاثیر گذار بر کیفیت آب بستگی دارد و باید بر اساس مدل مفهومی که تهیه می شود، تعداد نقاط نمونه برداری تعیین شوند. در پایش سازگاری نیز تعداد ایستگاه ها به موقعیت منابع برداشت آب و میزان انتشار آلاینده بستگی دارد. بطور کلی در انتخاب تعداد نمونه و مکان یابی ایستگاه ها باید موارد زیر لحاظ گردند:

- در صورت وجود چاه هایی در پیرامون منطقه تخلیه آلودگی باید از آنها به عنوان ایستگاه های نمونه برداری و پایش آلودگی استفاده شود.
- پراکنش نقاط نمونه برداری در منطقه انتشار آلودگی را می توان بر اساس سه روش تصادفی، سطح بندی و جهت بندی انتخاب نمود. در روش تصادفی از چاه ها، چشمه ها و قنات های منطقه تعداد مورد نیاز به صورت تصادفی انتخاب می شود. در روش ناحیه بندی منطقه مورد مطالعه به نواحی تا حد امکان مشابه تقسیم و تعداد ایستگاه ها در هر ناحیه متناسب با مساحت آن انتخاب می شود. در روش جهت بندی نیز در جهت حرکت یا گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی نقاط نمونه برداری تعیین شده و سپس بر اساس موقعیت آنها ایستگاه های نمونه برداری در مسیر حرکت آب از بالا دست منابع آلاینده تا پایین دست آن انتخاب می شوند.
- در صورت عدم وجود چاه جهت نمونه برداری، می توان در مسیر حرکت آب

زیرزمینی چاه حفر کرد. عمق چاه ها با توجه به عمق و ضخامت لایه آبدار مورد نظر و عمقی که احتمال مشاهده آلاینده های هدف در آن وجود دارد، تعیین می شود.

- در واحدهای هیدرولوژیک ضخیم که تغییرات کیفیت آب با عمق زیاد است، واحد هیدرولوژیک بر اساس عمق یا ویژگی های سنگ شناسی یا هر دو، به دو یا چند قسمت تقسیم و در هر قسمت جداگانه نمونه برداری انجام شود.

- اغلب آلوده ترین ناحیه در نزدیکی سطح تا عمق چند ده متری قرار دارد که دلیل آن نزدیکی به منابع آلاینده است. و این در حالی که اغلب چاه ها برای جلوگیری از آلودگی در اعماق بیش تر قرار دارند. بنابراین ممکن است نیاز به حفر چاه های جدید برای شناسایی این آلودگی ها باشد.

- به هنگام نمونه برداری از چاه هایی که با عمق زیاد (تا چند صد متر) حفر شده اند، ممکن است نمونه برداشت شده مخلوطی از آب ورودی به چاه از اعماق مختلف و با کیفیت های متفاوت باشد. در این حالت تشخیص کیفیت آب در یک لایه غیرممکن است و در صورت نیاز به تعیین کیفیت آب در اعماق مختلف یا یک لایه خاص، نیاز به حفر چاه های جدید باشد.

- نمونه برداری در آبخوان های سطحی در دو عمق مختلف انجام پذیرد. یک نمونه در عمق حدود سه متر زیر سطح ایستابی و دیگری حدود ۱۲ متر زیر سطح ایستابی برداشت نمونه انجام پذیرد.

کاهش آلودگی می تواند در طی فیلتراسیون، ته نشینی ذرات معلق و نفوذ که وابسته به ویژگی های فیزیکی و هیدرودینامیک آبخوان است، رخ دهد. فراریت بیشتر به خواص آلاینده و نه آبخوان یا آب زیرزمینی بستگی دارد. فرایندهای بیو زمین شیمیایی که سرنوشت آلاینده ها را در طی انتقال به آب زیرزمینی تعیین می کنند،

عبارت از انحلال، ته نشینی، جذب، تشکیل کمپلکس، تبادل یونی و تخریب زیستی می باشند. این فرآیندها به طبیعت آبخوان (کانی ها، ترکیب شیمیایی، محتوای مواد آلی و حضور باکتری ها) و طبیعت آب زیرزمینی که به ترکیب آبخوان وابسته است، بستگی دارند. در جدول شماره ۲۲ فرایندهای غالب موثر بر انتقال و سرنوشت آلاینده ها و اثرات بالقوه آنها بر ترکیب آب زیرزمینی ارائه شده است.

پتانسیل نفوذ آلاینده ها به آبهای زیرزمینی در ناحیه اشباع و غیراشباع پارامتر مهم دیگری است که در پایش باید لحاظ گردد. یکی از روش های ارزیابی توان نفوذ آلاینده تعیین شعاع جانبی تاثیر می باشد که عبارت از فاصله بین چاه تا جایی است که حرکت آب زیرزمینی به سوی چاه وجود ندارد. بنابراین با این روش حداکثر فاصله ای (r) که منبع زیر زمینی تحت تاثیر آلاینده قرار می گیرد محاسبه خواهد شد. شعاع جانبی تاثیر را می توان با رابطه ۳-۲ برآورد نمود (۲۷، ۳۰ و ۳۱):

$$r = \sqrt{\frac{Q \times t}{811.6 \times n \times H}} \quad (\text{رابطه ۳-۲})$$

که در این رابطه r عبارت از شعاع جانبی تاثیر (برحسب متر)، Q عبارت از بده روزانه در چاه تحت شرایط عملیاتی نرمال (برحسب متر مکعب بر ثانیه)، t مدت زمانی که چاه تحت شرایط نرمال به وسیله پمپ تخلیه می شود (برحسب ثانیه)، H طول صافی چاه (برحسب متر) و n عبارت از تخلخل آبخوان (ماسه ۰/۲۱، شن ۰/۱۹، شن و ماسه ۰/۱۵، ماسه سنگ ۰/۰۶، سنگ آهک دولومیت های اولیه و ثانویه ۰/۰۱۸) می باشد.

۳-۹ پایش خاک های آلوده در حوادث جاده ای^۱

۳-۹-۱ تعداد نمونه خاک در پایش خاک های آلوده به ترکیبات شیمیایی

در طرح ریزی برنامه برداری از خاک باید هدف نمونه برداری، توزیع آلودگی در منطقه، الگوی انتخاب نمونه و خطاهای نمونه برداری از قبل مشخص شود. هدف

۱. در تدوین این بخش از منابع شماره ۲۲ تا ۳۴ استفاده شد.

نمونه برداری اولین قدم در ارزیابی آلودگی به ترکیبات شیمیایی در یک منطقه را تشکیل می دهد. در این رهنمود هدف از نمونه برداری جمع آوری اطلاعات جهت تعیین میزان و سطح آلودگی به آلاینده های آلی پایدار می باشد. یکی از متداولترین راه های توصیف آلودگی در یک منطقه تعیین غلظت حسابی آلودگی است. در این روش به تعداد نمونه کمتری نیاز بوده و مقایسه میانگین غلظت آلودگی با حدود قابل قبول انجام می پذیرد. حضور مناطق با آلودگی برجسته^۱ یکی از مهمترین نگرانی ها در ارزیابی آلودگی خاک را تشکیل می دهد. تعیین اینگونه مناطق بستگی به مساحت منطقه، نوع و غلظت آلودگی دارد. تعیین تعداد نمونه مناسب اقدامی اساسی را در مشخص نمودن الف) درصد مناطق آلوده و غیر آلوده، ب) تعیین میانگین غلظت آلودگی در منطقه و ج) قضاوت در خصوص مناطق با آلودگی برجسته تشکیل می دهد.

فرآیند انتخاب تعداد نمونه برای هر یک از موارد سه گانه فوق متفاوت بوده و باید با توجه به هزینه های موجود هدف از اندازه گیری ترکیبات آلاینده در خاک را مشخص نمود. برای مثال گاهی اوقات تعداد ۱۰ نمونه و کمتر برای قضاوت در خصوص کمتر از حد مجاز بودن آلودگی در خاک منطقه کفایت می کند، ولی برای تعیین آنکه ۹۵٪ منطقه دارای آلودگی کمتر از حد مجاز است، باید حداقل ۵۹ نمونه از منطقه برداشت شود. روش های تعیین تعداد نمونه خاک برای هر یک از اهداف سه گانه در ادامه توصیف خواهد شد. در انتخاب ایستگاه ها و نقاط نمونه برداری از خاک بر اساس سه الگوی می توان رفتار نمود:

الف) الگوی نمونه برداری اجتهادی (Judgmental Sampling Pattern): در این روش انتخاب نقاط نمونه برداری بر اساس دانش محقق یا نمونه بردار انجام می پذیرد. نمونه بردار/محقق پس از آنکه احتمال توزیع آلودگی را تعیین نمود، در نقاط مشخص شده نمونه برداری را انجام می دهد.

1. hot spots

ب) الگوی نمونه برداری تصادفی (Randomized Sampling Pattern): در این روش بر اساس ارائه اعداد تصادفی به مناطق مختلف و انتخاب تصادفی شماره منطقه، نقطه نمونه برداری انتخاب می گردد. در این روش همه مناطق شانس یکسانی برای انتخاب دارند. باید توجه داشت که این روش برای نمونه برداری از نقاط برجسته آلودگی نا کار آمد است، ضمن آنکه نمی تواند شکلی کامل از توزیع فضایی آلودگی ارائه نماید. در عمل این روش فقط برای بررسی مکان آلوده کارآیی دارد.

ج) الگوی نمونه برداری نظام یافته (Systematic Sampling Pattern): در شرایطی که تغییرات دوره ای آلودگی در یک منطقه مشخص ولی تناوب آن نا مشخص باشد، از این روش جهت انتخاب منطقه نمونه برداری استفاده می شود. شبکه چهار گوش^۱ معمول ترین روش نمونه برداری نظام یافته را تشکیل می دهد. در این روش سطح منطقه را به شبکه های چهار گوش تقسیم نموده و از هر شبکه بصورت تصادفی یک نمونه، بر اساس نمونه برداری تصادفی، انتخاب می گردد.

د) الگوی نمونه برداری طبقه بندی (Stratified Sampling Pattern): در این روش مکان مورد نظر را بر اساس ویژگی های زمین شناسی و جغرافیایی، طبیعت آلودگی و سایر ملاحظات مرتبط به زیر مناطقی^۲ تقسیم می کنند. در این حالت هر زیر منطقه به عنوان یک مکان اختصاصی و مستقل محسوب شده و بر اساس الگوهای نمونه برداری ذکر شده قبلی می توان در آن نقاط نمونه برداری را تعیین نمود. استفاده از این روش برای بررسی توزیع آلودگی در مناطق بزرگ و یا وجود پیچیدگی توصیه می شود. نمونه برداری می تواند بصورت ساده یا مرکب انجام پذیرد. نمونه برداری مرکب غالباً با هدف کاهش هزینه آنالیز ترکیبات شیمیایی انجام می گردد. در این روش نمونه های انفرادی جمع آوری شده در فواصل مکانی تا ۲۰ متر، با یکدیگر بطور کامل مخلوط و یک نمونه از آن جهت آنالیز برداشت می گردد. در این حالت نمونه مرکب

1. Square grid
2. Sub-area

بیانگر میانگین غلظت آلودگی می باشد. هر چند که یکی از معایب نمونه مرکب عدم تشخیص مناطقی است که غلظت آلودگی در آنجا بالا است، زیرا آلودگی نمونه برداشت شده از اینگونه نقاط در کل نمونه رقیق می شود. در موارد زیر نمی توان از نمونه برداری مرکب خاک استفاده نماییم:

- برای تعیین وسعت و یا پهنه بندی آلودگی در یک منطقه
 - در ارزیابی ریسک بهداشتی و حرفه ای مواجهه با آلاینده های خاک
 - جهت اعتبار بخشی روش های اصلاح خاک
 - برای تعیین آلودگی خاک به هیدروکربن های نفتی و PAHs و ترکیباتی که الگوی توزیع نامتقارن داشته و ناپایدارند.
 - در شرایطی که خاک حاوی مقادیر بالایی رس باشد زیرا در حضور رس اختلاط نمونه های مجزا مشکل می گردد.
 - در بررسی و تحلیل نشت
 - در شرایطی که متغیرهای کیفی و عدم قطعیت در مکان مورد بررسی زیاد باشد.
- حداقل تعداد نمونه برای آلودگی در یک منطقه بستگی به پیچیدگی آلودگی، علم محقق از منطقه، شناسایی مناطق برجسته آلودگی، شکل منطقه و وسعت آن دارد. بنابراین مقدار نمونه مورد نیاز توسط محقق و با توجه به ویژگی های سایت تعیین میگردد. برای تعیین تعداد نمونه برای شناسایی مناطق برجسته آلودگی می توان از روابط ۳-۳ و ۴-۳ استفاده نمود. این روش بر اساس شناسایی مناطق برجسته آلودگی با ۹۵ درصد اطمینان و با استفاده از الگوی نمونه برداری شبکه چهار گوش انجام میگردد.

$$G = \frac{R}{0.59} \quad (\text{رابطه ۳-۳})$$

$$n = \frac{A}{G^2} \quad (\text{رابطه ۴-۳})$$

در این روابط n تعداد نقاط نمونه برداری، A وسعت منطقه نمونه برداری (m^۲)، G

فاصله بین دو نقطه نمونه برداری یا اندازه شبکه در الگوی نمونه برداری (m) و R کوچک ترین شعاع منطقه برجسته آلودگی که نمونه برداری در آن انجام می گردد (m)، میباشد.

۳-۹-۲ تعداد نمونه مورد نیاز برای تعیین میانگین غلظت آلودگی

این روش با هدف تعیین تعداد نمونه برای نشان دادن آنکه میانگین غلظت در یک منطقه کمتر از حد مجاز است یا خیر بکار می رود و با رابطه ۳-۵ قابل تعیین است. در این حالت می توان با توجه به نتیجه بدست آمده، سایت را به دو منطقه آلوده و غیر آلوده تقسیم نمود.

$$n = \frac{6.2 \times \delta^2}{(c_s - \mu)^2} \quad (\text{رابطه ۳-۵})$$

در این رابطه n تعداد نمونه مورد نیاز، انحراف معیار بر آورده شده غلظت آلاینده در منطقه نمونه برداری، mg/kg غلظت میانگین آلاینده در منطقه، mg/kg و CS حد مجاز آلاینده در خاک، mg/kg می باشد. تناوب نمونه برداری از خاک با هدف پایش می تواند با توجه به شرایط موجود بین ۱۰-۱ سال متغییر باشد.

۳-۹-۳ عمق نمونه برداری از خاک

میزان عمق نمونه برداری از خاک یکی از پارامترهایی را تشکیل می دهد که باید در برنامه نمونه برداری و آنالیز خاک تعریف شده و میزان آن بر اساس دانش موجود از شرایط مکان و توزیع احتمالی آلودگی در آن تعیین می گردد. در صورتیکه عدم قطعیت های بسیاری در خصوص رفتار عمودی آلاینده در خاک وجود داشته باشد، نمونه های خاک باید از عمق های مختلف تهیه و برداشت شوند. در صورتیکه آلودگی در اعماق زیاد و لایه های مختلف از نظر جنس نفوذ کرده باشد، برداشت نمونه می تواند از سرتاسر پروفیل عمودی تا عمق مورد نظر انجام پذیرد. نمونه های سطحی از عمق صفر تا ۱۵ سانتی متری سطح برداشت شده و در فواصل مشخص

(یک متری) یک نمونه دیگر باید برداشت شود. به محض تغییر در لایه خاک (تغییر در جنس و خصوصیات) نمونه برداری باید مطابق روش فوق در آن لایه نیز انجام پذیرد. جدول ۲۲: فرایندهای غالب موثر بر انتقال و سرنوشت آلاینده ها و اثرات بالقوه آنها بر ترکیب آب زیرزمینی

فرآیند	توصیف و وابستگی	اثر بالقوه بر آلودگی
ته نشینی	به ترکیب آب زیرزمینی بستگی دارد. هنگامی که محلول فوق اشباع می شود مواد اشباع کننده وارد فاز جامد می شوند.	می تواند موجب عدم تحرک آلاینده ها، به ویژه از طریق هم رسوبی برای مثال با هیدروکسیدها یا کربنات ها شود.
انحلال	فعالیت های انسانی میتواند موجب کاهش غلظت برخی مواد به زیر و در نتیجه انحلال و ورود برخی آلاینده از فاز جامد به آب و در نتیجه تغییر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی شود.	می تواند غلظت آلاینده های خاص ماتریس را افزایش دهد.
تشکیل کمپلکس	به ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی بستگی دارد. می تواند توسط ترکیبات مختلف محلول مانند کلرید، سولفات، بی کربنات، مواد آلی و ... به وجود آید.	می تواند حلالیت آلاینده ها را افزایش دهد.
جذب	می تواند بر روی مواد آلی، اکسیدهای معدنی و رسهای معدنی رخ دهد.	می تواند موجب تاخیر در انتقال آلاینده شود.
تبادل یونی	آلاینده ها با کاتیونهایی که در ابتدا در سطح مواد معدنی آبخوان جذب شده اند به ویژه رس ها تبادل می شوند. به طور معکوس، یک کاتیون غیر مضر می تواند با یک ترکیب طبیعی مضر/ نامطلوب که در ابتدا در رس های معدنی وجود داشته است، مبادله شود.	می تواند موجب عدم تحرک آلاینده، یا اگر جذب و ورود آلاینده برگشت پذیر باشد، موجب تاخیر در حرکت آن، شود. ممکن است افزایش غلظت ترکیبات طبیعی نامطلوب را در آب زیرزمینی به همراه داشته باشد
تخریب غیرزیستی	تبدیل شیمیایی مانند فرایندهای هیدرولیز یا اکسایش و کاهش می تواند روی آلاینده های با منشأ انسانی رخ دهد. می تواند شامل موادی که به طور طبیعی در آب زیرزمینی یا آبخوان وجود دارند، باشد.	می تواند غلظت آلاینده را کاهش دهد. می تواند یک آلاینده را به مواد خطرناک تبدیل کند. می تواند موجب نشت مواد خطرناک که به طور طبیعی وجود دارند و پیش از این در ماتریس آبخوان ساکن بودند به فاز آب شود (برای مثال به دلیل افزایش pH یا اکسایش سولفید ناشی از دنتریفیکاسیون هتروتروف ها)
تخریب زیستی	واکنش های اکسایش- کاهش میکروبی، که تخریب/ تغییر آلاینده ها یا مواد طبیعی را در پی دارند. به طور معمول نرخ واکنش آنها نسبت به تخریب غیرزیستی بالاتر است.	می تواند غلظت آلاینده را کاهش دهد. می تواند آلاینده را به مواد خطرناک تبدیل کند. می تواند موجب نشت مواد خطرناک که به طور طبیعی وجود دارند و پیش از این در ماتریس آبخوان ساکن بودند، به فاز آب شود.

باید توجه داشت که نمونه خاک لایه های مختلف نباید با یکدیگر مخلوط شوند. بطور کلی نمونه خاک در این شرایط باید در حداقل ۲ عمق از هر لایه برداشت گردد. در شرایطی که نفوذ آلودگی محدود به لایه های سطحی باشد، نمونه خاک سطحی از عمق کمتر از ۱۵ سانتی متری، و عموماً ۷/۵ سانتی متری، برداشت می شوند. در مطالعات ارزیابی ریسک مواجهه با آلاینده های محیطی از طریق خاک، نمونه برداری باید از عمق حداکثر ۷/۵ سانتی متری از سطح انجام پذیرد، زیرا مواجهه با آلودگی برای انسان صرفاً محدود به همین عمق می باشد. روش های نمونه برداری از اعماق مختلف خاک باید از یک نمونه ای به نمونه دیگر تخصصی و استاندارد شوند، زیرا شرایط نمونه برداری از خاک در مناطق مختلف متفاوت می باشد. یک روش استاندارد نمونه برداری از عمق قادر می باشد که مقایسه دقیقی از داده های جمع آوری شده را مهیا نماید. در انتخاب عمق نمونه برداری از خاک در سایت آلوده به ترکیبات شیمیایی باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- در صورت استفاده از تجهیزات نمونه برداری خاک (لوله های توخالی به قطر ۲/۵ سانتی متر) نمونه از عمق حداکثر ۱۵ سانتی متری برداشت شده و قطر محل نمونه برداری ۲/۵ سانتی متر خواهد بود.
- در صورت عدم کاربرد تجهیزات نمونه برداری و برداشت دستی نمونه از یک بیلچه به عرض ۲۰ سانتی متری استفاده شود. در این حالت عمق برداشت نمونه ۱۵ سانتی متر، عرض برداشت نمونه ۳ سانتی متر و ضخامت نمونه برداشت شده برابر با ۸ سانتی متر باشد.
- ایستگاه نمونه برداری در نقطه ای انتخاب گردد که نمایانگر سطح خاکی باشد که در معرض تخلیه آلودگی قرار گرفته است. این ایستگاه باید به کمک موقعیت یاب جغرافیایی نشانگذاری و در روی نقشه و با استفاده از نرم افزارهای مناسب در فضای سامانه اطلاعات جغرافیایی مشخص گردد.

- در مناطقی که تخلیه و انتشار آلودگی بطور یکنواخت انجام نشده است، ایستگاه های نمونه برداری باید حداقل ۲۵٪ سایت را پوشش دهند.

۳-۱۰ شرایط ظروف نگهداری و انتقال نمونه آب و خاک^۱

به طور معمول به منظور جلوگیری از بروز تغییرات شیمیایی و زیستی در نمونه های آب می توان آنها را در دمای پایین نگهداری و انتقال داد. هرچند این امر تغییرات شیمیایی و زیستی را متوقف نمی کند (تنها زمانی که دمای نمونه در محدوده

۰ - ۴ درجه حفظ گردد، تمامی فعالیت های زیستی متوقف می شوند). ترکیبات اسیدی به منظور جلوگیری از جذب فلزات توسط ظروف نمونه برداری و ته نشینی نمک های غیرمحللول به نمونه ها اضافه می شود. همچنین به منظور جلوگیری از فراریت ترکیبات آلی مانند هیدروکربن های حلقوی میتوان از حلال ها مانند هگزان استفاده کرد. در جدول شماره ۲۳ ملاحظات نمونه برداری از آب و خاک درج شده است.

