



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست

بررسی پخش و آثار کاهش آلودگی سرب در خاک کناره بزرگراه‌ها

نگارش:

میشم یوسفی

اساتید راهنما:

دکتر مجید احتشامی - دکتر امیرالدین صدر نژاد

استاد مشاور:

دکتر حسن قاسم زاده

زمستان 1391

الحمد لله الذي
خلقنا من
الحمم

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

به پاس دلسوزی، مهربانی، فداکاری و دعای خیرشان

استادیم

که چراغ دانش را در جانم افروختند

و همه کسانی که خود را وقف دانایی کردند

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی / کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما			
استاد مشاور			
استاد مشاور			
استاد ممتحن			
استاد ممتحن			
نماینده تحصیلات تکمیلی			

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه : بررسی پخش و آثار کاهش آلودگی سرب در خاک کناره بزرگراهها

اساتید راهنما : دکتر مجید احتشامی - دکتر امیرالدین صدر نژاد

استاد مشاور : دکتر حسن قاسم زاده

دانشجو : میثم یوسفی

اینجانب میثم یوسفی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران-گرایش مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده، مورد تأیید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان، مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در جای دیگر ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چهارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضا :

تاریخ :

مالکیت حق چاپ و تکثیر

حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هر گونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تقدیر و تشکر

خداوند متعال را قدردانم که تمام تلاش‌های انجام شده در جهت انجام این پایان‌نامه جز با توکل و یاری او ممکن نبود.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی کسانی که مرا در این امر مهم یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. از جمله جناب آقای دکتر احتشامی و جناب آقای دکتر صدرنژاد که به عنوان اساتید راهنما، در این مسیر، از هیچ گونه راهنمایی و کمکی دریغ ننمودند.

همچنین از جناب آقای دکتر قاسم زاده به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان کمال تشکر را دارم.

چکیده:

سرب بدلیل توانایی بالقوه در آسیب رسانی به سلامت انسان‌ها، از نظر مسائل زیست‌محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته و سعی شده از ورود آن به چرخه محیط‌زیست تا حد امکان جلوگیری شود. در سال‌های اخیر، عواملی مانند قانون منع استفاده از بنزین سربدار، خطرات مرتبط با ورود سرب به خاک را کاهش داده، اما خاصیت تجمعی سرب در خاک و نقش پر رنگ عوامل انسانی در ایجاد آن باعث شده تا سرب همچنان بصورت بی‌حرکت در خاک یافت شود.

در تحقیق حاضر، تاریخچه سرب در خاک و گردوغبار خیابانی، بررسی منشأ ایجاد و مقایسه میزان کنونی سرب در خاک شهرها، مسیرهای انتقال در محیط و شیوه‌های مواجهه با سرب، تعیین درجه آلودگی سرب خاک و آگاهی از پتانسیل ضرر و زیان‌هایی که در اثر تغییرات این عنصر در خاک بویژه در نواحی کناره خیابان‌های شهری روی می‌دهد، بررسی کلی استاندارد کشورها در رابطه با آلودگی سرب خاک، معیارهای ارزیابی زیست‌محیطی سرب، بررسی شرایط خاک‌های شهری از لحاظ آلودگی این فلز سنگین بویژه در محدوده خیابان‌ها و چشم‌انداز و روند حرکت مجامع بین‌المللی جهت کاهش این آلودگی بررسی شده است. همچنین به تلاش ایران جهت وضع قوانین جلوگیری از آلودگی خاک و مقایسه موارد ذکر شده با معیارهای کنونی حاکم بر ایران از لحاظ آلودگی سرب پرداخته شده است.

به‌منظور ارزیابی آلودگی سرب خاک، منطقه 5 شهرداری تهران جهت مطالعه موردی انتخاب شد و در مجموع 21 نمونه خاک از هفت ایستگاه در راستایی به طول 100 متر عمود بر خیابان و در فواصل صفر، 50 و 100 متری جمع‌آوری گردید. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و اندازه‌گیری بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، بمنظور آنالیز شیمیایی، عصاره‌گیری با استفاده از 4 نوع اسید انجام شد. در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری غلظت سرب اندازه‌گیری شد که میانگین غلظت در خاک حاشیه خیابان 112/21PPM و میانگین دسترسی بیولوژیک سرب نیز برابر 14/19 PPM بدست آمد. منابع احتمالی آلودگی، اثرات فعالیت انسانی با استفاده از آنالیز و لحاظ کردن شاخص‌های آلودگی خاک، تحلیل آماری داده‌ها، عوامل موثر بر سرب در منطقه و شرایط مکانی محل نمونه‌برداری نیز مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نشان داد که غلظت سرب بسیار بیشتر از غلظت زمینه است و با فاصله از محور خیابان به‌صورت غیر خطی کاهش می‌یابد. همچنین، مقادیر بالای سرب در خاک منطقه ناشی از تاثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشد. محاسبه غلظت سرب برای 10 نمونه گردوغبار جمع‌آوری شده از کناره خیابان نیز نشان داد که میانگین سرب برابر با 218/56 PPM می‌باشد. شاخص‌های آلودگی، غنی‌شدگی معنادار، آلوده بودن گردوغبار با سرب و ریسک زیست محیطی متوسط سرب گردوغبار را نشان می‌دهند.

