

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی

گرایش زیست محیطی

بررسی و ارائه مدل پایش آلاینده‌های منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی در هوا و تأثیر آنها روی نزولات جوی و خاک منطقه

نگارش

فرزام دلیجانی

اساتید راهنما

دکتر غلامعباس کاظمی

دکتر منصور ضیایی

اساتید مشاور

دکتر حسین مهدیزاده شهری

دکتر محمد پروین نیا

در این پایان نامه به بررسی آلودگی هوا، آب و خاک منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی پرداخته می‌شود. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی $25^{\circ} 52'$ تا $40^{\circ} 52'$ و عرض‌های جغرافیایی $20^{\circ} 27'$ تا $40^{\circ} 27'$ در شرق استان بوشهر واقع شده است. برای ارزیابی آلودگی هوا از داده‌هایی که توسط شرکت فرانسوی توتال طی حدود ۳ سال از آوریل ۲۰۰۳ (فروردین ۸۲) تا نوامبر ۲۰۰۵ (آبان ۸۴)، هر ۱۵ روز یک بار در ۷ ایستگاه برداشت شدند استفاده گردید. آلاینده‌های اندازه‌گیری شده عبارتند از NO_2 ، SO_2 ، O_3 ، VOC^1 ، CO و H_2S ، اما به دلیل اینکه غلظت CO و H_2S از حد تشخیص دستگاه‌های اندازه‌گیری کمتر بود از مطالعه آنها صرف نظر شد. بیشترین و کمترین مقدار غلظت NO_2 ، SO_2 و O_3 و VOC اندازه‌گیری شده در منطقه به ترتیب برابر با $(1.05, 8/1)$ ، $(621, 5/6)$ ، $(116, 3/1)$ و $(452, 0/8)$ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. با استفاده از نرم افزار GIS تغییرات غلظت این آلاینده‌ها در طی سال با بادهای غالب منطقه مقایسه و مشخص شد که عامل بارندگی، علاوه بر باد به عنوان یک فاکتور مهم در غلظت آلاینده‌ها مؤثر است. برای بررسی آلودگی خاک، ۱۰ نمونه از خاک‌های سطحی و بکر منطقه از عمق حداکثر ۵ سانتی متری برداشت شد. این نمونه‌های خاک برای فلزات سنگین جیوه، مس، سرب، کبالت، کروم، نیکل، آهن، کادمیوم، منگنز و ترکیبات نفتی آنالیز شدند، غلظت میانگین آنها به ترتیب برابر با $0.25/0.00$ ، $5/7$ ، $30/5$ ، $18/5$ ، $12/6$ ، 29 ، 1900 ، $0/41$ و $128/7$ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. برای ارزیابی آلودگی آب از روانابهای سطحی ۵ نمونه و از آب باران یک نمونه برداشت و pH ، TDS ، TSS ، نیترات، نیتريت، آمونیاک، TPH ، PO_4 ، COD ، BOD_5 و کبالت این نمونه‌ها اندازه‌گیری که مقادیر میانگین آنها به ترتیب برابر است با 7 ، 660 ، 60 ، $0/064$ ، $0/322$ ، 5 ، $3/58$ ، $0/064$ ، 486 ، 338 و 52 میلی گرم در لیتر می‌باشد در نمونه آب باران علاوه بر pH $(7/2)$ ، مقادیر سختی کل (12) ، سختی کلسیم (10) ، کلراید (4) ، قلیائیت (8) ، بی‌کربنات (10) و کبالت $(2/4)$ بر حسب میلی گرم بر لیتر اندازه‌گیری شدند. با توجه به اطلاعات و بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که آلودگی‌های ناشی از صنایع موجود در عسلویه بیشتر در نزدیکی فازهای فعال و پتروشیمی‌ها و جنوب شرقی این منطقه بود.

¹. Volatile Organic Compound

کلمات کلیدی: آلاینده‌های هوا، آلودگی آب و خاک، منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی، GIS، باد.

فهرست مطالب

تقدیر و تشکر ۱

چکیده ب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۲-۱- محدوده و وسعت ۱

۳-۱- شرایط جغرافیایی و طبیعی ۱

۱-۳-۱- موقعیت ۲

۲-۳-۱- پستی و بلندی ۲

۳-۳-۱- پوشش گیاهی ۵

الف- پوشش گیاهی اراضی کوهستانی ۵

ب- پوشش گیاهی اراضی پست و جلگه‌های ۵

ج- پوشش گیاهی نواحی ساحلی ۶

۴-۳-۱- شرایط جوی و اقلیمی ۶

الف- درجه حرارت ۷

ب- میزان بارندگی ۷

ج- رطوبت نسبی ۷

د- جهت وزش باد ۸

۵-۳-۱- منابع آب ۱۱

الف- آب‌های سطحی ۱۱

ب- آب‌های زیرزمینی ۱۲

۴-۱- خلیج نایبند ۱۲

۵-۱- مطالعات اجتماعی و کالبدی منطقه ۱۳

۱-۵-۱- پیش بینی جمعیت روستاها و شهرک‌ها ۱۳

۱۵	فصل دوم: زمین شناسی
۱۵	۱-۲- زمین شناسی منطقه.....
۱۵	۲-۲- ریخت شناسی منطقه.....
۱۵	۳-۲- واحدهای سنگی.....
۱۵	الف- گروه خامی.....
۱۷	الف- ۱ سازند سورمه.....
۱۷	الف- ۲ انیدریت هیث.....
۱۷	الف- ۳ سازند فهلیان.....
۱۷	الف- ۴ سازند داریان.....
۱۸	ب- گروه بنگستان.....
۱۸	پ- سازندهای پایده و گورپی.....
۱۸	ت- سازندهای آسماری و جهرم.....
۱۹	ث- گروه فارس.....
۱۹	سازند گچساران.....
۱۹	سازند بخش گوری.....
۲۰	سازند میشان.....
۲۰	سازند آجاجاری.....
۲۰	چ- سازند کنگلومرای بختیاری.....
۲۰	ح- واحدهای کواترنری.....
۲۱	۱- پادگانه‌های رودخانه‌ای.....
۲۱	۲- بادزن‌های آبرفتی.....
۲۱	۳- واریزه‌ها.....
۲۱	۴- نهشته‌های سیلابی.....
۲۱	۵- نهشته‌های شور ساحلی.....
۲۲	۴-۲- زمین ساخت منطقه.....
۲۲	۱-۴-۲- تاقدیس عسلویه.....
۲۲	۲-۴-۲- ناودیس نای بند.....
۲۳	۳-۴-۲- تاقدیس خلافتی.....
۲۳	۴-۴-۲- گسل عسلویه.....
۲۳	۵-۲- زلزله.....

۲۷	فصل سوم: آلودگی‌های ناشی از صنایع و مروری بر تحقیقات گذشته
۲۷	۱-۳- مقدمه.....

۲۷.....	۲-۳- ترکیب اتمسفر.....
۲۹.....	۳-۳- ارتفاع و ساختار اتمسفر
۳۱.....	۴-۳- آلودگی هوا
۳۱.....	۵-۳- کیفیت هوا و سلامت.....
۳۲.....	۳-۵-۱- عوامل مؤثر در غلظت آلاینده‌های هوا.....
۳۲.....	۳-۵-۲- منابع تولید آلاینده‌های هوا.....
۳۳.....	۳-۵-۳- اثرات آلودگی هوا بر روی انسان
۳۴.....	۳-۶-۱- آلاینده‌های شاخص
۳۴.....	۳-۶-۱- دی اکسید گوگرد
۳۵.....	۳-۶-۲- دی اکسید نیتروژن
۳۶.....	۳-۶-۳- مونوکسید کربن
۳۷.....	۳-۶-۴- هیدروکربن‌ها
۳۸.....	۳-۶-۵- ازن و سایر اکسید کننده‌های فتوشیمیایی
۳۹.....	۳-۶-۶- ذرات معلق
۴۰.....	۳-۷- استانداردهای کیفیت هوا.....
۴۱.....	۳-۸- بارانهای اسیدی
۴۲.....	۳-۹- عوامل ایجاد بارانهای اسیدی.....
۴۳.....	۳-۱۰- اثرات باران‌های اسیدی
۴۶.....	۳-۱۱- چگونگی تشکیل باران اسیدی
۴۹.....	۳-۱۲- حمل و ریزش
۵۱.....	۳-۱۳- اثرات بارش‌های اسیدی بر محیط زیست
۵۱.....	۳-۱۴- اثر بر سلامتی انسان
۵۲.....	۳-۱۵- آلودگی خاک.....
۵۲.....	۳-۱۵-۱- برهم‌کنش‌های یون- خاک
۵۲.....	۳-۱۵-۲- اثر باران بر اسیدیته و مواد مغذی خاک
۵۸.....	۳-۱۶- مروری بر تحقیقات گذشته.....
۵۸.....	۳-۱۶-۱- آلاینده‌های هوا
۵۹.....	۳-۱۶-۲- نزولات جوی
۶۳.....	۳-۱۶-۳- آلودگی خاک
۶۴.....	۳-۱۷- ارتباط این تحقیق با مطالعات گذشته.....
۶۵	فصل چهارم: فعالیت‌های میدانی و روش تحقیق
۶۵.....	۴-۱- بازدیدها و عملیات میدانی.....
۶۵.....	۴-۲- جمع‌آوری داده‌های هوا

۶۷	۳-۴- جمع آوری داده‌ها آلودگی خاک
۶۷	۳-۴-۱- آنالیزهای انجام شده بر روی خاک
۶۷	۴-۴- جمع آوری داده‌ها آلودگی آب
۶۸	۴-۵- روش تحقیق
۶۸	۴-۵-۱- تهیه نقشه هم غلظت هوا
۶۹	۴-۵-۲- تهیه نقشه آلاینده‌های خاک
۶۹	۴-۵-۳- بررسی آب سطحی و باران
۶۹	۴-۶- مدل سازی

۷۱ فصل پنجم: آلودگی هوای منطقه

۷۱	۵-۱- مقدمه
۷۱	۵-۲- دی اکسید نیتروژن
۷۷	۵-۳- دی اکسید گوگرد
۸۲	۵-۴- ازن
۸۶	۵-۵- ترکیبات آلی فرار شاخص

۹۰ فصل ششم: آلودگی خاک منطقه

۹۰	۶-۱- مقدمه
۹۰	۶-۲- بررسی منابع خاک منطقه
۹۱	۶-۳- توزیع مکانی فلزات سنگین
۹۲	۶-۴- ارزیابی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در منطقه
۹۳	۶-۴-۱- فاکتور غنی شدگی
۹۷	۶-۴-۲- شاخص زمین انباشتگی
۹۷	۶-۵- تأثیر زمین شناسی و جهت باد

۱۰۱ فصل هفتم: آلودگی آبهای سطحی و اکوسیستم خلیج نای بند

۱۰۱	۷-۱- مقدمه
۱۰۱	۷-۲- آب آشامیدنی
۱۰۲	۷-۳- pH
۱۰۳	۷-۴- کل ذرات معلق TSS

۱۰۳	۵-۷- کل ذرات محلول TDS
۱۰۳	۶-۷- نیترات و نیتريت
۱۰۳	۷-۷- آمونیاک
۱۰۴	۸-۷- فسفات PO_4^{2-}
۱۰۴	۹-۷- اکسیژن مورد نیاز
۱۰۵	۱۰-۷- کل هیدروکربن‌های نفت (TPH)
۱۰۵	۱۱-۷- کبالت
۱۰۶	۱۲-۷- خلیج نای بند
۱۰۶	۱-۱۲-۷- مواد و روش‌ها
۱۰۶	۲-۱۲-۷- بافت خاک
۱۰۷	۳-۱۲-۷- ارزیابی pH و EC خاک
۱۰۸	۴-۱۲-۷- ارزیابی تغییرات عناصر غذایی
۱۰۸	الف- عناصر میکرو (ریز مغذی)
۱۰۹	ب- عناصر ماکرو

۱۱۲ فصل هشتم: مدل پایش آلاینده‌های منطقه ویژه

۱۱۲	۱-۸- مقدمه
۱۱۳	۲-۸- انواع مدل
۱۱۳	۱-۲-۸- مدل مفهومی
۱۱۴	۲-۲-۸- مدل‌های ریاضی
۱۱۴	۳-۲-۸- مدل‌های داده فضایی
۱۱۴	• مدل رستری
۱۱۵	• مدل برداری
۱۱۶	۳-۸- پایش آلاینده‌های هیدروکربوری
۱۱۷	۴-۸- پایش آلاینده‌ها در هوا

۱۲۰ فصل نهم: نتیجه گیری

۱۲۱	پیوست ۱
۱۲۷	پیوست ۲
۱۳۴	منابع

- شکل ۱-۱- میدان گازی پارس جنوبی ۲
- شکل ۲-۱- منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس ۴
- شکل ۳-۱- منحنی تغییرات درجه حرارت در منطقه طی سال‌های ۷۹-۱۳۶۸ ۸
- شکل ۴-۱- منحنی تغییرات میزان بارندگی ماهانه منطقه در طی سال‌های ۷۹-۱۳۶۸ ۸
- شکل ۵-۱- منحنی تغییرات رطوبت نسبی ماهانه در منطقه در طی سال‌های ۷۹-۱۳۶۸ ۱۰
- شکل ۶-۱- گلباد کلی منطقه ۱۰
- شکل ۷-۱- منحنی تغییرات درصد هوای آرام ماهانه در منطقه در طی سال‌های ۷۹-۱۳۶۸ ۱۱
- شکل ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه ۱۶
- شکل ۲-۲- نقشه پهنه بندی خطر لرزه‌ای ایران ۲۴
- شکل ۱-۳- ساختار فیزیکی جو تا ارتفاع ۵۰۰ کیلومتری ۳۰
- شکل ۲-۳- منابع منوکسید کربن در اتمسفر ۳۸
- شکل ۳-۳- مقایسه اندازه ذرات معلق (PM) ۴۱
- شکل ۴-۳- انتشارهای جهانی دی‌اکسید گوگرد ۴۵
- شکل ۵-۳- انتشارهای سالیانه دی‌اکسید گوگرد در بخش‌های مختلف جهان ۴۵
- شکل ۶-۳- انتشارهای سرانه اکسیدهای نیتروژن در برخی کشورها ۴۶
- شکل ۷-۳- اثر باران اسیدی ساختگی (مصنوعی) با مقادیر مختلف بر روی ۵۳
- شکل ۱-۴- تصویری از آلاینده‌های مشعل‌ها در منطقه ۶۵
- شکل ۲-۴- موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا ۶۶
- شکل ۱-۵- مقدار میانگین غلظت ماهانه آلاینده NO₂ در سال ۸۲ ۷۳
- شکل ۲-۵- روند افزایش NO₂ در ایستگاه ۶ (بیدخون) ۷۴
- شکل ۳-۵- میانگین NO₂ در سال‌های اول، دوم، سوم و میانگین WHO ۷۴
- شکل ۴-۵- روند تغییرات NO₂ در طی سال ۸۲ در ایستگاه‌های مختلف ۷۵
- شکل ۵-۵- روند تغییرات NO₂ در طی سال ۸۳ در ایستگاه‌های مختلف ۷۵
- شکل ۶-۵- نقشه پراکندگی میانگین NO₂ در سال اول ۷۶
- شکل ۷-۵- نقشه پراکندگی میانگین NO₂ در سال دوم ۷۶
- شکل ۸-۵- نقشه پراکندگی میانگین NO₂ در سال سوم ۷۷
- شکل ۹-۵- روند افزایش SO₂ در ایستگاه ۱ ۷۹
- شکل ۱۰-۵- روند افزایش SO₂ در ایستگاه ۴ ۷۹
- شکل ۱۱-۵- روند افزایش SO₂ در ایستگاه ۵ ۷۹
- شکل ۱۲-۵- میانگین مقادیر SO₂ در سال اول، دوم و سوم همراه با استاندارد WHO ۸۰
- شکل ۱۳-۵- نقشه پراکندگی میانگین SO₂ در سال اول ۸۰
- شکل ۱۴-۵- نقشه پراکندگی میانگین SO₂ در سال دوم ۸۱