- در نمونه برداری از آب بصورت نمونه لحظه ای^۲، نمونه ها باید در ظروف شیشه ای جمع آوری شوند. قبل از نمونه برداری شیشه نمونه باید با حلال های مناسب نظیر استن و آب مقطر شستشو داده شود. در فواصل نمونه برداری مرکب زمانی، نمونه ها باید در یخچال نگهداری گردند.

- قبل از انتقال نمونه به آزمایشگاه، نمونه ها باید در دمای کمتر از ۴ درجه نگهداری گردند. حداکثر فاصله زمانی بین نمونه برداری و استخراج وابسته به نوع آلاینده می باشد. در زمان نگهداری نمونه ها باید از تاثیر عوامل دگرگونی آلاینده نظیر نور بر روی نمونه جلوگیری کرد. برای این منظور باید از ظروف شیشه ای کهربایی یا تیره رنگ استفاده نمود. رعایت این نکته خصوصاً برای PAHs و سایر آلاینده هایی که تجزیه نوری دارند ضرورت دارد.

- حداکثر مدت زمان نگهداری نمونه قبل از استخراج وابسته به نوع آلاینده می باشد. ولی بطور کلی برای اکثر ترکیبات آلی پایدار این زمان نباید از ۷ روز

۱. در تدوین این بخش از منابع شماره ۲۱ و ۲۶ استفاده شد.

2. Grab sample

تجاوز نماید. در صورتیکه استخراج نمونه بیش از آن طول بکشد، تبدیل pH (۹-۵) باید با استفاده از هیدروکسید سدیم یا اسیدسولفوریک انجام پذیرد.

- چونکه بسیاری از ترکیبات آلی و از جمله آفت کش ها در همه جا حضور دارند و ممکن است باید ایجاد خطاء در نتیجه اندازه گیری گردند، جابجایی و نگهداری نمونه باید با دقت انجام پذیرد.

- اگر منظور از نمونه برداری اندازه گیری غلظت فلزات محلول، مواد مغذی در سطوح پایین، کلروفیل ها و مانند آن، در محیط آبی باشد، نمونه بلافاصله پس از جمع آوری باید با تجهیزات مناسب صاف شود. تجهیزات صاف سازی باید بین دوره های نمونه برداری در آزمایشگاه تمیز شوند.

نگهدارنده ها باید از پیش و در آزمایشگاه و در ظروف کوچک یا آمپول آماده شوند تا احتمال آلوده شدن به حداقل برسد. هر ظرف باید دارای پرچسب نشان دهنده محتویات و تاریخ انقضا باشد. مواد نگهدارنده نباید پیش از نمونه برداری، با نمونه یا ظرف نمونه و درپوش آن در تماس باشند. زمان تماس مواد نگهدارنده با هوا باید به حداقل رسانده شود. از آن جا که برخی از متغیرهای مورد اندازه گیری بسیار فرار هستند، بنابراین در صورتیکه اندازه گیری در محل امکان پذیر نباشد، باید نمونه ها را توسط محلول های شیمیایی نگهدارنده تثبیت کرد. بر حسب روش شناسایی و اندازه گیری مورد استفاده، روش نگهداری نمونه ها نیز متفاوت خواهد بود. در این ارتباط مواد شیمیایی نگهدارنده و حداکثر زمان مجاز پیش از انجام آنالیز در دستورالعملهای روش استاندارد آزمایش ها باید مشخص شده باشد.

جدول ۲۳: ملاحظات نمونه برداری جهت اندازه گیری آلاینده های آلی پایدار در منابع آب و

خاک

ترکیب آلی	حداقل مقدار نمونه	حداکثر زمان نگهداری قبل استخراج	جنس ظروف نمونه برداری	شرایط نگهداری نمونه
PCDDs/ PCDFs	۱۰۰۰ میلی لیتر آب ۱۰ گرم خاک		شیشه با درپوش PTFE ^۱	
آفت کش های کلره و فسفره	۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی لیتر آب	۷ روز	شیشه با درپوش PTFE	دمای کمتر از ۴ درجه سیلسیوس
PAHs	۱۰۰۰ میلی لیتر آب	۷ روز	شیشه با درپوش PTFE	دمای کمتر از ۴ درجه سیلسیوس شرایط محیطی تاریک
تری هالومتان ها	۱۰۰ میلی لیتر	۱۴ روز	شیشه	افزودن ۲ میلی لیتر اسید آسکوربیک ۵٪ به نمونه

ظروف نمونه برداری باید بهترین شرایط را برای آنالیز ترکیبات مهیا نمایند. بطری های شیشه ای بهترین جنس هستند. از این رو ظرف نباید به منظور نگهداری سایر مواد شیمیایی استفاده گردد. همچنین این ظروف باید پیش از نمونه برداری بطور کامل پاکسازی شوند، بگونه ای که باعث آلودگی نمونه نشوند. در جدول شماره ۲۴ برخی از ملاحظات ظروف برای نمونه برداری از آب ذکر شده است. برای نگهداری نمونه آب توصیه می گردد که pH نمونه با افزودن اسیدسولفوریک به کمتر از ۴ رسانیده شود. برخی از ملاحظات نمونه برداری و اندازه گیری و شناسایی آب در جدول شماره ۲۵ ارائه شده اند.

1 Polytetrafluoroethylene

جدول ۲۴: مشخصه های ظروف نمونه برداری از آب و خاک با هدف اندازه گیری و شناسایی آلاینده های پایدار در منابع آب

روش شستشوی ظروف	آلاینده
سه مرتبه شستشو با آب شبکه؛ یک مرتبه شستشو با اسید کرمیک؛ سه مرتبه شستشو با آب مقطر؛ دو مرتبه شستشو با اتن؛ یک مرتبه شستشو با اتن خالص (GC grade)؛ دو مرتبه شستشو با هگزان خالص؛ خشک سازی ظرف با هوای داغ ۳۶۰ درجه	سموم ارگانو فسفره PCBs سموم ارگانو فسفره
سه مرتبه شستشو با آب شیر؛ یک مرتبه با اسید کرومیک؛ سه بار شستشو با آب مقطر عاری از مواد آلی؛ دو بار شستشو با اتن؛ یک مرحله شستشو با اتن خالص؛ دو مرحله شستشو با حلال هگزان خالص؛ خشک سازی ظرف در کوزه با هوای داغ ۳۶۰ درجه حداقل به مدت یک ساعت	پنتا کلروفل فنلیک ها علف هرز کش فنوکسی اسید
اسید شویی و شستشوی نهایی با آب مقطر	پارامترهای متعارف شیمیایی نظیر COD، سختی، pH هدایت الکتریکی

۳-۱۱ اقدامات موثر برای کاهش خطا در پایش آب و خاک

عوامل متعددی در هنگام نمونه برداری می توانند مداخله نموده و نتایج را مخدوش نمایند. گروه ارزیابی حوادث جاده ای باید با تشخیص به هنگام این عوامل و با استفاده از روش های منطقی درجه اعتبار و صحت فریابند نمونه برداری را افزایش دهد. عواملی که بالاترین سهم بر کیفیت نمونه برداری را دارند و راهکارهای اصلاحی هر یک به شرح زیر می باشد:

راههای حذف یا کاهش خطا در موقعیت نمونه برداری:

- استفاده از موقعیت یاب جغرافیایی و تعیین دقیق مختصات جغرافیایی
 - تعیین علایم و آدرس دقیق محل ایستگاه و نحوه دسترسی به آن
 - ثبت اطلاعات میدانی در کاربرگ های مشخصات ایستگاه ها در هر نوبت
- راه های کاهش خطا در نوع نمونه برداشت شده و ظروف نمونه برداری:**
- استفاده از برچسب برای ظروف نمونه برداری

- ثبت مشخصات ظروف نمونه برداری از نظر کمی و کیفی
- استفاده از روش کدگذاری برای نمونه های مختلف و ایستگاه های مختلف
- شمارش تعداد نمونه های لازم در هر ایستگاه قبل از ترک ایستگاه و استفاده از سیاهه ها

راهکارهای ارتقاء صحت در نمونه برداری:

- نمونه های دوتایی: این نمونه ها به منظور برداشت دو یا چند زیر نمونه از یک نمونه کاربرد دارند. این دو نمونه می توانند منجر به تشخیص برخی از منابع خطا (آلودگی، خطا های تصادفی و نظامند) از طریق انجام آنالیز بر روی چند نمونه جدا از هم شوند.
- نمونه های تکراری: در این ارتباط برای بالا بردن دقت، دو یا چند نمونه به طور همزمان از محل برداشت کرد.
- مواد افزودنی: آغشته کردن نمونه ها با مقایر مشخصی از یک ماده ورودی و محاسبه نتایج می تواند منجر به تشخیص تغییرات احتمالی شود.

راهکارهای کاهش خطای اندازه گیری تجهیزات

- انجام کنترل های لازم برای سالم بودن دستگاه اندازه گیری
- واسنجی داخلی و خارجی تجهیزات قبل از شروع عملیات
- راهکارهای کاهش خطای ناشی از مهارت نمونه برداری
- انجام آموزش های کافی و امتحان گروه قبل از عملیات نمونه برداری
- همراهی کارمندان مجرب و متخصص با گروه پایش در اولین مرتبه از عملیات و -کنترل دوره ای توسط شخص مجرب و متخصص

راهکارهای کنترل زمان نمونه برداری

- ثبت زمان نمونه برداری از آب رودخانه، مخزن سد، منابع زیرزمینی و خاک و آنالیز یا تثبیت نمونه ها
- ثبت زمان دریافت نمونه ها توسط آزمایشگاه، زمان تثبیت و زمان آنالیز

راهکارهای کاهش آلودگی نمونه

- محاسبات میدانی را باید بر روی زیر نمونه های جداگانه برداشت شده از نمونه اصل انجام داد، که پس از اندازه گیری دور ریخته می شوند. این اندازه گیری ها هیچ گاه نباید روی نمونه های آبی که برای آنالیزهای شیمیایی به آزمایشگاه برده می شوند، انجام شود.
- ظروف نمونه برداری را باید پیش از انجام نمونه برداری به خوبی تمیز کرد. ظروف نمونه برداری را باید حتی الامکان در محیط های تمیز و به دور از گرد و غبار و غیره نگه داشت.
- برای هر نمونه مورد نظر باید از ظروف مخصوص به آن استفاده کرد.
- درب بطری های نمونه برداری را باید پیش از استفاده از هر نوع آلودگی پاک کرد. به هیچ عنوان نباید محفظه ورودی بطری های نمونه برداری یا درب پوش ظروف با دست یا سایر موارد تماس داشته باشند.
- ظروف نمونه برداری که برای جمع آوری نمونه های میکرو زیستی استفاده می شوند را حتماً باید قبلاً استریل کرد.
- افراد مرتبط در انجام نمونه برداری باید دست های خود را هنگام نمونه برداری تمیز نگهدارند. و از خوردن و سیگار کشیدن هنگام نمونه برداری خودداری کنند.
- در مواردی که احتمال بروز آلودگی وجود دارد از طریق یک ماده شیمیایی باید به وجود آن پی برد و میزان آن را اندازه گیری کرد.
- پیش از نمونه برداری، ظروف مورد استفاده برای برداشت نمونه (یک عدد در هر ده مورد) به صورت تصادفی، انتخاب و به وسیله آب مقطر پر شده و در شرایطی مشابه سایر ظروف نمونه برداری نگهداری می شوند انجام آنالیز بر روی این ظروف می تواند وجود آلودگی در موارد تشکیل دهنده ظروف نمونه برداری را انکار کند.
- به منظور شستشوی تجهیزات نمونه برداری می توان از آب یا هر نوع حلال

استفاده کرد. آنالیز این حلال ها می توانند به وجود آلودگی در نمونه ها در اثر تماس با تجهیزات نمونه برداری یا فرد نمونه بردار پی برد.

- برای کشف وجود آلودگی در حین حمل و نقل و ذخیره نمونه، نمونه هایی وجود دارد که مشابه نمونه مورد بررسی بوده که در آنها عامل مورد اندازه در غلظت های اندک موجود است.

- اندازه گیری های میدانی همیشه باید بر روی زیر نمونه های جداگانه ای انجام شود. بطری های نمونه و درپوش ها باید طبق روش های استاندارد تمیز و توسط آزمایشگاه فرستنده تحت عنوان عاری از آلودگی مشخص شوند. بطری های نمونه ای که در آزمایشگاه تمیز شده اند، نباید با نمونه آب واقعی شسته و آبکشی شوند. بطری ها باید به صورت در بسته به محل نمونه برداری برده شوند. باید توجه شود که به کارگیری بطری هایی که از قبل استفاده و مجدداً تمیز شده اند، برای برخی آنالیز ها در غلظت های بسیار کم، مناسب نیست.

برای هر آنالیز فقط باید بطری های توصیه شده استفاده شود.

- واکنش گر ها و مواد نگهدارنده باید درجه خلوص تجزیه ای^۱ داشته و توسط آزمایشگاه فرستنده تایید شوند. بر چسب بطری های حاوی این مواد باید محتویات و تاریخ انقضای آنها را به وضوح نشان دهد.

- برای اجتناب از اشتباه، نمونه ها باید با نشانه های رنگی مشخص شوند.

- داخل بطری و در پوش ها نباید با چیزی جز نمونه آب و مواد نگهدارنده تماس داشته باشد.

- درپوش ها درست پیش از نمونه برداری باز شود و پس از نمونه برداری بلافاصله بسته شود.

- بطری ها در مکانی پاکیزه و دور از خاک، گل، دود و دوده نگهداری شود. بطری ها پیش و پس از نمونه برداری، همواره باید در بسته و داخل محفظه مناسب

1. Analytical Grade

(مانند جعبه) نگهداری شوند. پاکیزه بودن وسیله نقلیه (خودرو) نقش مهمی در رفع مشکلات آلودگی نمونه دارد.

- محصولات نفتی از عمده ترین منابع آلودگی نمونه هستند. واحدهای تهویه نیز از منابع ورود آلودگی به نمونه با مقادیر کم فلزات هستند.

- نمونه ها باید در محل تاریک و سرد نگهداری شوند و از گرم شدن آن اجتناب شود. استفاده از جعبه ها/ یخدان های پر شده با یخ توصیه می شود. از سوی دیگر، باید از انجماد نمونه ها نیز جلوگیری شود، مگر این که انجماد بخشی از دستور العمل نگهداری و محافظت باشد. نمونه ها در کوتاه ترین زمان ممکن باید سرد شوند.

- تمیز کردن در محل نمونه برداری اغلب به اندازه آزمایشگاه موثر نیست.

- از به کارگیری سفید کننده ها و شوینده های قوی برای شستشوی ظروف اجتناب شود.

- آب بدون یون را نباید بیش از شش ماه نگهداری کرد و تاریخ پر کردن و انقضا باید روی ظروف ثبت شود.

- اقدامات کنترل کیفیت میدانی ارائه شده در بندهای فوق باید بر روی نمونه های شاهد نیز انجام شود.

- سنجش خلوص نگهدارنده های شیمیایی، سنجش آلودگی ظروف نمونه، کاغذ و تجهیزات صاف سازی و هر وسیله ای که در جمع آوری و انتقال نمونه به کار می رود و آشکار سازی خطاهای معین و تصادفی الزامی است.

- بعضی از شاهد ها برای آنالیز در آزمایشگاه باقی بمانند و بقیه برای استفاده به عنوان شاهد میدانی، تجهیزات و صاف سازی به محل نمونه برداری برده شوند.

راهکارهای کاهش آلودگی تجهیزات

تمام تجهیزات نمونه برداری باید پس از هر سفر نمونه برداری با دقت تمیز شده

و با آب بدون یون آبکشی شوند. آبکشی باید تا سه بار تکرار شده و آب مورد نیاز استفاده در بار سوم به عنوان شاهد تجهیزات برای آنالیز به آزمایشگاه فرستاده شود.

سطوح محفظه های انتقال (محفظه خنک کننده) نمونه باید از آلودگی ها پاک و با آب بدون یون آبکشی شوند. وسیله نقلیه تمیز باشد.

وسایلی که آب مورد استفاده قرار می گیرند، باید پیش از تماس با منبع جدیدی از آب، از گیاهان آبی پاک شوند.

تجهیزات صاف سازی باید با دقت تمیز شده و آب مورد استفاده در آبکشی نهایی به عنوان شاهد تجهیزات به طور دوره‌ای به آزمایشگاه آنالیز فرستاده شود.

تجهیزات مورد استفاده برای نمونه برداری منابع آب، نباید برای نمونه برداری پس‌اب به کار روند.

۳-۱۲ هزینه اجرای برنامه پایش و بهسازی آب و خاک

طرح ریزی برنامه پایش و بهسازی آب و خاک پس از حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی مستلزم شناسایی دقیق هزینه‌های اجرایی در بخش‌های مختلف می باشد. جزئیات هزینه‌ها تابعی از درجه حساسیت منطقه، وسعت آلودگی، نوع آلاینده، تعداد نمونه، پارامترهای فیزیکوشیمیایی پایش، وسعت میدان پایش، روش بهسازی، ارگانسیم هدف، دسترسی به خدمات آزمایشگاهی و تعداد متخصص و کارشناس مورد نیاز می باشد. برآورد هزینه پایش مستلزم شناسایی هر یک از متغیرهای فوق بوده و ارائه جزئیات آن خارج از ظرفیت رهنمود حاضر می باشد. در هر حال ضرورت دارد با توجه به متغیرهای فوق جزئیات هزینه‌ها در رهنمودهای جداگانه مورد مطالعه دقیق قرار گیرد. بنابراین در این رهنمود صرفاً به سرفصل هزینه‌ها اشاره می‌گردد و ضرورت دارد که گروه پایش قبل از ورود به فاز عملیاتی هزینه‌های مرتبط به پایش

و بهسازی را مطابق با رئوس ذیل برآورد نماید:

- هزینه نمونه برداری از آب و خاک و استفاده از روش های مخصوص نظیر قایق
 - هزینه انتقال نمونه به آزمایشگاه
 - هزینه کالیبراسیون دستگاه های سنجش میدانی قابل حمل
 - هزینه آنالیز نمونه توسط آزمایشگاه های صلاحیت دار
 - هزینه تفسیر نتایج
 - هزینه تامین تجهیزات آنالیز قابل حمل
 - هزینه مصرف انرژی در اجرای روش های مختلف بهسازی
 - هزینه اجرای هر یک از روش های بهسازی با جزئیات مرتبط
 - هزینه کارشناسی در بهسازی منابع آب و خاک
 - هزینه تامین تجهیزات مورد نیاز در هنگام بهسازی آب و خاک
- پیش نیازهای برآورد هزینه ها در بخش های مختلف فوق مشتمل بر موارد زیر می باشد:
- آزمایشگاه های مرکزی یا دانشگاهی واجد صلاحیت های قانونی شناسایی و لیست شوند.
 - مراکز مجاز کالیبراسیون دستگاه های قابل حمل مشخص و در فواصل زمانی مشخص مورد استفاده قرار گیرند.
 - ریسک آسیب به نمونه ها در طول انتقال مورد تجزیه تحلیل قرار گیرد.
 - در صورت نیاز به انتقال نمونه به آزمایشگاه های مرکزی، برنامه عملیاتی تدوین گردد.

جدول ۲۵: ملاحظات نمونه برداری و اندازه گیری پارامترهای شیمیایی در آب

پارامتر	حجم نمونه (میلی متر)	جنس محفظه نمونه برداری	روش حفاظت	حداکثر زمان نگهداری
pH	۲۵	پلاستیک، شیشه	-	آزمایش بلا فاصله
TDS	۲۴۰	شیشه	در صورت آب بند نکردن در پوش بلا فاصله آزمایش شود.	در صورت آب بند بودن در پوش تا ۶ ماه
EC	۱۰۰	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۲۸ روز
سختی کل	۱۰۰	پلاستیک، شیشه	افزودن اسید نیتریک (pH کمتر از ۲)	۶ ماه
قلیائیت کل	۱۰۰	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۱۴ روز
سدیم، کلسیم، منیزم، پتاسیم	۵۰۰	پلاستیک، شیشه	فیلتر، افزودن اسید نیتریک (pH کمتر از ۲)	۶ ماه
SO _۴	۵۰	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۲۸ روز
PO _۴	۱۰۰	شیشه	فیلتر، سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۴۸ ساعت
دما	۱۰۰۰	پلاستیک، شیشه	-	آزمایش بلا فاصله
کدورت	۱۰۰	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۴۸ ساعت
BOD	۱۰۰۰	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۴۸ ساعت
COD	۲۰۰	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس، افزودن اسید سولفوریک (pH کمتر از ۲)	۲۸ روز
DO	۳۰۰	بطری و درپوش شیشه ای	-	آزمایش بلا فاصله
آمونیاک	۴۰۰	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس، افزودن اسید سولفوریک (pH کمتر از ۲)	۲۸ روز
کادمیوم، نیکل، سرب، کبالت	۱۰۰۰	شیشه، پلاستیک	فیلتر در محل، افزودن اسید نیتریک (pH کمتر از ۲)	۶ ماه
کروم	۱۰۰۰	شیشه، پلاستیک	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۲۴ ساعت
آزبست	۱۰۰۰	پلاستیک باچگالی پایین، شیشه	تا دمایی که مانع از رشد جلبک و باکتری بشود.	۴۸ ساعت
آرسنیک	۱۰۰	شیشه، پلاستیک	-	۲۸ روز
سیانید	۵۰۰	شیشه، پلاستیک	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس، افزودن سود (pH بالاتر از ۱۲)، افزودن ۰/۶ گرم اسید اسکوربیک	۱۴ روز

		شیشه، پلاستیک	۵۰۰	چربی و روغن
یکسال	افزودن اسید کلریدریک با نیتریک (pH کمتر از ۲)	شیشه، پلاستیک	۵۰۰	رادیو اکتیویته (اشعه آلفا و بتا)

۴- حدود مجاز آلاینده ها در آب و خاک

اهداف این بخش عبارتند از:

- ارائه استانداردها و حدود مجاز آلاینده‌ها در منابع آب

- ارائه استانداردها و حدود مجاز آلاینده‌ها در خاک

در رهنمودهای بین‌المللی، حدود مجاز آلاینده‌ها در منابع آب و خاک با در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر درجه حساسیت منبع پذیرنده، ارگانیزم هدف و نوع کاربری تدوین می‌گردند. این رهنمودها زمانی که توسط سازمان‌های مسئول ملی مصوب شوند، لازم‌الاجرا می‌گردند. هدف اصلی در این بخش ارائه حدود مجاز بین‌المللی و ملی جهت تامین سلامت انسان و حفظ اکوسیستم‌های آبرزی و خشکی زی پس از حوادث حمل و نقل جاده ای می‌باشد، که در دو بخش مستقل برای آب و خاک ارائه می‌گردد.