کلید واژه: سرب، استاندارد آلودگی خاک، خیابان‌های شهری، شاخص‌های آلودگی، ارزیابی

زیست‌محیطی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جدول‌ها.....	ی
فهرست شکل‌ها.....	ل
فصل 1- مقدمه	2
1-1- پیشگفتار	2
2-1- هدف از تحقیق	3
3-1- روش تحقیق	5
فصل 2- مبانی تئوری و مروری بر تحقیقات گذشته	7
2-1- مقدمه	7
2-2- فلزات سنگین	7
3-2- سرب	8
2-3-2- مشخصات عمومی سرب	8
2-3-2- مشخصات فیزیکی و مکانیکی سرب	8
3-3-2- مشخصات شیمیایی سرب	9
4-3-2- کانی‌های سرب	11
5-3-2- ویژگی‌های برخی از ترکیبات سرب	12
6-3-2- منابع آلودگی سرب	13
1-6-3-2- موارد استفاده از سرب	15
2-6-3-2- مواد جایگزین سرب	16
7-3-2- تاثیر سرب بر سلامت انسان	18
4-2- آلودگی سرب در محیط	19
5-2- تأثیر سرب در آلودگی هوا	19
1-5-2- انتقال سرب در اتمسفر	21
6-2- تأثیر سرب در آلودگی آب	23
1-6-2- انتقال سرب در آب	26
7-2- آلودگی خاک	27
1-7-2- مدیریت آلودگی خاک	29
2-7-2- روش‌های پالایش آلاینده‌ها در خاک	30
1-2-7-2- روش‌های فیزیکی	31
2-2-7-2- روش‌های شیمیایی	32
3-2-7-2- روش‌های زیستی	33
8-2- خاک آلوده به فلزات سنگین	34

37.....	1-8-2	بررسی خاک‌های شهری.....
40.....	1-1-8-2	ارزیابی خطر سلامت انسان و محیط زیست در رابطه با آلودگی خاک شهری.....
42.....	9-2	آلودگی سرب در خاک.....
44.....	1-9-2	انتقال سرب در خاک.....
47.....	2-9-2	تأثیر سرب در آلودگی خاک‌ها.....
50.....	3-9-2	استاندارد سرب در خاک.....
51.....	1-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک آمریکا.....
53.....	2-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک انگلستان.....
54.....	3-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک کانادا.....
54.....	4-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک هلند.....
55.....	5-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک استرالیا.....
55.....	6-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک نروژ.....
56.....	7-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک سوئیس.....
56.....	8-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک آلمان.....
57.....	9-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک اسپانیا.....
58.....	10-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک ژاپن.....
59.....	11-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک کره جنوبی.....
60.....	12-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک چین.....
60.....	13-3-9-2	استاندارد آلودگی خاک ایران.....
62.....	14-3-9-2	سایر استانداردهای آلودگی خاک.....
64.....	15-3-9-2	مسیر پیش‌روی کشورهای در حال توسعه در تهیه استاندارد خاک.....
66.....	4-9-2	مطالعات صورت گرفته در مورد سرب خاک.....
69.....	5-9-2	نقش کاربری زمین و بافت منطقه در آلودگی سرب خاک.....
71.....	10-2	آلودگی خاک حاشیه خیابان‌ها.....
71.....	1-10-2	آلودگی سرب در خاک کناره جاده‌ها.....
73.....	1-1-10-2	مطالعات صورت گرفته در مورد سرب در خاک حاشیه خیابان‌ها.....
77.....	2-10-2	غلظت سرب در گیاهان حاشیه جاده‌های شهری.....
80.....	3-10-2	آلودگی سرب در گرد و غبار خیابانی.....
82.....	11-2	ارزیابی زیست‌محیطی سرب.....
84.....	1-11-2	برنامه‌های پاکسازی محیط زیست در برابر سرب.....
86.....	2-11-2	آلودگی سرب در مجاورت منابع ناشی از حمل و نقل.....
89.....	3-11-2	ارزیابی خطر زیست محیطی خاک آلوده.....
90.....	4-11-2	زمینه‌های تحقیقاتی در رابطه با سرب.....
93.....	فصل 3-	روش تحقیق.....
93.....	1-3	مقدمه.....
93.....	2-3	مشخصات منطقه مورد مطالعه.....
98.....	1-2-3	مشخصات ترافیکی منطقه.....

100.....	3-3- نمونه برداری.....
102.....	3-4- آنالیز آزمایشگاهی.....
105.....	3-5- دسترسی بیولوژیک.....
105.....	3-6- آنالیز نمونه های گردوغبار.....
106.....	3-7- شاخص های آلودگی.....
106.....	3-7-1- شاخص غنی شدن.....
108.....	3-7-2- شاخص زمین انباشتگی.....
109.....	3-7-3- شاخص قبول.....
109.....	3-7-4- شاخص جامع آلودگی.....
110.....	3-7-5- شاخص ریسک زیست محیطی.....
112.....	3-7-6- شاخص ریسک اکولوژیکی بالقوه.....
114.....	4- فصل 4- بحث و بررسی نتایج.....
114.....	4-1- نتایج حاصل از غلظت سنجی سرب خاک.....
122.....	4-2- تحلیل داده های آماری حاصل از اندازه گیری غلظت سرب.....
125.....	4-3- بررسی شاخص های آلودگی سرب منطقه مورد مطالعه.....
133.....	4-4- مقایسه نتایج با سایر مطالعات.....
134.....	4-5- نتایج اندازه گیری غلظت سرب گردوغبار.....
139.....	5- فصل 5- نتیجه گیری و پیشنهادات.....
139.....	5-1- نتایج پژوهش.....
144.....	5-2- پیشنهادات.....
146.....	فهرست مراجع.....