- شکل ۵-۱۵- نقشه پراکندگی میانگین SO_2 در سال سوم..... ۸۱
- شکل ۵-۱۶- روند تغییرات SO_2 در طی سال ۸۲ در هفت ایستگاه..... ۸۲
- شکل ۵-۱۷- روند افزایش O_3 در ایستگاه ۶..... ۸۳
- شکل ۵-۱۸- مقادیر میانگین O_3 در سالهای اول، دوم و سوم..... ۸۴
- شکل ۵-۱۹- نقشه پراکندگی میانگین O_3 در سال اول..... ۸۴
- شکل ۵-۲۰- نقشه پراکندگی میانگین O_3 در سال دوم..... ۸۵
- شکل ۵-۲۱- نقشه پراکندگی میانگین O_3 در ۸ ماه آخر..... ۸۵
- شکل ۵-۲۲- مثالی برای ارتباط بین NO_2 و O_3 ۸۶
- شکل ۵-۲۳- روند افزایش VOC در ایستگاه ۴..... ۸۷
- شکل ۵-۲۴- مقادیر میانگین VOC در ایستگاهها و سالهای متفاوت..... ۸۷
- شکل ۵-۲۵- نقشه پراکندگی میانگین VOC در سال اول..... ۸۸
- شکل ۵-۲۶- نقشه پراکندگی میانگین VOC در سال دوم..... ۸۸
- شکل ۵-۲۷- نقشه پراکندگی میانگین VOC در سال سوم..... ۸۹
- شکل ۶-۱- محل نمونه‌های خاک برداشت شده از منطقه..... ۹۰
- شکل ۶-۲- تغییرات غلظت فلزات مختلف با فاصله از منشأ آلاینده‌ها..... ۹۱
- شکل ۶-۳- مقادیر غنی شدگی برای نمونه‌های مورد مطالعه..... ۹۵
- شکل ۶-۴- مقایسه فاکتور غنی شدگی عناصر..... ۹۶
- شکل ۶-۵- نقشه هم غلظت کادمیوم..... ۹۹
- شکل ۶-۶- نقشه هم غلظت کبالت..... ۹۹
- شکل ۶-۷- نقشه هم غلظت سرب..... ۱۰۰
- شکل ۸-۱- رها سازی هیدروکربورهای نفتی در سال های ۹۱ و ۹۲ در روسیه..... ۱۱۷
- شکل ۸-۲- مدل انتشار متوسط مقدار SO_2 در شرایط آب و هوایی ناپایدار منطقه..... ۱۱۸
- شکل ۸-۳- مدل انتشار ترکیب SO_2 در شرایط پایدار آب و هوایی منطقه..... ۱۱۸
- شکل ۸-۴- مدل انتشار ترکیب NO_2 در شرایط پایدار آب و هوایی منطقه..... ۱۱۹

- جدول ۱-۱- خصوصیات شیمیایی آب‌های سطحی..... ۱۱
- جدول ۲-۱- طبقه بندی آب‌های زیرزمینی بر حسب خورندگی..... ۱۲
- جدول ۳-۱- پیش بینی جمعیت کل مناطق روستایی و شهرک‌ها تا سال ۱۴۰۵..... ۱۴
- جدول ۱-۲- مشخصات مهم تعدادی از زمینلرزه‌های منطقه..... ۲۶
- جدول ۱-۳- اجزای تشکیل هوای خشک و پاک در سطح زمین..... ۲۸
- جدول ۲-۳- منابع آلاینده‌های اولیه و میزان هر کدام..... ۳۵
- جدول ۳-۳- اثرات دی اکسید گوگرد بر سلامت انسان..... ۳۵
- جدول ۴-۳- اثرات کوتاه مدت تماس با دی‌اکسیدنیترژن بر انسان..... ۳۷
- جدول ۵-۳- استانداردهای کیفیت هوا..... ۴۲
- جدول ۶-۳- سرعت‌های ریزش آلاینده‌های اتمسفر بر روی سطوح مختلف..... ۴۴
- جدول ۷-۳- سیستم‌های بافری شاخص و مؤثر در اکثر خاک‌ها..... ۵۵
- جدول ۸-۳- تغییرات سالیانه فلزات سنگین در اکوسیستم جنگلی آلمان..... ۵۷
- جدول ۹-۳- غلظت یون‌ها و pH در این مطالعه..... ۶۳
- جدول ۱-۴- غلظت عناصر مختلف در خاک‌های منطقه..... ۶۷
- جدول ۲-۴- نتایج آنالیز نمونه‌های آب سطحی و باران..... ۶۸
- جدول ۱-۵- مقایسه مقادیر میانگین سالانه آلاینده‌ها با استانداردها و دیگر مطالعات..... ۷۴
- جدول ۲-۵- داده‌های آماری اشکال (۵-۶، ۵-۷، ۵-۸)..... ۷۷
- جدول ۳-۵- داده‌های آماری اشکال (۵-۱۴ تا ۵-۱۷)..... ۸۲
- جدول ۱-۶- مقادیر غلظت عناصر سنگین از دیدگاه دو استاندارد مختلف و میانگین جهانی..... ۹۲
- جدول ۲-۶- محاسبه فاکتور غنی شدگی برای عناصر مختلف در خاک‌های منطقه..... ۹۴
- جدول ۳-۶- مقادیر شاخص زمین انباشتگی در آلودگی خاک..... ۹۸
- جدول ۴-۶- مقادیر زمین انباشتگی در خاک‌های آزمایش شده..... ۹۸
- جدول ۱-۷- استاندارد WHO برای آب آشامیدنی..... ۱۰۲
- جدول ۲-۷- میانگین اجزاء و بافت خاک‌های منطقه مورد مطالعه..... ۱۰۷
- جدول ۳-۷- میانگین EC و pH خاک‌های مناطق مورد مطالعه..... ۱۰۸
- جدول ۴-۷- توزیع مقادیر عناصر میکرونوترینت در زیستگاه‌های مورد مطالعه..... ۱۰۹
- جدول ۵-۷- میانگین غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های مهم در رویشگاه‌های مورد مطالعه..... ۱۱۱
- جدول ۱-۸- مقایسه مدل‌های رستری و برداری..... ۱۱۶

۱-۱- مقدمه

منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس که از بخش‌های شهرستان کنگان است در مهرماه ۱۳۶۷ و تحت نظارت شرکت نفت و گاز پارس جنوبی و به منظور فراهم آوردن شرایط مناسب جهت سرمایه‌گذاری در زمینه نفت، گاز، پتروشیمی و صنایع وابسته ایجاد شد. این منطقه به وسعت ۱۴۰ کیلومتر مربع در ساحل شمالی خلیج فارس و در مقابل بحرین و قطر واقع شده و در حدود ۱۰۰ کیلومتر از حوزه گازی پارس جنوبی، بزرگ‌ترین حوزه گازی در سمت ایرانی خلیج فارس، فاصله دارد. ذخایر این حوزه در حدود ۴۵۰ تریلیون فوت مکعب بوده که معادل ۶/۸ درصد از کل ذخایر گازی جهان می‌باشد. منطقه ویژه نزدیک‌ترین ساحل به این حوزه گازی می‌باشد (شکل ۱-۱).

منطقه ویژه یکی از مراکز صنعتی مهم کشور به شمار می‌رود. در حال حاضر این منطقه دارای جمعیتی بالغ بر ۱۱۰۱۴۳ نفر می‌باشد. با توجه به رشد و توسعه سریع صنعت و جمعیت در منطقه و آلاینده‌هایی که این صنایع وارد هوا می‌کنند، بررسی و پایش این آلاینده‌ها در هوا، نزولات جوی و خاک ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۲- محدوده و وسعت

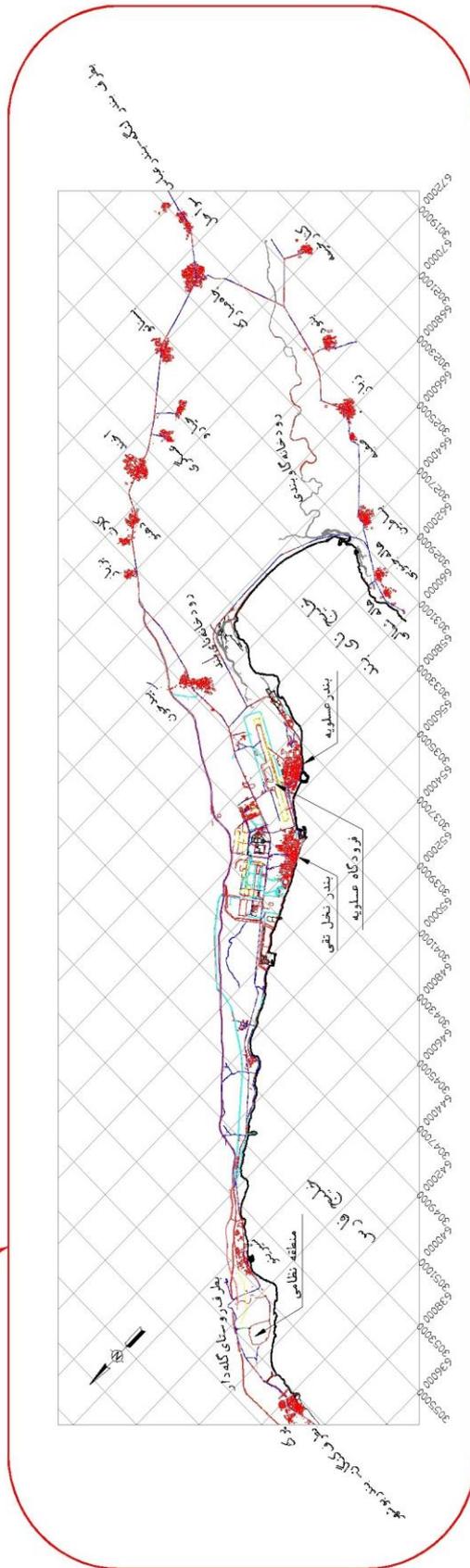
کل اراضی واقع در منطقه، در محدوده طرح کاربری اراضی، بالغ بر ۱۴۰ کیلومتر مربع بوده که ۴۰ کیلومتر مربع آن به دلیل رعایت حریم‌های زیست محیطی استفاده مناسب را نداشته و ۱۰۰ کیلومتر مربع باقی‌مانده آن تحت عنوان طرح کاربری اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس مشخص شده است. این منطقه با عرضی حدود ۲ کیلومتر از سمت شمال غرب و از حوالی روستای شیرینو شروع و در راستای شمال غربی به جنوب شرقی به طول ۲۰ کیلومتر امتداد یافته و به شهر کوچک و بندری عسلویه می‌رسد. در ادامه پس از طی ۸ کیلومتر در سمت شرق عسلویه (بعد از روستای بیدخون)، با یک تغییر زاویه به سمت جنوب و به فاصله حدود ۱۵ کیلومتر تا حوالی روستای چاه مبارک در دهستان نایبند ادامه می‌یابد. عرض این منطقه بین ۲ تا ۵ کیلومتر متغیر می‌باشد ولی در شرق عسلویه عرض بیشتری پیدا می‌کند (شکل ۱-۲).

۱-۳- شرایط جغرافیایی و طبیعی

اطلاعات مربوط به شرایط جغرافیایی و موقعیت منطقه عمدتاً از منبع [۱] گرفته شده و در زیر به آنها اشاره می‌شود.

۱-۳-۱- موقعیت

۱. منطقه کوهستانی در شمال منطقه ویژه که خاک کم عمقی دارد و به دلیل پوشش گیاهی اندک، فرسایش در آن بالا است.
۲. تپه‌های کم ارتفاع بریده بریده و فرسایش یافته که در قسمت جنوبی دماغه کناری خلیج نای بند قرار دارند.
۳. واریزه‌های بادبزی شکل و دشت‌های دامنه‌ای به موازات منطقه کوهستانی که دارای کمی پستی و بلندی و خاک‌های حدوداً نیمه عمیق تا عمیق با پوشش گیاهی مرتعی نسبتاً خوب و درختچه‌های پراکنده می‌باشد.
۴. منطقه ساحلی که از روستای شیرینو به طرف غرب گسترش داشته و از تجمع مواد آهکی تشکیل شده است، و شامل واریزه‌های بادبندی شکل و پستی و بلندی متوسط بوده و دارای پوشش متوسط گیاهان مرتعی می‌باشد.
۵. منطقه اطراف جنوب روستاهای بیدخون و چاه مبارک که شامل دشت‌های دامنه‌ای تقریباً مسطح و بدون پستی و بلندی همراه با پوشش نخلستان در اطراف روستاها و پراکندگی درختان کنار می‌باشد.
۶. منطقه غرب و جنوب روستای هاله (دماغه نای بند) که شامل مناطق با پستی و بلندی متوسط تا زیاد متشکل از مارن‌های گچی و نمکی، پوشش گیاهی کم، گیاهان مرتعی و قطعات کوچک دیم‌کاری می‌باشد.
۷. دشت‌های سیلابی غرب خلیج نای بند و اطراف رودخانه گاوبندی که دارای مسیل‌های سیلابی زیاد هستند. سطح آب زیرزمینی در این بخش بالا بوده و گیاهان مقاوم به شوری در آنها دیده می‌شود. در این منطقه خوره‌های کوچکی در نزدیکی دریا تشکیل شده که در اطراف این خورها، جنگل‌های حرا دیده می‌شود. بنادر عسلویه و نخل تقی در این منطقه قرار گرفته‌اند.



PLAN
Sc. 1:200,000

شکل ۱-۲- منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس

۱-۳-۳ - پوشش گیاهی

توزیع گونه‌های گیاهی در سطح منطقه به سه تیپ عمده قابل تقسیم می‌باشد، که عبارتند از:

- پوشش گیاهی اراضی کوهستانی؛
- پوشش گیاهی اراضی پست و جلگه‌ای؛
- پوشش گیاهی نواحی ساحلی.

الف - پوشش گیاهی اراضی کوهستانی

اغلب گونه‌های گیاهی در این اراضی دارای ریشه‌های عمیق می‌باشند و از مهمترین آن‌ها گونه *Pistacia Mutica* از خانواده *Anacardiaceae* است، که در ارتفاعات شهرستان کنگان رویش دارد. همچنین گونه *Pistacia Khinjuk* از جمله گیاهان در حال انقراض این منطقه بوده که میوه‌های آن دارای ارزش خوراکی است.

ب - پوشش گیاهی اراضی پست و جلگه‌ای

پوشش گیاهی این اراضی در منطقه غنی‌تر از اراضی کوهستانی می‌باشد. از گونه‌های گیاهی این منطقه می‌توان به گونه *Ziziphus Spinachislti* اشاره نمود. گونه مذکور دارای ارزش اقتصادی بوده و در دامنه‌های کوهپایه‌های شهرستان دیر، واقع در منتهی الیه بخش شمال غربی منطقه، رویش دارد. همچنین گونه *Prosopis Spinosa* از خانواده *Mimosaceae* به صورت خالص و گاه به همراه درختان کنار، اراضی جلگه‌ای ساحلی کنگان را در بر می‌گیرد. گونه گیاهی کهور در بندر طاهری از تراکم بیشتری برخوردار بوده و در ناحیه شیرینو که فاصله کوه با دریا کمتر می‌شود، تراکم آن افزایش می‌یابد. از دیگر گونه‌های گیاهی اراضی پست جلگه‌ای که در منطقه و نواحی اطراف رویش دارد، گونه *Prosopis Faracta* از خانواده *Mimosaceae* می‌باشد. همچنین گونه *Acacia Arabica Vornilotica* که یکی از گونه‌های با ارزش در سطح استان بوده (خاک‌هایی با بافت متوسط برای رشد آن مناسب است) و دارای ارزش علوفه‌ای و اقتصادی است، در نواحی اطراف کنگان قابل مشاهده است. لازم به ذکر است پوشش گیاهی اراضی پست جلگه‌ای نوعی پوشش مرتعی را به وجود آورده که مراتع دشتی نامیده می‌شود. این مراتع به صورت نوار باریکی در مسیر دیر و کنگان از یک طرف به دریا و از طرف دیگر به کوه متصل است. همچنین در منتهی الیه جنوبی منطقه، دشت کوچکی قرار داشته که روستای بیدخون و چاه مبارک را در بر گرفته و دارای مراتع غنی می‌باشد. نواحی اطراف

شهرستان دیر نیز به دلیل سنگلاخی بودن و کمبود آب زیرزمینی، جزء مراتع درجه ۴ و ۵ به شمار می‌آیند. مراتع اطراف شهرستان کنگان نیز اکثراً جزء مراتع درجه ۳ و ۴ می‌باشند [۱].

ج- پوشش گیاهی نواحی ساحلی

گرچه پوشش گیاهی این ناحیه را می‌توان به عنوان زیر مجموعه‌ای از اراضی پست و جلگه‌ای محسوب نمود، ولی با توجه به اهمیت گونه‌های گیاهی موجود در این ناحیه بخش جداگانه‌ای به آن اختصاص یافته است به طوری که پوشش گیاهی این ناحیه را می‌توان مهمترین بخش پوشش گیاهی در کل منطقه در نظر گرفت. رویشگاه‌های عمده آن، منطقه حفاظت شده نایبند و خلیج نایبند بوده و مهمترین گونه گیاهی این ناحیه گونه Aricenia Marina و بعد از آن گونه چندل می‌باشد. گیاهان مذکور ممکن است در مد دریا به زیر آب روند. مقدار شوری آب برای رشد حرا نقشی اساسی دارد، به طوری که در مکان‌های با شوری بالا و یا در مسیر رودخانه‌ای که تأثیر آب دریا حاکم است، پیشرفت حرا متوقف می‌شود. گونه‌های گیاهی (Aricenia Marina و چندل) در منطقه حفاظت شده نایبند و خلیج نایبند پدید آورنده اکوسیستمی با میزان پوششی بسیار بالا بوده و زیستگاه و مأمن پرندگان و آبزیان می‌باشد. در خلیج نایبند (در ناحیه شمال شرقی منطقه حفاظت شده نایبند) و در قسمت‌های جذر و مدی آن، بستر دریا لجنی بوده و حالت ماندابی داشته و به همین علت گونه‌های حرا در این ناحیه رویش مناسبی دارد. لازم به ذکر است که وجود جنگل‌های حرا علاوه بر نقش بسیار مثبت آنها در زیست پرندگان و آبزیان، از نظر اقتصادی هم حائز اهمیت است زیرا که روستاییان مناطق مجاور از سرشاخه‌های این درختان به عنوان علوفه دام‌ها استفاده می‌کنند.