۴-۱ حدود مجاز آلاینده ها در آب

حضور آلاینده‌ها و ترکیبات شیمیایی در منابع آب از جهات گوناگون قابل بررسی می‌باشد که سطوح مختلف آن به شرح زیر می‌باشد:

استانداردها و حدود مجاز ترکیبات شیمیایی برای تامین سلامت انسان و سایر جانداران: حدود مجاز و استانداردها در این سطح شامل آب شرب، پرورش آبزیان، حدود مجاز در مواجهه پوستی و شناگاه‌ها می‌گردد. این استانداردها در دو سطح آلاینده‌های متقدم و غیر متقدم ارائه می‌گردند. در جدول شماره ۲۶ و ۲۷ به ترتیب مقادیر ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای این دسته از ترکیبات

شیمیایی در آب های سطحی، منابع آب شور و همچنین آب شرب ارائه شده است (۳۶). حداکثر غلظت سمی قابل قبول (MATC) پارامتری است که در قانون آب پاک آمریکا برای تعیین غلظت مجاز مواجهه با آلاینده شیمیایی بکار می رود. این پارامتر مقداری است که از طریق آزمایش های سمیت آبریزان و به منظور تدوین مقررات کیفی آب برای محافظت حیات محاسبه می گردد. با استفاده از نتایج آزمایش سمیت مزمن، MATC بر حسب میانگین هندسی و بین NOEC و LOEL گزارش می گردد. این پارامتر در قانون آب پاک برای تدوین استانداردهای متقدم بکار می رود. رهنمودهای قانون آب پاک دو غلظت قابل قبول حاد و غلظت مزمن را برای حفاظت از آبریزان ارائه می کنند. از آنجاکه MATC باید بر اساس آزمایش های سمیت مزمن گزارش گردد، روش های مختلفی برای تبدیل MATC مزمن به غلظتی که موجود زنده مورد بررسی را از اثرات مواجهه با غلظت حاد آلاینده نیز محافظت نماید، ارائه شده است. همانگونه که عنوان شد، MATC مینگین هندسی بین دو پارامتر NOEC و LOEL بوده و از رابطه ۴-۱ محاسبه می گردد:

$$MATC = \sqrt{(NOEC \times LOEC)} \quad (\text{رابطه ۴-۱})$$

MATC برای محافظت از اثرات مزمن یا سلامت یک موجود زنده محاسبه می گردد و برای محاسبه غلظتی که موجود زنده را در مدت مواجهه حاد محافظت نماید، می توان با تعیین LC₅₀ و با کاربرد رابطه ۴-۲ نسبت سمیت حاد به مزمن^۱ را محاسبه نمود:

$$ACR = \left\{ \frac{LC_{50}}{MATC} \right\} \quad (\text{رابطه ۴-۲})$$

MATC و ACR در قانون آب پاک به ترتیب برای محاسبه غلظت بیشینه معیار (CMC)^۲

1. Acute to Chronic Ratio (ACR)

2. Criteria Maximum Concentration (CMC): is the EPA national water quality criteria recommendation for the highest instream concentration of a toxicant or an effluent to which organisms can be exposed for a brief period of time without causing an acute effect (USEPA, 1991a.)

غلظت دائمی معیار (CCC)¹ ترکیبات شیمیایی بکار می روند. CMC بالاترین غلظتی از یک ماده شیمیایی در آب است که موجود زنده می تواند در مدت زمان کوتاهی با آن مواجهه داشته باشد، بدون آنکه باعث ایجاد اثرات مضر گردد. همچنین CCC بالاترین غلظتی از یک ماده شیمیایی در آب است که همین موجود می تواند بصورت نامحدود با آن مواجهه یابد، بدون آنکه باعث ایجاد اثرات مضر گردد. بنابراین مقادیر CMC از CCC بیشتر می باشد.

استانداردها و حدود مجاز برای تعیین سطح غربالگری: ارائه این سطح از حدود مجاز ترکیبات شیمیایی در آب جهت کاهش مواجهه با ترکیبات شیمیایی می باشد. در این خصوص نیز سطح غربالگری برای پرندگان، پستانداران، نرم تنان و آبزیان در مواجهه با آلاینده های شیمیایی آب و خاک در جدول شماره ۲۸ ارائه شده است (۳۷). در اصلاحیه ویژگی های کیفیت آب شرب ملی ایران (استاندارد ملی ۱۰۵۳) نیز جهت برخی از آلاینده های آلی متقدم در آب شرب حدود مجاز تعیین شده است که مقادیر آن در جدول شماره ۲۹ ارائه شده است (۳۸).

جدول ۲۶: مقادیر غلظت بیشینه و دائمی معیار برای آلاینده های متقدم در منابع آب

(میکروگرم در لیتر) (Alberta، ۲۰۱۰)

ردیف	ترکیب شیمیایی	منابع آب تازه		منابع آب شور		آب شرب	
		CCC	CMC	CCC	CMC	آب و ارگانیک به تنهایی	ارگانیک به تنهایی
۱	آرسنیک	۱۵۰	۳۴۰	۳۶	۶۹	۰/۱۴	۰/۰۱۸
۲	کادمیوم	۰/۲۵	۰/۲	۸/۸	۴۰		
۳	کروم (۳)	۷۴	۵۷۰				
۴	کروم (۶)	۱۱	۱۶	۵۰	۱۱۰۰		
۵	سرب	۲/۵	۶۵	۸/۱	۲۱۰		

1. Criteria Continuous Concentration (CCC): is the EPA national water quality criteria recommendation for the highest instream concentration of a toxicant or an effluent to which organisms can be exposed indefinitely without causing unacceptable effect (USEPA, 1991a.)

۶	جیوه معدنی	۱/۴	۰/۷۷	۱/۸	۰/۹۴		
۷	متیل جیوه					۰/۳	
۸	نیکل	۴۷۰	۵۲	۷۴	۸/۲	۶۱۰	۴۶۰۰
۹	سیانید	۲۲	۵/۲	۱	۱	۱۴۰	۱۴۰
۱۰	آزبست				۷ میلیون فیبر در لیتر		
۱۱	2,3,7,8-TCDD					$5/1 \times 10^{-9}$	$5/1 \times 10^{-9}$
۱۲	آکرولین	۳	۳			۶	۹
۱۳	آکریلونیتریل					۰/۰۵۱	۰/۲۵
۱۴	بنزن					۲/۲	۵۱
۱۵	بروموفرم					۴/۳	۱۴۰
۱۶	تتراکلرید کربن					۰/۲۳	۱/۶
۱۷	کلروبنزن					۱۳۰	۱۶۰۰
۱۸	کلرودی برومومتان					۰/۴	۱۳
۱۹	کلروفرم					۵/۷	۴۷۰
۲۰	دی کلروبرومتان					۰/۵۵	۱۷
۲۱	اتیل بنزن					۵۳۰	۲۱۰۰
۲۲	تولوئن					۱۳۰۰	۱۵۰۰۰
۲۳	ونیل کلراید					۰/۰۲۵	۲/۴
۲۴	فنل					۱۰۰۰۰	۸۶۰۰۰۰
۲۵	پنتاکلروفنل	۱۹	۱۵	۱۳	۷/۹	۰/۲۷	۳
۲۶	اسفتن					۶۷۰	۹۹۰
۲۷	آنتراسن					۸۳۰۰	۴۰۰۰۰
۲۸	بنزیدین					۰/۰۰۰۰۸۶	۰/۰۰۰۰۲۰
۲۹	بنزواتراسن					۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۰۲۰
۳۰	بنزوپیرن					۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۰۱۸

ردیف	ترکیب شیمیایی	منابع آب تازه		منابع آب شور		آب شرب	
		CCC	CMC	CCC	CMC	آب و ارگانیزم به تنهایی	ارگانیزم به تنهایی
۳۱	بنزویی فلورانتن					۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۳۸
۳۲	بنزوکسی فلورانتن					۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۳۸
۳۳	کرایسن					۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۳۸
۳۴	بنزو (ah) آنتراسن					۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۳۸
۳۵	فلورانتن					۱۴۰	۱۳۰
۳۶	فلورن					۵۳۰۰	۱۱۰۰
۳۷	هگزاکلروبنزن					۰/۰۰۰۲۹	۰/۰۰۰۲۸
۳۸	ایندینوپایرن					۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۳۸
۳۹	نیتروبنزن					۶۹۰	۱۷
۴۰	پایرن					۴۰۰۰	۸۳۰
۴۱	آلدین			۱/۳		۰/۰۰۰۰۵۰	۰/۰۰۰۰۴۹
۴۲	آلفا BHC					۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۲۶
۴۳	بتا BHC					۰/۰۱۷	۰/۰۰۹۱
۴۴	گاما BHCH (لیندان)			۰/۰۱۶	۰/۹۵	۱/۸	۰/۹۸
۴۵	کلردان			۰/۰۰۹	۰/۰۴۳	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۰۸
۴۶	د.د.ت			۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۲
۴۷	د.د.ای					۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۲
۴۸	د.د.د					۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۳۱
۴۹	دیلدین			۰/۰۷۱	۰/۰۵۶	۰/۰۰۰۰۵۴	۰/۰۰۰۰۵۲
۵۰	آلفا اندسولفان			۰/۰۳۴	۰/۰۵۶	۸۹	۶۲
۵۱	بتا اندسولفان			۰/۰۳۴	۰/۰۵۶	۸۹	۶۲
۵۲	سولفات اندسولفان					۸۹	۶۲
۵۳	اندین			۰/۰۳۷	۰/۰۳۶	۰/۰۶۰	۰/۰۵۹
۵۴	هیپتاکلر			۰/۰۵۳	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۰۷۹
۵۵	PCBs				۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۰۶۴	۰/۰۰۰۰۶۴
۵۶	توکسافن			۰/۲۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۲۸

* برای خانه های خالی حدود مجاز ارائه نشده است

جدول ۲۷: مقادیر غلظت بیشینه و دائمی معیار برای آلاینده های غیر متقدم در منابع آب

(میکروگرم در لیتر) (Alberta، ۲۰۱۰)

ردیف	ترکیب شیمیایی	منابع آب تازه		منابع آب شور		آب شرب
		CMC	CCC	CMC	CCC	
۱	قلیائیت		۲۰۰۰۰			
۲	آلومینیم	۷۵۰	۸۷			
۳	باریم					۱۰۰۰
۴	کلراید	۸۶۰۰۰	۲۳۰۰۰۰			
۵	کلرین	۱۹	۱۱	۱۳	۷/۵	
۶	آهن		۱۰۰۰			۳۰۰
۱۰	مالاتیون		۰/۱		۰/۱	
۱۱	منگنز					۵۰
۱۲	میرکس		۰/۰۰۱		۰/۰۰۱	۱۰۰
۱۳	متوکسی کلر		۰/۰۳		۰/۰۳	۱۰۰
۱۴	نیترات ها					۱۰۰۰۰
۱۵	نیتروز آمین ها					۰/۰۰۰۸
۱۶	دی نیتروفلن					۶۹
۱۷	نونیل فنل	۲۸	۲۸	۷	۷	
۱۸	دیازینون	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۸۲	۰/۸۲	
۱۹	پاراتیون	۰/۰۶۵	۰/۰۱۳			
۲۰	pH		۶/۵ - ۹		۶/۵ - ۸/۵	۵-۹
۲۱	جامدات محلول و شوری	۲۵۰۰۰۰				
۲۲	فسفر عنصری				۰/۱	
۲۳	سولفید هیدروژن		۰/۲		۰/۲	
۲۴	تتراکلرو بنزن					۰/۹۷
						۱/۱

* برای خانه های خالی حدود مجاز ارائه نشده است

جدول ۲۸: سطح غربالگری برای پرندگان، پستانداران، نرم تنان و آبزیان در مواجهه با

آلاینده‌های شیمیایی آب و خاک (Alberta، ۲۰۱۰)

آب سطحی (mg/L)			خاک (mg/kg)				ترکیب شیمیایی
پستانداران	پرندگان	آبزیان	پستانداران	پرندگان	نرم تنان	گیاهان	
فلزات سنگین و عناصر جزئی							
۶	۱۸	۰/۱۵	۲۹	۱۰	۶۰	۱۰	آرسنیک (۳)
		۰/۱۵					آرسنیک (۵)
۸	۱۰	۰/۰۰۲۲	۱۲۵	۶	۲۰	۴	کادمیوم
۲/۱×۱۰+۴	۷/۲	۰/۰۷۴	۳/۴×۱۰-۵	۴	۰/۴	۱	کروم (۳)
۲۵		۰/۱۱					کروم (۶)
		۰/۰۰۵۲					سیانید
۳۲۳	۲۸	۰/۰۰۲۵	۴۰۰۰	۱۶	۵۰۰	۵۰	سرب
۱۰	۳/۳	۰/۰۰۰۷۷	۷۳	۱/۵	۰/۱	۰/۳	جیوه عنصری
۰/۲۵	۰/۰۵		۴	۰/۰۲۵		۰/۰۰۰۲	جیوه متیل
۳۸	۵۶۲	۰/۰۵۲	۶۲۵	۳۲۰	۲۰۰	۳۰	نیکل
۱۲	۱۱۶	۰/۰۰۲۶	۱۷۰	۶۵		۵	اورانیوم
۱/۶	۸۲	۰/۰۲۰	۲۵	۴۷		۲	وانادیوم
آلاینده های آلی							
		۰/۵۲				۲۰	اسنفتن
					۱۰۰۰		آکریلونیتریل
۱/۵		۰/۰۰۰۰۶	۲۵				آلدترین
۲۰۰		۰/۰۱۳					آنتراسن
		۰/۱۳					بنزن
		۰/۰۰۳۹					بنزیدین
		۰/۰۰۰۰۲۷					بنزوآنتراسن
		۰/۰۰۰۰۱۴	۱۲۵				بنزوآپیرن
۱۲۳		۰/۰۷۴	۲۰۰۰		۱۰۰۰		تتراکلرید کربن
۱۲۳		۰/۰۷۴	۲۵۰	۹			کلردان

۱۱۵		۱/۲۴	۱۸۷۵				کلروفرم
۶	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۰۰	۰/۰۱			د.د.د
۶	۰/۰۲		۱۰۰	۰/۰۱			د.د. ای
۶	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۰۰	۰/۰۱			د.د.ت
		۰/۰۰۰۰۰۴۳					دیازینون
۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۰۰۰۰۰۵۶	۳	۰/۳			دیلدین
۱	۷۲	۰/۰۰۰۰۰۵۶	۲۰	۴۲			اندوسولفان
۰/۳	۰/۰۷	۰/۰۰۰۰۰۳۶	۵	۰/۰۴			اندرین
		۰/۰۰۰۰۰۶۱					فلورانتین
		۰/۰۰۰۰۰۳۹		۳۰			فلورن
۱۸۴			۳۹۰۰				فرمالدئید
۲		۳/۸×۱۰ ^{-۶}	۱۵				هپتاکلر
					۱۰۰۰		هگزاکلروبنزن
		۰/۵۴۰					هگزاکلروانتن
		۰/۰۰۰۰۱					مالاتیون
۲۸۴		۰/۶۲۰	۳۹۰۰			۱۰	نفتالن
		۰/۵۴			۴۰	۸	نیتروبنزن
		۰/۰۰۰۰۴۷			۴۰		پنتاکلروبنزن
		۰/۰۰۰۰۶۳					فنانترن
		۰/۱۱			۳۰	۷۰	فنل
۰/۲۷		۰/۰۰۰۰۰۱۴	۴			۴۰	کل PCBs
۷/۶×۱۰ ^{-۶}	۱/۰×۱۰ ^{-۴}		۱/۲×۱۰ ^{-۴}	۵/۵×۱۰ ^{-۵}			2,3,7,8-TCDD
۶		۰/۸۴	۸۰			۱۰	نتراکلرواتیلن PCE
۱۰۴		۰/۰۰۰۹۸	۱۴۴۰			۲۰۰	تولوئن
۶۰		۲/۷×۱۰ ^{-۷}	۱۰۰۰				توکسافن
۳		۲/۱/۹	۴۰				تری کلرواتیلن TCE
۱/۳			۲۰				ونیل کلراید

* برای خانه‌های خالی حدود مجاز ارائه نشده است

جدول ۲۹: حدود مجاز برخی از مواد شیمیایی در آب آشامیدنی (استاندارد ۱۰۵۳ ایران، ۱۳۸۸)

ردیف	نام ماده	حداکثر مجاز
مواد شیمیایی معدنی سمی (میلی گرم در لیتر)		
۱	آرسنیک	۰/۰۱
۲	سرب	۰/۰۱
۳	کروم کل	۰/۰۵
۴	سلنیوم	۰/۰۱
۵	کادمیوم	۰/۰۰۳
۶	آنگروهوان	۰/۰۲
۷	جیوه معدنی	۰/۰۰۶
۸	مولیبدن	۰/۰۷
۹	سیانور	۰/۰۷
۱۰	بر	۰/۵
۱۱	نیکل	۰/۰۷
۱۲	باریم	۰/۷
۱۳	وانادیوم	۰/۱
۱۴	آزبست	۷ میلیون فیبر در لیتر
ترکیبات شیمیایی آلی (میکرو گرم در لیتر)		
۱۵	آلدرین/ دی آلدرین	۰/۰۳
۱۶	کلردان	۰/۴
۱۷	۲ و ۴ دی کلرو فنو کسی استیک اسید	۳۰
۱۸	د.د.ت. (دی کلرودی فنیل تری کلرواتان)	۲
۱۹	۱ و ۲ دی کلرواتان	۳۰
۲۰	۱ و ۲ دی کلرواتن	۵۰
۲۱	هپتاکلرو هپتاکلراپوکسید	۰/۰۳
۲۲	هگزا کلرو بنزن	۱
۲۳	لیندن	۲
۲۴	متوکسی کلر	۴۰
۲۵	ترکیبات حلقوی چندهسته‌ای	۰/۲

۴۰		آلاکلر	۲۶
۱۰		آل دی کرب	۲۷
۲		آترازین	۲۸
۳۰		بنتازون	۲۹
۵		کربوفران	۳۰
۳۰		کلروتولورون	۳۱
۱		۱ و ۲ دی برمو ۳ کلروپروپان	۳۲
۴۰		۱ و ۲ دی کلروپروپان	۳۳
۲۰۰		تری هالومتانها:	۳۴
۱۰۰		کلروفرم	
۶۰		برومو فرم	
۱۰۰		برمودی کلرومتان دی برمو کلرومتان	
۹		ایزوپروتورون	۳۵
۴		۲ متیل چهار کلر فنو کسی استیک اسید	۳۶
۱۰		متولاکلر	۳۷
۶		مولینات	۳۸
۲۰		پندی متالین	۳
۹		پنتاکلروفنل	۹
۴۰		پرمتربن	۴۰
۲۰		پروپانیل	۴۱
۱۰۰		پیرووات	۴۲
۳		سیمازین	۴۳
۲۰		تری فلورالین	۴۴
۱۰۰		دی کلرو پروپ	۴۵
۹		فنوپروپ	۴۶

* برای خانه‌های خالی حدود مجاز ارائه نشده است

۴-۲ حدود مجاز آلاینده ها در خاک

خاک دارای دو بخش مرده و زنده می باشد. بخش غیر زنده شامل سنگ های هوازده و مواد معدنی حاصل از پوسیدگی گیاهان و جانوران می باشد، که هوا و آب نیز در این بخش قرار می گیرد. اما در بخش زنده تنوعی از ماکرو و میکروارگانیسمها نظیر حشرات، کرم ها، قارچ ها و باکتری ها حضور داشته و فعالیت می کنند. بطور معمول نیمی از مجموع این دو لایه را مواد آلی و معدنی و نیم دیگر را هوا و آب تشکیل می دهد که فضاهای خالی موجود در خاک را پر نموده و از موجودات زنده خاک حفاظت می نماید. خاک با ویژگی های فوق به عنوان بستر حیات انسان و سایر موجودات عمل می نماید و عموماً تا عمق ۱۵۰ سانتی متری از اهمیت حیاتی برخوردار است. میزان تجمع و انباشت آلاینده‌ها در خاک تابعی از pH خاک، محتوای مواد آلی خاک، ساختار خاک، شیب زمین و شرایط آب و هوایی منطقه است. مواد آلی حاضر در خاک در دو دسته هوموس و غیر هوموس ها قرار می گیرند. مواد آلی غیر هوموس شامل مواد بیوشیمیایی نظیر آمینو اسیدهای آلی، کربوهیدرات لیگنین و لیپید می باشد که تحت تغییر قرار نگرفته اند. در حالیکه مواد آلی هوموسی شامل مواد اسیدی زرد و سیاه رنگ (نظیر انواع کربوکسیل ها، هیدروکسی فنل، کربونیل استر و گروه‌های کینون و متوکسی) هستند که وزن مولکولی بالایی دارند. محتوای آلی خاک در آب و هوای گرم و خشک به مراتب کمتر از نواحی مرطوب است. حضور مواد آلی می تواند با تشکیل کمپلکسی های محلول موجب عدم جذب عناصر آلاینده (نظیر فلزات سنگین) و باقی ماندن آن ها در فاز مایع گردد. همچنین فرایند شلات کردن فلزات سنگین با مواد آلی خاک می تواند باعث حفظ و نگهداری این گونه آلاینده ها در خاک گردد. قابل به ذکر می باشد که اجزای معدنی خاک بیش از ۹۰ درصد کل مواد خاک را

تشکیل می دهند که نقش مهمی در جذب و دفع آلاینده های وارده به خاک دارند. کانی های رسی به دلیل سطح ویژه زیاد و دارا بودن بار منفی باعث افزایش جذب و انباشت کاتیون ها در خاک می گردند.