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول 1-2: مشخصات فیزیکی سرب	9
جدول 2-2: ایزوتوپ‌های پایدار سرب	10
جدول 3-2: کانی‌های مهم سرب	11
جدول 4-2: ویژگی برخی از ترکیبات سرب	13
جدول 5-2: حد مجاز سرب در آب آشامیدنی	25
جدول 6-2: حد مجاز سرب در رسوبات طبیعی	26
جدول 7-2: میانگین غلظت سرب	43
جدول 8-2: غلظت زمینه سرب در خاک	44
جدول 9-2: غلظت حداکثر پیشنهادی سرب خاک بر اساس ظرفیت تبادل کاتیونی	47
جدول 10-2: میزان سرب در سنگ‌ها	48
جدول 11-2: غلظت مجاز سرب در خاک بر اساس روش SEGH	48
جدول 12-2: حداکثر حد مجاز سرب خاک مناطق مسکونی در بعضی از کشورها	49
جدول 13-2: حد مجاز غلظت سرب بر اساس EPA	52
جدول 14-2: حد مجاز غلظت سرب بر اساس ICRL	53
جدول 15-2: حد مجاز غلظت سرب بر اساس CCME	54
جدول 16-2: حد مجاز غلظت سرب بر اساس NMHPPE	54
جدول 17-2: غلظت سرب در خاک بر اساس استاندارد استرالیا	55
جدول 18-2: استاندارد غلظت سرب در خاک ژاپن	58
جدول 19-2: استاندارد آلودگی سرب در خاک کره جنوبی	59
جدول 20-2: استاندارد آلودگی خاک چین	60
جدول 21-2: مقادیر مبنای تنظیمی سرب در خاک بعضی از کشورها	63
جدول 22-2: غلظت مجاز سرب در خاک کشاورزی	79
جدول 1-3: میانگین بارش و دمای منطقه مورد مطالعه	97
جدول 2-3: داده‌های ترافیکی منطقه مورد مطالعه	99
جدول 3-3: مختصات نمونه‌ها	102
جدول 4-3: مشخصات نمونه‌های خاک	103
جدول 5-3: دسته‌بندی فاکتور غنی‌شدگی	107
جدول 6-3: دسته‌بندی شاخص زمین انباشتگی	108
جدول 7-3: دسته‌بندی شاخص قبول	109

110.....	جدول 3-8: دسته‌بندی شاخص جامع آلودگی
111.....	جدول 3-9: دسته‌بندی درجه ریسک زیست محیطی
112.....	جدول 3-10: طبقه‌بندی ریسک اکولوژیکی بالقوه
114.....	جدول 4-1: غلظت سرب در نمونه‌های خاک حاشیه خیابان (ppm)
115.....	جدول 4-2: خلاصه آماری داده‌های مربوط به غلظت سرب نمونه‌ها
118.....	جدول 4-3: میانگین غلظت سرب در نمونه‌های خاک حاشیه خیابان
121.....	جدول 4-4: دسترسی بیولوژیکی سرب در نمونه‌های خاک حاشیه خیابان (ppm)
123.....	جدول 4-5: نتایج حاصل از برآزش داده‌ها و معادلات رگرسیونی حاصل از آن
124.....	جدول 4-6: آزمون T زوجی برای مقایسه میانگین غلظت سرب خاک در فواصل مختلف
125.....	جدول 4-7: فاکتور غنی‌شدگی نمونه‌های خاک حاشیه خیابان
126.....	جدول 4-8: میانگین فاکتور غنی‌شدگی نمونه‌های خاک
127.....	جدول 4-9: شاخص زمین انباشتگی نمونه‌های خاک حاشیه خیابان
127.....	جدول 4-10: میانگین شاخص زمین انباشتگی نمونه‌های خاک
128.....	جدول 4-11: شاخص قبول سرب نمونه‌ها
128.....	جدول 4-12: میانگین شاخص قبول سرب نمونه‌ها
128.....	جدول 4-13: شاخص آلودگی (PI) سرب نمونه‌ها
129.....	جدول 4-14: نتایج آماری شاخص آلودگی فلز سرب
129.....	جدول 4-15: شاخص ریسک زیست محیطی نمونه‌ها
130.....	جدول 4-16: میزان ریسک اکولوژیکی بالقوه سرب نمونه‌ها
132.....	جدول 4-17: ضریب همبستگی پیرسون بین سرب و خصوصیات خاک
134.....	جدول 4-18: غلظت سرب گردوغبار خیابانی
135.....	جدول 4-19: مقادیر شاخص‌های آلودگی سرب گردوغبار خیابانی

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل 1-2: نحوه انتقال ذرات معلق و خاک آلوده در محل سکونت افراد	23
شکل 2-2: روشهای مدیریت آلودگی خاک	30
شکل 3-2: آلودگی در اکوسیستم شهری	40
شکل 4-2: مشخصات فلزات سنگین در خاک‌های شهری	42
شکل 5-2: برش عرضی از جاده و منطقه مسکونی در حومه شهر	73
شکل 6-2: نقش شرایط حاکم بر جاده در میزان سرب خاک	83
شکل 7-2: نمودار کلی مسیرهای مواجهه و انتقال آلودگی در روش RBCA	90
شکل 1-3: موقعیت مکانی محل نمونه‌برداری	101
شکل 1-4: پراکندگی غلظت سرب نمونه‌ها	116
شکل 2-4: غلظت نرمال شده سرب نمونه‌ها	117
شکل 3-4: کاهش غلظت سرب با فاصله از جاده	118
شکل 4-4: Boxplot غلظت سرب نمونه‌ها در فواصل مختلف از جاده	119
شکل 5-4: توزیع فراوانی نسبی سرب نمونه‌های خاک	120
شکل 6-4: دسترسی بیولوژیک سرب در خاک کناره خیابان	121
شکل 7-4: برازش مدل‌های رگرسیونی به غلظت سرب در مقابل فاصله	122
شکل 8-4: کاهش فاکتور غنی‌شدگی با فاصله از خیابان	126
شکل 9-4: میانگین مقادیر شاخص‌ها در فواصل مختلف از جاده	131
شکل 10-4: مقایسه میانگین غلظت سرب در خاک سطحی تهران با سایر شهرهای جهان	134
شکل 11-4: میانگین غلظت سرب در غبارات ته‌نشین شده خیابانی	136

فصل اول

مقدمه

فصل ۱ - مقدمه

۱-۱ - پیشگفتار

استخراج، خالص سازی و استفاده از سرب در طول سالیان، میزان سرب موجود در محیط زیست را به ویژه در نزدیکی برخی از انواع تجهیزات صنعتی و شهری، معادن، کارخانه های ذوب و در مجاورت بزرگراه ها به طور قابل توجهی افزایش داده است. پیشرفت سریع صنعت و افزایش رهاسازی ترکیبات سرب در اتمسفر، آب و خاک، منجر به افزایش نگرانی ها در مورد پتانسیل تجمع این فلز سنگین در محیط شده است. تردد وسایط نقلیه در خیابان های شهری، هر روز مقادیر بسیاری سرب را وارد محیط طبیعی می کنند و در نتیجه هوای شهرهای صنعتی و به طبع آن، آب و خاک این مناطق نیز بعضاً تا چندین برابر بیشتر از روستاها و کوهستان ها به سرب آلوده است.