۱-۳-۴ - شرایط جوی و اقلیمی

با تعیین مشخصاتی همچون درجه حرارت، میزان بارندگی، رطوبت نسبی، جهت وزش باد و سایر موارد می‌توان ویژگی‌های اقلیمی منطقه را مشخص نمود. این ویژگی‌ها بیشتر تحت تأثیر سه عامل عمده، ارتفاعات شمال منطقه (رشته کوه‌های بلند)، عرض جغرافیایی محل (۲۷ درجه شمالی) و بخارات آب خلیج فارس شکل گرفته‌اند. به طور کلی منطقه ویژه، در تقسیمات ۹ گانه اقلیمی ایران، در اقلیم گرم و مرطوب (دارای تابستان گرم و خیلی مرطوب بدون فصل زمستان) قرار می‌گیرد [۱].

الف - درجه حرارت

به دلیل فعالیت کوتاه مدت ایستگاه هواشناسی فرودگاه عسلویه، از آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه کنگان جم، که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه بوده و از نظر آب و هوایی دارای وضعیت مشابهی می‌باشد، استفاده شده است. با توجه به این اطلاعات، میانگین دمای روزانه ۲۳/۵، میانگین حداکثر دما ۲۹/۹، میانگین حداقل دما ۱۷/۱، حداکثر مطلق دما ۴۷/۰ و حداقل مطلق دما ۱/۰- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این منطقه اختلاف درجه حرارت هوا در شب و روز و در فصول مختلف کم می‌باشد. همچنین با توجه به توپوگرافی منطقه اختلاف دما در ارتفاعات و اراضی ساحلی بیشتر از ۵ درجه سانتی‌گراد نمی‌شود. منحنی تغییرات درجه حرارت منطقه طی سال‌های اخیر در شکل (۱-۳) ترسیم شده است.

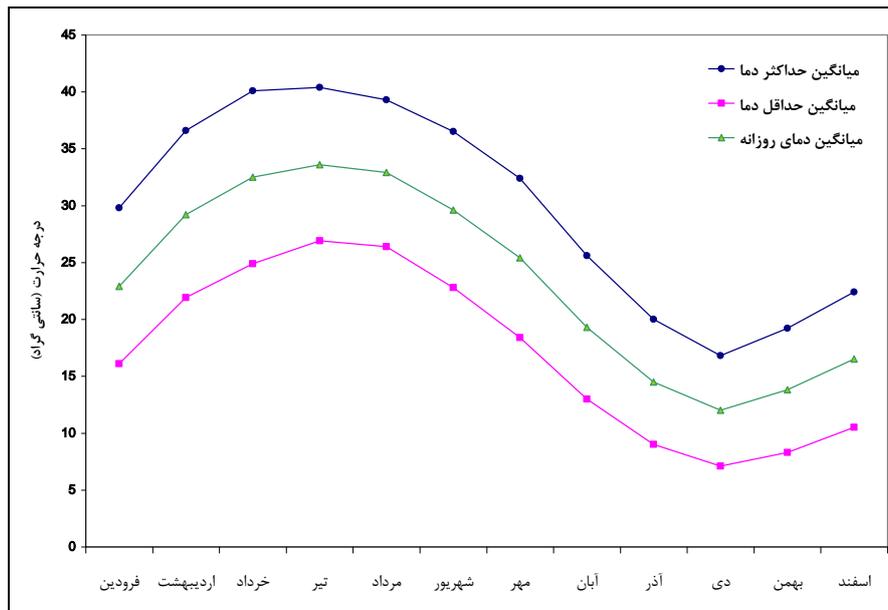
ب - میزان بارندگی

میزان بارندگی در این منطقه عموماً به صورت بارندگی‌های فصلی و موسمی است. همچنین با توجه به شدت باران و نفوذ ناپذیری زمین، هنگام بارندگی سیلاب‌های شدیدی در منطقه جاری می‌گردد. میانگین بارندگی سالیانه بر اساس آمار سال‌های ۷۹-۱۳۶۸ در حدود ۴۰۹/۳ میلی‌متر و حداکثر بارندگی روزانه نیز ۱۳۴ میلی‌متر بوده است [۱]. برای بهتر نمایان شدن وضعیت بارندگی منطقه در شکل (۱-۴) منحنی تغییرات بارندگی ماهانه و روزانه در منطقه ارائه گردیده است.

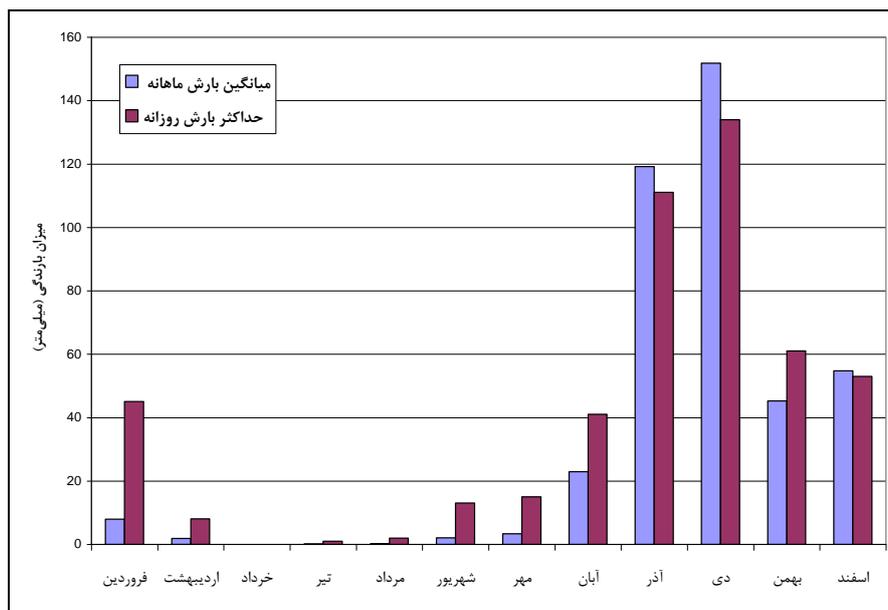
ج - رطوبت نسبی

بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی کنگان، میانگین رطوبت نسبی منطقه در طی سال‌های ۷۹-۱۳۶۸ و در ساعات ۳، ۹ و ۱۵ به ترتیب ۵۶، ۳۵ و ۴۶ درصد بوده است. همچنین حداکثر رطوبت نسبی در دی ماه به میزان ۸۴ درصد و حداقل آن در خردادماه به میزان ۲۰ درصد بوده است [۱].

میزان بالای درجه حرارت منطقه در فصل تابستان و بالا بودن رطوبت نسبی باعث گردیده که تحمل محیط برای زندگی و فعالیت بسیار سخت گردد. همچنین رطوبت نسبی در اراضی ساحلی بیشتر از ارتفاعات شمالی منطقه می‌باشد. برای بهتر نمایان شدن وضعیت رطوبت نسبی در منطقه در شکل (۱-۵) منحنی تغییرات رطوبت نسبی ماهانه ارائه گردیده است.



شکل ۳-۱- منحنی تغییرات درجه حرارت در منطقه طی سال‌های ۱۳۶۸-۷۹



شکل ۴-۱- منحنی تغییرات میزان بارندگی ماهانه در منطقه طی سال‌های ۱۳۶۸-۷۹

د- جهت وزش باد

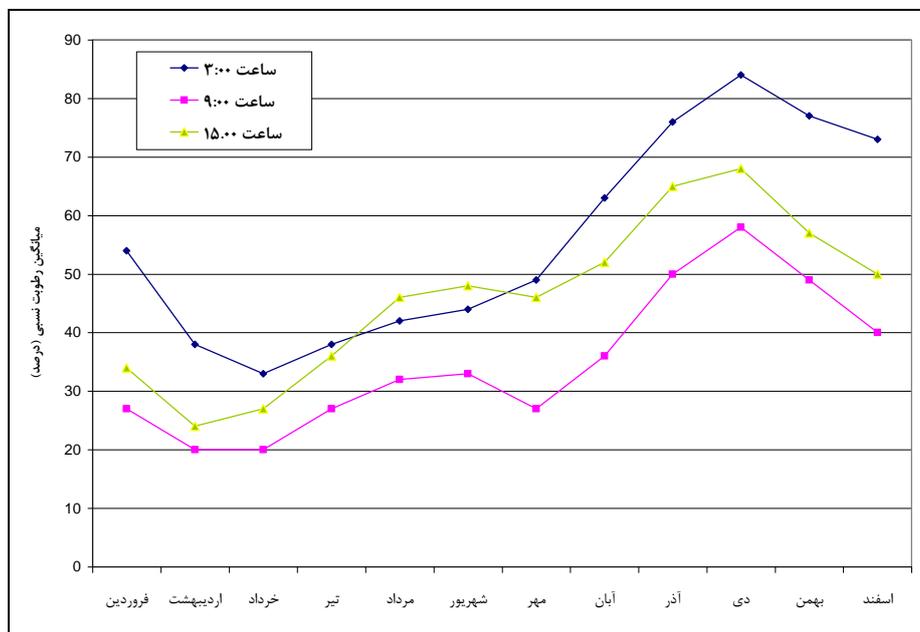
اهمیت دانستن جهت باد برای پیش بینی پراکندگی آلاینده‌های هوا به خوبی روشن است و برای نشان دادن جهت و سرعت باد از گلباد استفاده می‌شود. باید توجه داشت، منظور از جهت باد سمتی است که باد از آنجا

می‌آید. از آنجایی که گلباد جهت وزش باد را نشان می‌دهد واضح است که آلاینده‌ها به ربع مقابل حمل می‌شوند [۳۸].

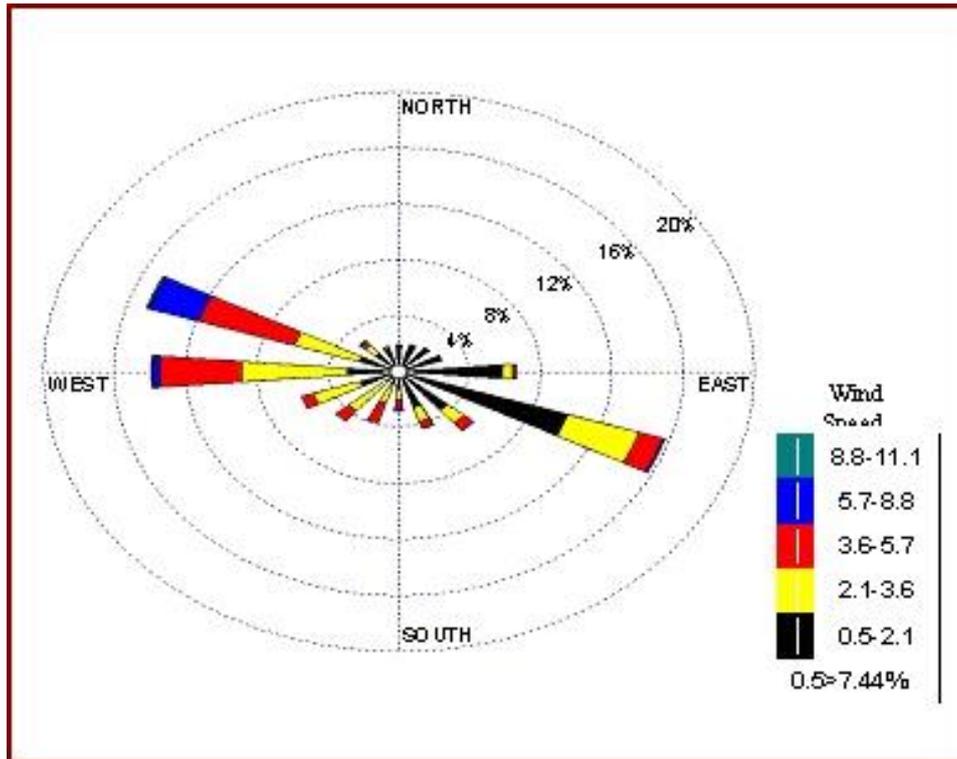
عوارض زمین می‌تواند بر بادهای محلی اثر بگذارد. یکی از این موارد، نسیم دریا به خشکی یا ساحل به دریا است. این سیستم معمولاً تا ارتفاع چند صد متری محدود می‌شود. این ارتفاع همان منطقه‌ای است که آلاینده‌های هوا در آن رها می‌شوند. دومین مورد باد کوهستان- دره^۲ است. نسیم دریا خشکی و باد کوهستان دره هم از نقطه نظر هواشناسی و هم از نظر آلودگی هوا اهمیت زیادی دارند. نیروگاه‌های بزرگ اغلب در ساحل اقیانوس‌ها و دریاها ساخته می‌شوند. در این گونه موارد مواد خروجی دودکش‌ها در طی روز تمایل به جمع شدن بر فراز سطح زمین را دارند. زمانی که منبع تولید آلودگی در دره قرار گیرد تغییرات مرتب باد ممکن است باعث محبوس شدن مواد آلوده کننده در داخل دره شود. در روز آلاینده‌ها به طرف بالای دره می‌روند و در شب به سمت پایین بر می‌گردند. در چنین شرایطی تجمع مواد آلوده کننده ممکن است به حد خطرناک برسند [۳۸].

در منطقه مورد نظر به دلیل مجاورت با خلیج فارس جهت وزش باد غالب در نیمه غربی سایت عموماً از غرب به شرق می‌باشد که در واقع همان باد دریا به ساحل است. جهت این باد به لحاظ تأثیرپذیری از ارتفاعات شمالی منطقه در راستای شمال غربی به جنوب شرقی تغییر جهت می‌دهد. در نیمه شرقی سایت نیز به دلیل تغییر شکل توپوگرافی در خلیج نایبند عموماً جهت باد از غرب به شرق می‌باشد، نمودارهای مربوط به گلباد منطقه در طی سال‌های ۱۳۶۸-۷۹ در شکل (۱-۶) نمایش داده شده است [۲].

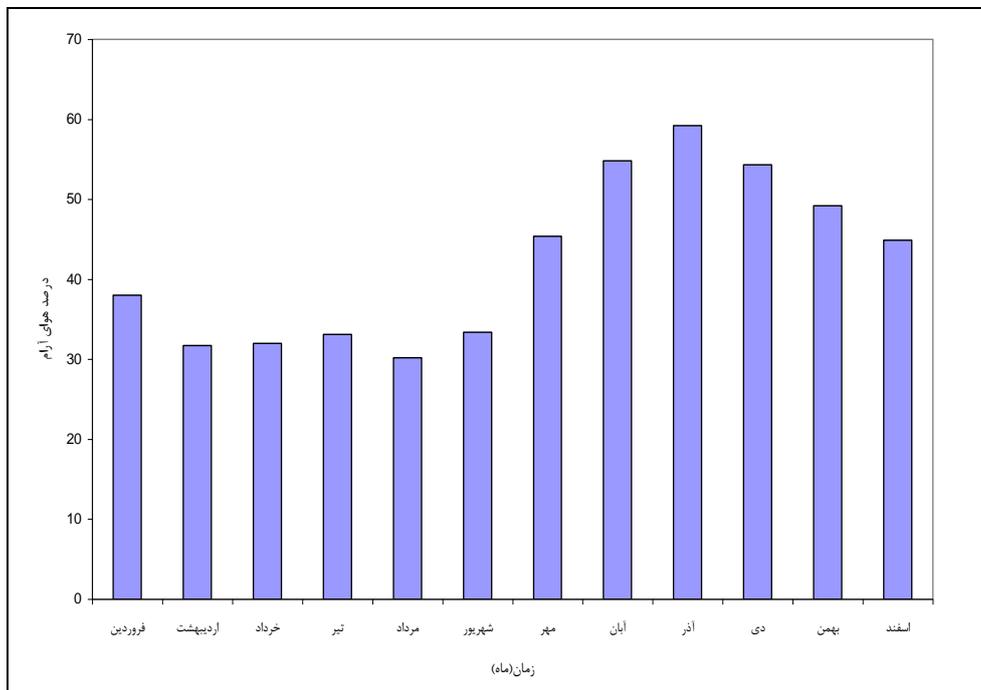
با توجه به آمار و اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی کنگان در خصوص سرعت و جهت باد در روزهای مختلف یک دوره دوازده ساله در حد فاصل سال‌های ۱۳۶۸-۷۹، درصد هوای آرام در ماه‌های مختلف سال به دست آمده است [۲]. در شکل (۱-۷) منحنی تغییرات درصد هوای آرام ماهانه منطقه ارائه شده است.



شکل ۱-۵- منحنی تغییرات رطوبت نسبی ماهانه در منطقه در طی سال‌های ۱۳۶۸-۷۹



شکل ۱-۶- گلباد کلی منطقه



شکل ۱-۷- منحنی تغییرات درصد هوای آرام ماهانه در منطقه در طی سال‌های ۱۳۶۸-۷۹

۱-۳-۵- منابع آب

الف- آب‌های سطحی

آب‌های سطحی محدوده اراضی منطقه ویژه شامل چشمه بیدخون، رودخانه گاوبندی، آب باران ذخیره شده در آب انبارها و مانداب‌هایی هستند که در محیط‌های سبخایی و باتلاقی در محدوده جنگل‌های حرا دیده می‌شود. خصوصیات شیمیایی این آبها در جدول (۱-۱) دیده می‌شود. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که آب رودخانه گاوبندی و مانداب‌های جزر و مدی از نظر کیفیت در گروه خیلی سنگین می‌باشد. این آب‌ها بسیار شور بوده و در رده آب نمک قرار می‌گیرند. همچنین این آبها دارای کلر و سولفات بسیار بالایی بوده و از نظر شدت خورندگی، شدیداً خورنده می‌باشند. [۱].