حضور اکسیدهای آهن، منگنز و آلومینیم نیز که عموماً در نواحی آب و هوایی معتدل در کانی های رسی یافت می گردد، باعث افزایش توان جذب می گردند. جذب و انباشت آلاینده و خصوصاً فلزات سنگین در خاک تحت اثر مکانیسم هایی همچون تبادل یون ها، جذب ویژه، هم رسوبی، تشکیل کمپلکس های آلی و ترسیب می باشد. مکانیسم تبادل کاتیونی در اثر نیروی الکترواستاتیک جذب یون های مثبت را به همراه دارد. این عمل روی سطوح کانی های رسی مواد آلی و اکسیدهای آهن و عموماً در pH بالا انجام می پذیرد. جذب ویژه در برگیرنده تبادل کاتیون عناصر و اکثر آنیون ها با مواد آلی لیگاند جهت تشکیل پیوند کووالانسی است. یون هایی که توسط جذب ویژه در خاک انباشت می گردند به مراتب پیوند قوی تری نسبت به جذب کاتیون دارند. در مکانیسم هم رسوبی ترسیب آلاینده های شیمیایی به همراه سایر عناصر انجام می پذیرد. این مکانیسم می تواند با سرعت مختلف انجام پذیرد. مواد هوموسی موجود در خاک نیز می توانند با فلزات و یون ها کمپلکس تشکیل دهند. بیشتر این کمپلکس ها در نتیجه شلاته شدن تشکیل می گردند. حضور گروه های واکنشی نظیر هیدروکسیل فنوکسیل و کربوکسیل نیز باعث افزایش توان تشکیل کمپلکس های می گردد. خصوصاً کربوکسیل ها از اهمیت بالاتری در جذب و انباشت آلاینده ها در خاک برخوردارند، زیرا پیوند قوی تری با مواد هوموسی و اسید فولیک برقرار می نمایند. ترکیبات آلی با وزن مولکولی پائین قادر به تشکیل کمپلکس های محلول با عناصر جزئی بود و بدین ترتیب از جذب آن توسط خاک جلوگیری می شود. pH مهمترین عامل در کنترل غلظت و رفتار

شیمیایی یون ها در خاک به شمار می رود. عموماً در نواحی مرطوب pH خاک با افزایش عمق زیاد میشود که علت آن شستشو و انتقال مواد بازی به طرف اعماق پروفیل خاک است. در محیطهای خشک میزان pH با افزایش عمق کاهش می یابد، که علت اصلی آن تجمع نمک های کلسیم سدیم و منیزیم در سطح پروفیل خاک است. عموماً با افزایش pH خاک تحرک آلاینده هایی نظیر فلزات سنگین سمی کاهش می یابد و در نتیجه در مقادیر بالاتری در خاک انباشته می شوند.

خاک ها از منظر آلودگی با دو سطح الف) مقادیر استاندارد^۱ و ب) سطح نیاز به پاکسازی^۲ قابل ارزیابی می باشند. pH خاک، میزان رس و میزان مواد آلی مهم ترین پارامترهای اثرگذار بر سرنوشت آلاینده ها در خاک می باشند. در صورتیکه نتایج نمونه برداری و پایش خاک مشخص نماید که سطح آلودگی بیش از استاندارد آلودگی می باشد، اصلاح و بهسازی خاک آلوده باید با استفاده از روش های مناسب انجام پذیرد. این کار باید با چنان کیفیتی انجام گردد که میزان آلودگی در خاک به مقادیر کمتر از استاندارد تقلیل یابد. این میزان در واقع سطح نیاز به پاکسازی می باشد که مقادیر آن در جدول شماره ۳۲ و ۳۳ در خاک های اسیدی و قلیایی ارائه شده است. یکی دیگر از پارامترهای تاثیر گذار در سطح نیاز به پاکسازی نوع کاربری زمین می باشد. کاربری زمین می تواند بصورت زیر در ۵ بخش مختلف مورد نظر باشد:

کاربری مسکونی: شامل شرایط مسکونی است که اغلب مردم را در برگیرد.

کاربری کشاورزی: شامل کلیه زمین های کشاورزی و باغات می شود.

کاربری جنگل و مرتع: شامل کلیه اراضی مرتعی و جنگلی و کاربردهای مشابه می باشد.

1. Standard value

2. Clean-up value

کاربری پارک / تفریحی: کاربرد خاک برای پوشش دادن فعالیت های ورزشی و تفریحی می باشد.

کاربری تجاری: شامل انواع مختلف فعالیت های تولیدی، عمرانی، اقتصادی، خدماتی و زیربنایی می باشد.

مقادیر استاندارد آلاینده های در خاک های مختلف اسیدی و قلیایی برای گروه های مختلف آلاینده های آلی بر حسب mg/kg در جداول شماره ۳۰ و ۳۱ ارائه شده اند (۳۹).

جدول ۳۰: مقادیر استاندارد ملی آلاینده های ترکیبات آلی در خاک های اسیدی ($pH > 7$) بر حسب mg/kg

(سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۳)

محیط انتشار					آلاینده
جنگل و مرتع	کشاورزی	پارک تفریحی	تجاری	مسکونی	
فلزات سنگین و عناصر جزئی					
۱۰	۱۰	۱۰	۳۰	۱۰	آنگروهوآن
۱۸	۱۸	۱۸	۴۰	۱۸	آرسنیک
۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۷۰۰	۳۰۰	باریم
۵	۵	۵	۵۰	۵	برلیوم
۱	۱	۸	۸	۲	کادمیوم

۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۳۵۰	۱۱۰	کروم
۴۰	۴۰	۴۰	۱۰۰	۴۰	کبالت
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۵۰	۱۰۰	مس
۵	۵	۵	۳۰	۵	جیوه
۵۰	۵۰	۵۰	۲۰۰	۵۰	سرب
۱۰	۱۰	۱۰	۷۵	۱۰	مولیبدن
۵۰	۵۰	۵۰	۳۰۰	۵۰	نیکل
۶	۴	۶	۳۵	۶	سلنیم
۴	۴	۱۰	۱۰	۱۰	نقره
۵	۵	۵	۲۰	۵	تالیوم
۵۰	۵۰	۵۰	۲۰۰	۵۰	قلع
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۰۰	۱۰۰	وانادیوم
۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	روی
۱۵۰	۱۵۰	۳۰۰	۶۰۰	۳۰۰	فلوراید
ترکیبات آلی					
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	بنزن
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	تولون
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	اتیل بنزن
۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	وینیل بنزن
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	کنه کول
هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی					
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	اسنفتن
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	اسنفتلین
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	آنتراسن

ادامه جدول ۳۰: مقادیر استاندارد ملی آلاینده‌گی ترکیبات آلی در خاک های اسیدی ($pH > 7$) بر حسب mg/kg
(سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۳)

محیط انتشار					آلاینده
جنگل و مرتع	کشاورزی	پارک تفریحی	تجاری	مسکونی	
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	فلورانتن
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	فلورن
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	فتالن
۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	فناترن
۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	پایرن
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	بنزو (a) آنتراسن
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	بنزو (b) فلورانتن
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	بنزو (k) فلورانتن
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	بنزو (g,h,i) پرلین
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	بنزو (a) پایرن
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	کرایسن
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	دی بنزو (a,h) آنتراسن
۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	ایندنو (۱,۲,۳) پایرن (cd)
هیدروکربن های کلره					
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Vinyl chloride
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۱,۱-Dichloroethene
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Trichloroethene
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Tetrachloroethene
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Dichloromethane
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Trichloromethane
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Tetrachloromethane

ادامه جدول ۳۰

محیط انتشار					آلاینده
جنگل و مرتع	کشاورزی	پارک تفریحی	تجاری	مسکونی	
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۲-Dichloroethane
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	t-۱,۲-dichloroethane
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۱,۱,۱-Trichloroethane
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۱,۲-Trichloroethane
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Monochlorobenzene
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۲-Dichlorobenzene
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۳-Dichlorobenzene
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۴-Dichlorobenzene
۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	Trichlorobenze
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	Tetrachlorobenzene
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	Pentachlorobenzene
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Hexachlorobenzene
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Chlorophenols (Total)
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Polychlorinated biphenyls (PCBs)
۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	PCDDs/PDDFs
سایر ترکیبات آلی					
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	MTBE
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Phenol
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	Nonylphenol + ethoxy
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Di-methyl- phthalate
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Di-ethyl- phthalate
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Di-butyl- phthalate
آفت کش ها					
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	DDT

۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	Dieldrin
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۰/۱	Endosulfan
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	Heptachlor
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۱	Lindane
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	Atrazine
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۱	Tributhyltin

جدول ۳۱: مقادیر استاندارد ملی آلاینده‌گی ترکیبات آلی در خاک های قلیایی ($pH < 7$) برحسب mg/kg

(سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۳)

حفاظت آب های زیرزمینی	حفاظت محیط زیست	محیط انتشار					آلاینده
		جنگل و مرتع	کشاورزی	پارک تفریحی	تجاری	مسکونی	
فلزات سنگین و عناصر جزئی							
۱۲	۲۰	۱۰	۱۰	۱۰	۳۰	۱۰	آنگروهوان
۱۰۰	۱۷	۷۰	۴۰	۷۰	۶۰	۴۰	آرسنیک
۲۰۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۸۰۰	باریم
۱۳۰۰	۵	۵	۵	۵	۱۰۰	۵	برلیوم
۲۰	۳/۹	۸	۵	۸	۸	۲	کادمیوم
۱۰۰	۰/۴	۱۵	۲	۱۵	۱۵	۵	کروم (+۶)
۳۰۰۰	۶۴	۵۳۵	۱۱۰	۵۳۵	۵۰۰	۱۶۵	کروم (+۳)
۱۰۰۰	۲۰	۵۰	۵۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	کبالت
۱۵۰۰	۶۳	۵۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۱۱۰۰	۴۰۰	مس
۱۰	۱۲	۵۵	۷	۵۵	۵۵	۱۵	جیوه
۳۰۰	۳۰۰	۲۹۰	۷۵	۲۹۰	۷۰۰	۸۰	سرب
۱۰۰	۴	۴۰	۴۰	۴۰	۱۰۰	۴۰	مولیبدن
۶۰۰	۵۰	۵۳۰	۱۱۰	۵۳۰	۶۰۰	۱۵۵	نیکل
۲۰	۱	۳۵	۴	۳۵	۳۵	۶	سلنیم
۱۰۰	۲۰	۱۰	۱۰	۱۰	۳۰	۱۰	نقره
۴	۰/۹	۵	۵	۵	۲۰	۵	تالیوم
-	-	۵۰	۵۰	۵۰	۲۰۰	۵۰	قلع

۵۰۰	۱۳۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۲۰۰	وانادیوم
۳۰۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰	روی
۱۰۰	۵	۵	۵	۵	۵	۵	سیانید
۵۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	فلوراید
ترکیبات آلی							
۰/۰۱۱	۱۸	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	بنزن
۲۰	۱۱۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	تولوئن
۲۰	۱۲۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	اتیل بنزن
۲۰	-	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	وینیل بنزن
۵۰	-	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	کته کول
هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای							
۰/۳۲	۳/۶	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	اسنفتن
۵/۰۲	-	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	اسنفتلین
۰/۰۰۵	۲/۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	آنتراسن
۰/۰۰۳	۲/۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	فلورانتن
۰/۲۹	۲/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	فلورن
۰/۰۲	۱/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	نفتالن
۰/۰۵	۷/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	فنانترن
۲۰	۱/۲	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	پایرن
۲۰۰	۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	بنزو (a) آنتراسن
۲۰۰	۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	بنزو (b) فلورانتن
۱۲۰	۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	بنزو(k)فلورانتن
۱۲۰	۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	بنزو (g,h,i) پرین
۱۲۰	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	بنزو (a) پایرن
۲۰۰	۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	کرایسن
۵۰۰	۲/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	دی بنزو (a,h) آنتراسن
۶/۴۳	۱/۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	ایندنو (۱,۲,۳) (cd) پایرن

حفاظت آب های زیرزمینی	حفاظت محیط زیست	محیط انتشار					آلاینده
		جنگل و مرتع	کشاورزی	پارک تفریحی	تجاری	مسکونی	
هیدروکربن های کلره							
۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Vinyl chloride
۳/۷	-	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۱,۱-Dichloroethene
۰/۰۱۳	۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Trichloroethene
۰/۱۹	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Tetrachloroethene
۰/۰۵	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Dichloromethane
۰/۰۳	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Trichloromethane
۰/۰۰۲	-	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	Tetrachloromethane
۰/۰۰۶	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۲-Dichloroethane
۵	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	t-۱,۲-dichloroethane
۵	-	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۱,۱,۱-Trichloroethane
۵	-	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۱,۱,۲-Trichloroethane
۰/۰۱	-	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Monochlorobenzene
۳۰	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۲-Dichlorobenzene
۱/۳۴	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱,۳-Dichlorobenzene
۱۰	-	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	Trichlorobenzene
۱۰	-	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	Tetrachlorobenzene
۳/۷	-	۴	۴	۴	۴	۴	Pentachlorobenzene
۰/۸۰۴	-	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Hexachlorobenzene
۱	۱۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	Chlorophenols (Total)
۱۹	۰/۵	۲	۲	۲	۲	۲	Polychlorinated biphenyls (PCBs)
۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	PCDDs/PDDFs
سایر ترکیبات آلی							
۰/۱	-	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	MTBE
۱۰	۲۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Phenol
۱۰	۵/۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	Nonylphenol + ethoxy
۵۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Di-methyl-phthalate
۳۴۰	-	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Di-ethyl-phthalate
۵۰	-	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Di-butyl-phthalate

آفت کش ها

DDT	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۱۲	۲۰
Dieldrin	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	-	۵
Endosulfan	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	-	۵۰
Heptachlor	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	-	۰/۵
Lindane	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	-	۳
Atrazine	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	-	۳
Tributhylin	۰/۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	-	۵

جدول ۳۲: مقادیر استاندارد پاک سازی آلاینده ها در خاک های اسیدی ($pH > 7$) بر حسب میلیگرم بر کیلوگرم

(سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۳)

آلاینده	محیط انتشار				
	مسکونی	تجاری	پارک تفریحی	کشاورزی	جنگل و مرتع
فلزات سنگین و عناصر جزئی					
انگروهوآن	۸۵	۱۰۰	۸۵	۸۵	۸۵
آرسنیک	۸۵	۱۵۰	۸۵	۸۵	۸۵
باریم	۴۰۰	۱۰۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
برلیوم	۱۵	۱۰۰	۱۵	۱۵	۱۵
کادمیوم	۸	۴۰	۸	۵	۵
کروم (+۶)	۴۰۰	۱۰۰۰	۴۰۰	۳۳۰	۳۳۰
کبالت	۱۰۰	۴۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مس	۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰
جیوه	۳۰	۷۰	۳۰	۲۰	۲۰
سرب	۲۰۰	۴۰۰	۲۰۰	۱۲۰	۲۰۰
مولیبدن	۷۵	۵۰۰	۷۵	۷۵	۷۵
نیکل	۲۵۰	۶۰۰	۲۵۰	۱۱۰	۱۱۰
سلنیم	۷۵	۶۰۰	۷۵	۲۰	۲۰
نقره	۳۰	۳۰۰	۳۰	۲۰	۲۰
تالیوم	۵۰	۱۰۰	۵۰	۳۰	۳۰
قلع	۳۰۰	۷۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۵۰

۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۷۰۰	۲۰۰	واتادیوم
۷۵۵۰	۵۳۶۰	۱۴۸۰۰	۱۰۰۰۰	۷۴۰۰	روی
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰	فلورید
ترکیبات آلی					
۰/۵	۰/۵	۱	۱	۰/۵	بنزن
۵۰	۵۰	۸۰	۱۱۰	۶۰	تولوئن
۳۰	۳۰	۴۰	۷۰	۳۵	اتیل بنزن
۵۰	۵۰	۵۰	۷۰	۵۰	وینیل بنزن
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	کته کول
هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی					
۱۰	۱۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۵	اسنفتن
۱	۱	۲۰	۴۰	۱	اسنفتلین
۱۰	۱۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۴۵	آنتراسن
۳۵	۳۵	۱۳۰	۲۰۰	۶۰	فلورانتن
۴۵	۴۵	۴۰۰۰	۴۷۰۰	۳۹۰۰	فلورن
۸	۷	۳۵	۷۰	۱۰	نفتالن
۳۰	۲۵	۵۰۰	۶۰۰	۳۵	فنانترن
۱۲۵	۱۲۵	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۴۰۰	پایرن
۸	۷	۱۵	۲۰	۱۰	بنزو (a) آنتراسن
۲	۲	۱۵	۲۰	۶	بنزو (b) فلورانتن
۱۰	۷	۲۰	۳۰	۱۵	بنزو (k) فلورانتن
۱۰۰	۱۰۰	۲۲۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	بنزو (g,h,i) پریلن
۶	۶	۷	۱۰	۸	بنزو (a) پایرن
۱۰	۸	۲۰۰	۲۰۰	۱۰۰	کرایسن
۰/۵	۰/۵	۳	۳	۱/۵	دی بنزو (a,h) آنتراسن
۲	۱	۱۸	۲۲	۱۲	ایندنو (۱,۲,۳) پایرن
هیدروکربن های کلره					
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲	۰/۳	۰/۰۵	Vinyl chloride
۱	۱	۳۲	۳۲	۲	۱,۱-Dichloroethene

۳	۳	۸	۸	۴	Trichloroethene
۲/۵	۲/۵	۱۲	۱۴	۳	Tetrachloroethene
۳	۳	۵	۵	۳	Dichloromethane
۵	۵	۶	۶	۵	Trichloromethane
۰/۵	۰/۵	۱	۱	۰/۵	Tetrachloromethane
۰/۰۵	۰/۰۵	۱/۲	۴	۰/۱	۱,۲-Dichloroethane
۰/۵	۰/۵	۲۰	۳۳	۱	t-۱,۲-dichloroethane
۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲۵	۱۶۰	۱۴	۱,۱,۱- Trichloroethane
۶	۶	۶	۶	۶	۱,۱,۲- Trichloroethane
۱۶	۱۶	۳۰	۳۵	۲۰	Monochlorobenzene
۳۵	۳۵	۷۰۰	۷۰۰	۱۱۰	۱,۲-Dichlorobenzene
۴۰	۴۰	۷۵۰	۱۲۵۰	۱۵۰	۱,۳-Dichlorobenzene
۵	۵	۸۰	۲۰۰	۱۵	۱,۴-Dichlorobenzene
۰/۵	۰/۵	۲۰	۸۰	۲	Trichlorobenze
۰/۱	۰/۱	۷	۲۸۰	۰/۵	Tetrachlorobenzene
۳	۳	۴۰	۲۰۰	۴	Pentachlorobenzene
۱	۱	۵	۳۰	۱	Hexachlorobenzene
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	Chlorophenols (Total)
۲	۲	۴/۵	۶	۲	Polychlorinated biphenyls (PCBs)
سایر ترکیبات آلی					
۲۶	۲۶	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	MTBE
۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	Phenol
آفت کش ها					
۳	۳	۳	۳	۳	DDT
۲	۲	۲	۲	۲	Dieldrin
۲	۲	۲	۲	۲	Endosulfan
۱	۱	۱	۱	۱	Heptachlor

۲	۲	۲	۲	۲	Lindane
۲	۲	۲	۲	۲	Atrazine
۲	۲	۲	۲	۲	Tributhyltin

جدول ۳۳: مقادیر استاندارد پاک سازی آلاینده ها در خاک های قلیایی ($pH < 7$) برحسب mg/kg

(سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۳)

محیط انتشار					آلاینده
جنگل و مرتع	کشاورزی	پارک تفریحی	تجاری	مسکونی	
فلزات سنگین و عناصر جزئی					
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	آنگروهوان
۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۵۰	آرسنیک
۲۰۰۰	۲۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	باریم
۳۰	۳۰	۳۰	۶۰۰	۳۰	برلیوم
۴۰	۲۰	۴۰	۱۰۰	۲۰	کادمیوم
۲۴۰۰	۱۲۰۰	۲۴۰۰	۴۶۰۰	۱۲۰۰	کروم
۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۳۰۰	کیالت
۵۴۰۰	۲۷۰۰	۵۴۰۰	۱۰۰۰۰	۲۷۰۰	مس
۱۵۰	۷۵	۱۵۰	۳۰۰	۷۵	جیوه
۸۲۰	۸۲۰	۸۲۰	۲۵۰۰	۸۲۰	سرب
۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	مولیبدن
۲۰۰۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۷۶۰۰	۱۰۰۰	نیکل
۱۵۰	۷۵	۱۵۰	۲۹۰۰	۷۵	سلنیم
۴۰	۴۰	۴۰	۱۵۰۰	۴۰	نقره
۵۰	۵۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	تالیوم
۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۷۰۰	۴۵۰	قلع
۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۵۰۰	وانادیوم
۱۴۸۰۰	۷۵۰۰	۱۴۸۰۰	۱۰۰۰۰۰	۷۴۰۰	روی
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰	فلورید