فعالیت های مختلف انسانی در افزایش غلظت سرب در محیط زیست موثر می باشد. در بسیاری از کشورهای صنعتی، رسوب اتمسفری سرب از ابتدای انقلاب صنعتی افزایش پیدا کرده، در میانه قرن بیستم به اوج خود رسیده و افزایش آگاهی در رابطه با پتانسیل آلودگی سرب برای محیط زیست، کاهش انتشار منابع اصلی آن از جمله صنایع، بخش های تولید نیرو، حمل و نقل و سیستم های حرارت دهی خانگی را در پی داشته است. اندازه گیری غلظت سرب در یخ های قطبی و رسوبات آب شیرین نشان می دهد که افزایش قابل توجهی در رسوبات سرب موجود در هوا نسبت به دوره قبل از انقلاب صنعتی سرب بوجود آمده است. در مواردی، توده غلظت اندازه گیری شده ذرات موجود در اتمسفر تا 1000 بار بالاتر از غلظت گرد و غبار مشتق شده از خاک شده بوده است. این نوع غنی شدگی حتی در مکان های دور افتاده ای همچون گرینلند، رشته کوه های آند بولیوی، نیوزیلند و قطب جنوب قابل مشاهده است.

همانطور که آگاهی از اثرات سوء سرب افزایش پیدا کرده، استفاده از سرب نیز به طور قابل توجهی در کشورهای صنعتی کاهش یافته است. علاوه بر این، رشد آگاهی عمومی سبب شده، سیستم مدیریت ضایعات به طور فزاینده ای در کشورهای صنعتی به جهت کاهش انتشار سرب به محیط زیست اعمال شود. با این حال، برخی از استفاده های سرب که در کشورهای صنعتی از رده خارج شده، همچنان در کشورهای در حال توسعه ادامه داد. علاوه بر این، استفاده از سرب و یا افزایش استفاده از آن به عنوان مثال، در پلاستیک و یا رنگ، در برخی از مناطق کمتر توسعه یافته همچنان ادامه دارد. در این مناطق در حال توسعه، مقررات و محدودیت های استفاده از سرب کمتر جامعیت دارند، بطوریکه برخی از خطرات زیست محیطی و بهداشتی، در مقیاس محلی و منطقه ای که با استفاده، مدیریت (از جمله جمع آوری، ذخیره سازی، بازیافت و تصفیه) و دفع محصولات حاوی سرب همراه بوده، نتیجه شده است. این شیوه های دفع خطرناک شامل سوزاندن در فضای باز و ریختن بی رویه ضایعات حاوی سرب در اکوسیستم های حساس از جمله رودخانه ها و تالاب ها می شود.

سرب یک سیستم تجمعی است به طوری که تماس مداوم با آن، در نهایت می‌تواند اثرات سمی ایجاد کند و در طول سالها، بسیاری از کشورها در راستای کاهش مقدار سرب در محیط زیست تلاشهای زیادی نموده‌اند. بعضاً وجود چند میلی‌گرم بر کیلوگرم از این عنصر، سلامت خاک و نهایتاً انسان و موجودات را به مخاطره می‌اندازد. بعلت کاربرد گسترده، سمیت و توزیع وسیع، سرب مهمترین فلز آلاینده در محیط زیست شناخته می‌شود. البته این عنصر هنوز به آن اندازه در محیط زیست پخش نشده که یک خطر گسترده بشمار آید. سرب از طریق دستگاه گوارش، دستگاه تنفس و پوست و مخاط وارد بدن می‌شود و ایجاد اثرات سمی شدید در انسان و دیگر جانداران نقش مهمی در آلودگی محیط زیست و سلامت انسان در قرن حاضر دارد. ورود سرب به محیط زیست با مصرف منابع مختلف و فراوان حاوی سرب، سبب آلودگی آب، خاک و هوا می‌شود. از طرف دیگر، اثرات سمی آن در بدن جانداران در غلظت بالا یا بیش از حد طبیعی به اثبات رسیده است.

آلودگی ایجاد شده توسط فلزات سنگین از جمله سرب، اثرات منفی زیست‌محیطی متعددی به دنبال دارد که کاهش این اثرات و پاکسازی آلاینده‌های منتشره، مستلزم صرف هزینه‌های چشمگیر و مدت زمان متمادی است. این امر نیازمند تعیین وضعیت آلاینده‌ها، از جمله غلظت‌سنجی در نقاط گوناگون، می‌باشد و لازم است که نمونه‌برداری و یا مدل‌سازی ریاضی نشر آلاینده‌ها در خاک و آب زیرزمینی صورت پذیرد.