جدول ۱-۱- خصوصیات شیمیایی آب‌های سطحی (mg/l) [۱]

TH**	HCO ₃	CO ₃	Mg	Ca	TDS*	SO ₄	Cl	pH	محل
۱۴۴۷۷/۴	۲۷/۴۵	۳/۰	۱۸۳۸/۰	۳۱۲/۰	۴۱۸۳/۳	۴۰۵۴/۱۸	>۵۰۰۰	۶/۷۴	مانداب‌های جزر و مدی (خور عسلویه)
۲۱۸۷۵/۲	۱۲/۲	۶/۰	۱۸۷۲/۲	۵۶۸۰/۰	۱۳۰۱۷۳/۰	۳۴۶۶/۰۰	۳۷۵۰۰۰	۶/۵۵	رودخانه گاوبندی

*: (Total dissolved solids) یا کل جامدات محلول

** : (Total Hardness) یا سختی کل

ب- آب‌های زیرزمینی

سفره‌های آب زیرزمینی موجود در منطقه مستقیماً به وسیله بارندگی‌ها و وقوع سیلاب‌هایی که بر سطح رسوبات مخروط افکنه‌ای جاری می‌گردند، تغذیه می‌شوند. مقدار تغذیه مستقیماً به دوره‌های برگشت وقوع سیلاب‌ها بستگی دارد. حرکت آب‌های زیرزمینی موجود در منطقه موازی شیب عمومی مسیل اصلی حوزه آبخیز و از طرف شمال غرب به جنوب غرب می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده عمق سطح ایستابی در پهنه مخروط‌های افکنه بین ۱۵ تا ۳۰ متر و در محدوده پهنه دشت سیلابی و رسوبات سبخایی بین ۰/۵ تا ۳ متر متغیر می‌باشد [۱].

بر اساس مطالعات عطارزاده و همکاران (۱۳۸۳) [۶]، مجموع نمک‌های محلول در آب‌های زیرزمینی بخش‌های شیرینو و نخل تقی بین ۳ تا ۵، بیدخون و کلات ۱، اخند ۱/۶، دهنو - اخند ۲ و نای‌بند بین ۳ تا ۷ گرم در لیتر است.

میزان شوری آب‌ها از ارتفاعات به سمت خلیج فارس افزایش می‌یابد. از آنجا که آب‌های زیرزمینی به دلیل گازها و مواد محلولشان می‌توانند آثار نامطلوبی را بر روی مصالح بتن و فلزات داشته باشند، لذا از نظر خوردگی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند. با توجه به مقدار SO_3 موجود در آب‌های زیرزمینی و مقایسه آنها با جدول (۲-۱) [طبقه بندی آب‌های زیرزمینی به لحاظ خوردگی]، این آب‌ها در رده‌های مثبت، قابل ملاحظه و شدید قرار می‌گیرند [۶].

جدول ۲-۱- طبقه بندی آب‌های زیرزمینی بر حسب خوردگی [۳]

کیفیت آب	قابل صرف نظر	مثبت	قابل ملاحظه	شدید
SO_3 (mg/l)	۰-۱۲۵	۱۲۵-۸۳۰	۸۳۰-۱۶۶۰	>۱۶۶۰

۴-۱- خلیج نای بند

خلیج نای بند در منطقه حفاظت شده نای بند و در محدوده منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در ۳۲۰ کیلومتری جنوب شرقی بندر بوشهر، بدون تردید زیباترین منطقه ساحلی در طول سواحل خلیج فارس به شمار می‌رود [۳۴]. منطقه حفاظت شده نای بند با وسعت ۲۲۵۰۰ هکتار که به صورت دماغه مرتفعی در ساحل جنوبی خلیج نای بند قرار گرفته به دلیل دارا بودن اکوسیستم کم نظیر و ارزش‌های زیستگاهی برای گونه‌های حیات وحش از جمله کل و بز، قوچ و میش و حضور گونه‌های نادری از قبیل جبیر و جیرفتی، در سال ۱۳۵۷ به عنوان منطقه حفاظت شده شناخته شد و از آن تاریخ تحت کنترل و نظارت اداره کل حفاظت محیط زیست استان بوشهر در آمده است. خلیج نای بند در ساحل شمالی منطقه نای بند با وسعت ۴۱۳۰ هکتار یکی از ارزشمندترین زیستگاه‌های دریایی خلیج فارس است. وجود آرامش نسبی و شفافیت آب در این محدوده از آب‌های ساحلی، باعث گسترش مجتمع‌های مرجانی و علف‌های دریایی در بستر خلیج و آب‌های مجاور آن شده است. یکی از زیبایی‌های خلیج نای بند وجود جنگل‌های مانگرو در این منطقه است. اجتماعات مانگرو (حرا) در این خلیج از گونه پر اهمیت درخت حرا^۳ تشکیل شده است [۳۵].

۵-۱- مطالعات اجتماعی و کالبدی منطقه

۳. *Aricennia marina*

آنچه در دشت عسلویه در نگاه اول به چشم می‌خورد، تمایز روستاها از لحاظ تنوع فعالیت‌های عمده اقتصادی است. در کنار دریا فعالیت عمده صید و در مسافتی از آن به شکل کشاورزی و بهره برداری از منابع آب و خاک همراه با دامداری بروز می‌نماید. البته در زمینه فعالیت کشاورزی، روستاهای منطقه دارای ویژگی‌های همسانی در رابطه با نوع بهره برداری نمی‌باشند. در روستاهای واقع در دشت تاکید بر استفاده از زمین است در حالیکه روستاهای پایکوهی همراه با نگهداری دام و دامداری سنتی به فعالیت باغداری نیز می‌پردازند. بر طبق اطلاعات موجود تعداد آبادی‌های واقع در منطقه بالغ بر ۲۰ روستا می‌باشد که جمعیتی معادل ۳۵۱۸۶ نفر را در خود جای داده‌اند و از این تعداد فقط ۳ روستای عسلویه، نخل تقی و بیدخون در داخل سایت منطقه ویژه قرار گرفته که نزدیک به نیمی از جمعیت ساکن در منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. روستاهای داخل سایت به دلیل موقعیت استقرارشان، نزدیکی به مراکز ساخت و ساز و ارتباط دائم و تنگاتنگ نیروهای اجرایی با آنها جهت تأمین نیازمندی‌هایشان، بیش از پیش رونق اقتصادی داشته و جمعیت آن به ویژه روستاهای عسلویه و نخل تقی که در قلب مجموعه سایت منطقه ویژه واقع شده‌اند، افزایش چشمگیری داشته است. این دو روستا به جهت وجود مراکز دولتی و مردمی و فعالیت‌های اقتصادی دارای پتانسیل رشد بالایی می‌باشند [۱].

۱-۵-۱- پیش بینی جمعیت روستاها و شهرک‌ها

بر اساس بعضی روش‌های آماری جمعیت مناطق روستایی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$P_n = P_0(1 + R)^n \quad (۲-۱)$$

P_n = جمعیت در افق مورد نظر

P_0 = جدیدترین آمار جمعیتی

R = درصد رشد جمعیت

n = دوره آینده نگری طرح

با در نظر گرفتن دوره آینده نگری طرح (۲۰ ساله) نرخ رشد ۳ درصد (میانگین رشد جمعیت در سال‌های قبل) و جمعیت فعلی ۳۵۱۸۶ نفر کل جمعیت مناطق روستایی منطقه در افق طرح آینده نگری برابر است با:

$$۶۳۵۵۰ = ۳۰(۱+۰,۰۳) جمعیت ۱۳۸۵ = جمعیت ۱۴۰۵$$

لذا با توجه به فرمول فوق الذکر و محاسبه جمعیت روستایی، در جدول (۱-۳) جمعیت افزایش یافته کل روستایی تا سال ۱۴۰۵ محاسبه شده است.

جدول ۱-۳- پیش بینی جمعیت کل مناطق روستایی و شهرک‌ها تا سال ۱۴۰۵ [۱]

سال	جمعیت روستاها	جمعیت شهرک‌ها
۱۳۸۵-۱۳۸۹	۳۵۱۸۶-۳۹۶۰۲	۵۰۰۰-۴۰۰۰۰
۱۳۹۰-۱۳۹۴	۴۰۷۹۰-۴۵۹۱۰	۵۰۰۰۰-۹۰۰۰۰
۱۳۹۵-۱۳۹۹	۴۷۲۸۷-۵۳۲۲۲	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
۱۴۰۰-۱۴۰۵	۵۴۸۱۸-۶۳۵۵۰	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰

هدف از این تحقیق بررسی تغییرات زمانی، مکانی آلاینده‌های هوا با توجه به اطلاعات موجود و همچنین بررسی نوع و میزان املاح و ترکیبات آلاینده در آب و خاک منطقه و تحقیق در مورد ارتباط احتمالی این آلاینده‌ها با یکدیگر می‌باشد. که در نتیجه بتوان مناطق آلوده را از غیر آلوده تشخیص داد و راهکاری برای کاهش این آلاینده‌ها پیشنهاد کرد. به دلیل اینکه هنوز تعداد زیادی از فازها و صنایع پتروشیمی منطقه فعالیت خود را آغاز نکرده‌اند نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان مبنایی برای بررسی‌های آینده در منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱- زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در جنوب رشته کوه‌های زاگرس و در بخش چین خورده آن قرار دارد که چین‌ها دارای روند شمال غربی جنوب شرقی هستند. بخش چین خورده زاگرس از تعدادی تاقدیس و ناودیس طویل به

وجود آمده که به طور عموم تاقدیس‌ها، بلندی‌ها و ناودیس‌ها دره‌ها را تشکیل می‌دهند. چین‌های اصلی این بخش در زمان پلیوسن و پیش از تشکیل کنگلومرای بختیاری به وجود آمده‌اند [۶].

۲-۲- ریخت‌شناسی منطقه

منطقه مورد نظر از شمال به کوههایی بلند و از جنوب غربی به خلیج فارس می‌رسد و از نظر ریخت‌شناسی می‌توان آن را به سه بخش تقسیم نمود. منطقه کوهستانی: شامل رشته کوه مرتفع عسلویه است که در بخش غربی منطقه در نزدیکی دریا قرار داشته و به تدریج در سمت شرق از دریا فصله می‌گیرد، منطقه تپه ماهوری: در دامنه کوههای شمالی تپه‌های کم ارتفاع صخره‌ای وجود دارد که توسط سیلاب‌ها ایجاد شده‌اند و دشت: به شکل سه گوشه است که پهنای آن در سمت غرب کاهش یافته و در شرق به دره‌ای می‌پیوندد که رودخانه گاوبندی از میانه آن می‌گذرد. [۶].

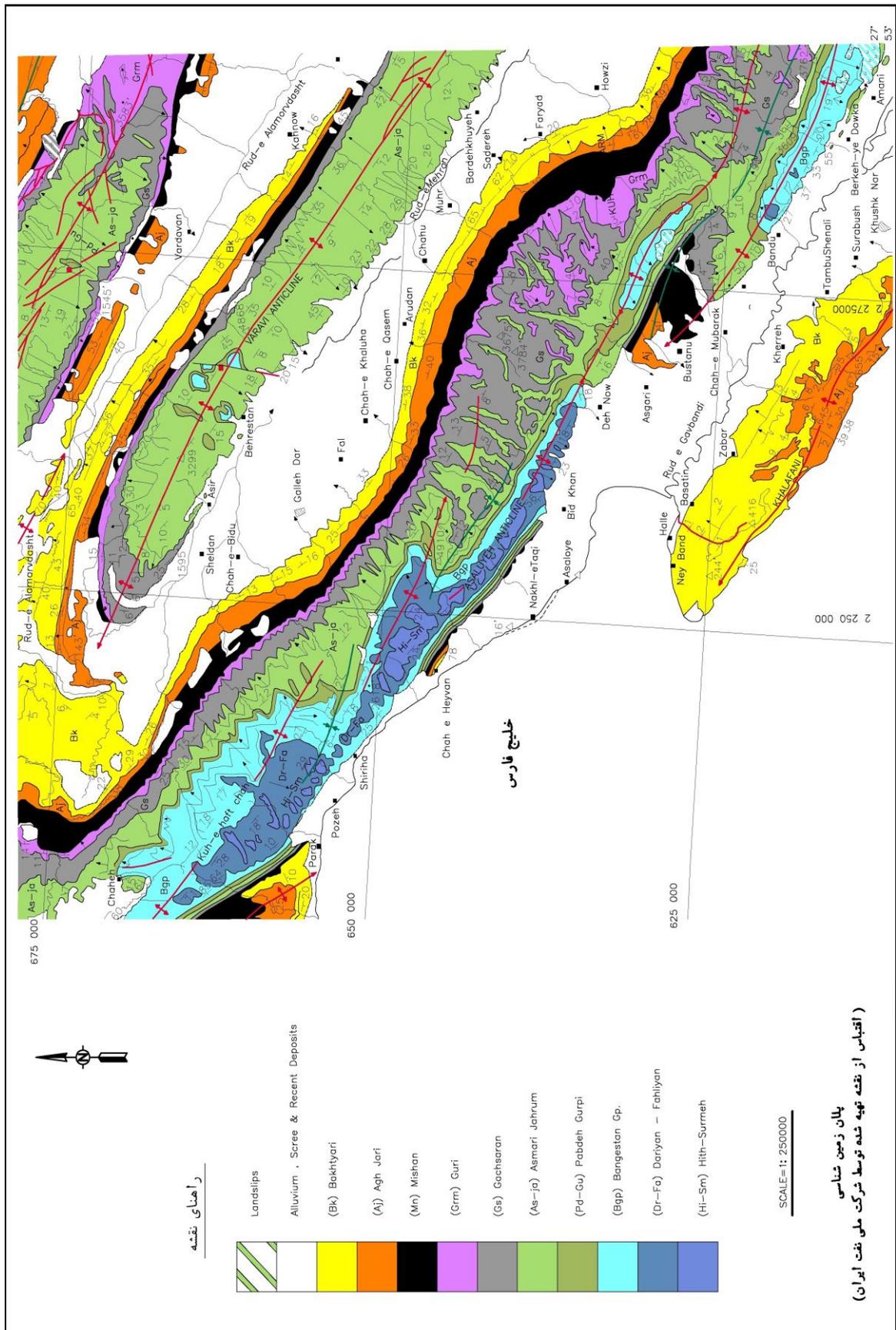
۲-۳- واحدهای سنگی

منطقه مورد مطالعه در بخشی از نقشه زمین‌شناسی به نام نقشه ۱/۲۵۰,۰۰۰ جنوب غربی منطقه فارس که توسط شرکت ملی نفت ایران تهیه شده قرار می‌گیرد که در (شکل ۲-۱) آمده است. واحدهای سنگی که در این منطقه بیرون زدگی دارند بر پایه این نقشه و با توجه به سن آن‌ها می‌توان به صورت زیر تقسیم کرد [۶].

الف- گروه خامی

ته نشست‌های این گروه در مجموع بیانگر یک چرخه رسوبی است و شامل ۵ سازند سورمه و انیدریت هیث^۴ (ژوراسیک)، فهلیان، گدون و داریان (کرتاسه زیرین) می‌باشد [۴].

^۴. Hith Anhydrite



شکل ۱-۲- نقشه زمین شناسی منطقه

الف- ۱ سازند سورمه

نام این سازند از کوه سورمه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز گرفته شده و مقطع نمونه آن نیز در شمال غرب دامنه شمالی همین کوه انتخاب و اساساً شامل آهک دولومیتی و دولومیت است [1]. سطح تماس زیرین آن با سازند نیریز تدریجی و هم شیب است. سطح تماس فوقانی آن در محل مقطع آهک آلیتی فهلیان است ولی در مناطق ساحلی خلیج فارس به وسیله انیدریت هیث پوشیده می‌شود [4].

الف- ۲ انیدریت هیث

وجه تسمیه این سازند از محلی به همین نام در عربستان سعودی آمده است که در نواحی مرکزی فارس و سواحل خلیج فارس در ایران دیده می‌شود [4]. این واحد شامل افق‌های ضخیم لایه‌ای از انیدریت به همراه میان لایه‌های دولومیت خاکستری است. این واحد بین سازند سورمه و فهلیان قرار گرفته [4] و منطقه مورد مطالعه تنها محلی در سراسر حوضه رسوبی زاگرس به حساب می‌آید که این سازند در آن رخنمون داشته و دارای ضخامت کافی است که می‌توان آن را اندازه‌گیری نمود. نظر به اینکه این واحد در روانابهای سطحی حل می‌شود کمتر در سطح زمین رخنمون دارد. انیدریت هیث به همراه سازند سورمه در منطقه مورد نظر از پوزه در غرب تا بیدخون در شرق دیده می‌شود [6].

الف- ۳ سازند فهلیان

مقطع نمونه این سازند در کوه دال در نزدیکی دهکده فهلیان در غرب شیراز انتخاب شده است [1]. از نظر لیتولوژی شامل آهک‌های آلیتی، آهک‌های متورق تا توده‌ای شکل به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای است و بر روی انیدریت هیث قرار گرفته. در قاعده آن مقداری آهک برشی وجود دارد [4]. ضخامت این سازند در مقطع نمونه ۳۶۰ متر [2] یا ۴۰۰ متر [5] است.