ترکیبات آلی					
۰/۵	۰/۵	۱	۱	۰/۵	بنزن
۵۰	۵۰	۸۰	۱۱۰	۶۰	تولون
۳۰	۳۰	۴۰	۷۰	۳۵	اتیل بنزن
۵۰	۵۰	۵۰	۷۰	۵۰	وینیل بنزن
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	کته کول
هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی					
۱۰	۱۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۵	اسنفتن
۱	۱	۲۰	۴۰	۱	اسنفتلین
۱۰	۱۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۴۵	آنتراسن
۳۵	۳۵	۱۳۰	۲۰۰	۶۰	فلورانتن
۴۵	۴۵	۴۰۰۰	۴۷۰۰	۳۹۰۰	فلورن
۸	۷	۳۵	۷۰	۱۰	نفتالن
۳۰	۲۵	۵۰۰	۶۰۰	۳۵	فتانترن
۱۲۵	۱۲۵	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۴۰۰	پایرن
۸	۷	۱۵	۲۰	۱۰	بنزو (a) آنتراسن
۲	۲	۱۵	۲۰	۶	بنزو (b) فلورانتن
۱۰	۷	۲۰	۳۰	۱۵	بنزو (k) فلورانتن
۱۰۰	۱۰۰	۲۲۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	بنزو (ghi) پرلین
۶	۶	۷	۱۰	۸	بنزو (a) پایرن
۱۰	۸	۲۰۰	۲۰۰	۱۰۰	کرایسن
۰/۵	۰/۵	۳	۳	۱/۵	دی بنزو آنتراسن (ah)
۲	۱	۱۸	۲۲	۱۲	ایندنو (۱,۲,۳) پایرن (cd)
هیدروکربن های کلره					
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲	۰/۳	۰/۰۵	Vinyl chloride
۱	۱	۳۲	۳۲	۲	۱,۱-Dichloroethene
۳	۳	۸	۸	۴	Trichloroethene
۲/۵	۲/۵	۱۲	۱۴	۳	Tetrachloroethene
۳	۳	۵	۵	۳	Dichloromethane
۵	۵	۶	۶	۵	Trichloromethane

۰/۵	۰/۵	۱	۱	۰/۵	Tetrachloromethane
۰/۰۵	۰/۰۵	۱/۲	۴	۰/۱	۱,۲-Dichloroethane
۰/۵	۰/۵	۲۰	۳۳	۱	t-۱,۲-dichloroethane
۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲۵	۱۶۰	۱۴	۱,۱,۱-Trichloroethane
۶	۶	۶	۶	۶	۱,۱,۲-Trichloroethane
۱۶	۱۶	۳۰	۳۵	۲۰	Monochlorobenzene
۳۵	۳۵	۷۰۰	۷۰۰	۱۱۰	۱,۲-Dichlorobenzene
۴۰	۴۰	۷۵۰	۱۲۵۰	۱۵۰	۱,۳-Dichlorobenzene
۵	۵	۸۰	۲۰۰	۱۵	۱,۴-Dichlorobenzene
۰/۵	۰/۵	۲۰	۸۰	۲	Trichlorobenze
۰/۱	۰/۱	۷	۲۸۰	۰/۵	Tetrachlorobenzene
۳	۳	۴۰	۲۰۰	۴	Pentachlorobenzene
۱	۱	۵	۳۰	۱	Hexachlorobenzene
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	Chlorophenols (Total)
۲	۲	۴/۵	۶	۲	Polychlorinated biphenyls (PCBs)

سایر ترکیبات آلی

۲۶	۲۶	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	MTBE
۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	Phenol

آفت کش ها

۳	۳	۳	۳	۳	DDT
۲	۲	۲	۲	۲	Dieldrin
۲	۲	۲	۲	۲	Endosulfan
۱	۱	۱	۱	۱	Heptachlor
۲	۲	۲	۲	۲	Lindane
۲	۲	۲	۲	۲	Atrazine
۲	۲	۲	۲	۲	Tributhyltin

۵- بهسازی آب و خاک

هدف از این بخش آن است که گروه واکنش سریع بتواند:

- با اجرای اقدامات کنترلی مناسب مانع از انتشار آلودگی در محیط گردد.
 - روش های مناسبی را برای بهسازی منابع آب پس از آلودگی به مواد شیمیایی ارائه نماید.
 - روش های مناسبی را برای بهسازی خاک پس از آلودگی به مواد شیمیایی ارائه نماید.
- بهسازی منابع آب و خاک آلوده هنگامی باید انجام پذیرد که نتایج پایش آب بیانگر تجاوز آلاینده از حدود مجاز باشد. همچنین اقداماتی نیز باید با هدف کنترل آلودگی و جلوگیری از انتشار آلاینده به آب و خاک بلافاصله انجام پذیرد. بنابراین در این فصل رهنمودهای عملیاتی برای هر دو جنبه فوق ارائه شده است. بطور کلی جلوگیری از انتشار آلودگی و بهسازی آب و خاک آلوده را می توان با روش های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی و یا مخلوطی از آنها به اجرا رساند. کنترل منبع آلودگی اولین اقدام کلیدی پس از وقوع حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی می باشد. جلوگیری عملی از انتشار آلودگی با کاربرد بوم ها، احداث بند، سیستم های زهکش، کاربرد کفگیر و جاذب ها قابل انجام می باشد (۴۰). اصلاح منابع آب و خاک های آلوده به ترکیبات شیمیایی نیز با روشهای مختلف درمحل^۱ و روش های اصلاح خارج از محل^۲ قابل اجرا می باشد. روش های درمحل به فعالیت هایی اطلاق می گردد که بهسازی و کاهش آلودگی در محل انجام می گردد. روش های اصلاح در محل می توانند به طرق مختلف نظیر زیستی و غیر زیستی انجام گردند.
- مطابق رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا اقدامات اصلاحی آلودگی های محیطی در دو طبقه الف) کنترل مبداء و ب) اصلاح آلودگی قابل اجرا و پیگیری می باشد. بنابراین در این رهنمود نیز بر همین مبنا اقدامات اصلاحی و بهسازی

1. In-Situ Remediation

2. Ex-Situ Remediation

آلودگی آب و خاک پس از حوادث جاده ای در دو طبقه فوق ارائه شده است. هر یک از اقدامات این دو طبقه می تواند بصورت در محل یا خارج محل انجام پذیرد که در ادامه جزئیات و ویژگی های روش های مختلف و موارد کاربرد عملی آنها توصیف گردیده است. همچنین روند مدیریت پایش و اصلاح آب و خاک در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی در نمودار شماره ۱ نمایش داده شده است.

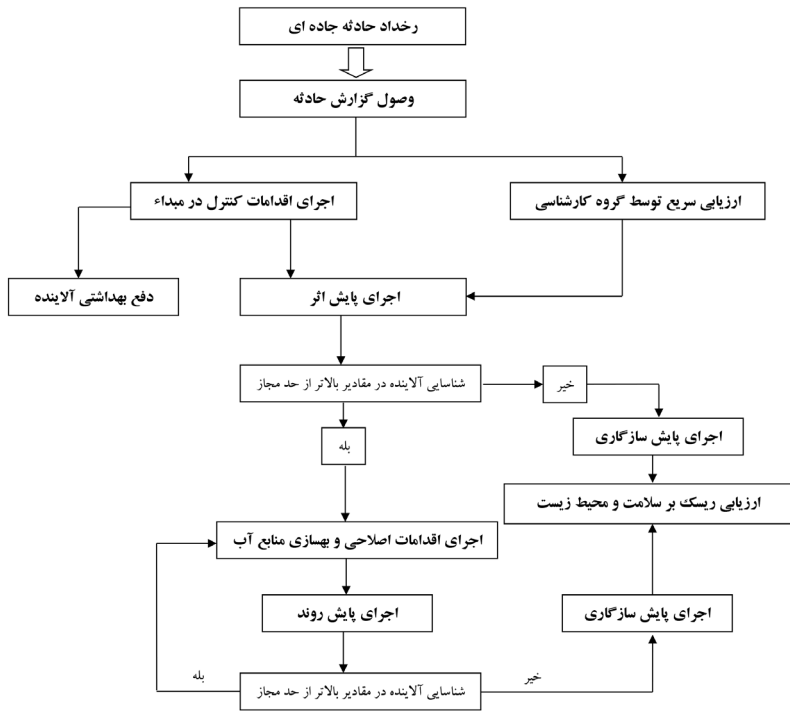
۵-۱ اقدامات کنترلی جهت ممانعت از انتشار آلودگی در مبداء^۱

این اقدامات غالباً با هدف جلوگیری از انتشار آلودگی به اجرا می رسند. جلوگیری از انتشار آلودگی پس از حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی باید بلافاصله انجام پذیرد. در این اقدام باید کلیه مخاطرات سلامتی و محیطی افراد و سایر جانداران لحاظ گردد. ضمناً این اقدامات باید بصورت گروهی صورت گرفته و تا حصول اطمینان از کنترل نشت آلودگی به محیط ادامه یابند. اقدامات ضروری در این مرحله با توجه به نوع آلاینده، محیط تخلیه آلاینده (آب یا خاک) و به خصوص شکل فیزیکی ترکیب شیمیایی تخلیه شده به محیط متفاوت می باشد. گروه واکنش سریع مسئول اجرای اقدامات کنترلی در مکان های آلوده می باشد.

۵-۱-۱ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی جامد تخلیه شده به خاک

بسیاری از آلاینده های ناشی از حوادث جاده ای می توانند به شکل پودر و گرانول باشند (جدول شماره ۳۴). اینگونه ترکیبات نظیر برخی از حلال ها می توانند آب دوست، و یا نظیر بسیاری از حلال های و ترکیبات آلی پایدار آب گریز باشند؛ آنها درجه حلالیت متفاوتی در آب دارند و جذب شان در خاک وابسته به خصوصیات ذاتی آنها می باشد.

۱. در تدوین این بخش از منابع شماره ۴۱ الی ۴۳ استفاده شده است.



نمودار شماره ۱- روند مدیریت پایش و اصلاح آب و خاک در حوادث جاده ای حمل مواد شیمیایی مهمترین اقداماتی که گروه واکنش سریع باید به اجرا برساند شامل موارد زیر می باشد:

- اولین اقدام پوشاندن ترکیب با هدف جلوگیری از انتشار آلاینده های شیمیایی در هوا می باشد. این کار را با استفاده از پوششهای پلی اتیلنی و یا کرباس قیر اندود انجام دهید. این پوشش باید به قدری سنگین باشد تا بوسیله باد جابجا نگردد.
- در ادامه با جمع آوری همزمان پوششش، باید جمع آوری ترکیب شیمیایی از خاک با استفاده از تجهیزات مناسب نظیر بیل و بولدوزر انجام پذیرد.

- در هنگام جمع آوری مواد شیمیایی از روی خاک باید از حرکات سریع خودداری گردد. زیرا اینگونه حرکات باعث انتشار آلاینده در هوا خواهد شد.

- در صورت امکان می توان آب پاشی ملایم را جایگزین پوشش های مذکور نمود.

آب پاشی تنها برای ترکیباتی مجاز خواهد بود که با آب واکنش شیمیایی ندهند.

- ترکیبات جمع آوری شده از روی خاک باید به ظروف فلزی یا پلاستیک متناسب مجهز به درب منتقل گردند. ظروف مذکور پس از برچسب زنی برای دفع به مکان های مناسب و مجاز منتقل گردند. برچسب ظروف باید شامل اطلاعاتی از قبیل موارد زیر باشد:

- تاریخ وقوع حادثه
- آدرس دقیق
- ترکیب شیمیایی جمع آوری شده
- علامت مخصوص ترکیبات شیمیایی خطرناک (در صورت لزوم)
- اقدامات ایمنی ضروری در حین بارگیری و حمل

جدول ۳۴: شکل فیزیکی ترکیبات در حمل جاده ای مواد شیمیایی

ردیف	ترکیبات شیمیایی	شکل فیزیکی
۱	حلال ها، اسیدها، قلیاها، ترکیبات دارویی، سموم، رنگ ها، رزین ها، نفت، بنزین، روغن ها، گازوئیل و سایر فرآورده های نفتی و پتروشیمی	مایع
۲	قیر، صمغ، مخلوط های خمیری ترکیبات شیمیایی، مخلوط بتن	نیمه جامد
۳	ترکیبات دارویی، سموم، کودهای ازت، کودهای فسفاته، باتری، فرآورده های معدنی حاصل از تولید در صنایع، مواد حاصل از استحصال معدن	جامد

۵-۱-۲ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی مایع تخلیه شده به خاک

در اینگونه حوادث اصولی ترین اقدام گروه واکنش سریع جلوگیری از انتشار آلاینده در خاک با کاربرد مواد جاذب می باشد. جاذب ها می توانند طبیعی یا مصنوعی

باشند. از مهمترین جاذب های مورد استفاده می توان به خاک رس، خاک، الیاف مصنوعی پلی پروپیلن و پلی استایرن اشاره نمود. اقدامات عملیاتی در این شرایط به شرح موارد زیر می باشد:

- سطح آلودگی باید بطور کامل با جاذب پوشانیده شود.
- در صورت لزوم با احداث بندهای خاکی از حرکت مواد شیمیایی ممانعت شود.
- جاذب ها باید بطور کامل با مواد شیمیایی در تماس باشند. برای این منظور می توان از تجهیزاتی نظیر وزنه های بتونی یا فلزی به منظور فشار بر جاذب استفاده نمود.
- جاذب ها پس از استفاده باید در ظروف متناسب ضد نشت قرار گرفته و برچسب زنی گردند.
- آلودگی زدایی فیزیکی با استفاده از جاذب باید تا حدی انجام پذیرد که کل آلودگی قابل مشاهده حذف گردد.

۵-۱-۳ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با کاربرد بوم ها^۱

بوم ها تجهیزاتی شناور هستند که گروه واکنش سریع می تواند از آنها با هدف محصور کردن ترکیبات سبک تخلیه شده بر روی سطح آب و حتی با هدف جذب آلودگی استفاده نماید. بوم ها دارای اندازه ها و جنس های گوناگونی می باشند. نوع و اندازه بوم در کنترل آلودگی وابسته به وسعت انتشار آلودگی در منطقه دارد. مواد بکار گرفته در ساخت بوم باعث افزایش یا کاهش وزن و مقاومت بوم در برابر کشش و تنش می شوند. گروه واکنش سریع می تواند در صورت لزوم از بوم به عنوان ابزار و دیواره حائل برای پیشگیری از انتشار آلودگی قبل از وقوع آن نیز استفاده نماید. بوم ها می توانند پرده ای محصور کننده ساحلی ایجاد نموده و از انتشار آلاینده جلوگیری نمایند. در شکل شماره ۸ کاربرد بوم ها با هدف مقابله فیزیکی با انتشار آلودگی نمایش داده شده است. گروه واکنش سریع باید در زمان کاربرد بوم ها موارد

1. Booms

زیر را مورد نظر قرار دهند:

- بوم ها را به منظور حذف مواد شناور با چگالی کمتر از یک در منابع آبی بکار ببرند.
- بوم ها صرفا در رودخانه ها و مخازن آب دارای جریان آرام مورد استفاده قرار گیرند.
- بوم ها در سطح آب بصورت U و با J کارگذاری شوند، به نحوی که ترکیبات سبک در آن جمع آوری شوند.
- از ۲ یا ۳ سری بوم برای جمع آوری آلاینده های شناور در پایین دست انتشار آلودگی استفاده نمایند.
- برای جلوگیری از خروج آلاینده های به دام افتاده توسط بوم، در اسرع وقت جمع آوری و انتقال آلاینده انجام پذیرد.
- بوم های جاذب را صرفا برای جذب ترکیباتی با ویسکوزیته پایین، نظیر گازوئیل و بنزین، استفاده نمایند.

۵-۱-۴ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با کاربرد کف گیرها^۱

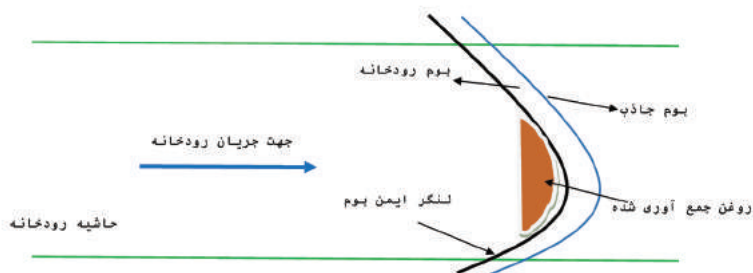
کفاب گیر وسیله ای برای جمع آوری نفت یا آب مخلوط با نفت از سطح دریا می باشد. این تجهیزات با توجه به نحوه عمل و شکل از انواع گوناگونی برخوردارند. از انواع کفاب گیر می توان به کفاب گیر حوضچه ای، صفحه ای، استوانه ای و تسمه نقاله ای اشاره نمود. انتخاب نوع کفاب گیر برای پاکسازی آلودگی منتشر شده در سطح منابع آبی در درجه اول بستگی به نوع آلاینده و غلظت آنها دارد. شرایط آب و هوایی نیز می تواند در انتخاب کفاب گیر برای پاکسازی آلودگی موثر باشد. گروه واکنش سریع در کاربرد کفاب گیرها موارد زیر را باید لحاظ نمایند:

کفاب گیر را در منابع آبی عمیق نظیر مخازن ذخیره آب و دریاچه ها مورد استفاده قرار داده و از کاربرد آنها در رودخانه های کم عمق خودداری شود.

1. Skimmer

بسته به شرایط منبع آب و دسترسی به تجهیزات می توان از انواع کفگیرهای سانتریفوژی، مستغرق و مکنده برای حذف ترکیبات شناور استفاده نمود. از این تجهیزات باید صرفاً برای حذف ترکیبات شناور استفاده گردد و از کاربرد آنها برای جمع آوری ترکیباتی که بصورت امولسیون در آب پراکنده می شوند خودداری شود.

میزان بازیابی ترکیبات نفتی با این تجهیزات بین ۳۰-۱۰ درصد می باشد. در صورتیکه بازیابی بالاتری مورد نظر باشد، باید از بوم ها به همراه کفاب گیر استفاده گردد. سرعت جمع آوری ترکیبات نفتی از سطح آب نباید از ۳ متر در ساعت تجاوز نماید. حضور زائادات و یخ در سطح آب باعث مسدود شدن کف گیرها می گردد. در این شرایط باید کف گیرها مجهز به صافی گردند.



شکل ۸: کاربرد بوم ها برای کنترل آلودگی و ممانعت از انتشار ترکیبات شیمیایی در منابع آب

۵-۱-۵ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با کاربرد جاذب ها

برخی مواد برای جذب نفت از سطح آب مورد استفاده قرار می گیرند. این مواد به شکل صفحات الیاف یا نواری شکل تهیه می شوند. جاذب ها به طور معمول تمایل بیشتری برای جذب نفت نسبت به آب از خود نشان می دهند. این مواد می توانند تا چندین برابر وزن خود نفت را در خود جذب نموده و در خود نگهداری نمایند. در شکل شماره ۹ کاربرد جاذب ها با هدف مقابله فیزیکی با انتشار آلودگی نمایش داده شده است. در استفاده از جاذب ها ملاحظات زیر باید مورد نظر گروه واکنش سریع قرار گیرند:

- جاذب را نباید بعنوان اولین وسیله کنترل و یا به تنهایی مورد استفاده قرار داد. بهتر است که این وسایل به همراه بوم مورد استفاده قرار گیرند.
- جاذب باید تا زمانی که 20 تا 25 برابر وزن آلاینده جذب کرده باشد، مورد استفاده قرار گیرد. پس از رسیدن به این شرایط باید جاذب را از سطح آب جمع آوری نموده و برای حمل به محل دفن و یا زباله سوز در ظروف محفوظ قرار داد.



شکل ۹: گستراندن ترکیبات جاذب بر سطح آب های جاری جهت جلوگیری از آلودگی آب های سطحی

۵-۱-۶ کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی با استفاده از شناورهای ویژه مقابله با آلودگی

شناورهای دریایی می توانند برای پاکسازی آلودگی نفتی در دریاها و اقیانوس ها مورد استفاده قرار می گیرند. ترکیبات آلاینده پس از جمع آوری با پمپ به داخل شناور منتقل شده و این شناورها می توانند نفت بازیافت شده را در مخازن خود نگهداری نمایند و متعاقباً آن را به ساحل و یا شناور بزرگتری تحویل دهند.

۵-۱-۷ ساخت زهکش ها جهت کنترل انتشار ترکیبات شیمیایی در آب های سطحی

اینگونه اقدامات هنگامی بکار می روند که هدف جلوگیری از انتشار آلودگی ناشی از حوادث جاده ای به مناطق اطراف و یا ممانعت از ورود آنها به داخل منابع آبی باشد. در اجرای زهکشی گروه واکنش سریع باید موارد زیر را در نظر داشته باشند:

زهکشی بصورت ثقلی افقی و یا گالری های زهکشی انجام پذیرد. از این روش برای پیشگیری از حرکت آب حاوی ترکیبات شیمیایی استفاده گردد.

از زهکشهای افقی در بسترهای خاکی استفاده شود. به این منظور در بخشهای پایینی دامنه افقی، با شیب ناچیزی به سمت خارج برای ایجاد جریان ثقلی آب، حفر گردد. زهکش های افقی را به طول ۳۰-۵۰ متر و برای زهکشی آبهای زیرسطحی عمیق تر از ۳ متر حفاری شود. در این روش تونل های حفاری با قطر ۶-۵ سانتیمتر با زاویه ۱۵-۱۰ درجه به سمت بالا دست حفاری گردند.

برای زهکشی آب های زیرزمینی از طریق حفر تونل های جانبی و احداث چاه های زهکشی عمل گردد. در احداث تونل های جانبی، از حفاری های جانبی طولی استفاده شود. این روش هنگامی که آب زیرزمینی به طور وسیعی گسترده باشد استفاده شود. تونل حفاری با ۱۰ شیب درجه به سمت بالا دست و با قطری حدود ۱۰۰-۵۶ میلیمتر حفر گردد. طول تونل حفاری بین ۳۰ تا ۵۰ متر باشد. حفاری به صورتی

باشد که از سطح زمین با مشخصات ذکر شده است به سمت لایه آب دار انجام می پذیرد. حفاری باید ۱۰ تا ۵ متر از سطح لغزنده طولانی تر باشد.

۵-۲ بهسازی آب و خاک آلوده

بهسازی منابع آب و خاک های آلوده به ترکیبات شیمیایی با روش های مختلف در محل و روش های خارج از محل قابل اجرا می باشد. روش های در محل به فعالیت هایی اطلاق می گردد که بهسازی و کاهش آلودگی در محل انجام می گردد. روش های در محل می توانند به طرق مختلف نظیر زیستی و غیر زیستی انجام گردند. مهمترین روش های بکار رفته شامل موارد زیر می باشد:

الف- تصفیه زیستی در محل^۱ که شامل روش های تهویه زیستی^۲، اصلاح میکربی و گیاه پالایی^۳ می باشد.