۱-۲- هدف از تحقیق

طیف وسیعی از علوم و شاخه‌های مهندسی به‌ویژه زمینه‌های تخصصی مهندسی عمران از جمله ژئوتکنیک، ترافیک، طراحی راه و محیط‌زیست می‌تواند در بررسی کلی مسئله سرب در خاک کناره جاده‌ها و رسیدن به یک استاندارد در این زمینه دخیل باشند. رسیدن به راه‌حل نهایی در مسئله میزان سرب موجود در خاک حاشیه خیابانها و بزرگراه شهری و یا غیر شهری، نیازمند حمایت همه‌جانبه از طرف صنایع، کارخانجات، سازمان‌ها و تمامی استفاده‌کنندگان از وسائل نقلیه می‌باشد. در واقع صنایع نفت و پالایشگاه‌ها با تولید بنزین با کیفیت مطلوب‌تر می‌توانند در این زمینه موثر باشند. صنایع خودروسازی با تولید محصولاتی که مصرف بنزین کمتر دارند یا تولید و عرضه وسائل نقلیه الکترونیکی در کنترل سرب نقش خواهند داشت. سازمان‌های بین‌المللی با تصویب استانداردهای لازم در زمینه کنترل سرب و الزام برای اجرای آن توسط استفاده‌کنندگان از وسائل نقلیه عمومی و شخصی و شهرسازان و طراحان مسیرهای شهری با در نظر گرفتن فاکتورهای لازم جهت جلوگیری از توقف هرچه کمتر وسائل نقلیه در یک نقطه از شهر می‌توانند موثر واقع شوند. دولت‌ها و شهرداری‌ها در ارتباط با توسعه حمل و نقل عمومی و افزایش فرهنگ عمومی در زمینه استفاده از وسائل نقلیه عمومی از جمله مترو و سازمان‌های مرتبط با فضای سبز شهری نیز می‌توانند در رابطه با استفاده از گیاهانی که بتواند بیشترین میزان کنترل سرب را در خاک کناره جاده‌ها داشته باشد، عامل مهمی در کنترل سرب خاک باشند.

در بحث سرب در خاک حاشیه خیابان‌های شهری، تمامی عوامل موثر بر ایجاد، انتقال و مواجهه با سرب در محیط می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. در این رابطه علاوه بر بررسی مسئله تاثیر فلز سنگین سرب در آلودگی محیط و فراسنج‌های وابسته به آن می‌توان به بررسی ویژگی‌های خاک شهری و تاثیر کاربری مناطق در رابطه با میزان و پراکندگی سرب، بررسی رفتار سرب درون خاک و عوامل موثر بر انتقال و سرنوشت نهایی این آلاینده، تاثیر عوامل ترافیکی، حمل و نقل شهری و شرایط هندسی راه پرداخت.

تحقیق حاضر دو مسیر اصلی را دنبال می‌کند که بخش اول شامل بررسی انتقال و سرنوشت سرب به‌عنوان یک آلاینده در محیط و اثرات بهداشت عمومی قرار گرفتن در معرض خاک و گردوغبار آلوده به سرب، فراسنج‌ها و استانداردهای موجود در کشورهای پیشرو در زمینه سرب و مقایسه آنها با معیارهای حال حاضر ایران می‌شود. در بخش دوم نیز یک منطقه برای مطالعه موردی انتخاب شده و میزان غلظت سرب در خاک آن منطقه و عوامل موثر بر آن بررسی شده و در ادامه نتایج حاصل از این اندازه‌گیری غلظت ارائه شده است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی موارد زیر می‌باشد:

- اندازه‌گیری میزان غلظت سرب در خاک و گردوغبار حاشیه خیابان‌ها
- ارزیابی آلودگی سرب توسط شاخص‌های آلودگی
- بررسی جامع استانداردهای آلودگی سرب در خاک و مقایسه آنها با نتایج بدست آمده از این تحقیق
- بررسی تاثیر فعالیت‌های انسان بر میزان تجمع سرب در خاک و گردوغبار
- بررسی تاثیر عوامل موثر در محدوده خیابان روی غلظت سرب

این تحقیق مشتمل بر پنج فصل می‌باشد. فصل اول با عنوان مقدمه حاوی مطالب کلی در رابطه موضوع تحقیق و هدف از انتخاب موضوع و روش انتخابی برای انجام این تحقیق می‌باشد.

در فصل دوم با عنوان مبانی تئوری و مروری بر تحقیقات گذشته، به خصوصیات عنصر سرب به عنوان یک فلز سنگین اشاره شده و منابع تولید و مصرف سرب و اثر آن بر سلامت انسان شرح داده شده است. در ادامه، یکی از اهداف تحقیق یعنی استانداردهای موجود در کشورهای مختلف در رابطه با سرب بررسی شده و به تفصیل اثر سرب و انتقال آن در محیط و مطالعات صورت گرفته در این زمینه به تفکیک در رابطه با هوا، خاک، گرد و غبار، گیاه و آب آلوده به سرب بررسی شده است. تمرکز اصلی در این فصل روی آلودگی خاک می‌باشد و در رابطه با آلودگی سرب در خاک، سعی شده محیط‌های شهری و غیر شهری و زمین‌های کشاورزی جداگانه بررسی شوند. در زمینه خاک مناطق شهری نیز نواحی کناره خیابان‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. ارزیابی زیست محیطی، برنامه کشورها در زمینه کنترل سرب و زمینه‌های باقیمانده برای تحقیق در مورد سرب از دیگر موارد ذکر شده در این بخش می‌باشند.

در فصل سوم با عنوان روش تحقیق، شرایط منطقه انتخاب شده برای نمونه‌برداری، نحوه نمونه‌گیری و روش انجام آزمایش ذکر شده و در نهایت شاخص‌های آلودگی خاک مورد استفاده در تحقیق، به تفکیک شرح داده شده است. فصل چهارم با عنوان بحث و بررسی نتایج، به شرح نتایج حاصل از آزمایش پرداخته و مقایسه مقادیر بدست آمده با شاخص‌ها و استانداردها صورت گرفته است. در فصل پنجم نیز به نتیجه‌های حاصل از این تحقیق و پیشنهادات موجود پرداخته شده است.