الف- ۴ سازند داریان

مقطع نمونه این سازند در کوه گدون واقع در شمال دهکده داریان در شمال شرق شیراز اندازه‌گیری شده است [1] و شامل سنگ آهک‌های خاکستری تا قهوه‌ای رنگ و با لایه بندی ضخیم است [4]. این سازند به همراه سازندهای فهلیان و سورمه به دلیل سختی جنس لایه‌ها در برابر فرسایش مقاومت نموده و بخش‌های

بلند و ستیغ‌های مشرف به دشت ساحلی عسلویه را تشکیل می‌دهند که از غرب دهکده شیرینو تا دهنو در شمال شرقی عسلویه گسترش می‌یابد [۶].

ب- گروه بنگستان

این گروه شامل سازندهای کژدمی، سروک، سورگه و ایلام است که سازند کژدمی از مارن و شیل و سازندهای دیگر از سنگ آهک‌های ضخیم لایه به وجود آمده‌اند [۴]. واحد سنگ چینه‌ای بنگستان بیشتر در دامنه‌های شمالی تاقدیس عسلویه رخنمون دارد ولی در دره دهنو در شمال غربی عسلویه به نزدیکی دشت نیز می‌رسد [۶].

پ- سازندهای پابده و گورپی

مقطع تیپ این دو سازند در تنگ پابده و در جنوب غربی کوه پابده در شمال خوزستان است [1]. سازند گورپی شامل مارن‌های دریایی، شیل‌های آبی رنگ و آهک مارنی می‌باشد در حالیکه سازند پابده از شیل‌ها و آهک‌های خاکستری تشکیل شده‌اند. این دو سازند از نظر لیتولوژی کم و بیش به هم شبیه هستند و لایه شیل ارغوانی که در بین این دو واحد به وجود آمده عامل جدا سازی این دو سازند از یکدیگر است [۴]. این دو سازند در دامنه‌های شمالی و بلندی‌های منطقه عسلویه رخنمون دارد و از سازندهای فرسایش پذیر منطقه به حساب می‌آیند [۶].

ت- سازندهای آسماری و جهرم

سازند جهرم که از آهک‌های دولومیتی و سنگ آهک به همراه میان لایه‌های مارنی و شیلی کرم تا نخودی روشن تشکیل شده و مقطع تیپ آن در تنگاب و در دامنه کوه جهرم دیده می‌شود بر روی سازند پابده قرار دارد. مرز پایینی سازند جهرم به دلیل تغییر لیتولوژی با سازند پابده به خوبی مشخص می‌باشد ولی مرز بالای آن به علت تشابه با سازند آسماری که بر روی آن قرار گرفته، مشکل و نیاز به مطالعه دقیق فسیل‌شناسی دارد. مقطع تیپ سازند آسماری در کوه آسماری در شرق مسجد سلیمان است که از سنگ آهک‌های نخودی روشن به وجود آمده و سنگ مخزن نفت در مناطق مختلف خوزستان به شمار می‌رود [۴]. سازندهای پابده - گورپی و آسماری - جهرم در دامنه‌های جنوبی تاقدیس عسلویه به دلیل پدیده کوهزایی دارای رخنمون اندکی هستند ولی بخش وسیعی از بلندی‌ها و دامنه‌های شمالی این تاقدیس را می‌پوشاند.

این سازندها در دره دهنو و از چاه مبارک تا بستانو در شمال دره گاوبندی در تماس با آبرفت‌های دشت مورد مطالعه هستند.

ث - سازندهای گروه فارس

ته نشست‌های ضخیم لایه میوسن در ناحیه فارس به نام گروه فارس معرفی شده و به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود که سازندهای زیر از این گروه در منطقه مورد مطالعه وجود دارد [۴]:

- سازند گچساران
- سازند بخش گوری
- سازند میشان
- سازند آغاچاری

سازند گچساران

نام این سازندگی از میدان نفتی گچساران انتخاب شده که سازند مزبور در آن به خوبی کسترش دارد. این سازند شامل ۷ بخش است و از لایه‌های ضخیم انیدریت، نمک و مارن تشکیل شده است و میان لایه‌های آهکی نیز گاهی در آن دیده می‌شود. این سازند بر روی سنگ آهک آسماری قرار گرفته و در مناطق نفت خیز به عنوان پوش سنگ برای مخازن نفت به حساب می‌آید. این واحد متعلق به میوسن

پایینی می‌باشد و بخش‌های انیدریتی آن در سطح زمین به دلیل جذب آب به ژئوپس و گچ تبدیل می‌گردد [۴].

در دامنه‌های شمالی تاقدیس عسلویه و بخش بزرگی از بلندی‌های دامنه‌های شمال شرقی این تاقدیس سازند گچساران رخنمون یافته است و در دامنه‌های جنوبی تاقدیس عسلویه نیز به صورت نوار باریکی بین چاه حیوان تا بیدخون و به مقدار محدودی در کوههایی شمال خاوری چاه مبارک دیده می‌شود [۶].

سازند بخش گوری

این بخش از سنگ آهک‌های سخت و کرم رنگ همراه با لایه‌های نازک سنگهای مارنی به وجود آمده که بر روی سازند گچساران تشکیل شده است [۴]. سنگ آهک‌های گوری به صورت نواری بر روی سازند گچساران

به ویژه در دامنه‌های شمالی تاقدیس عسلویه قرار دارد ولی رخنمون آن در دامنه‌های جنوبی و حوضه آبریز دشت عسلویه اندک می‌باشد [۶].

سازند میشان

سازند میشان شامل تناوبی از مارن‌های خاکستری و آهک‌های صدف‌دار می‌شود و سن آن میوسن بالایی است [۴]. این سازند به طور ممتد سرتاسر دامنه‌های شمالی تاقدیس عسلویه را می‌پوشاند ولی برون‌زدهای از آن در دامنه‌های شمالی و بین دهکده‌های چاه حیوان و بیدخون وجود دارد و همچنین بلندی‌های بین دهکده‌های و چاه مبارک را می‌پوشاند [۶].

سازند آغاچاری

این سازند که مقطع تیپ آن در جاده امیدیه به میدان نفتی آغاچاری دیده می‌شود [1] و از ماسه سنگ‌های آهکی قهوه‌ای تا خاکستری و مارن‌های قرمز ژئوپس دار و سیلتستون به وجود آمده است [۴]. سازند آغاچاری به صورت نوار پیوسته‌ای در دامنه‌های شمالی تاقدیس عسلویه بر روی سازند میشان قرار دارد ولی رخنمون آن در دامنه‌های جنوبی به صورت نوار کوچکی در منطقه چاه حیوان و با گسترش بیشتر در خاور دهکده عسکری دیده می‌شود. در تاقدیس خلافتی در جنوب دره گاوبندی نیز این سازند رخنمون دارد و بخشی از بلندی‌های این کوه را می‌پوشاند [۶].

چ - سازند کنگلومرای بختیاری

این نام از کوه‌هایی بختیاری در شمال شرق خوزستان اخذ شده است [3]. سازند بختیاری که یک سازند آواری به شمار می‌رود شامل تناوبی از کنگلومرای سخت و مقاوم و ماسه سنگ کنگلومرای می‌شود. این کنگلومرا از دانه‌های گرد و کم و بیش کروی سنگ آهک‌های الیگوسن، میوسن و کرتاسه به وجود آمده که توسط سیمانی از جنس‌های ماسه سیلیس و آهک به هم جوش خورده‌اند [۴]. سازند بختیاری در دامنه‌های شمالی تاقدیس عسلویه در بین سازند آغاچاری و آبرفت‌های دشت قرار دارد و در حقیقت سنگ کف بخشی از دشت را تشکیل می‌دهد. رخنمون این واحد در دامنه شمالی دشت عسلویه به مقدار بسیار محدود در چاه حیوان دیده می‌شود ولی در بیشتر بخش‌های کوه خلافتی رخنمون دارد و دامنه‌های جنوبی در گاوبندی را تشکیل می‌دهد [۶].

ح- واحدهای کواترنری

در منطقه مورد مطالعه پراکندگی گسترده‌ای از آبرفت‌های کواترنر به چشم می‌خورد. از یک طرف فرسایش در کوه‌های شمالی و انتقال مواد توسط سیلاب‌ها و ته نشین شدن آنها در منطقه و از طرف دیگر تاثیر عوامل دریایی مانند جزر و مد باعث ایجاد ته نشست‌های در منطقه شده که می‌توان آنها را به بخش‌های زیر تقسیم نمود [۶].

۱- پادگانه‌های رودخانه‌ای

این نهشته‌ها شامل آبرفت‌های درشت دانه مانند قلوه سنگ، شن و ماسه هستند که اندکی سخت شده و توسط کمی سیمان به هم چسبیده‌اند و در کناره بستر مسیل‌ها به ویژه مسیل‌های بزرگتر مانند مسیل بیدخون دیده می‌شود [۶].

۲- بادزن‌های آبرفتی

اجزای این بادزن‌های آبرفتی در دامنه‌ها از قلوه سنگ، شن و ماسه به وجود آمده که به سمت دریا به سرعت دانه ریز گشته و در میانه‌های دشت به مخلوطی از ماسه، سیلت و رس تبدیل می‌شود. بادزن‌های مهم منطقه در بخش خاوری و در محل ورود مسیل‌هایی مانند بیدخون، دهنو و عسکری دیده می‌شود.

۳- واریزه‌ها

رسوبات این پهنه در بالا دست درشت دانه بوده و در تراز پایین‌تر ریزدانه هستند. این پهنه شیب متوسطی داشته و به صورت بین انگشتی به رسوبات ریزدانه تبدیل می‌شود [۶]. گسترش این رسوبات چندان زیاد نیست [۱].

۴- نهشته‌های سیلابی

این رسوبات عمدتاً شامل لای و رس بوده و متعلق به دوره‌های طغیان رودخانه گاوبندی می‌باشند [۱]. بیشتر بخش‌های دره گاوبندی از نهشته‌های سیلابی این رودخانه پوشیده شده است. آبرفت‌های منطقه به دلیل فرسایش سازندهای گچساران و آجاجاری و انتقال مواد آن به دشت دارای بلورهای نمک و نودل‌های گچ می‌باشد [۶].

۵- نهشته‌های شور ساحلی

این نهشته‌ها شامل رسوبات مانداب‌های جزر و مدی (عمدتاً ریزدانه) است [۱] که شامل تناوبی از لایه‌های رس و سیلت به همراه گچ و نمک می‌باشد و در بین آنها لایه‌های نازک ماسه‌ای گچ دار و رس‌های دارای گچ زیاد نیز دیده می‌شود.

۲-۴- زمین‌ساخت منطقه

به طوری که گفته شد منطقه مورد مطالعه بخش کوچکی از زون چین خورده زاگرس به حساب می‌آید که ساختار عمومی این زون نیز در منطقه دیده می‌شود. به دلیل حرکت صفحه عربستان به سمت شمال خاوری و فرورانش آن به زیر پی سنگ ایران مرکزی به تدریج رسوباتی با ضخامت حدود ۷ تا ۸ کیلومتر بر روی این پی سنگ جمع و ضخامت آن افزایش یافته است. این افزایش ضخامت به شکل چین خوردگی‌های تاقدیسی و ناودیسی در راستای شمال غربی به جنوب شرقی خود نمایی کرده‌اند [۴]. تاقدیس‌ها در شمال و شمال شرقی منطقه عسلویه حدود ۲۰ رشته کوه موازی به وجود آورده که تعدادی از آنها تاقدیس اصلی و پاره‌ای دیگر تاقدیس‌های محلی و کوچک هستند. بین پاره‌ای از این تاقدیس‌ها نیز تعدادی ناودیس شکل گرفته‌اند [۶].

فشارهای تکتونیکی و چین خوردگی‌ها همراه با شکستگی و جابجایی‌های کوچک و بزرگ در قشرهای رسوبی بوده که تعدادی گسله در منطقه به وجود آورده که این گسله‌ها عامل ایجاد تنش‌های لرزه‌ای در منطقه می‌باشند. مهمترین عناصر زمین ساخت منطقه را می‌توان به صورت زیر دانست [۶].

۲-۴-۱- تاقدیس عسلویه

تاقدیس عسلویه با روند شمال غربی — جنوب شرقی یکی از تاقدیس‌های جوانی است که از حاشیه خلیج فارس سر بر آورده و یال جنوب غربی آن در برخی مناطق توسط گسلی به همین نام (گسل عسلویه) بریده شده است (شکل ۱-۲). تاقدیس عسلویه به صورت مجموعه‌ای بیش از ۱۰ تاقدیس کوچک و بزرگ با روند عمومی زاگرس می‌باشد. تاقدیس‌های فرعی دیگری نیز در این مجموعه وجود دارند که ریشه عمیقی ندارند ولی پاره‌ای از تاقدیس‌های اصلی با وجود این که در سطح زمین و در افق‌های جوان چون آسماری، آغاچاری و میشان به صورت ساختمان ممتد دیده می‌شود ولی در اعماق از هم جدا هستند. شیب لایه‌های تاقدیس عسلویه بین ۱۶ تا ۵۰ درجه تغییر می‌کند [۶].

۲-۴-۲ - ناودیس نای بند

خلیج نای بند و ادامه آن دره نای بند در ناودیسی به نام ناودیس نای بند قرار گرفته‌اند که از شمال به مجموعه تاقدیس‌های عسلویه و در جنوب به تاقدیس خلافتی می‌رسند. رودخانه گاوبندی کم و بیش در میانه این ناودیس جریان دارد و در خلیج نای بند به دریا می‌ریزد [۶].

۲-۴-۳ - تاقدیس خلافتی

تاقدیس بزرگ جنوب دره نای بند تاقدیس خلافتی نامیده می‌شود که در بین این دره و دریا قرار دارد. شیب لایه‌های این تاقدیس بین ۲ تا ۶ درجه تغییر می‌کند. بلندی این تاقدیس خیلی کمتر از تاقدیس عسلویه است [۶].

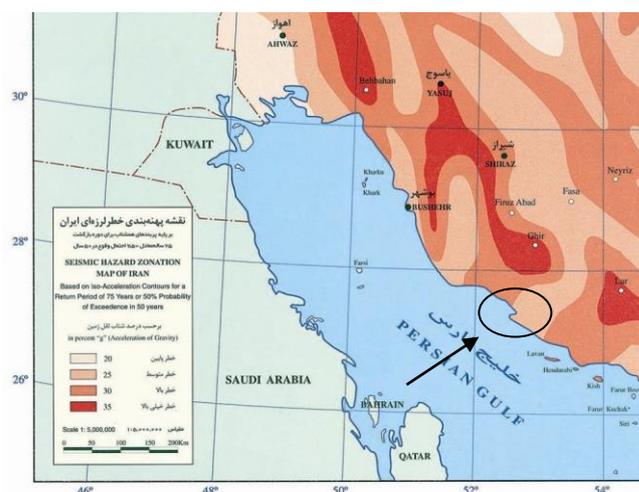
۲-۴-۴ - گسل عسلویه

مهمترین عامل تکتونیکی که در شکل‌گیری منطقه. مؤثر بوده را می‌توان گسل عسلویه دانست که دامنه‌های جنوبی مجموعه تاقدیس عسلویه را بریده و باعث بالا رفتن کوههایی شمالی نسبت به دشت ساحلی، ناودیس نای بند و تاقدیس خلافتی شده است. این گسل یک گسل معکوس به حساب می‌آید و عملکرد آن در ته نشست‌های کواترنر به خوبی مشهود است [۶].

۲-۵ - زلزله

بر اساس نقشه پهنه بندی خطر نسبی زلزله، ایران به چهار پهنه با خطر نسبی خیلی بالا، بالا، متوسط و پایین تقسیم شده است (شکل ۲-۲). بر اساس این نقشه شهرستان‌های کنگان، بندر طاهری و عسلویه که در کنار هم واقع هستند، در پهنه با خطر نسبی بالا قرار دارند. به لحاظ تکتونیکی این منطقه در بخش ساده کمربند چین خورده زاگرس قرار داشته، که توسط گسل‌های اصلی میناب در شرق و کازرون در غرب محدود می‌گردد. این چین خوردگی‌ها بیشتر به صورت تاقدیس‌ها و ناودیس‌های نامتقارن و نامنظم در بخش پایینی دیده می‌شوند. به لحاظ زلزله خیزی این منطقه نسبتاً فعال می‌باشد. مهمترین گسل‌های فعالی که در محدوده ۲۰۰ کیلومتری آن دیده می‌شوند، عبارتند از: گسل‌های عسلویه، لار، قیر، برازجان، گوده و سبزپوشان، کاره‌باس و کازرون. تعدادی از زمین‌لرزه‌های که در طی چند صد سال اخیر در منطقه به وقوع پیوسته به شرح زیر می‌باشند:

- زمین‌لرزه سال ۹۷۸ میلادی: در نزدیکی بندر سیراف (نزدیک به بندر طاهری فعلی در استان بوشهر) روی داده و در اثر آن اکثر خانه‌ها آسیب دید. حدود ۲۰۰۰ نفر کشته شدند و پس‌لرزه‌های آن نیز تا یک هفته ادامه داشت (ابن جوزی - والمقدس).
- زمین‌لرزه سال ۱۰۰۸ میلادی: وقوع این زمین‌لرزه در سیراف باعث کشته شدن عده زیادی از اهالی و غرق شدن تعدادی کشتی گردید [احتمالاً عامل آن موج لرزه‌ای دریا (سونامی) بوده است (ابن جوزی)].
- زمین‌لرزه سال ۱۴۰۰ میلادی: وقوع این زمین‌لرزه در شهرستان لار باعث خرابی ۵۰۰ خانه شد.