ب- تصفیه فیزیکی شیمیایی در محل که شامل روش های اکسیداسیون شیمیایی^۴، جدا سازی الکتروکنتیکی، شستشوی خاک^۵، شکستن^۶، استخراج بخار آب^۷، استحکام/ تثبیت^۸، برهم زدن و شخم تناوبی و تصفیه حرارتی^۹ می باشد.

روش های اصلاح خارج از محل نیز روش هایی می باشند که مبتنی بر رفع آلودگی از آب و خاک در غیر از محل آلودگی میباشند. روش های اصلاح در خارج محل می توانند به طرق مختلف نظیر زیستی و غیر زیستی انجام گردند. مهمترین روشهای بکار رفته شامل موارد زیر می باشد:

الف- تصفیه زیستی خارج از محل مشتمل بر فرآیندهایی نظیر کمپوست کردن، پخش

1. In situ biological remediation
2. Bioventing
3. Phytoremediation
4. Chemical Oxidation
5. Soil flushing
6. Fraction
7. Soil Vapor Extraction
8. Solidification /Stabilization
9. Thermal Treatment

و تصفیه برزمین و تصفیه زیستی فاز آبی^۱ است.

ب- تصفیه فیزیکی شیمیایی خارج از محل، شامل کاربرد سیال فوق بحرانی^۲، استخراج شیمیایی^۳، اکسیداسیون و احیاء شیمیایی، هالوژن زدایی^۴، جداسازی، شستشوی خاک، استحکام/ تثبیت، آلودگی زدایی با گاز داغ^۵ و خاکستر کردن میباشد.

مهمترین روش های مورد استفاده در بهسازی و اصلاح آب و خاک آلوده در ادامه توصیف شده و خصوصیات و ویژگی های هر روش ارائه شده است. گروه واکنش سریع مسئول اجرای اقدامات اصلاحی در سایت های آلوده می باشد. اقدامات اصلاحی باید بلافاصله پس از وقوع آلودگی و تایید نتایج پایش اثر در منابع آب و خاک های آلوده به ترکیبات شیمیایی انجام پذیرند. بطور کلی گروه واکنش سریع باید بر اساس یکی از سه استراتژی زیر اصلاح خاک های آلوده به ترکیبات شیمیایی را به اجرا برساند:

الف) خاک آلوده به مواد شیمیایی را تا عمق مشخصی برداشتن نموده و از منطقه دور ساخته و سپس اصلاح انجام پذیرد؛ ب) خاک را در همان منطقه ای که وجود دارد به صورت درجا اصلاح کرد؛ ج) برای جلوگیری از گسترش آلودگی به گیاهان، جانوران و انسان و در نتیجه کاهش مواجهه با آلاینده های شیمیایی به خاک مواد تثبیت کننده تزریق شود. همچنین جهت بهسازی منابع آب آلوده به ترکیبات شیمیایی باید یکی از استراتژی های الف) پمپاژ آب آلوده به خارج از منبع اصلی و اجرای اقدامات اصلاحی با استفاده از روش های شیمیایی یا زیستی و یا ب) اجرای بهسازی در داخل منبع آلودگی آب، مورد نظر قرار گیرد.

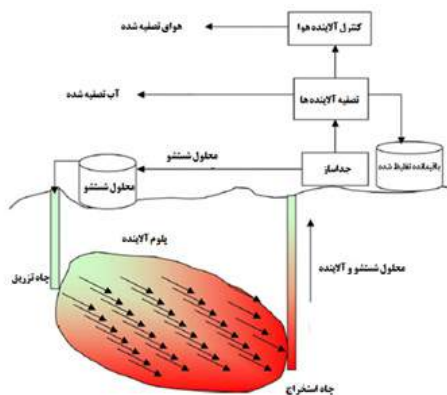
۵-۲-۱ خاک شویی Soil flushing

روش خاک شویی می تواند به دو صورت در محل و خارج محل انجام پذیرد. روش

1. Slurry Phase Biological Treatment
2. Supercritical fluid
3. Chemical Extraction
4. Dehalogenation
5. Hot Gas Decontamination

خاکشویی در محل مبتنی بر پاکسازی خاک با فشار آب می باشد (شکل شماره ۱۰). این سیستم در واقع استخراج آلاینده ها از خاک با آب یا دیگر محلولهای مناسب حاوی آب می باشد. خاک شویی با عبور دادن مایع استخراجی از میان خاکهای محل با بکارگیری شیوه تزریقی یا نفوذی انجام می گیرد. مایعات استخراجی باید از لایه های زیرین مجددا جمع آوری شده و در صورت امکان تصفیه بازیافت گردند. آلاینده های نفتی زیادی امروزه در محیط زیست به وسیله صنایع نفتی و شیمیایی تولید و جزء مهم ترین آلوده سازهای محیط محسوب می شوند. نشت ترکیبات نفتی تحت تاثیر نیروهای موئینگی و ثقلی، منجر به حرکت عمودی در خاک های غیر اشباع شده و خلل و فرج خاک را پر می کند. استفاده از شوینده ها جهت پاک سازی خاک سالها است که انجام می گیرد، ولی به علت مشکلات بسیار از جمله گرفتگی و کاهش نفوذپذیری کاربرد آنها محدود نموده است. این مشکلات ناشی از واکنش بین شوینده ها، مواد آلی و رس و ژله ای شدن سطح خاک می باشد. به این علت که کاهش نفوذپذیری باعث کاهش میزان نفوذ مواد شوینده می شود، مدت پاک سازی افزایش یافته و بازده عملیات پایین می آید. نفوذپذیری خاک از مهم ترین پارامترهای مورد نظر جهت انجام خاک شویی در محل می باشد که جهت انجام عملیات، قبل از شروع پاک سازی و با توجه به شرایط محل باید به طور دقیق مورد قرار گیرد. جزئیات عملیاتی خاکشویی در اصلاح خاک آلوده به شرح موارد زیر می باشد (۴۴ و ۴۵):

- این روش برای حذف ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار استفاده گردد.
- در صورت استفاده از بهسازی در محل، مدت زمان بهسازی خاک های آلوده به ترکیبات نفتی در این روش نیاز به ۴ تا ۹ ماه زمان دارد.



شکل ۱۰: مراحل بهسازی خاک در محل با استفاده از روش خاکشویی

- گروه واکنش سریع قبل از اجرای بهسازی از جنس خاک و سایر خصوصیات هیدرولوژیکی کاملاً اطلاع کسب نماید. موفقیت کاربرد این روش در ارتباط مستقیم با نفوذپذیری خاک می باشد به گونه ای که در خاک هایی با نفوذ پذیری زیاد میزان اصلاح افزایش می یابد. بهترین نتایج خاک شویی در محل در میزان نفوذپذیری بیش از ۳-۱۰ سانتی متر در ثانیه بدست می آید. از این روش برای بهسازی خاک هایی با نفوذپذیری کمتر از ۵-۱۰ سانتی متر در ثانیه استفاده نگردد.
- در صورت نیاز به تسریع فرآیند و همچنین بهبود فرار سازی آلاینده ها از خاک، خاک شویی باید با روش استخراج با بخار انجام گردد.
- در صورت استفاده از آب به تنهایی، از روش خاک شویی برای حذف آلاینده های آلی با ثابت نسبت اکتانول به آب کمتر از ۱۰ استفاده گردد.
- در روش خارج محل، عملیات خاک شویی برای حذف ترکیبات آلی نفتی تا میزان آلودگی ۱۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر با غلظت ۰/۳ درصد از شوینده سدیم دودسیل سولفات و در آلودگی ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر و بیشتر با شوینده ۰/۱ درصد وزنی انجام پذیرد.

- جهت خاک شویی فلزات سنگین نظیر سرب و کادمیوم از اتیلن دی آمین تترا استیک اسید استفاده شود.

۵-۲-۲ استخراج مکشی خاک (vacuum extraction soil)

روشی مناسب جهت حذف در محل آلاینده های مایع و بخارات آلی از خاک می باشد. در این روش ایجاد خلا در چاهها و چاهک هایی که در منطقه آلودگی حفاری شده اند، باعث افت نسبی فشار می شود. بدین ترتیب مواد فرار فازگازی آلوده کننده خاک از طریق چاهها حذف و خارج می گردد (شکل شماره ۱۱). دستورالعمل کاربرد این روش در بهسازی خاک شامل ملاحظات زیر می باشد (۴۶):

- نصب مناسب چاه های مکشی مهمترین فاکتور کلیدی در موفقیت کاربرد این روش می باشد. شعاع تاثیر هر چاه تابعی از نفوذپذیری خاک و میزان خلاء بکار گرفته شده می باشد.

- مناسب ترین دمنده ها برای ایجاد شرایط کم خلاء و ایجاد جریان زیاد دمنده های سانتریفوژی تک مرحله ای هستند. در شرایطی که نیاز به میزان متوسط خلاء باشد از دمنده های چند مرحله ای استفاده شود. همچنین برای ایجاد خلاء بالا از دمنده های دوار^۱ یا پمپ های فشار مثبت^۲ استفاده شود.

- این روش باید برای حذف ترکیبات فرار با فشار بخار بیشتر از ۰/۵ میلی متر جیوه و یا ثابت هنری بیش از ۰/۰۱ استفاده گردد.

از این روش برای خاک شویی آلاینده هایی نظیر دی اکسین ها، فلزات سنگین و بی فنیل های پلی کلرینه استفاده نگردد.

- لوله های تهویه استخراج عمودی در عمق ۱/۵ متری یا بیشتر تعبیه شوند. انتخاب پمپ مکشی با توجه به عمق لوله تهویه انجام پذیرد.

- مدت زمان اجرای عملیات تابعی از غلظت آلودگی، نوع آلاینده و قدرت مکش

1. liquid-ring

2. positive displacement

می‌باشد. عملیات مکش باید تا زمانی که غلظت آلاینده مورد نظر به حالت ثابت برسد ادامه یابد. در سایت های بسیار آلوده اجرای این روش تا ۶ ماه اجرا گردد. - برای تصفیه بخارها در مقادیر کمتر از ۲۵-۱۲ کیلوگرم در روز می توان از ستون کربن فعال استفاده نمود. استفاده از فناوری های اکسیداسیون کاتالیتیکی مستلزم حرارت دادن به جریان بخار تا دمای ۷۰۰-۵۰۰ درجه فارینهایت و گذراندن بخارات گرم از روی بستر کاتالیستی برای اکسیداسیون بخارات هیدروکربن ها می باشد. این سیستم برای مقادیر بخارات بیشتر از ۲۵-۱۲ کیلوگرم در روز و غلظت بخارات کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر اقتصادی است. سوزاندن را نیز می توان هنگامی که مقدار غلظت هیدروکربن ها در بخارات در طولانی مدت بیشتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر باشد بکار برید. در این روش از دمای ۱۸۰۰-۱۵۰۰ درجه فرینهایت و مدت زمان ماند ۲-۱ ثانیه برای اکسیداسیون بخارات هیدروکربن ها استفاده شود.



شکل ۱۱: بهسازی خاک آلوده به ترکیبات شیمیایی با روش استخراج مکشی

۵-۲-۳ تزریق هوا^۱

این سیستم برای افزودن اکسیژن به ناحیه اشباع خاک بکار گرفته می شود. اکسیژن یا هوای تزریق شده به زیر سطح زمین باعث تهییج فعالیت میکربی شده و سرعت تجزیه ترکیبات آلی تشدید می گردد. در این فرآیند یک چاه تزریق هوا حفر می

1. Air sparging

شود که از این راه هوای تحت فشار به زیر سطح آب زیرزمینی تزریق می‌گردد. این هوای پرفشار باعث حرکت آب در سازند زیرزمین شده که به دنبال آن یک محیط متخلخل موقتی پر از هوا شکل می‌گیرد. در این محیط غلظت اکسیژن زیاد شده و باعث افزایش سرعت تجزیه زیستی می‌شود (شکل شماره ۱۲). از طرف دیگر ترکیبات فرار آلی نیز فرصت می‌یابند وارد فاز گازی شده و جدا شوند. سپس این هوای آلوده توسط چاه‌های استخراج بیرون کشیده می‌شود. برای اصلاح زیستی در منطقه اشباع خاک، گاهی به همراه اکسیژن، متان نیز به این ناحیه تزریق می‌کنند. این گاز برای فعال کردن باکتری‌های متانوتروف تزریق می‌شود. در این روش توسط فرآیندهای کومتابولیسم تجزیه بیولوژیکی هیدروکربنهای کلرینه شده شکل می‌گیرد. در این شرایط ارگانیسم‌های متانوتروف آنزیم متان‌نواکسیناز تولید می‌کند. در این روش کومتابولیکی، ترکیبات کلرینه شده نیز تجزیه می‌شوند.

جزئیات و ملاحظات کاربرد این روش به شرح موارد زیر می‌باشد (۴۷، ۴۸):

- این روش برای حذف در محل ترکیبات آلی از خاک تخصصی شده است.
- قطر چاه تزریق هوا باید ۲/۵ تا ۱۰ سانتی متر باشد.
- چاه‌های عمودی باید تا عمق ۲ فوتی زیر سطح آب زیرزمینی امتداد داشته باشد. نصب چاه‌های افقی به دلیل هزینه زیاد توصیه نمی‌گردد.
- میزان فشار جریان هوا به منطقه اشباع بستگی به وزن ماتریکس خاک بالای نقطه تزریق هوا دارد و می‌توان آنرا از رابطه ۵-۱ برآورد نمود. در این رابطه D عمق زیر سطح زمین تا قسمت فوقانی نقطه تزریق می‌باشد:

$$P_{fracture} [psig] = 0.73 \times D_{soil} [ft] \quad (\text{رابطه شماره ۵-۱})$$

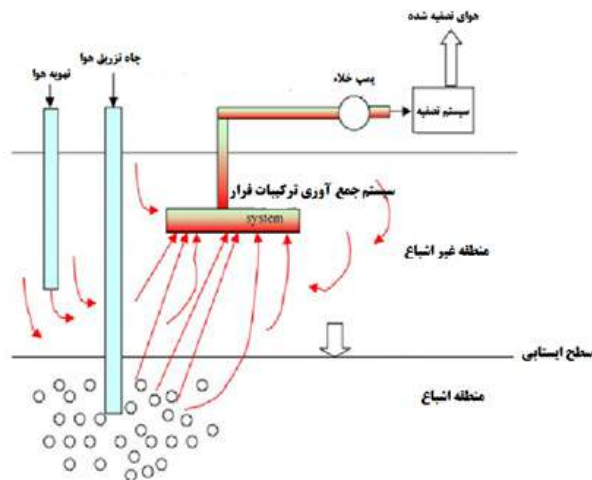
- سیستم استخراج بخارات SVE برای بازیابی بخارات آلوده باید تعبیه گردد. SVE شامل مکنده هوا، فیلتر هوا، جداساز آب/هوا، شیرآلات، چاه‌های استخراج و سیستم تصفیه بخارات می‌باشد. از SVE هنگامی که بخارات در منطقه غیر اشباع

vadose zone تجزیه می شوند استفاده ننمایید.

- سرعت استخراج بخار آلوده در سیستم SVE را ۲-۳ برابر سرعت تزریق هوا در نظر بگیرید.

- تعداد چاه های SVE کمتر از چاه های تزریق هوا در نظر گرفته شود زیرا این چاه ها در نقاط عمیق تری نسبت به چاه تزریق هوا تعبیه می گردند. حداقل تعداد چاه استخراج در SVE را می توانید از نسبت مساحت منطقه آلودگی (منطقه هدف) به منطقه تحت تاثیر و با استفاده از رابطه ۲-۵ برآورد نمایید:

$$N_{SVE} = \frac{A_{target}}{\pi (R_{SVE})^2} \quad (\text{رابطه شماره ۲-۵})$$



روش ۱۲: روش تزریق هوا به خاک جهت حذف ترکیبات آلی فرار

- شعاع تاثیر چاه های SVE در خاک های شنی - سیلتي ۸ متر و در خاک های شنی - ماسه ای بیشتر از ۱۰ متر در نظر گرفته شود.

- گزینه های سیستم تصفیه بخارات عبارت از اکسیداسیون گرمایی، اکسیداسیون

کاتالیتیکی و کاربرد ستون کربن فعال است. در صورتیکه غلظت VOCs در بخارات بیشتر از ۱۵۰ ppmv باشد، از اکسیداسیون کاتالیتیکی یا گرمایی استفاده گردد. کاربرد ستون کربن فعال فقط هنگامی اقتصادی است که غلظت بخارات آلی کمتر از ۱۵۰ ppmv باشد.

- هزینه اجرای مقیاس کامل این روش ۱۱۰-۵۰ دلار به ازاء هر تن خاک آلوده برآورد شده است.

۵-۲-۴ اصلاح زیستی دوغابی Slurry phase biological

دوغاب آبدار از ترکیب خاک با آب بوجود می آید. دوغاب جهت معلق سازی مناسب خاک و برخورد میکروارگانیسم ها با آلایندههای خاک به خوبی به هم زده می شود. بعد از انجام فرآیند اصلاح، خاک باید به محل خود بازگردانده شوند. اصلاح زیستی فاز دوغاب میزان بهسازی معادل ۹۹٪ را به همراه دارد. جزئیات و ملاحظات کاربرد روش اصلاح زیستی دوغاب به شرح موارد زیر میباشد (۴۹، ۵۰):

- این روش برای اصلاح خاک آلوده به مواد منفجره، هیدروکربن های نفتی، حلالها و حشره کش ها در خارج محل توصیه و اجرا می گردد و قادر است تا میزان آلودگی آلی در خاک تا ۲۵ درصد وزنی در خاک را برطرف نماید.

- قبل از اجرای فرآیند باید سنگ ها از خاک جداسازی گردند. میزان آب مورد نیاز و اختلاط تابعی از غلظت آلودگی، سرعت فرآیندهای بیولوژیک و طبیعت فیزیکی خاک دارد. بطور معمول غلظت جامدات در دوغاب را ۴۰-۱۰ درصد در نظر می گیرند.

- از این روش بصورت راکتور گسسته یا نیمه پیوسته^۱ استفاده گردد. در حین اختلاط آب با خاک در راکتور زیستی باید به راکتور جمعیت میکربی، اکسیژن و مواد مغذی افزود. همچنین کنترل pH با افزودن اسید یا قلیا انجام پذیرد.

- پس از اتمام عملیات اختلاط، باید خاک آب زدایی شود. آب زدایی با استفاده از

1 semi-continuous

صافی‌های فشاری، زلال ساز، صافی خلاء و یا بسترهای خشک کننده قابل انجام است.

- زمان مانند دوغاب در بیورآکتور را برای اصلاح خاک آلوده به پنتاکلروفنیل تا ۵ روز، آفت کش ها تا ۱۴ روز و لجن تصفیه خانه ۶۰ روز در نظر گرفته می شود.
- هزینه اجرای این روش در بهسازی خاک ۱۳۰-۷۰ دلار به ازاء هر مترمکعب خاک لحاظ گردد.

۵-۲-۵ شخم زدن Land farming

ساده ترین روش تصفیه در محل، روش شخم زدن می باشد. این روش شامل به هم زدن خاک توسط شخم زدن با استفاده از ماشین آلات زراعی است. شخم زدن میزان اکسیژن خاک را افزایش داده و توزیع آلودگی در خاک را یکنواخت می کند. این فرآیند باعث می شود که سرعت تجزیه افزایش می یابد. جزئیات و ملاحظات کاربرد روش اصلاح زیستی با شخم زدن به شرح موارد زیر می باشد:

- از این روش برای اصلاح خاک های آلوده به BTEX، PAHS، هیدروکربن های نفتی و ترکیبات فنله در مناطق دور از مناطق مسکونی و هنگامیکه غلظت آلاینده در خاک اندک باشد، استفاده می گردد.
- در صورتیکه غلظت کل هیدروکربن های نفتی در خاک بیش از ۸ درصد باشد این روش قابل استفاده نخواهد بود.

- کاربرد این روش مستلزم انجام فرآیند در لایه روئین خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری می باشد. برای بهبود عملیات بهسازی می توان کمپوست را نیز به لایه خاک افزود.

- مدت زما ت بهسازی وابسته به غلظت آلودگی، طبیعت آلاینده، نوع خاک و حجم خاک آلوده بوده و بین ۲۴-۳ ماه متغیر می باشد. زمان لازم برای بهسازی خاک های آلوده به PAHS بین ۴ تا ۶ ماه است. بهترین عملکرد این روش برای

حذف هیدروکربن های نفتی سبک با فراریت بالا، مانند بنزین، است. اصولاً هرچه مولکول سنگین تر باشد تجزیه آهسته تر انجام شده و باید زمان بیشتری برای بهسازی و اصلاح در نظر گرفت.

۵-۲-۶ اکسیداسیون شیمیایی Chemical oxidation

مبنای این روش تبدیل آلاینده های خطرناک به ترکیبات بی خطر و با سمیت کمتر که پایدارتر، کم تحرک تر و بی اثر هستند، می باشد. عوامل اکسیدکننده که به طور معمول استفاده می شوند شامل ازن، پراکسید هیدروژن و هیپوکلریت می باشد. این فرآیند بین ۶۰ تا ۹۵ درصد راندمان دارد. گاز ازن می تواند مستقیماً و یا از طریق تشکیل رادیکال های هیدروکسیل آلودگی را اکسیده کند. واکنش ازن مانند پراکسید در سیستم های اسیدی بسیار موثر است. اکسیداسیون با استفاده از پراکسید هیدروژن و با حضور آهن فروس یا واکنشگر فنتون، که رادیکال های هیدروکسیل آزاد را به وجود می آورد، تکمیل می گردد. واکنشگر فنتون تحت pH بسیار اسیدی (۴-۲) بسیار موثر است. نمک پرمنگنات به حالت نمک سدیم، کلسیم، منیزیم در دسترس است و در گستره pH ۵/۳ تا ۱۲ موثر هستند. اکسیداسیون شیمیایی با روش های مختلفی برای اصلاح آب و خاک آلوده به آلاینده های شیمیایی قابل استفاده می باشد. مهمترین نکته در کاربرد اکسیداسیون شیمیایی انتخاب روش مناسب توسط گروه واکنش سریع می باشد. بگونه ای که در حداقل زمان ممکن بتوان مواجهه اجرای اکوسیستم با آلاینده را قطع یا به حداقل رسانید. روش های مختلف اکسیداسیون شیمیایی تخصصی شده است که در ادامه برخی از مهمترین آنها برای بهسازی منابع آب و خاک ارائه می گردد.