۱-۳- روش تحقیق

به‌منظور بررسی آلودگی سرب در خاک کناره خیابان‌های شهری، با مطالعه تمامی جوانب موثر بر ایجاد آلودگی سرب، امتداد دو خیابان در داخل شهر تهران انتخاب شد. جهت بررسی وجود یا عدم وجود آلودگی سربی در خاک، نیاز به مقادیر غلظت می‌باشد که برای این منظور از آنالیز شیمیایی نمونه‌های خاک استفاده شد. بنابراین نمونه‌گیری از کناره خیابان صورت گرفت و نمونه‌ها برای غلظت‌سنجی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها پس از خشک کردن، الک کردن و عصاره‌گیری با اسید، جهت غلظت‌سنجی با دستگاه جذب اتمی آماده شدند. در ادامه نمونه‌گیری جهت تعیین میزان سرب موجود در گردوغبار خیابانی و تعیین آلودگی آن انجام گرفت. برای این منظور، نمونه‌های جمع‌آوری شده از کناره خیابان ولیعصر به آزمایشگاه منتقل شد و شرایط عصاره‌گیری و غلظت‌سنجی با دستگاه جذب اتمی همانند نمونه‌های خاک برای نمونه‌های گردوغبار نیز صورت گرفت.

جهت تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از غلظت‌سنجی داده‌ها، مقادیر بدست آمده با شاخص‌های آلودگی خاک و استانداردهای آلودگی موجود در رابطه حد مجاز سرب در خاک در شرایط گوناگون، مقایسه شد. منشا آلودگی سربی ایجاد شده نیز با بررسی تمامی عوامل موثر بر تجمع سرب در خاک کناره جاده، از جمله موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، شرایط وزش باد، نوع خاک و میزان بارش منطقه، ترافیک ایجاد شده در خیابان، دوره کارکرد خیابان، شرایط هندسی خیابان از نظر وجود جوی یا فضای سبز در کناره خیابان، خیابانهای متقاطع با خیابان مورد بررسی، ساختمانهای مجاور خیابان و موانع طبیعی و غیر طبیعی موجود در مقابل وزش باد، وجود کارگاه و صنایع تولیدکننده سرب در کناره خیابان یا مناطق اطراف صورت گرفت. همچنین مقدار بدست آمده برای غلظت با غلظت زمینه طبیعی سرب در خاک منطقه با توجه به سابقه تاریخی اندازه‌گیری غلظت در منطقه و میانگین جهانی سرب خاک مقایسه شد تا تاثیر فعالیت‌های انسانی بر تجمع سرب در خاک منطقه مشخص شود.

**مبانی تئوری و مروری
بر تحقیقات گذشته**

فصل ۲ - مبانی تئوری و مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱ - مقدمه

در این بخش به بررسی مشخصات کلی، منابع و مواد جایگزین سرب به عنوان یک فلز سنگین آلوده کننده، نقش آن در آلودگی محیط زیست و سرنوشت آن پس از انتشار و شاخص های ارزیابی آلودگی سرب می پردازیم. تمرکز اصلی در این بخش استانداردها و پژوهش های صورت گرفته در مورد سرب موجود در خاک کناره جاده ها و عوامل موثر بر آن می باشد. در ادامه، اثر سرب و انتقال آن در محیط و مطالعات صورت گرفته در این زمینه به تفکیک در رابطه با هوا، خاک، گرد و غبار، گیاه و آب آلوده به سرب بررسی شده است. ارزیابی زیست محیطی، برنامه کشورها در زمینه کنترل سرب و زمینه های باقیمانده برای تحقیق در مورد سرب از دیگر موارد ذکر شده در این بخش می باشند.

۲-۲ - فلزات سنگین

در جدول تناوبی به آن تعداد از عناصر که وزن اتمی بالایی داشته و در درجه حرارت اتاق خاصیت فلزی دارند فلز سنگین اطلاق می شود. از آنجائی که تعاریف مختلفی برای این عناصر شده و در این طبقه عناصر مختلفی قرار داده شده اند باید تنها از اصطلاح فلزات و یا شبهه فلزات استفاده نمود. بر اساس این تعارف فلزات مس تا بیسموت در جدول تناوبی که دانستیه بیشتر از چهار دارند به عنوان فلزات سنگین تعریف شده اند. در جدول تناوبی به فلزات گروه 3 تا 16 در تناوب 4 و 4 به بعد فلزات سنگین می گویند. بسیاری از این عناصر نه تنها برای حیات بیولوژیکی ضروری نیستند بلکه بسیار هم خاصیت سمی دارند. موجودات زنده به مقادیر بسیار کمی از فلزات سنگین برای ادامه رشد و بقاء نیاز دارند که به اصطلاح به آنها Trace Elements می گویند مثل آهن، کبالت، مس، منیزیم، مولیبدن، وانادیم، استریم و روی و اگر از آن حداقل مورد نیاز و ضروری افزایش یابند باعث اختلال در رشد می گردند. میزان این فلزات کمیاب در پوسته زمین چیزی کمتر از یک درصد می باشد. سایر فلزات سنگین از جمله سرب، عنصر حیاتی نبوده و اثرات سودمندی بر حیات موجودات زنده ندارند. به طوریکه تجمع آنها در بدن موجودات زنده باعث بیماریهای خطرناکی می گردد. فلزات سنگین به هر نحوی که وارد طبیعت شوند، سلامتی انسان را تهدید می کنند. این نوع فلزات غیرقابل تجزیه هستند و به دلیل کاربرد گسترده در صنعت، محیط زیست بیشتر در خطر آلودگی به آنها قرار دارد.

۲-۳- سرب

یکی از فلزات سنگین پرمصرف، سرب می‌باشد. فلز سرب با دارا بودن خواص متنوع و منحصر به فرد خود موجبات مصارف گوناگون در صنایع مختلف را ایجاد نموده و از فلزات پر مصرف غیر آهنی محسوب می‌شود. سالانه چیزی حدود 3/5 میلیون تن از این فلز در سراسر دنیا مصرف می‌شود. این فلز بعد از آهن دومین فلز پرمصرف صنعتی است.