شکل ۲-۲- نقشه پهنه بندی خطر لرزه‌ای ایران منبع سایت NGDIR

- زمین‌لرزه سال ۱۴۴۰ میلادی: این زمین‌لرزه در جنوب فارس روی داده و تلفات و خسارات زیادی به شهرستان قیر، کازرون و اطراف شیراز وارد ساخت. حدود ۱۰۰۰ نفر در اثر این زلزله کشته شدند.
- زمین‌لرزه سال ۱۵۴۹ میلادی: زلزله بسیار مخربی در این سال در شهرستان لار روی داده که حدود ۱۲۰۰ خانه در اثر آن تخریب شده و حدود ۳۰۰۰ نفر کشته شدند. قبل از این زلزله پیش‌لرزه‌های شدید نیز روی داده است.
- زمین‌لرزه سال ۱۶۷۷ میلادی: در اثر این زمین‌لرزه تعدادی از آبادی‌ها و کاروانسراهای واقع در مسیر لار به نونار خراب شد. همچنین در این زلزله به شهرستان‌های دیر و لار هم خساراتی وارد گردید.
- زمین‌لرزه سال ۱۶۷۷ میلادی: این زمین‌لرزه در منطقه لار، یک ده با ساکنین آن را از بین برد.
- زمین‌لرزه سال ۱۹۵۰ میلادی: این زلزله در ۲۲ ژانویه و در دهنو در نزدیکی عسلویه روی داده که مرکز آن دره ساحلی کوچکی در جنوب شرقی عسلویه بوده و باعث نابودی دهکده‌هایی در مسیر ۵۰ کیلومتری

بین عسلویه و گاوبندی شده است. در اثر این زمین‌لرزه روستای بوستانو، دهنو، عسکری برکه و دوگان کاملاً تخریب و آسیب شدیدی به روستاهای عسلویه، داروک، کولوز، چاه‌مبارک، مارو، دوزدونه، ناهید، بندو، امانی، گاوبندی و فاریاب وارد شده و باعث کشته شدن حدود ۳۰ نفر گردید.

- **زمین‌لرزه سال ۱۹۶۸ میلادی:** این زمین‌لرزه با بزرگی ۵/۹ درجه در مقیاس ریشتر بین شهرهای مبارک آباد و جهرم رخ داده و خساراتی به بار آورده است.

- **زمین‌لرزه سال ۱۹۷۲ میلادی:** وقوع این زمین‌لرزه در ۱۰ آوریل ۱۹۷۲ در شهرهای قیر و کارزین با بزرگی ۶/۹ درجه در مقیاس ریشتر باعث مرگ حدود ۵۰۰۰ نفر گردید. این زلزله مهیب‌ترین زلزله‌ای بوده که در قرن بیستم در منطقه رخ داده است.

پاره‌ای از مشخصات مهم مربوط به زمین‌لرزه‌های تاریخی منطقه در جدول (۱-۲) ارائه شده است. چنانچه ملاحظه می‌شود بندر طاهری حداقل ۳ بار توسط زلزله‌هایی با بزرگی (۵/۳-۶/۵) درجه در مقیاس ریشتر لرزیده است، که مخرب‌ترین آنها (با توجه به موقعیت محل مورد مطالعه) زلزله سال ۱۰۰۸ میلادی بوده که با بزرگی ۶/۵ درجه در مقیاس ریشتر بوده است. همچنین بزرگ‌ترین زلزله تاریخی، زمین‌لرزه سال ۱۴۴۰ میلادی بوده که در فاصله ۱۱۰ کیلومتری شمال‌شرقی منطقه (غرب شهر قیر) رخ داده است. و بزرگی آن ۷/۱ درجه در مقیاس ریشتر بوده است. از مقایسه این زمین‌لرزه‌ها با تقسیم بندی موجود می‌توان وضعیت سازه‌ها و تکتونیکی پهنه مورد نظر را تعیین نمود.

با توجه به تقسیم بندی بربریان در سال ۱۹۷۶، منطقه ویژه در پهنه کمر بند چین خورده زاگرس، و طبق تقسیم بندی نوروزی در ایالت ۷ (فارس) قرار می‌گیرد. همچنین از نظر شدت رخداد زمین‌لرزه این محدوده در ناحیه ۲ با پهنه‌ای با خطر نسبی زیاد واقع شده است. از خصوصیات بارز این پهنه‌ها و جود زمین‌لرزه‌هایی متوسط (تا ۶/۵ درجه در مقیاس ریشتر) با کمترین دوره بازگشت می‌باشد.

جدول ۱-۲- مشخصات مهم تعدادی از زمین‌لرزه‌های منطقه

نام گسل	نوع گسل	طول گسل (km)	سال وقوع	ماه	روز	بزرگی
---------	---------	--------------	----------	-----	-----	-------

	۱۷	۶	۹۷۸			
			۱۰۰۸			
			۱۸۶۵			
	۱۶	۱۰	۱۸۸۳			
۵/۷	۲۲	۱	۱۹۵۰	۲۰۰	معکوس	عسلویه
۴/۷	۲	۲	۱۹۵۰			
	۲۰	۸	۱۹۵۴			
۴/۵	۹	۶	۱۹۷۸			
۴/۶	۱۴	۲	۱۹۷۷			
۴/۳	۱۴	۷	۱۹۷۷			
۶/۰	۳۱	۱۰	۱۹۵۶	۸۶	معکوس	گوده
			۱۴۰۰			
			۱۵۶۶			
			۱۶۷۷			
			۱۷۶۶	۵۰	معکوس	لار
۶/۰	۴	۴	۱۹۰۰			
۵/۹	۱۸	۹	۱۹۶۶			
۵/۲	۳۰	۵	۱۹۶۸			
			۱۴۴۰			
	۱۵	۱۱	۱۹۰۳			
۵/۸	۱۴	۹	۱۹۶۸	۱۴۰	معکوس	قبر
۵/۱	۱۴	۹	۱۹۶۸			
	۱۰	۴	۱۹۷۲			

۳-۱- مقدمه

آلودگی عبارت است از هر گونه تغییر در ویژگی‌های اجزاء متشکله محیط به طوری که استفاده پیشین از آنها ناممکن گردد و به طور مستقیم یا غیر مستقیم منافع و حیات موجودات زنده را به مخاطره اندازد [۷]. تعریف

معقولی از آلاینده چنین است: ماده‌ای که در نتیجه فعالیت‌های انسان به مقادیر بیش از میزان طبیعی در محیط پدیدار شود و بر محیط زندگی و یا بر هر چیز ارزشمندی در این محیط اثر مخرب باقی گذارد [۸].

آلودگی هوا و کیفیت آن از گذشته‌های دور مد نظر محققین بوده ولی اکثر مطالعات در این مورد در دهه‌های اخیر صورت گرفته است. اکثر این تحقیقات نیز بر بخش کوچکی از ترکیبات آلاینده به نام آلاینده‌های شاخص یا خطرناک متمرکز بوده‌اند [۹]. این آلاینده‌ها عمدتاً شامل CO ، NO_x ، SO_x ، VOC ، H_2S و PM می‌باشند. این آلاینده‌ها به ویژه ترکیبات NO_x ، SO_x و H_2S با آب باران چه در هنگام ریزش آنها و چه در هنگام شکل گیری ابرها در منطقه ترکیب شده و موجب اسیدی شدن و آلودگی نزولات جوی و منابع خاک می‌شوند.

۳-۲- ترکیب اتمسفر

شناخت ترکیب و ساختار اتمسفر نخستین گام ضروری برای درک مسئله آلودگی هوا و کنترل آن می‌باشد [۹]. هوا مخلوطی از گازهای مختلف است، گرچه اتمسفر زمین ظاهراً به دلیل ماهیت گازی شکل خود بی وزن به نظر می‌رسد، اما در واقع دارای جرمی به مقدار $5/6 \times 10^{14}$ تن می‌باشد. به استثنای بخار آب، نسبت اختلاط گازهای تشکیل دهنده اتمسفر تا ارتفاع ۶۰ کیلومتری نسبتاً ثابت است. حدود ۹۹ درصد حجم هوای اطراف زمین را دو گاز نیتروژن و اکسیژن تشکیل می‌دهند که نیتروژن با ۷۸ درصد، پیکره اصلی اتمسفر زمین به شمار می‌رود، بعد از آن اکسیژن قرار داشته و سایر گازها فقط یک درصد را شامل می‌شوند. جدول ۳-۱ گازهای تشکیل دهنده اتمسفر را در یک هوای خشک (بدون بخار آب و آلاینده‌ها) به صورت درصد حجمی نشان می‌دهد. اگر سهم بخار آب را در این تقسیم بندی دخالت دهیم، این نسبت‌ها ثابت نخواهد بود زیرا دمای طبقات پایین اتمسفر همیشه در حال تغییر است و با رسیدن دما به نقطه میعان و تبدیل بخار آب به مایع، درصد حجمی بخار آب در اتمسفر تغییر خواهد کرد. در مقیاس جهانی، به طور متوسط یک درصد حجم اتمسفر را بخار آب تشکیل می‌دهد، اما عملاً ممکن است در یک مکان، هوا فاقد بخار آب بوده و یا در نقطه دیگر تا ۴ درصد حجمی بخار آب وجود داشته باشد. بیشترین مقدار بخار آب در لایه مجاور سطح زمین است و با افزایش ارتفاع، از مقدار آن کاسته می‌شود. وجود بخار آب در سطح زمین اولاً به دلیل وجود اقیانوس‌ها است که منبع اصلی آن می‌باشد و ثانیاً لایه‌های فوقانی اتمسفر است که مانع از نفوذ بخار آب به این لایه‌ها می‌شوند [۱۱].

⁵. Volatile Organic Compound

⁶. Particulate Matter

جدول ۳-۱- اجزای تشکیل دهنده هوای خشک و پاک در سطح زمین [۸].

اجزاء عمده	درصد حجمی
نیتروژن	78.08
اکسیژن	20.95
اجزاء غیر عمده	
آرگون	9.34×10^{-1}
دی اکسید کربن	3.14×10^{-2}
اجزاء ناچیز	
نئون	1.818×10^{-3}
هلیوم	5.24×10^{-4}
متان	2×10^{-4}
کریپتون	1.14×10^{-5}
اکسید نیترو	2.5×10^{-5}
هیدروژن	5×10^{-5}
گزنون	8.7×10^{-6}
دی اکسید گوگرد	$\sim 2 \times 10^{-8}$
ازن	0 - trace
دی اکسید نیتروژن	$\sim 1 \times 10^{-5}$
آمونیاک	$\sim 1 \times 10^{-5}$
منوکسید کربن	$\sim 1.2 \times 10^{-5}$
ید	0 - trace

علاوه بر ترکیبات دائمی اتمسفر که به آن اشاره شد، اتمسفر زمین حاوی آلاینده‌ها، مواد معلق گوناگون، مانند ذرات نمک، گرد و غبار و قطرات بسیار کوچک آب نیز می‌باشد که نباید آنها را جزء ترکیبات گازی و ثابت اتمسفر به حساب آورد. اما نقش این مواد، بخصوص قطرات کوچک آب، را نمی‌توان نادیده گرفت. مثلاً هنگامی

که بخار هوا از حالت بخار به مایع و جامد تبدیل می‌شود، این ذرات به شکل‌های مختلفی مانند ابر، باران و برف ظاهر می‌شوند [۱۱] و می‌توانند آلاینده‌ها را در خود حل کرده و به صورت نزولات جوی آنها را به زمین منتقل کنند.

۳-۳- ارتفاع و ساختار اتمسفر

هر مقدار از سطح زمین دور شویم از غلظت هوا کاسته می‌شود. به طوری که غلظت هوا در لایه‌های انتهایی به قدری کم می‌شود که بالاخره به طور غیر محسوسی با جو خورشید در هم می‌آمیزد. در ابتدا میزان کاهش غلظت هوا بسیار سریع است به طوری که ۵۰ درصد جرم هوا در لایه کمتر از ۵/۵ کیلومتری سطح زمین قرار داشته و نیمی از آنچه باقی می‌ماند در ۵/۵ کیلومتر دوم متمرکز است. به عبارت دیگر، سه چهارم جرم هوا در ارتفاع کمتر از ۱۱ کیلومتری سطح زمین متمرکز است [۱۱].

ساختار اتمسفر را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار داد. در شکل ۳-۱ ساختار لایه‌بندی اتمسفر از برخی جنبه‌های فیزیکی نشان داده شده است. لایه‌بندی دمایی یا حرارتی^۷ از نظر تغییرات هوا و اثرات مستقیم گرما بسیار با اهمیت می‌باشد. روی این لایه‌بندی، طبقه‌بندی دیگری نیز در ارتباط با یونیزاسیون^۸ مواد یونی یا وجود ذرات باردار در اتمسفر انجام شده که به نوبه خود دارای اهمیت می‌باشد. اما آنچه در اینجا به عنوان طبقه بندی هوا استفاده می‌شود، همان لایه‌بندی حرارتی است [۱۱].

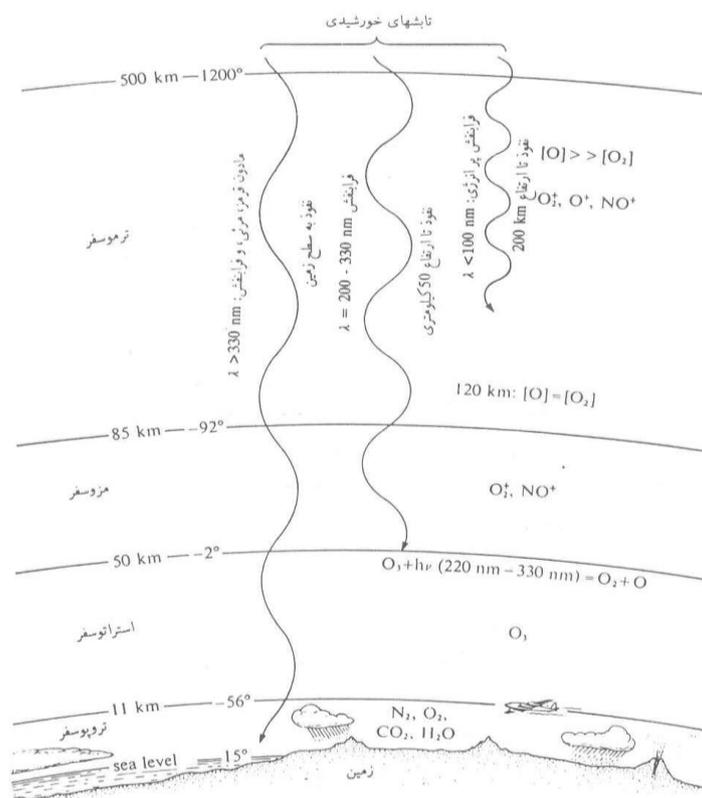
پایین‌ترین لایه اتمسفر که در برگیرنده جرم هوا بوده و همچنین بزرگ‌ترین ویژگی آن کاهش تدریجی دمای هوا نسبت به ارتفاع می‌باشد لایه تروپوسفر^۹ نام دارد. بیشترین تغییرات جوی در این لایه اتفاق می‌افتد.

وجه تمایز این لایه با دیگر لایه‌های اتمسفر، تجمع تمامی بخار آب جو زمین در آن است؛ به همین دلیل بسیاری از پدیده‌های جوی که با رطوبت ارتباط دارند و عاملی تعیین کننده در وضعیت هوا به شمار می‌آیند (از قبیل ابر، باران، برف، مه و رعد و برق) تنها در این لایه رخ می‌دهند [۱۱]. ضخامت تروپوسفر، از شرایط حرارتی متفاوتی که در عرض‌های جغرافیایی مختلف حاکم است تبعیت می‌کند. این ضخامت معمولاً از ۱۷ تا ۱۸ کیلومتر در استوا به ۱۰ تا ۱۱ کیلومتر در مناطق معتدل و ۷ تا ۸ کیلومتر در قطب‌ها تغییر می‌کند [۱۰].

7. Thermal Stratification.

8. Ionization.

9. Troposphere.



شکل ۳-۱- ساختار فیزیکی جو تا ارتفاع ۵۰۰ کیلومتری [۸].

روی لایه تروپوسفر، لایه دیگری به نام استراتوسفر^{۱۰} قرار دارد که ضخامت متوسط آن حدود ۲۳ کیلومتر است. در ۳ کیلومتر اول استراتوسفر، دمای هوا ثابت است اما در قسمت‌های بالاتر دمای هوا با ارتفاع افزایش می‌یابد [۱۱]. در استراتوسفر به ندرت ابر تشکیل می‌شود و تنها در شرایط ویژه‌ای ممکن است ابرهای کوهستانی به نام ابرهای مرواریدی در ارتفاع ۲۱ تا ۲۹ کیلومتری از سطح زمین ظاهر شوند که علت وجود آنها حرکات موجی شکل هوا از سوی موانع می‌باشد [۱۰].

لایه مزوسفر^{۱۱} در بالای لایه استراتوسفر واقع شده و به صورتی است که در آن دمای هوا نسبت به افزایش ارتفاع به طور سریع کاهش پیدا می‌کند [۱۱] و نتیجه این دمای پایین انجماد بخار آب ناچیز موجود در این لایه است که باعث بوجود آمدن ابرهای شب تاب می‌شوند. این ابرها در تابستان و در عرض‌های بالا دیده می‌شوند. مزوسفر سردترین لایه اتمسفر تلقی می‌شود [۱۰].