۵-۲-۶-۱ اصلاح شیمیایی خاک آلوده به سموم

رفع آلودگی از خاک های آلوده شده با فرمولاسیون پودری و یا گرانول سموم با روش های مختلف شیمیایی و بیولوژیک قابل اجرا می باشد. یکی از روش های پر

کاربرد افزودن مواد آلاینده زدا می باشد. ملاحظات و جزئیات کاربرد این روش به شرح موارد زیر می باشد (۵۲):

- افزودن ترکیب به خاک باید بلافاصله پس از جمع آوری توده سم از خاک انجام پذیرد.

- ترکیبات آهک ۱۰ درصد، محلول کلر و کاستیک سودا ۱۰ درصد (NaOH) بالاترین اثربخشی را دارد. بسیاری از سموم و به خصوص ارگانوفسفره ها با استفاده از آهک ۱۰ درصد تخریب می شوند و سموم کمتری نیز با استفاده از هیپوکلریت سدیم (bleach) تجزیه می گردند.

- عوامل آلودگی زدا را می توان بصورت خشک و بصورت یک لایه نازک در منطقه پخش نمود و در ادامه با آبپاشی ملایم در منطقه عوامل آلاینده زدا را فعال نمود. برای آلودگی زدایی همچنین می توان از محلول نیز استفاده نمود. در این حالت ترکیب قبلا با آب مخلوط شده و با روش پاشیدن ملایم در منطقه آلوده به کار برده می شود.

- افزودن ترکیبات آلاینده زدا تا حدی باید تکرار گردد که آلودگی بطور کامل حذف گردد. برای رفع آلودگی ناشی از برخی از سموم کاربرد دترجنت نیز ضرورت دارد. در جدول شماره ۳۵ مواد آلاینده زدای مورد استفاده برای سموم مختلف ارائه شده است.

جدول ۳۵: ترکیبات آلاینده زدای برای رفع آلودگی ناشی از سموم

ترکیب آلاینده	ترکیب آلاینده زدا	ردیف
کارباریل، پرپوکسور، تمفوس، نالد، مالاتیون، دی کلرووس	هیدروکسید سدیم، آهک	۱
پرمترین، فنوکسی کرب، دی کوات	آب آغشته به دترجنت	۲
متوپرن، Bifenthrin	هیپوکلریت سدیم	۳
پرمترین	مخلوط هیپوکلریت سدیم و الکل	۴
Abarnectin	متانول	۵

۵-۲-۶-۲ اصلاح شیمیایی خاک آلوده به فلزات سنگین

روش‌های تثبیت، شستشوی خاک و اصلاح گیاهی رایجترین روش‌های اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین را تشکیل می‌دهند که تحت عنوان بهترین روش در دسترس BAT از آنها یاد می‌شود. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا روش‌های اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین را بطور کلی در دو دسته کنترل در مبداء و اصلاح آلودگی تقسیم بندی نموده است. کنترل در مبداء مستلزم کاربرد روش‌های در محل و خارج محل میباشد. تثبیت یکی از رایج ترین روش‌های بهسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگی می باشد. ملاحظات و جزئیات کاربرد این روش به شرح موارد زیر می باشد (۵۲):

- تثبیت را می توان به هر دو روش در محل و خارج محل انجام داد.
- تثبیت خارج محل خاک هنگامی توصیه می گردد که ضرورت داشته باشد مقدار زیادی خاک آلوده به فلزات سنگین از منطقه آلوده خارج گردد. زیرا در صورت باقی ماندن خاک آلوده اثرات اکولوژیکی و سلامتی فراوانی به همراه خواهد داشت. در روش تثبیت در محل عوامل آلاینده خاک بدون حفاری با کاربرد ترکیبات مختلف تثبیت می شوند.
- عمده ترین ترکیباتی که در روش تثبیت به کار می روند، عبارت از خاک رس، زئولیت، فسفات ها، کمپوست آلی و میکروارگانسیم های می باشند.
- جامد سازی و تثبیت فلزات سنگین در خاک را می توان با کاربرد خاک رس (بتونیت و کائولینیت)، خاکستر حاصل از سوزاندن، کربنات کلسیم، اکسیدهای آهن و منگنز، ذغال سنگ، تثبیت کننده های آلی نظیر قیر، کمپوست و کود حیوانی نیز انجام داد. معمول ترین روش تثبیت فلزات سنگین در خاک افزودن هیدروکسیدها به داخل ماتریکس خاک آلوده می باشد. در جدول شماره ۳۶ برخی از ترکیبات معدنی و آلی قابل کاربرد در تثبیت و جامد سازی فلزات سنگین در

خاک، ارائه شده اند.

- مدت زمان و میزان تزریق مواد به خاک تابعی از میزان آلودگی خاک، نوع سم و شرایط محیطی می باشد.

- برای حذف فلزات سنگین می توان خاک شویی را با افزودن ترکیبات شیمیایی انجام داد. در این روش آلودگی از محیط خاک خارج و به فاز آبی منتقل می گردد. غالب ترین ترکیباتی که به منظور آب شویی فلزات سنگین به همراه آب مورد استفاده قرار می گیرند اسیدها، حلال ها، دترجنت ها و نمک های قلیایی می باشند. ملاحظات و جزئیات کاربرد این روش به شرح موارد زیر می باشد:

- خاک شویی هنگامی برای حذف فلزات سنگین توصیه می گردد که سهم سیلیس و رس (اجزاء با قطر کمتر از 0.063 میلی متر) در خاک کمتر از $35 - 30$ درصد باشد.

- از آنجا که فلزات سنگین در محیط های اسیدی حلالیت بیشتری دارند، افزایش pH به مقادیر بیش از $6/5$ می تواند آنها را در خاک تثبیت نماید، و بنابراین دسترسی کمتری به گیاهان داشته و توان انتقال آنها به منابع آبی نیز کاهش می یابد.

- در هنگام کاربرد فسفات ها به خاک باید توجه گردد که اگر چه این ترکیبات اکثر فلزات سنگین را در خاک تثبیت مینمایند، ولی باعث دسترسی بالاتر آرسنیک می گردند و از این رو در خاک غنی از آرسنیک افزودن نمک های فسفاته مجاز نمی باشد. ضمن آنکه کاربرد مقادیر زیاد فسفات آلودگی آب را به همراه خواهد داشت.

- آلاینده های هدف در خاک شویی ترکیبات آلی فرا و نیمه فرار (VOCs) و (SVOCs) می باشند. هر چند که برخی از اجزاء سبک ترکیبات نفتی و حشره کش ها با این روش پاکسازی می گردند.

- این روش برای خاک هایی توصیه می گردند که هدایت هیدرولیکی بیش از $1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ داشته باشند.

- زمان مورد نیاز برای کاربرد این روش نسبتاً طولانی است که علت آن جداسازی مشکل ترکیبات شیمیایی از خاک میباشد.

- در کاربرد روش خاک شویی باید مراقبت نمود که آلاینده از خاک به هوا منتقل نگردد.

- حذف آلودگی مرتبط با آلاینده های آب گریز از خاک مستلزم استفاده از مواد فعال کننده سطحی یا حلال های آلی می باشد.

- در صورتیکه هدف کاربرد خاکشویی حذف VOCs باشد، تصفیه هموای منتشر شده از این روش ضرورت خواهد داشت.

جدول ۳۶: ترکیبات مورد استفاده جهت تثبیت فلزات سنگین در خاک های آلوده

ردیف	ماده تثبیت کننده	دسترسی به ماده تثبیت کننده	آلاینده هدف
ترکیبات تثبیت کننده معدنی			
۱	ذرات براده چوب	صنایع چوب	سرب، کادمیوم، جیوه، مس
۲	پوست درختان	صنایع تولید کاغذ	روی، سرب، جیوه
۳	کیتوزان	صنایع	سرب، کروم، جیوه
۴	باگاس	مزارع نیشکر	سرب
۵	مدفوع ماکیان	مرغداری ها	مس، سرب، روی، کادمیوم
۶	شلتوک برنج	کارخانجات برنج کوبی	سرب، کروم، کادمیوم
۷	لجن فاضلاب	تصفیه خانه فاضلاب	کادمیوم
۸	برگ درختان	باغات	کروم، کادمیوم
۹	نی، بوریا		کادمیوم، کروم، سرب
ترکیبات تثبیت کننده آلی			
۱۰	آهک	صنایع تولید آهک	کادمیوم، مس، نیکل، سرب، روی
۱۱	نمک فسفات	کودهای کشاورزی	سرب، روی، مس، کادمیوم

۱۲	هیدروکسی آپاتیت	فسفریت ها	روی، سرب، مس، کادمیوم
۱۳	خاکستر فرار	زیاله سوزها	سرب، کادمیوم، مس، روی، کروم
۱۴	سرباره گدازه	صنایع تولید حرارتی نظیر ذوب فلزات	کادمیوم، سرب، روی، کروم
۱۵	سیمان پورتلند	صنایع سیمان	کروم، مس، روی، سرب
۱۶	بنتونیت	معادن	سرب

- افزودن ترکیباتی که بتوانند باعث افزایش قدرت طبیعی بیولوژیک خاک در تجزیه هیدروکربن‌ها گردد، روشی کارآمد و گاه ارزان قیمت است. تزریق کودهای حیوانی به خاک یکی از روش های بهسازی و اصلاح خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی را تشکیل می دهد که جزئیات و ملاحظات کاربرد آن به شرح موارد زیر می باشد (۵۳):

- افزودن کود گاوی به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هر هکتار برای اصلاح خاک هایی با آلودگی کم تا متوسط کافی است. در صورتیکه میزان آلودگی در خاک بیشتر از ۱٪ باشد مقدار کاربرد کود را می توان تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. - نسبت N/P/K/S در کود مورد استفاده باید در حد ۱۰/۲۰/۱۰/۱۰ تنظیم و حفظ گردد.

- از بکار بدن این روش در نزدیکی منابع آبی خودداری شود، زیرا کودها حاوی محتوای بالایی ازت هستند که می توانند آلودگی منابع آب را به همراه داشته باشند.

- کنترل تخم علف های هرز قبل از تزریق کود به مکان های آلوده انجام پذیرد. زمان اصلاح را در این روش معمولاً یکسال در نظر بگیرید.

- این روش در مواقعی اثرات مناسب تری را به همراه دارد که سهم اجزاء و ذرات ریز خاک^۱ (اجزاء با قطر کمتر از ۰/۰۵ میلی متر) زیاد نباشد.

- اصلاح خاک های آلوده به ترکیبات نفتی با ترکیبات طبیعی دیگری نظیر

۱. تقسیم بندی ذرات تشکیل دهنده خاک:
ذرات بسیار درشت (۱-۲ میلی متر)؛ ذرات درشت (۰/۵-۱ میلی متر)؛ ذرات متوسط (۰/۲۵-۰/۵ میلی متر)؛ ذرات ریز (۰/۰۲۵-۰/۰۱ میلی متر)؛ ذرات بسیار ریز (۰/۰۱-۰/۰۰۵ میلی متر)؛ ذرات سیلت (۰/۰۰۲-۰/۰۰۵ میلی متر)؛ ذرات رس (کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلی متر)

سنگ گچ با درجه کشاورزی^۱ نیز قابل انجام می باشد. این ترکیب به میزان ۲/۴ گرم در لیتر در آب قابل حل می باشد و با آزاد سازی Ca^{+2} و جایگزینی آن با یونهای Na^{+} باعث تثبیت مجدد خاک و اصلاح مقاومت آن می گردد. افزودن این ترکیب به خاک با شرایط و جزئیات زیر قابل انجام می باشد:

افزودن سنگ گچ ۲۰٪ در عمق ۱۵ سانتی متری خاک انجام پذیرد.

از این ترکیب به میزان ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شود.

۵-۲-۷ اصلاح زیستی در محل با کاربرد میکروارگانیسم ها

جزئیات و ملاحظات کاربرد این روش شامل موارد زیر میباشد (۵۴، ۵۵):

- اولین نکته ای که گروه واکنش سریع در اجرای این روش باید در نظر بگیرد، تعیین نوع آلاینده است. هر ماده ای با توجه به خصوصیات منحصر به فردی که دارد شرایط ویژه ای نیز جهت تجزیه زیستی لازم دارد. اقدام بعدی تعیین عوامل محدود کننده اصلاح زیستی می باشد. بطور معمول مهمترین عامل محدود کننده مربوط به پذیرنده نهایی الکترون می باشد. اما در برخی موارد فسفات و نیتروژن و یا یک منبع اضافی انرژی نیز می تواند بعنوان یک عامل محدود کننده مطرح باشد. اگر ماده مورد نظر جهت اصلاح زیستی تحت شرایط هوای قابل تجزیه باشد، در این شرایط اکسیژن یک پذیرنده الکترون خواهد بود.

- تعیین میزان اکسیژن لازم برای فعالیت میکروارگانیسم ها اقدام بعدی را تشکیل می دهد. بطور معمول میزان اکسیژن لازم برای اکسیداسیون زیستی یک کیلوگرم از ترکیبات آلی را برابر با ۳/۵ کیلوگرم در نظر می گیرند.

- مرحله بعدی مربوط به طراحی هیدرولیکی سیستم می باشد. معمولاً سیستم های اصلاح زیستی در محل متشکل از مجموعه های از پمپها و چاهها می باشند. در طراحی و انتخاب این تجهیزات ملاحظات زیر باید در نظر گرفته شوند:

حد بالایی جریان آب یا آب در رخس: این پارامتر میزان تصفیه آب در محل را

1 gypsum

تعیین می کند و از این رو هزینه های بلند مدت را معلوم می کند. حد پایین جریان آب یا آب در چرخش در مقایسه با خط طبیعی جریان: این اقدام جهت ایجاد الگوهای قطعی جریان بین چاههایی که قرار است پایش شوند مورد استفاده قرار می گیرد.

فشارهای ناشی از لایه های آبخوان مجاور

استحکام شکل چاه نسبت به جهت و میزان جریان آبهای زیر زمینی مجاور حد پایین جریان پذیرنده الکترون به منظور تکمیل شرایط لازم جهت حذف یا تجزیه میزان معینی از یک آلاینده در یک بازه زمانی مشخص - اصلاح زیستی خاک آلوده با میکروارگانیسم را می توان با روش های فعال سازی نیز به اجرا رسانید. فعال سازی به عملیاتی که میکروارگانیسم را به تجزیه آلاینده سخت تجزیه پذیر تهییج می کند، اطلاق می شود. تهییج میکروارگانیسم ممکن است با دستکاری در ماهیت بیوشیمیایی یا فیزیولوژیکی میکرب و یا تغییراتی که در محیط مورد اصلاح، آب زیرزمینی یا خاک صورت می گیرد، انجام شود. گرچه روش اول یعنی دستکاری میکربی، کلمه آشناتری است اما روش دوم یعنی دستکاری محیطی، که منجر به افزایش فعالیت میکربی می شود، کاربرد بیشتری دارد. دلیل عمده آن ساده تر و ارزان تر بودن روش دوم است.

- استفاده از روش مناطق واکنش گر می تواند منجر به افزایش عملکرد بهسازی گردد. در این روش نرخ تجزیه در منطقه تحت کنترل افزایش می یابد. این روش در نهایت منجر به کوتاهتر شدن فرآیند اصلاح می گردد. در کاربرد این روش باید ملاحظات زیر را در نظر گرفت:

مناطق واکنش گر از منطقه اکسیدکننده یا احیاکننده تشکیل شده است. انتخاب این مناطق به دو عامل شرایط محیطی و خصوصیات آلاینده بستگی دارد. بعلاوه مناطق واکنش گر می توانند با فعال کردن میکروارگانیسمهای بومی (از طریق

تزریق مواد آلی تجزیه پذیر یا دیگر الکترون دهنده ها و گیرنده ها) یا از طریق افزودن معرف‌های شیمیایی (مانند سولفید سدیم، بیکربنات سدیم یا دی تیونات سدیم) صورت گیرد.

در مناطق واکنش گر باید توان ردوکس بالای صفر میلی ولت و اکسیژن محلول بالای ۲ میلی گرم در لیتر نگهداری شود. برای ایجاد این محیط با افزودن هوا یا اکسیژن بصورت پخش هوا^۱ یا از طریق تزریق مواد شیمیایی مانند پراکسید هیدروژن، پرمنگنات پتاسیم و ازن ایجاد می گردد. در این روش با تزریق مواد اکسیدکننده مانند اکسیژن یا پراکسید هیدروژن، اکسیداسیون زیستی تشدید شده و مواد سریع تجزیه پذیر مانند بنزن و تولوئن سریعتر تجزیه می شوند. این عمل موجب افزایش فعالیت میکربی و در نتیجه تجزیه آلاینده های مورد نظر می گردد. مناطق واکنش گر اکسیدکننده می توانند برای اصلاح آلودگی مربوط به مواد آلی و فلزات استفاده شوند. فلزاتی نظیر آهن، منگنز و آرسنیک با استفاده از این روش اصلاح می گردند. باید توجه نمود که از این روش برای کروم بکار برده نشود.

۵-۲-۸ اصلاح توسط گیاه

اصلاح گیاهی غالباً جهت حذف ترکیبات شیمیایی آلی از خاک و در مواردی نیز برای اصلاح خاک های آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرا می گیرد. این روش می تواند با مکانیسم های الف) استخراج توسط پوشش گیاهی (Phytoextraction)، که عبارت از برداشت و انتقال آلاینده ها از خاک به بافت گیاه می باشد؛ ب) تجزیه با پوشش گیاهی (Phytodegradation)، که شامل شکست ترکیبات آلی بوسیله بافت گیاه و یا در ریزوسفر غنی از میکرب می باشد؛ ج) تبخیر با استفاده از پوشش گیاهی (Phytovolatilization)، که عبارت از انتقال آلاینده ها به هوا بصورت بخار می باشد؛ د) تثبیت بوسیله گیاه (Phytostabilisation)، که عبارت از جذب آلاینده به گیاه به منظور کاهش انتقال و دسترسی زیستی آلاینده بوسیله گیاه می باشد؛ و

1 Air sparging

تجزیه با استفاده از ریشه گیاه (Rhizodegradation)، که عبارت از تجزیه آلاینده به وسیله ریشه گیاه می باشد، انجام پذیرد. ملاحظات و جزئیات روش های مختلف اصلاح بوسیله گیاه به شرح موارد زیر می باشد (۵۶):

- کاربرد روش گیاه پالایی برای حذف ترکیبات آلی و معدنی قابلاً استفاده بوده و هزینه آن کاملاً وابسته به روش بکارگرفته شده می باشد، به گونه ای که هزینه اجرای مقیاس کامل روش استخراج گیاهی به میزان ۵۰-۲۹ دلار در تن، تثبیت گیاهی در محدوده ۱-۲/۰ دلار در مترمکعب، تجزیه گیاهی حدود ۳ دلار در مترمکعب و هزینه روش تجزیه ریشه ای در حدود ۳ دلار در تجزیه هر متر مکعب خاک آلوده برآورد شده است.

- میزان جذب و انتقال آلاینده های توسط گیاه بستگی به آبگریزی آلاینده داشته و توسط ضریب نسبت آب به اکتانول (Kow) مشخص می گردد. موثرترین رنج ضریب Kow برای اصلاح توسط پوشش گیاهی بین ۰/۵ تا ۳ می باشد.

روش استخراج گیاهی جهت حذف فلزات سنگین در مقیاس کامل مورد استفاده قرار گرفته است. میزان استخراج آلاینده در این روش بستگی به حلالیت فلزات سنگین دارد. عمق اثر در این روش ۳۰ سانتی متری سطح خاک می باشد.

- روش تثبیت گیاهی بطور موثری برای حذف فلزات سنگین و ترکیبات آلی آبگریز قابل استفاده بوده و جذب آلودگی از دسترسی آلاینده ممانعت کرده و مانع از آلودگی منابع زیر زمینی می گردد. این روش با استفاده از گیاهان مختلف بومی شده به آلودگی قابل اجرا می باشد.

- روش تجزیه ریشه ای در مقیاس کامل برای حذف ترکیبات آلی با وزن مولکولی پایین، آمینو اسیدها و نمک ها قابل استفاده است. عمق اثر در این روش برای درخت صنوبر ۴-۵ متر و برای چمن حداکثر ۱۲۰ سانتی متر می باشد.

- روش تجزیه گیاهی برای حذف ترکیبات قطبی و غیر قطبی کارایی دارد. تجزیه

ترکیبات آلی در این روش در نتیجه عمل آنزیم های گیاهی نظیر سیتوکروم P450، پراکسیدها و لاکسس ها رخ می دهد. عمق اثر گیاه در این روش ۴-۵ متر برای درخت صنوبر می باشد.

- روش تبخیر گیاهی برای حذف هر دو دسته ترکیبات آلی و معدنی قابل استفاده می باشد. در این روش آلاینده جذب شده به گیاه و یا متبولیت های حاصل از تجزیه آن در گیاه بصورت بخار از گیاه به اتمسفر تخلیه می شوند. عمق اثر در این روش برای درخت صنوبر ۴-۵ متر می باشد. ترکیبات آلی هیدروفوب با ضریب Kow بین ۰/۵ تا ۳، نظیر حلال های کلرینه، بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و آلیفاتیک های با زنجیره کوتاه به سرعت می توانند توسط گیاه جابجا گردند.

- برخی از مهمترین گیاهان مورد استفاده در گیاه پالایی عبارت از یونجه^۱، ذرت خوشه ای^۲، چمن مرغزار^۳، چمن چاودار^۴، ترب اسبی^۵، نی خندق^۶، بوریا^۷ و صنوبر^۸ می باشند.