سرب فلزی کمیاب در پوسته زمین است اما پس از تصفیه و خالص‌سازی، شرایطی فراهم می‌شود که از نظر فراوانی در محیط و در نتیجه قرار گرفتن موجودات در معرض آن، به یک عامل آلودگی در محیط زیست تبدیل می‌شود. درخصوص سرب می‌توان اشاره کرد که منابع مختلف طبیعی آن هیچ‌گاه دردرساز نیستند، اما منابع مصنوعی آن که ناشی از فعالیت بشر هستند، آسیب‌های جبران‌ناپذیری را به محیط‌زیست وارد می‌کنند.

۲-۳-۱- مشخصات عمومی سرب

نام سرب از واژه لاتین Plumbum گرفته شده است. به این فلز در زبان انگلیسی Lead و در زبان پهلوی سرب گفته می‌شود. سرب از نظر فراوانی در پوسته زمین کمتر از مس و روی و به‌عنوان سی و یکمین عنصر فراوان در پوسته زمین با فراوانی 0/002 % می‌باشد.

سرب در گروه 14 و در دوره 6 جدول تناوبی به‌عنوان یک فلز ضعیف قرار دارد و زمانی که در معرض هوا قرار می‌گیرد، ظاهرش خاکستری تیره رنگ و ماتی می‌شود اما به صورت سطوح سالم و تازه شکسته به رنگ سفید مایل به آبی می‌باشد. سرب و روی در طبیعت همواره با هم آمیخته بوده و سنگ‌های درونگیر مشترکی دارند. سرب تصفیه شده خالص را سرب نرم می‌نامند [1].

۲-۳-۲- مشخصات فیزیکی و مکانیکی سرب

عنصر سرب مترکم ($11/34 \text{ g.cm}^{-3}$)، چکش‌خوار، دارای نقطه جوش بالا و نقطه ذوب پایین، انعطاف‌پذیر، دارای استحکام کم، قابلیت بکارگیری آسان، مقاومت در برابر اسید، قابلیت واکنش‌های الکتروشیمیایی با اسید سولفوریک، قابل حل در اسید نیتریک رقیق، نسبتاً نفوذناپذیر در مقابل تابش نور یا اشعه آلفا، بتا و گاما، دارای توانایی کاهش امواج صوتی، هدایت الکتریکی کم، جاذب خوب صدا و ارتعاشات و غیرقابل احتراق می‌باشد. در آب نامحلول بوده اما در آبی که حاوی اسید ضعیف است به آهستگی حل می‌شود. سرب بوسیله آلیاژ شدن با مقدار کمی از آرسنیک، مس، آنتیموان یا فلزات دیگر سخت شده است. این آلیاژها اغلب در تولید محصولات مختلف حاوی سرب استفاده می‌شود.

با وجود پایداری بسیار کم سرب، گاهی بصورت خالص در طبیعت یافت می‌شود. سرب با نوردکاری و قالب‌ریزی قابل استفاده است و کمی خاصیت شکل‌پذیری دارد. نقطه ذوب پایین سرب مزیتی است

که باعث گردیده که سرب به صورت ارزان قیمت در شکل مایع بسیار مورد استفاده واقع شود. سرب در حال حاضر به صورت شمش، ورق لوله‌ای، گلوله‌ای، عاجدار یا تسمه‌ای، شبکه، مفتول (میلگرد)، سیم، خمیری (مذاب) پودری و تک کریستال موجود می‌باشد. در جدول 1-2 به برخی از مهمترین مشخصه‌های فیزیکی فلز سرب اشاره شده است [2].

جدول 1-2: مشخصات فیزیکی سرب

مقدار	مشخصات فیزیکی سرب
11/34	وزن مخصوص (g/cm^3)
327/5	نقطه ذوب ($^{\circ}C$)
1750	نقطه جوش ($^{\circ}C$)
82	عدد اتمی
207/19	وزن اتمی
129/8	ظرفیت گرمایی ویژه متوسط در $100^{\circ}C$ ($Jkg^{-1}K^{-1}$)
34/9	هدایت گرمایی ($Wm^{-1}K^{-1}$)
29	ضریب پخش حرارتی $0-100^{\circ}C$ ($10^{-6}.K^{-1}$)
20/6	مقاومت الکتریکی در $20^{\circ}C$ ($\mu ohm cm$)
12-17	مقاومت کششی نهایی (MNm^{-2})
1/5	سختی (Mohs)

۲-۳-۳ - مشخصات شیمیایی سرب

سرب دارای دو نوع ظرفیت است. سرب دو ظرفیتی و سرب چهار ظرفیتی که بیشتر به صورت کاتیونهای دو ظرفیتی با سایر واکنش می‌دهد. بلورهای سرب وجه- مرکز و مکعبی هستند. ترکیبات سرب دو ظرفیتی، یونی هستند در صورتیکه ترکیبات سرب چهار ظرفیتی کووالانسی می‌باشند.

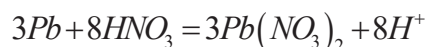
ترکیبات سرب به دو دسته آلی و معدنی تقسیم می‌شوند.

- ترکیبات آلی شامل ترکیبات حاوی سرب و کربن در یک زمان می‌شوند. شناخته شده‌ترین ترکیبات آلی سرب، تترا اتیل و تترا متیل سرب می‌باشند.
- ترکیبات غیر آلی یا معدنی که در دسترس ترین آن در محیط است شامل فلز سرب، آلیاژهای سرب، اکسید سرب، و سولفات سرب می‌شود.