¹⁰. Stratosphere.

¹¹. Mesosphere.

ترموسفر^{۱۲} آخرین لایهٔ اتمسفر می‌باشد که در آن مجدداً دمای هوا با ارتفاع افزایش می‌یابد. این لایه از ارتفاع تقریبی ۸۰ کیلومتری سطح زمین شروع و تا ۱۹۰ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد [۱۱]. دمای هوا در قسمت بالای ترموسفر تا ۱۵۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد. ولی به دلیل اینکه تعداد مولکولهای هوا در آن کم است با وجود بالا بودن دما مقدار گرمای موجود در آن اندک می‌باشد [۱۰]. بدین ترتیب اتمسفر زمین از نظر حرارتی به چهار لایهٔ متمایز: تروپوسفر، استراتوسفر، مزوسفر و ترموسفر تقسیم می‌شود. مرز بین لایه‌های اول و دوم، تروپوپاز^{۱۳}؛ مرز لایه‌های دوم و سوم، استراتوپاز^{۱۴}؛ مرز لایه‌های سوم و چهارم، مزوپاز^{۱۵} نام گرفته است [۱۱].

۳-۴- آلودگی هوا

هر ماده‌ای که وارد هوا شود، خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن را تغییر می‌دهد و به چنین هوای تغییر یافته‌ای، هوای آلوده گویند. آلوده کننده‌ها را معمولاً به عنوان موادی که باعث تأثیرات قابل توجهی بر روی بشر، حیوانات، گیاهان یا مواد بشوند طبقه بندی می‌کنند. بر این اساس تقریباً هر مادهٔ طبیعی یا مصنوعی که وارد هوا شده و خواص آن را تغییر دهد به عنوان آلوده کننده هوا شناخته می‌شود. چنین موادی به صورت ذرات جامد، قطرات مایع، گازها یا مخلوطی از این اشکال هستند [۱۲].

۳-۵- کیفیت هوا و سلامت

در اتمسفر گازهایی وجود دارد که اگر میزان آنها از مقداری مشخص و استاندارد تجاوز نماید برای موجودات زنده و گیاهان مضر خواهد بود که در بعضی موارد نیز باعث مسمومیت آنها می‌گردد. این گازها شامل ازن، دی‌اکسیدگوگرد، دی‌اکسیدنیتروژن، منواکسیدکربن و انواع ترکیبات آلی فرار (VOC) است که برخی از این ترکیبات آلی سرطان زا می‌باشد. علاوه بر این گازها، اتمسفر دارای ذرات معلق جامد و مایع می‌باشد که اندازه آنها از چند نانومتر تا ۵۰۰ میکرون متغیر می‌باشد. ذراتی که اندازه آنها کمتر از ۰/۱ میکرون باشد به صورت تصادفی حرکت نموده و با ذرات و مولکولهای دیگر برخورد می‌نمایند. ذراتی که قطر آنها بین ۰/۱ تا ۱ میکرون است سرعتی به مراتب کمتر از سرعت باد دارند. ذراتی که بزرگتر از ۱ و کوچکتر از ۲۰ میکرون هستند نیز دارای سرعت اندک بوده ولی قابلیت ترسیب را دارا می‌باشند و ذرات بزرگتر از ۲۰ میکرون

12. Thermosphere.

13. Tropopause.

14. Stratopause.

15. Mesopause.

معمولاً به واسطه نیروی جاذبه به سرعت رسوب می‌کنند. این گونه ذرات معمولاً باعث تیره شدن هوا شده و هرچه مقدار این ذرات بیشتر باشد، هوا آلوده‌تر به نظر می‌رسد [۲].

۳-۵-۱- عوامل مؤثر در غلظت آلاینده‌های هوا

غلظت آلاینده‌های هوا در یک منطقه به میزان تولید و چگونگی پخش آنها بستگی دارد. تغییر در غلظت روزانه آلاینده‌ها بیشتر تحت تاثیر تغییرات جوی است تا میزان انتشار آنها، اما در بعضی شرایط نقش هر دو عامل به یک اندازه می‌باشد. در هوای سرد و ساکن، از یک سو پخش آلاینده‌ها کاهش می‌یابد و از سوی دیگر به دلیل استفاده از سیستم‌های گرمایشی جهت گرم کردن فضاهای داخلی ساختمان، تولید آنها افزایش می‌یابد که در مجموع باعث تجمع و افزایش غلظت آنها می‌گردد. وزش باد نقش مهمی در انتشار آلاینده‌ها دارد. در حالتی که منابع انتشار در سطح زمین واقع باشند غلظت در پایین دست جریان باد، با سرعت باد نسبت معکوس دارد. آشفستگی و درهمی جریانات جوی نیز از دیگر عوامل مهم به شمار می‌آید. برای نمونه در مناطقی که به دلیل وجود ساختمان‌ها و موانع طبیعی و غیر طبیعی، آشفستگی جو افزایش می‌یابد پخش آلاینده‌ها نیز بهتر صورت می‌گیرد. همچنین وارونگی دما نقش اساسی در تعیین غلظت آلاینده‌ها در نزدیکی سطح زمین خواهد داشت. شب‌ها هنگامی که هوا صاف و سرعت باد کم است، سرد شدن سریع زمین باعث سرد شدن هوای اطراف آن شده و هوا نمی‌تواند به طرف بالا جریان یابد. در این حالت هوای آلوده به دلیل معکوس شدن نیمرخ دما در لایه‌های هوا نمی‌تواند به سمت بالا صعود کند و در نتیجه غلظت مواد آلاینده‌ها در آن افزایش می‌یابد. بدین ترتیب لایه‌ای از ترکیبات آلاینده در نزدیک سطح زمین قرار گرفته و تجمع می‌یابد [۲].

۳-۵-۲- منابع تولید آلاینده‌های هوا

منابع انتشار آلاینده‌ها عموماً به دو دسته منابع طبیعی و منابع ناشی از فعالیت‌های بشری تقسیم می‌شود. از آنجا که فعالیت‌های بشری برهم زننده سیستم‌های طبیعی می‌باشد، بنابراین به همین دلیل تشخیص این دو ممکن است دشوار باشد. منابع طبیعی همچون طوفان‌های گرد و خاک، فعالیت‌های آتشفشان‌ها، آتش سوزی جنگل‌ها و ذرات رادیواکتیو ناشی از برخی گازها مانند رادن می‌باشد. نفوذ ازن از لایه استراتوسفر به لایه تروپوسفر باعث افزایش غلظت این گاز در سطح زمین می‌گردد. منبع تولید برخی از آلاینده‌ها مانند دی‌اکسید گوگرد بیشتر ناشی از منابع طبیعی می‌باشد. در هر صورت در بررسی تاثیر آلاینده‌ها بر روی سلامت انسان در مناطق شهری پرجمعیت، فعالیت‌های بشری جزء منابع مهم تولید آلاینده‌ها به شمار می‌آیند که می‌بایست روش‌های کنترل آنها مورد توجه قرار گیرد [۲].

در بیشتر کشورها، وسایل نقلیه موتوری، صنایع و نیروگاه‌ها، بخش عمده و اصلی تولید آلاینده‌هایی مانند اکسیدهای نیتروژن و گوگرد را تشکیل می‌دهند. این ترکیبات به همراه منوکسیدکربن، ذرات معلق و ترکیبات آلی فرار (VOC) جزء آلوده‌کننده‌های اولیه می‌باشند که به طور مستقیم در اثر فرایند احتراق به وجود می‌آیند. انجام برخی واکنش‌ها در تروپوسفر منجر به تولید آلاینده‌های ثانویه می‌شود. ازن یکی از این آلاینده‌ها محسوب می‌گردد. دی‌اکسیدنیتروژن (NO_2) نیز در اثر تابش ماوراء بنفش به اکسید نیتریک (NO) و اکسیژن اتمی تبدیل شده و این اتم اکسیژن نیز با اکسیژن مولکولی تولید ازن می‌نماید [۲].

دی‌اکسید نیتروژن هم جزء آلاینده‌های اولیه و هم جزء آلاینده‌های ثانویه به شمار می‌آید. وسایل نقلیه موتوری باعث انتشار اکسید نیتریک و دی‌اکسید نیتروژن به محیط می‌گردند. در اتمسفر و در حضور اکسیژن اکسید نیتریک به آرامی دی‌اکسید نیتروژن اکسید می‌شود، اما در حضور ازن (O_3) این واکنش سریع‌تر انجام می‌پذیرد و به همین دلیل است که در نزدیکی منابع تولید اکسیدهای نیتروژن، غلظت گاز ازن کم است. علاوه بر مطالب فوق، گوگرد موجود در سوخت نیز باعث افزایش آلاینده‌های اولیه و ثانویه می‌شود. به هنگام احتراق، دی‌اکسید گوگرد در اثر فرایند اکسایش تولید می‌شود. اکسایش بیشتر، منجر به تولید تری‌اکسید گوگرد (SO_3) شده که با جذب هیدروژن به اسید سولفوریک تبدیل می‌گردد و با آمونیاک تولید آمونیوم بی‌سولفات و آمونیوم سولفات می‌نماید. این ترکیبات سهم مهمی از ذرات ریز هواویزه^{۱۶} را در اتمسفر دارا می‌باشند [۲].

۳-۵-۳- اثرات آلودگی هوا بر روی انسان

کل تماس روزانه هر فرد با آلاینده‌ها عبارت است از مجموع مدت زمان‌هایی که یک فرد در طی روز و به طور مجزا در محیط‌های مختلف مانند خانه و خیابان در معرض آلاینده‌های هوا قرار می‌گیرد. این تماس به میزان آلاینده و مدت زمانی که فرد در تماس با آن می‌باشد بستگی دارد. البته باید به این نکته توجه داشت که تعیین میزان غلظت متوسط روزانه یک آلاینده در یک ایستگاه ثابت، معیاری بسیار تقریبی از زمان در تماس بودن با آن آلاینده را ارائه می‌دهد [۲].

برای آنکه شاخص مناسبی برای تعیین میزان تماس افراد با مواد آلاینده وجود داشته باشد باید نسبت به اندازه‌گیری مستقیم غلظت هر آلاینده در ناحیه تنفسی افرادی که به نوعی معرف واقعی یک مجموعه جمعیتی می‌باشند، اقدام نمود. اگرچه در حال حاضر از نظر فنی انجام چنین برنامه‌ای غیرممکن و غیر عملی

¹⁶. Aerosols.

می‌باشد اما در عوض اندازه‌گیری کیفیت هوای محیط در ایستگاه‌های ثابت و پایش آلاینده‌های هوا به طور گسترده برای این منظور کاربرد دارد [۲].

۳-۶- آلاینده‌های شاخص

شش نوع ترکیب متفاوت به عنوان آلاینده‌های عمده هوا شناخته شده شده‌اند که عامل بیش از ۹۰٪ از آلودگی هوا می‌باشند و عبارتند از: [۷] دی اکسید گوگرد (SO_2)، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، مونوکسید کربن (CO)، هیدروکربن‌ها (HC)، ازن و سایر اکسید کننده‌های فتوشیمیایی و ذرات معلق (PM). منابع اصلی و مقادیر هر یک از آلاینده‌ها عمده در جدول (۲-۳) خلاصه شده است. قابل ذکر است که مقادیر زیر بر اساس اطلاعات جمع شده در سطح ایالات متحده آمریکا می‌باشد.

۳-۶-۱- دی اکسید گوگرد

دی اکسید گوگرد گازی بی‌رنگ، با بویی تند، محرک، محلول در آب و فعال می‌باشد. آستانه چشایی آن ppm ۰/۰۳ و آستانه بویایی آن ppm ۰/۵ است. چنین تخمین زده می‌شود که دی اکسید گوگرد به طور متوسط بین ۲ تا ۴ روز در هوا باقی بماند. در طول این مدت دی اکسید گوگرد می‌تواند تا فاصله ۱۰۰۰ کیلومتری را طی کند. در دو و یا سه دهه اخیر غلظت این گاز در هوای شهرهای کشورهای توسعه یافته به دلیل رعایت قوانین شدید کنترلی و استفاده بیشتر از سوخت‌های با گوگرد کم و بازسازی صنایع، به شدت کاهش پیدا کرده است. به گونه‌ای که در این مناطق در دهه اخیر میزان میانگین غلظت سالیانه حدود ۲۰ تا ۴۰ میکروگرم بر مترمکعب بوده و غلظت روزانه آن به ندرت از ۱۲۵ میکروگرم بر مترمکعب تجاوز می‌نماید [6]. اما در کشورهای در حال توسعه وضعیت پیچیده‌تر بوده و بر طبق گزارش سازمان جهانی هواشناسی (WHO) در سال ۱۹۹۸ غلظت میانگین سالیانه در هوای شهرها از مقادیر کم تا ۳۰۰ میکروگرم بر مترمکعب متغیر است. حداکثر غلظت میانگین ده دقیقه‌ای اندازه‌گیری شده برای این گاز در شرایط ویژه جوی (وارونگی هوا و یا حالتی که به دلیل شرایط جوی گاز منتشر شده از منبع تولید آن به سطح زمین می‌رسد) از ۲۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب نیز تجاوز نموده است [7]. از آنجا که این گاز بسیار فعال است بنابراین چگونگی و نحوه جذب آن در مسیر سیستم تنفسی افراد بسیار متفاوت می‌باشد.

جدول ۲-۳- منابع آلاینده‌های اولیه و میزان هر کدام (مقادیر بر حسب میلیون تن بر سال) [9]

منابع آلوده کننده	CO	NO _x	HC	SO _x	PM	کل
-------------------	----	-----------------	----	-----------------	----	----

۱۴۳/۹	۰/۷	۱	۱۹/۵	۱۱/۷	۱۱۱	نقل و انتقالات
۴۴/۷	۶/۸	۲۶/۵	۰/۶	۱۰	۰/۸	احتراق
۳۶/۲	۱۳/۱	۶	۵/۵	۰/۲	۱۱/۴	فرآیندهای صنعتی
۱۱/۱	۱/۴	۰/۱	۲	۰/۴	۷/۲	زباله‌های جامد
۲۸	۳/۴	۰/۳	۷/۱	۰/۴	۱۶/۸	مواد متفرقه
۲۶۳/۹	۲۵/۴	۳۳/۹	۳۴/۷	۲۲/۷	۱۴۷/۲	وزن

در غلظت‌های کم و متوسط و تنفس با بینی، ورود و جذب این گاز به ریه‌ها قابل اغماض است. اما برای غلظت‌های بیشتر و تنفس از راه دهان این گاز بر روی برونش‌های دستگاه تنفسی اثر گذاشته و با جذب شدن بر روی ذرات ریز معلق می‌تواند به راحتی به کیسه‌های هوایی شش‌ها نیز وارد شود [8]. در جدول ۳-۳ به اثرات دی‌اکسید گوگرد بر سلامت انسان اشاره شده است.

جدول ۳-۳- اثرات دی‌اکسید گوگرد بر سلامت انسان (مقادیر بر حسب ppm) [7]

۰/۰۳-۱	آستانه احساس بو
۳	بوی آن به راحتی قابل احساس است
۶-۱۲	سوزش فوری بینی و گلو و تولید سرفه
۲۰	کمترین مقداری که باعث سوزش چشم می‌گردد
۱۰۰-۲۰۰	حداکثر غلظت مجاز برای یک ساعت
۴۰۰-۵۰۰	خطر فوری جهت زندگی
۶۰۰-۸۰۰	مرگ آور پس از چند دقیقه

۳-۶-۲- دی‌اکسید نیتروژن

غلظت گاز دی‌اکسید نیتروژن در هوا متغیر است. غلظت‌های طبیعی این گاز در هوای محیط می‌تواند از کمتر از یک تا بیشتر از ۹ میکروگرم بر متر مکعب در تغییر باشد. در هوای شهرها غلظت میانگین سالیانه این گاز بین ۲۰ تا ۹۰ میکروگرم بر متر مکعب با حداکثر غلظت یک ساعته ۷۵-۱۰۰۰ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد [8]. دی‌اکسید نیتروژن گازی است که نسبتاً در آب غیر محلول است، بنابراین مقادیر زیادی از این گاز از مسیر تنفس با دهان می‌تواند وارد ریه‌ها شود و بر روی سیستم تنفسی اثر بگذارد. برای افرادی که به بیماری آسم مبتلا هستند میزان حساسیت به این گاز در مقایسه با گاز دی‌اکسید گوگرد به مراتب بیشتر می‌باشد [۲]. در جدول ۳-۴ اثرات کوتاه مدت تماس با دی‌اکسید نیتروژن بر انسان ارائه شده است [7].

همچنین مطالعه انجام شده در یکی از شهرهای ایالت تنسی آمریکا نشان داد که غلظت متوسط بیست و چهار ساعته دی‌اکسیدنیترژن در یک بازه زمانی ۶ ماهه بین ۰/۰۶ تا ۰/۱۱ جزءدرمیلیون متغیر بوده است. در این بازه، بیماریهای تنفسی افزایشی در حدود ۱۸ درصد را نشان داد، در حالی که در افراد ساکن مناطقی با مقدار دی‌اکسیدنیترژن بین ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۲ جزءدرمیلیون چنین عارضه‌ای مشاهده نمی‌گردد. همچنین مطالعه انجام شده حاکی از آن است که وقتی غلظت دی‌اکسید نیترژن در ۲۴ ساعت در مدت زمان ۶ ماه بین ۰/۰۶ تا ۰/۰۸ جزءدرمیلیون باشد، تعداد افراد مبتلا به برونشیت حاد در میان نوزادان و کودکان مدرسه‌ای نیز افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که نتایج حاصل از مطالعه انجام شده در این شهر نشان دهنده این نکته باشد که در همه شهرهایی که غلظت متوسط ۲۴ ساعته دی‌اکسیدنیترژن برای ۶ ماه برابر با ۰/۰۶ جزءدرمیلیون یا بیشتر باشد، باید منتظر افزایش بیماریهای تنفسی بود. با این وجود ممکن است عوامل متعدد هواشناسی و یا سایر عوامل، پیش بینی ذکر شده را بی‌اعتبار سازند. [5].