۵-۲-۹ کاربرد فرآیندهای هیبریدی ازدیاد دوتایی^۹ در اصلاح زیستی

همزمان

اصلاح منابع آب و مکان های آلوده با مواد آلی و فلزات سنگین مشکل پیچیده ای می باشد. زیرا هر یک از این دو جزء باید بطور مجزا تصفیه گردند. حضور فلزات سنگین باعث کاهش شدید فعالیت های سوخت و سازی میکربی شده و در نتیجه اصلاح آب و خاک های حاوی فلزات سنگین به کندی انجام شده و یا موفق نمی باشد. بطور مثال کادمیوم باعث توقیف اصلاح زیستی خاک آلوده به 2,4-D (۴ و ۲ دی کلرو

1 Alfalfa

2 Sorghum

3 Prairie

4 Ryegrass

5 Horseradish

6 Ditch Reed

7 Fescue

8 Poplar

9 Dual augmentation

پروپین اکسی استیک اسید) با گونه های *Ralstonia eutropa* JMP134 می گردد. نشان داده شده است که افزایش ورود فلزات سنگین باعث بوجود آمدن جمعیت های میکربی مقاوم به فلزات سنگین می گردد. کاربرد این روش برای اصلاح و بهسازی لایه آبدی و خاک مستلزم شناخت کامل از آلاینده و سویه های مختلف میکربی بوده و برای هر آلاینده بصورت اختصاصی باید اقدام شود. برخی از ملاحظات و جزئیات این روش به شرح موارد زیر می باشد (۵۷):

- کاربرد این روش برای اصلاح همزمان لایه آبدی و خاک های آلوده به فلزات سنگین و مواد آلی توصیه می گردد.

- مبنای این روش تلقیح میکروارگانیسم های مقاوم به فلزات سنگین به لایه آبدی یا خاک است.

- این روش را هنگامی توصیه و مورد استفاده قرار دهید که فلزات سنگین سمی نظیر آرسنیک، سرب، جیوه و کادمیوم در محیط وجود داشته باشند.

- برای تجزیه زیستی سریع 2,4-D در حضور فلز سنگین کادمیوم، تلقیح همزمان با گونه های JMP134 و *Pseudomonas* H1 انجام پذیرد (پسودوموناس H1 ایزوله مقاوم در برابر کادمیوم می باشد که باعث تجمع داخل سلولی کادمیوم میگردد).

- استفاده از گونه های *Methylobacterium* Mi1, *Methylobacterium* VF3 و *Bacillus cereus* VF7 موثرترین تجزیه را برای MTBE به همراه داشت. - موثرترین تجزیه TCE توسط گونه های *Methylobacterium*, *Methylobacterium* Mi1 و *Methyloversatilis* EHg5 انجام می پذیرد.

- در بهسازی خاک آلوده به فنل تلقیح *Alcaligenes faecalis*، در آلودگی به فنانتین از *Pseudomonas* sp. UG14Lr، در اصلاح آلودگی به تری کلرو اتن از *Triticum aestivum* و در اصلاح آلودگی به متیل مرکوری از *Arabidopsis thaliana* استفاده شود.

- در بهسازی لایه آبدۀ آلوده به تراکرو اتن *Burkholderia cepacia* ENV435، در بهسازی آلودگی به تراکلرید کربن و نیترات در لایه آبدۀ *Pseudomonas stutzeri* KC، در رفع آلودگی آتزازین از خاک *Escherichia coli* و در رفع آلودگی ناشی از پنتاکلروفنل و کروزوت از خاک *Phanerochaete sordid* قابل استفاده هستند.

- افزودن ترکیبات الکترون دهنده نظیر لاکتات توصیه می گردد.

- مدت زمان لازم برای بهسازی بسته به درجه آلودگی و نوع آلاینده از چند هفته تا چند ماه زمان نیاز دارد.

۵-۲-۱۰ کمپوست کردن Composting

در این روش خاک های آلوده به مواد شیمیایی حفاری شده و با حجیم کننده و افزودنی های آلی مناسب مانند تراشه های نازک چوب، علف های هرز و باقیمانده گیاهان مخلوط می شوند. این روش برای خاک ها و رسوبات کم عمق آلوده به مواد آلی قابل تجزیه زیستی بکار گرفته شود. در این راستا ممکن است از روشهای هوازی و بی هوازی استفاده شود. اگر آلودگی های مرتبط با ترکیبات آلی فراردر خاک باشد، کنترل گاز خروجی ضرورت می یابد. برخی از ملاحظات و جزئیات فنی کاربرد این روش به شرح موارد زیر می باشد (۵۸):

- این روش را باید برای بهسازی خاک های آلوده به هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای، پلی کلرینه های بی فنیل و کل ترکیبات نفتی بکار برد و از کاربرد آن برای بهسازی آلودگی به فلزات سنگین اجتناب شود.

- سرعت بهسازی در این روش تابعی از نوع آلاینده، میزان اکسیژن رسانی، تزریق مواد مغذی، دما، pH، رطوبت و دسترسی میکروارگانیسم ها به آلاینده می باشد.

- تامین درجه حرارت ۶۰ درجه سلسیوس در توده می تواند نتایج مناسبی را برای اکثر ترکیبات آلی به همراه داشته باشد. البته از افزایش دما در توده در شرایطی که میزان بخارات آلی زیاد باشد جلوگیری شود.

- نسبت خاک به توده آلی ۳۰ به ۷۰ می تواند ایجاد شرایط دمایی بالا و فعالیت باکتری های ترموفیلیک را مهیا نماید.
- رطوبت مناسب توده برای اجرای بهسازی خاک باید بین ۴۰-۶۰ درصد حفظ گردد.
- نسبت C/N/P در توده کمیوست بصورت ۱۲۰/۱۰/۲ کنترل شود.

۵-۲-۱۱ پمپاژ و تصفیه لایه آبد

- این روش مستلزم تخلیه آب زیر زمینی آلوده با استفاده از پمپ خلاء و اصلاح آب در خارج محل می باشد. مهم ترین دلیل کاربرد این روش طولانی بودن فرآیند اصلاح آب با استفاده از روش های اصلاح در محل است. جزئیات و ملاحظات کاربرد این روش به شرح زیر می باشد (۵۹):
- اجرای روش مستلزم احداث چاه و استقرار سیستم پمپاژ در منطقه و تصفیه آب در خارج از محل می باشد.
- برای دسترسی به آلودگی در منبع زیرزمینی احداث چاه های عمودی انجام می پذیرد. کاربرد این گونه چاه ها هنگامی منطقی است که میزان بار آلودگی بیش از یک گرم در دقیقه باشد.
- چاه عمودی هنگامی که پلوم آلودگی ضخامتی بیش از ۳ متر داشته باشد و بیش از ۳۰ متر زیر سطح ایستابی باشد، کارآیی مطلوب خواهد داشت.
- نوع سیستم تصفیه آب آلوده استخراج شده از منبع زیرزمینی بستگی به جریان هیدرولیکی، نوع آلاینده و غلظت آلاینده دارد.
- برای رفع آلودگی مواد آلی از آب استخراج شده می توان از روش های مختلف نظیر ستون کربن فعال، اکسیداسیون شیمیایی، رزین های پلیمری و تصفیه زیستی استفاده نمود. همچنین برای حذف آلاینده های معدنی کاربرد روش های فیلتراسیون، تبادل یونی و رسوب دهی توصیه می گردد.
- روش گران قیمتی برای تصفیه آب های زیر زمینی بوده و فرآیند اصلاح به زمان

طولانی نیاز دارد.

- برای اصلاح مقادیر زیاد آب توصیه نمی گردد.

۵-۲-۱۲ اصلاح لایه آبدۀ با مواد فعال کننده سطحی اضافی^۱

روش SEAR مبتنی بر تزریق مقادیر زیاد عوامل مهاجرت دهنده هیدروکربن ها (عوامل کاهنده کشش سطحی) در لایه آبدۀ می باشد. این عملیات باعث ارتقاء و تشدید واجذب آلاینده های پایدار می گردد و بنابراین راه حلی دائمی و باصرفه اقتصادی بالا را برای اصلاح آب هایی مهیا می نماید که تا پیش از این با کاربرد روش های دیگر بهسازی موفقیت آمیزی نداشته اند. در این روش آب حاوی عوامل کاهنده کشش سطحی با لایه آبدۀ تزریق شده و سپس از منطقه آلوده پمپاژ می گردد (شکل شماره ۱۳). در منطقه آلوده سورفاکتانت ها باعث حلالیت بیشتر آلاینده در آب شده و بنابراین آلاینده به راحتی به همراه آب پمپاژ شده از زبانه آلودگی خارج می گردد. آب آلوده پس از خارج شده از لایه آبدۀ تصفیه شده و فعال کننده سطحی آن برای کاربرد مجدد بازیابی می گردد. جزئیات و ملاحظات کاربرد این روش به شرح زیر می باشد (۶۰ و ۶۱):

- سرعت این روش بسیار بالاست. زیرا کاربرد سورفاکتانت بالا باعث افزایش حلالیت و توان انتقال ترکیبات آلی میگردد.

- برای حذف ترکیبات آلی با ویسکوزیته بالا، نظیر کروزوت، افزودن پلیمر به همراه سورفاکتانت به لایه آبدۀ ضرورت دارد.

- جهت حلالیت مناسب سورفاکتانت در آب، یک الکل نظیر ایزوپروپیل الکل به آب افزوده می شود. بنابراین محلول تزریق شده به لایه آبدۀ معمولاً شامل آب، سورفاکتانت و یک افزودنی اضافی نظیر الکترولیت (مثل نمک های آنیونی محلول) می باشد.

- سورفاکتانت های می توانند آنیونی، کاتیونی یا غیر یونی باشند. معمولاً در این روش

1 Surfactant-enhanced aquifer remediation (SEAR)

از سورفاکتانت های آنیونی استفاده می گردد. زیرا بار منفی این نوع سورفاکتانت ها بار منفی سطوح باردار ذرات رس را دفع نموده و هدر رفت سورفاکتانت را به حداقل می رساند.

- برای افزایش حلالیت پذیری سورفاکتانت ها در آب الکترولیت هایی نظیر کلرید کلسیم $CaCl_2$ به آب تزریق میگردد.

- تزریق سورفاکتانت باید در دو مرحله به لایه آبدۀ انجام پذیرد. در مرحله اول هدف انتقال ترکیباتی است که به راحتی از فاز مایع منتقل می گردند. انتظار می رود که ترکیباتی با ویسکوزیته بالا در مرحله دوم تزریق سورفاکتانت در آب حل شده و به همراه آب پمپاژ شده از لایه آبدۀ تخلیه گردند.

- برای کنترل حرکت عمودی آب در حین تخلیه از لایه آبدۀ و ممانعت از مهاجری عمودی آلاینده ها ضرورت دارد که سدهایی پیرامون پلوم آلودگی احداث گردند.

- در صورت فقدان سدها، سورفاکتانت باید در غلظت کمتری مورد استفاده قرار گیرد، بصورتی که باعث آلودگی مابعد آبی نگردد. در این حالت صرفاً حل شدن ترکیبات آلی نامحلول باید مورد نظر قرار گیرد و نه افزایش توان و قابلیت انتقال^۱. زیرا فراهم آوردن شرایط حلالیت^۲ با تزریق محلول های چند درصد مواد فعال کننده سطحی عمل می نماید، ولی برای افزایش قابلیت انتقال باید از محلول های بسیار غلیظ استفاده نمود.

- شرایط اقتصادی در کاربرد این روش هنگامی حاصل می گردد که لایه های زیر سطحی نسبتاً یکنواخت و به شدت قابل نفوذ باشند (هدایت هیدرولیکی برابر یا بیش از 10^{-2} cm/s). در شرایطی که $k > 10^{-4}$ cm/s باشد، اجرای این تکنیک بسیار پرهزینه خواهد بود.

- در مناطقی که نفوذپذیری خاک کم و عمق لایه آبدۀ نیز کم باشد، اصلاح بصورت

1 mobilization

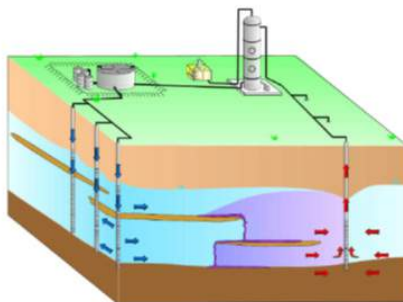
2 solubilization

کارآمدی صورت نمی پذیرد. بنابراین در لایه های آبدۀ با عمق کمتر از ۸ متر حتماً هدایت هیدرولیکی خاک باید بیش از 10^{-3} cm/s باشد. در حالیکه در مناطقی با عمق بیش از ۱۵ متر با ضریب هدایت هیدرولیکی کمتر (حدود 10^{-4} cm/s) نیز این روش می تواند مناسب عمل نماید.

- سدهای پیرامونی باید نفوذپذیری کمی داشته و هدایت هیدرولیکی آنها کمتر از 10^{-6} cm/s باشد. این میزان هدایت هیدرولیکی می تواند از مهاجرت ترکیبات آلی غیر محلول جلوگیری نماید.

- کاربرد روش فوق به شدت وابسته به خصوصیات آلاینده و از جمله گرانیروی آنها می باشد. ترکیباتی با گرانیروی زیاد نظیر قیر و کروژت به شدت در مقابل انتقال به فازمایمی مقاومت می کنند. در صورتیکه گرانیروی ترکیب بیش از ۱۰۰۰ سانتی پوآز باشد، باید گرما دادن ماده فعال کننده سطحی قبل از تزریق به لایه آبدۀ انجام گردد.

- ترکیباتی با گرانیروی کم نیز دارای بی ثباتی هیدرودینامیکی در لایه آبدۀ می باشند. این خاصیت منجر به عدم پاکسازی آنها در طی استفاده از روش فوق می گردد. در این شرایط باید موادی نظیر پلیمر Xanthum gum قبل از تزریق به مخلوط ماده فعال کننده سطحی افزوده شود.



شکل ۱۳: شکل مفهومی کاربرد روش SEAR در اصلاح لایه آبدۀ

مراجع

WHO, Health Impact Assessment (HIA), Glossary of terms used, available on:

<http://www.who.int/hia/about/glos/en/index1.html>

EPA, Risk assessment, glossary, United nation environmental protection agency, available on:

http://www.epa.gov/risk_assessment/glossary.htm

EPA, Wastes Information Resources, glossary, United nation environmental protection agency,

available on: <http://www.epa.gov/osw/inforesources/glossary.htm>

WHO, a road safety manual, 2005

B. Wayne Blanchard, Guide to emergency management and related terms, definitions, con-

cepts, acronyms, organizations, programs, guidance, executive orders & legislation, 2007

Spill Cleanup Of Fuel Contaminated Soils After Roadway Accidents Using In Situ Bioremediation, Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy, 2008

ATSDR, Chemical Classifications, Toxic Substances Portal, available on:

<http://www.atsdr.cdc.gov/substances/ToxChemicalClasses.asp>

UNEP, Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS), avail-

able: http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_welcome_e.html

UNEP, Guidance on chemicals legislation: overview , final draft, united nations environment program, environmental law and institutions, program activity center, international register of potentially toxic chemicals, 2004

United Nation, European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous

Goods by Road, 2015

وزارت راه و شهر سازی، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای، سالنامه

آماري سال ۱۳۹۲، قابل دسترسي به آدرس: [B_/https://docs.google.com/file/d/1-vLgMTryumCUFNuNHBxTkNpWGs/edit?pli](https://docs.google.com/file/d/1-vLgMTryumCUFNuNHBxTkNpWGs/edit?pli)

Lina Linkut, Data on traffic accidents involving fires and explosions, Vilnius Gedimino technikos universitetas, 2011

IARC, Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–111, available on: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>

آيين نامه جلوبيگيري از آلودگي آب، هيأت وزيران، ۱۳۷۳

سازمان حفاظت محيط زيست ايران، استانداردهاي كيفيت آب هاي ايران، ۱۳۹۴

سازمان حفاظت محيط زيست ايران، معاونت تحقيقات، استانداردهاي خروجي فاضلاب،

۱۳۹۴

Identifying potential POP and PBT substances, National Institute of Public Health and Environment, 2011

Frank APC Gobas, Watze de Wolf, Lawrence P Burkhard, Eric Verbruggen, Kathleen Plotzke, Revisiting Bioaccumulation Criteria for POPs and PBT Assessments, Integrated Environmental Assessment and Management, Volume 5, Number 4, pp: 624–637, 2009

Water Pollution Incident and Prosecution Statistics, Water Management Unit Environment and Heritage Service Calvert House, Belfast, 2001

Water Pollution Incident and Enforcement, Northern Ireland Environment Agency, 2006

Department of Environmental Protection, Commonwealth of Pennsylvania, Classification and management of contaminated soil for disposal, 2012

Department of environmental protection, Commonwealth of Pennsylvania, guidelines for the development and implementation of environmental emergency response plans, 2001

Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines, general EHS guidelines: Environmental

World Bank group, International Finance Corporation, 2007

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Environmental Assessment and Appraisal of BAT, Scottish Environmental Protection Agency, 2002

Guidance for ecological risk assessment: levels I, II, III, IV, Oregon Department of Environmental Quality, Waste Management & Cleanup Division, Cleanup Policy & Program Development Section, 1998

وزارت نیرو، معاونت نظارت و راهبردی، امور نظام فنی، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، دستورالعمل پایش کیفیت آب های سطحی (جاری)، نشریه شماره ۵۲۲، ۱۳۸۸

UNEP/WHO, Water Quality Monitoring, A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater, Quality Studies and Monitoring Programmes, 1996

Protocols manual for water quality sampling in canada, Canadian Council of Ministers of the Environment, 2011

وزارت نیرو، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، دستورالعمل اجرایی پایش کیفیت آب مخازن پشت سدها، نشریه شماره ۳۳۰، ۱۳۸۷

وزارت نیرو، معاونت نظارت و راهبردی، امور نظام فنی، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، دستورالعمل پایش کیفیت آب های زیرزمینی، نشریه شماره ۶۲۰، ۱۳۹۱

Michael J. Barcelona, James P. Gibb, John A. Helfrich, Edward E. Garske, Practical Guide for Ground-Water Sampling, Illions state water survey, 1985

Soil Monitoring Directive, Climate Change, Air and Land Policy Branch Alberta Environment, 2009

Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies, Environmental Research Center, University of Nevada-Las Vegas Las Vegas, Nevada 89154, USEPA, 1992.

- USEPA, Sampling design guideline, contaminated sites, 1995
- USEPA, National recommended water quality criteria, National recommended water quality criteria for priority pollutant, office of Water, office of Science and Technology, 2009
- Alberta Environment (1), Soil and Groundwater Remediation Guidelines, <http://environment.gov.ab.ca>, 2010
- Alberta Environment (2), Soil and Groundwater Remediation Guidelines, <http://environment.gov.ab.ca>, 2010
- ISIRI, Drinking water -Physical and chemical specifications, 1053, 5th.revision, Institute of Standards and Industrial Research of Iran 2010, <http://www.std.isiri.org/EN/index.html>.
- استانداردهای کیفیت منابع خاک و راهنماهای کنترل آن، معاونت محیط زیست انسانی، سازمان حفاظت محیط زیست ایران، دفتر آب و خاک، ۱۳۹۴
- Scottish EPA, Pollution Prevention Guidelines, Incident Response Planning: PPG 21, 2009
- Scottish EPA, Pollution Prevention Guidelines, Incident Response, dealing with spills: PPG 22, 2010
- USEPA, Mechanical contamination and recovery of oil following a spill, EPA office of emergency and remedial response, 2013
- Jacqueline Michel, Sharon Christopher son, Frank Whipple, Mechanical Protection Guidelines, Research planning, inc. Columbia, South Carolina, national oceanic atmospheric administration, 1994
- Indiana Department of Transportation and the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Guidance Document for In-Situ Soil Flushing, 2007
- EPA, In-situ soil flushing, 1991
- USEPA, Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (Twelfth Edition),

EPA-542-R-07-012, 2007

NFESC, Naval Facilities Engineering Service Center, air sparging guidance document, 2001

U.S. Air Force Armstrong Laboratory and the U.S. Naval Facilities Engineering Research Center, Air sparging design paradigm, 2002

ITRC, Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater Second Edition, 2005

Michael D. Aitken, David C. Nitz, Denise V. Roy, Chikoma Kazunga, Slurry-phase bioremediation of contaminated soil from a former manufactured-gas plant site, Department of Environmental Sciences and Engineering School of Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, 1998

USEPA, Best Practice Note: Landfarming, www.epa.nsw.gov.au, 2014

US, Office of the Deputy Undersecretary of Defense, pesticide spill prevention and management, Published and Distributed by Armed Forces Pest Management Board, technical guide no.15, 2009

Marja Palmroth, Enhancement of in situ remediation of hydrocarbons contaminated soil, Tampere university of technology, 2006

USEPA, Ground Water Issue, In-Situ Bioremediation of Contaminated Ground Water, 1992

USEPA, Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (Twelfth Edition),

EPA-542-R-07-012, 2007

USEPA, Ground Water Issue, Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites, 2001

V.C.Fernandes, J.T. Albergaria, T.Olive-Teles, C.Delerue-Mayos, P.De Marco, Dual augmentation for aerobic bioremediation of MTBE and TCE pollution in heavy metal-contaminated

sohle, Biodegradation, 20:375-382, 2009

Craig Coker, Soil clean up strategies, Environmental remediation by composting, Biocycle, 2006

USEPA, Cost-Effective Design of Pump and Treat Systems, Office of Solid Waste and Emergency Response, 2005

NFESC, Surfactant-Enhanced Aquifer Remediation (SEAR) Implementation Manual, Naval Facilities Engineering Command, Technical Report, 2003

NFESC, Surfactant-Enhanced Aquifer Remediation (SEAR) Design Manual, Naval Facilities Engineering Command, Technical Report, 2002

**Guideline for Monitoring,
Improving and Reducing Water
and Soil Pollution Caused by Oil
Spill and Chemical Road
Transportation Accidents**