سرب هنگام ذوب در هوای آزاد به مونواکسید سرب تبدیل می‌شود. ناخالصی‌های فلزی محلول باعث گسترش اکسیداسیون می‌شود و یا از توسعه خوردگی جلوگیری می‌کنند. سطوح تازه بریده شده

سرب به سرعت اکسید شده و یک لایه محافظ از کربنات بازی سرب را تشکیل می‌دهد. در حضور اکسیژن این فلز توسط آب خورده شده و اگر در آب کربناتها و سیلیکاتهای محلول وجود داشته باشند، لایه محافظ کربنات بازی سرب بر سطح فلز تشکیل می‌شود. مقاومت این فلز در برابر خوردگی توسط هوا، آب و خاک در کاربرد تاریخی سرب در لوله کشی تأثیر قابل توجهی داشته است. انتظار می‌رود سرب در اسیدها با آزادسازی هیدروژن حل گردد اما بالا رفتن بیش از حد ولتاژ هیدروژن موجب جلوگیری از انحلال سرب می‌گردد و تنها در حضور نمکهای محلول به همراه شرایط اکسیدکننده خورده شدن سرب صورت می‌پذیرد. بدین ترتیب در برابر خوردگی با اسید هیدروکلریک تا غلظت‌های تقریباً بالا، اسید سولفوریک تا 60 و اسید هیدروفلوریک پایدار است. این فلز در اسید نیتریک گرم و رقیق حل شده و نیترات سرب محلول را تشکیل می‌دهد. سرب همچنین در حضور اکسیژن توسط اسیدهای آلی ضعیف مانند اسید استیک خورده می‌شود. این فلز حقیقتاً مقاومت بالایی در برابر خوردگی دارد. به خاطر همین خاصیت، سرب در مایعات خورنده (اسید سولفوریک) استفاده می‌شود. به علت عدد اتمی و چگالی بالا، از سرب به‌عنوان محافظ در برابر اشعه گاما و اشعه ایکس استفاده می‌شود؛ سرب خالص در برابر منابع نوترون نیز رادیواکتیو نمی‌گردد.

در مقابل اسیدها به خصوص اسید سولفوریک مقاوم است ولی مقاومت آن در مقابل اسید کلریدریک کمتر می‌باشد. اسید سولفوریک غلیظ (بالای 80%) سرب را اکسیده می‌کند و آنرا بصورت نمک اسیدی $(Pb(HSO_4)_2)$ در آب قابل حل می‌نماید. سرب در برابر اسید نیتریک بدون مقاومت است و طبق واکنش زیر در آن حل می‌شود:



سرب طبیعی شامل چهار ایزوتروپ پایدار است. نحوه اختلاط ایزوتوپ‌ها تا حدودی متفاوت است و از نظر زمین شناسی مختص به ذخایر هر منطقه است. این نشانه می‌تواند برای ردیابی منشأ ذخایر سرب در محیط مورد استفاده قرار گیرد، هر چند که قطعیت در ارتباط با این رویکرد وجود ندارد. ایزوتوپ‌های پایدار سرب در طبیعت در جدول 2-2 آمده است:

جدول 2-2: ایزوتوپ‌های پایدار سرب

ایزوتوپ‌های سرب	درصد فراوانی
Pb^{204}	1/4
Pb^{206}	24/1
Pb^{207}	22/1
Pb^{208}	52/4

۲-۳-۴ - کانی‌های سرب

سرب محلی در طبیعت یافت می‌شود اما کمیاب است. امروزه معمولاً سرب در کانی‌هایی همراه با روی، نقره و مس یافت می‌شود و به همراه این مواد جدا می‌گردد. نزدیک به 70% سرب معدنی از کانه‌های مخلوط سرب و روی که به طور معمول مقادیر روی آنها بیشتر از سرب است، تولید می‌شود. نزدیک به 20% از تولید سرب مربوط به کانه‌های مخلوطی است که مقدار سرب در آنها از روی بیشتر است و 10% بقیه تولید سرب در رابطه با کانی‌های مس‌دار است. بیش از نیمی از سربی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌صورت بازیافتی می‌باشد. سنگ معدن به‌وسیله مته یا انفجار جدا شده سپس آنرا خرد کرده و روی زمین قرار می‌دهند. بعد از آن سنگ معدن تحت تأثیر فرآیندی قرار می‌گیرد که در قرن نوزدهم در استرالیا بوجود آمد. یک فرآیند شناورسازی، سرب و دیگر مواد معدنی را از پس مانده‌های سنگ جدا می‌کند تا با عبور سنگ معدن، آب و مواد شیمیایی خاص از تعدادی مخزن که درون آنها دوغاب همیشه مخلوط می‌شود، عصاره‌ای بوجود آید. درون این مخزن‌ها هوا جریان یافته و سولفید سرب به حبابها می‌چسبد و بصورت کف بالا آمده که می‌توان آنرا جدا نمود. این کف، که تقریباً حاوی 50% سرب می‌باشد، خشک شده سپس قبل از پالایش به منظور تولید سرب 97% سینتر می‌شوند. بعد از آن سرب را طی مراحل مختلف سرد کرده تا ناخالصی‌های سبکتر بالا آمده و آنها را جدا می‌کنند. سرب مذاب با گداختن بیشتر به‌وسیله عبور هوا از روی آن و تشکیل لایه‌ای از تفاله فلز که حاوی تمامی ناخالصیهای باقی مانده می‌باشد، تصفیه شده و سرب خالص 99/9% بدست می‌آید.

تاکنون 130 نوع کانه سرب شناخته شده است که در میان آنها سولفور سرب مهمترین و اقتصادی‌ترین است و 90% از تولید فلز سرب از این کانه است. دیگر کانه با اهمیت سرب سروزیت یا کربنات سرب است. سرب در طبیعت به صورت سولفید، سولفات، کربنات و نمک‌های سرب یافت می‌شود. در حدود 40% سرب معمولاً به صورت سرب خالص، اکسیدهای سرب یا مواد شیمیایی سرب بوده و باقی مانده به صورت آلیاژهای سرب می‌باشند. در جدول 2-3 کانی‌های مهم، فرمول شیمیایی و عیار سرب ذکر شده است.

جدول 2-3: کانی‌های مهم سرب

نام	فرمول شیمیایی	درصد سرب
گالنا ^a	PbS	86/6
انگلزیت ^b	PbSO ₄	68/3
سروزیت ^c	PbCO ₃	77/5

^a Galena, ^b Anglesite, ^c Cerussite