۳-۶-۳- مونوکسید کربن

گاز مونوکسیدکربن که بی‌رنگ، بی‌مزه و بی‌بو است، در شرایط عادی از لحاظ شیمیایی بی‌اثر بوده و طول عمر متوسط آن در اتمسفر حدود ۲/۵ ماه است. میزان غلظت گاز مونوکسیدکربن در هوای طبیعی بین ۰/۰۱ تا ۰/۲۳ میلی‌گرم بر متر مکعب می‌باشد. در مناطق شهری میانگین غلظت ۸ ساعته این گاز معمولاً کمتر از ۲۰ میلی‌گرم بر متر مکعب و حداکثر غلظت یک ساعته آن کمتر از ۶۰ میلی‌گرم بر متر مکعب است. غلظت این آلاینده در نزدیکی جاده‌های اصلی که وسایل نقلیه به عنوان منبع اصلی انتشار گاز مونوکسیدکربن در آن تردد دارند به حداکثر می‌رسد [8].

جدول ۳-۴ اثرات کوتاه مدت تماس با دی‌اکسیدنیترژن بر انسان (مقادیر بر حسب ppm) [7]

۰/۱۱-۰/۲۲	آستانه احساس بو
۶۲	غلظتی که بلافاصله باعث سوزش گلو می‌گردد
۷۵-۱۰۰	آستانه دید
۱۰۰	باعث بروز سرفه می‌گردد
۱۰۰-۱۵۰	تنفس آن به مدت نیم تا یکساعت خطرناک است
۲۰۰-۷۰۰	تنفس به مدت کوتاه خطرناک است

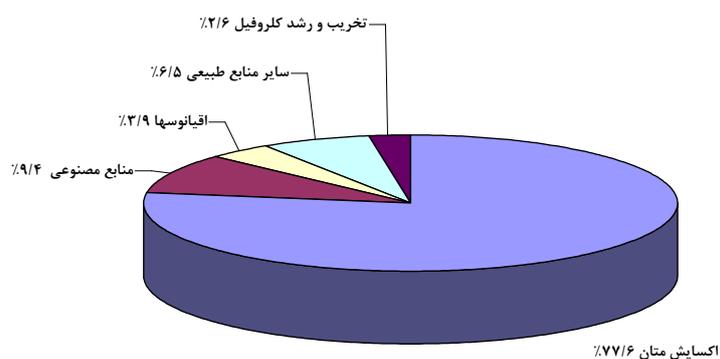
منابع طبیعی و مصنوعی (انسانی) هر دو در تشکیل CO اتمسفر سهیم هستند. وجود مونوکسیدکربن در آگروز اتومبیل‌ها و سایر مواد زائد، که نتیجه سوخت ضعیف و ناقص می‌باشد، کاملاً شناخته شده است. ابتدا تصور

می‌شد که سهم منابع طبیعی در مقایسه با فعالیت‌های انسان (مصنوعی) بسیار جزئی است. ولی مطالعات بعدی خلاف این مسئله را نشان ثابت کرد. همانطور که در شکل ۳-۲ دیده می‌شود منابع طبیعی در تولید منوکسیدکربن نسبت به منابع مصنوعی سهم بیشتری دارند. مقدار برآورد شده از انتشار جهانی، توسط منابع طبیعی ۳۸۵۰ میلیون تن در سال است که حداقل ۳۳۰۰ میلیون تن از مجموع این منابع از اکسایش اتمسفری متان (CH₄) به دست می‌آید [۷].

علی‌رغم سهم کوچک منابع مصنوعی در مقام مقایسه با انتشار جهانی CO (۹/۴٪ از کل)، تأثیر منابع مصنوعی نباید نادیده گرفته شود. اطلاعات قبلی می‌توانند توجیه کننده این واقعیت مهم باشند که منابع طبیعی CO در سراسر جهان پخش شده‌اند، در حالی که منابع مصنوعی در مناطق بسیار کوچکی متمرکز شده‌اند. به عنوان مثال ۹۵ تا ۹۸ درصد از منوکسیدکربن هوا در یک منطقه شهری از فعالیت‌های انسانی حاصل می‌شود [۷].

۳-۶-۴ - هیدروکربن‌ها

مقادیر کمی متان به طور طبیعی در اتمسفر وجود دارد که غلظت آن حدود ۱ تا ۱/۵ ppm در جو اندازه گیری شده است. متان و برخی هیدروکربن‌های سبک دیگر از نواحی فعال زمین، معادن زغال سنگ، میدان‌های نفت و گاز طبیعی و غیره. به اتمسفر وارد می‌شود. از منابع غیر طبیعی انتشار هیدروکربن‌ها می‌توان احتراق ناقص سوخت‌ها، کاربرد هیدروکربن‌ها به عنوان مواد اولیه مانند ساخت حلال، پالایشگاه‌های نفت و گاز و ... نام برد. مطالعات شیمی اتمسفر نشان داده است که هیدروکربن‌ها با وارد شدن در واکنش‌های زنجیره‌ای در اتمسفر باعث تشکیل آلاینده‌های ثانویه خواهد شد که باعث سوزش چشم و دیگر علائم مرتبط با آن می‌گردد. هیدروکربن‌ها در حضور اکسید نیتروژن (یا دی‌اکسید نیتروژن) و نور خورشید وارد واکنش شده و منجر به تولید ترکیبات خطرناک مختلفی می‌گردد [۲].



به طور کلی هیدروکربن‌های آلیفاتیک (خطی) از نظر بیوشیمیایی و بیولوژیکی خنثی هستند. هیدروکربن‌های آروماتیکی هم از لحاظ بیوشیمیایی و هم از لحاظ بیولوژیکی فعال هستند. در بین هیدروکربن‌هایی که در هوا ممکن است وجود داشته باشد، بنزن از نظر تاثیرات منفی که می‌تواند بر سلامت افراد داشته باشد (خطر سرطانزایی بنزن)، اهمیت زیادی دارد. بنزن و مشتقات الکیله آن از محصولات فرعی صنایع کک‌سازی و صنعت نفت بوده که در صنعت کک عمدتاً از قطران به دست می‌آید. در صنایع پتروشیمی، بنزن از دی‌هیدروژنه کردن مشتقات نفتالین و یا حلقوی کردن هیدروکربنهای خطی تهیه می‌شود. به طور کلی هیدروکربن‌های آروماتیکی در مرحله اول محرک و سوزش آور بوده و در صورت تماس طولانی مدت باعث از بین رفتن بافت چربی خواهد شد. در اینجا به برخی از اثرات آن اشاره می‌شود [۲]. غلظت آن تا ۳۰۰۰ ppm برای مدت نیم ساعت قابل تحمل است و اگر غلظت آن به ۷۵۰۰ برسد برای نیم ساعت خطرناک است و در غلظت ۲۰۰۰۰ پس از ۵ تا ۱۰ دقیقه کشنده است [۷].

۳-۶-۵- ازن و سایر اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی

میانگین غلظت یک ساعته گاز ازن در هوای طبیعی در مناطق نسبتاً غیر آلوده دنیا معمولاً بین ۴۰ تا ۷۰ میکروگرم در متر مکعب می‌باشد. حداکثر غلظت یک ساعته این گاز در شهرها و مناطق پائین دست شهرها به ۴۰۰-۳۰۰ میکروگرم در متر مکعب می‌رسد. در برخی شرایط جوی شرایط به گونه‌ای است که پخش آلاینده‌ها به خوبی صورت نمی‌پذیرد و غلظت گاز ازن افزایش می‌یابد. ازن گازی است نسبتاً نامحلول در آب که بر روی مجراهای تنفسی اثر مضر بر جا می‌گذارد. سایر اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی مهم در آلودگی هوا عبارتند از:

- اکسیژن رادیکالی (O)
- اکسیژن ملکولی برانگیخته (O_2^*)
- پروکسی‌آسیل‌نیترا (PAN)
- پروکسی‌پروپانول‌نیترا (PPN)
- پروکسی‌بوتیل‌نیترا (PBN)
- پراکسید هیدروژن (H_2O) و
- الکیل‌نیتراها.

اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی می‌توانند موجب سرفه، کوتاهی نفس، گرفتگی راه عبور هوا، گرفتگی و درد قفسه سینه، عملکرد نامناسب شش‌ها، تغییر سلولهای قرمز خون، تورم گلو، سوزش چشم، بینی و گلو شوند. مطالعات پزشکی نشان می‌دهند در افرادی که در معرض 0.37 ppm اکسید کننده‌ها قرار دارند آسیب مهمی به سلامت آنان وارد شده است. در مورد کودکان و افرادی که ورزش‌های سنگین انجام می‌دهند به هنگام تماس با غلظت 0.12 ppm پس از دو ساعت ضایعات موردی مشاهده شده است [8].

۳-۶-۶- ذرات معلق

غلظت این ذرات در هوا بسیار متغیر است. در برخی مناطق به طور طبیعی وزش باد عامل بسیار موثری در بالابردن غلظت این ذرات می‌باشد. فعالیت‌های بشر مانند استفاده از آتش، فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از معادن، غلظت این ذرات را در هوا افزایش می‌دهد. در نتیجه انجام اقدامات کنترلی به عمل آمده در اروپای غربی و آمریکای شمالی، کاهش غلظت سالیانه برای ذرات با قطر کمتر از 10 میکرون در هوای محیط بین 20 تا 50 میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. در حالی که در برخی از شهرهای اروپای شرقی و کشورهای در حال توسعه این مقدار به 100 میکروگرم در متر مکعب می‌رسد. غلظت $PM_{2.5}$ معمولاً بین 45 تا 65 درصد غلظت ذرات با قطر کمتر از 10 میکرون می‌باشد. در محیط‌های بسته هنگامی که از سوخت‌های زیست توده مانند چوب، کود و زغال سنگ استفاده می‌گردد، غلظت ذرات معلق در هوا به شدت افزایش می‌یابد [8]. برای درک بهتر اندازه ذرات معلق، در شکل (۳-۳) اندازه این ذرات با موی انسان و ماسه ریز ساحلی مقایسه شده‌اند.

ذرات با قطر کمتر از 10 میکرون به عنوان شاخصی از ذرات معلق که می‌تواند به راحتی وارد سیستم تنفسی گردد شناخته شده است. ذرات با قطر کمتر از $2/5$ میکرون میانگین کل غلظت وزنی ذرات ریزی است که در هوای محیط وجود دارند. نمونه‌ای از این ذرات، ذرات کربن موجود در دود حاصل از سوختن چوب و یا ذرات خارج شده از اگزوز موتورهای دیزلی و یا ذرات کربنی که در اثر فرآیندهای فتوشیمیایی به همراه ازن تشکیل می‌گردد، هستند. همچنین ذرات سولفات و نترات حاصل از اکسایش دی‌اکسید گوگرد و اکسید نیتروژن حاصل از احتراق سوخت‌ها نیز جزء این دسته از ذرات محسوب می‌گردند. ذرات درشت با قطر بیشتر از $2/5$ میکرون معمولاً از خاک و خاکسترهای معدنی تشکیل شده و در هوا منتشر می‌گردند. ذرات ریز و ذرات درشت از نظر شیمیایی دارای ترکیبات پیچیده‌ای می‌باشند. ذرات ریز و درشت از نظر مکانیزم تشکیل متفاوت می‌باشند، اگرچه در بعضی موارد نیز شباهت‌هایی مشاهده می‌گردد. ذرات ریز اولیه از تراکم

گازهای گرم ناشی از فرایند احتراق به وجود می‌آیند. در حالی که ذرات ریز ثانویه معمولاً از گازها و به سه روش زیر به وجود می‌آیند:

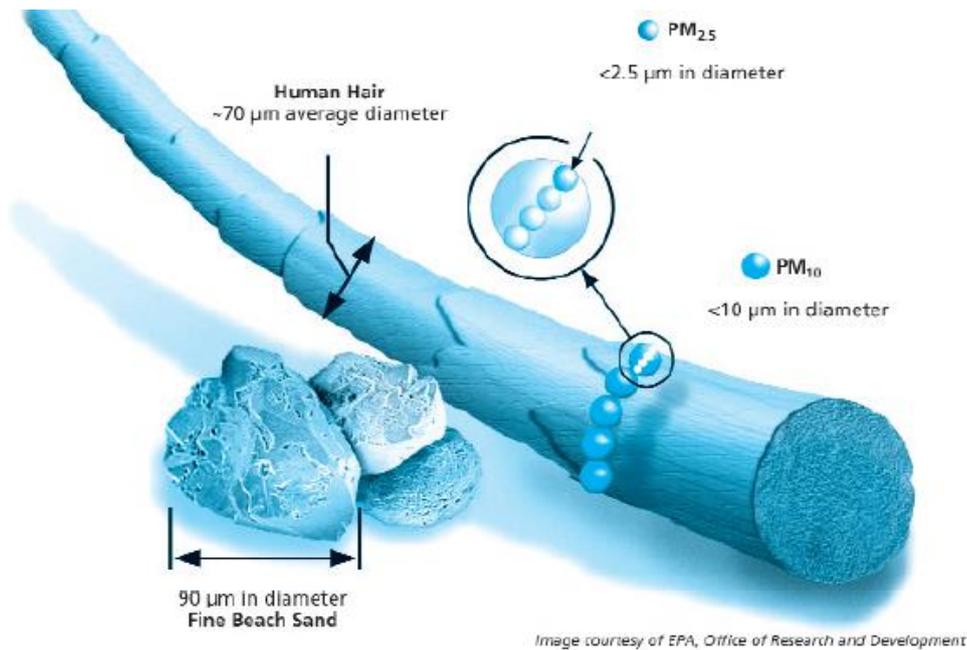
- تشکیل هسته (مولکولهای گاز در کنار هم قرار گرفته و ذره جدیدی را به وجود می‌آورند)
- چگالش گازها بر روی ذرات موجود
- واکنش گازهای جذب شده در قطرات مایع

ذراتی که در اثر فرایند تشکیل هسته به وجود می‌آیند ممکن است با تجمع، ذرات و یا قطراتی با قطری معادل ۰/۱ تا ۱ میکرون را تشکیل دهند، ولی معمولاً اندازه آنها به اندازه ذرات درشت نمی‌رسد.

۳-۷- استانداردهای کیفیت هوا

استانداردهای کیفیت هوا به وسیله سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده بر دو نوع استانداردهای اولیه و ثانویه تقسیم شده است. استانداردهای اولیه آن دسته از استانداردهایی هستند که رعایت آنها برای حفظ سلامتی عمومی جامعه (صرف نظر از مسائل اقتصادی و تکنولوژیکی)، به ویژه سالمندان، بیماران تنفسی و کودکان امری بسیار ضروری است.

استانداردهای ثانویه کیفیت هوا نسبت به استانداردهای اولیه دارای ابعاد وسیع‌تری هستند به طوری که در این استانداردها حفاظت منابع و آسایش عمومی نیز مد نظر قرار گرفته است (حفاظت ساختمان‌ها، محصولات و منسوجات). اما به دلیل مشکلات موجود در اعمال استانداردهای اولیه، استانداردهای ثانویه هنوز جایگاه قانونی و اجرایی پیدا نکرده‌اند (جدول ۳-۵).



شکل ۳-۳- مقایسه اندازه ذرات معلق (PM)

۳-۸- باران‌های اسیدی

واژه باران اسیدی نخستین بار توسط یک شیمیدان انگلیسی به نام رابرت آگوس اسمیت^{۱۷} در سال ۱۸۷۲، زمانی که باران اسیدی در منطقه پر دود و آلوده منچستر انگلستان بارید، عنوان شد [۱۲]. باران‌های اسیدی به دو شکل مرطوب (باران، برف و مه) و خشک (ذرات ریز معلق در هوا) بارش‌ها یا نزولات اسیدی است که در مجاورت مناطقی حادث می‌شود که در آنجا به علت استفاده از سوخت‌های فسیلی مقادیر زیادی گازهای دی اکسید گوگرد (SO₂) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) وارد هوا می‌شود. اگرچه اکسیدهای گوگرد و نیتروژن نقش اصلی را در باران‌های اسیدی به عهده دارند با این حال اسیدهای دیگر نیز در این مورد بی‌تأثیر نیستند برای مثال اسید کلریدریک که از سوختن زغال سنگ در نیروگاه‌ها تولید می‌شود در تشکیل باران‌های اسیدی تأثیر خیلی زیادی دارد [۱۱].

جدول ۳-۵- استانداردهای کیفیت هوا [10]

استانداردهای کیفیت هوا		ماده
اولیه (سلامت عمومی)	ثانویه (رفاه اجتماعی)	

¹⁷. Robert Angus Smith

10 mg/m ³ (9 ppm) 40 mg/m ³ (35 ppm)	10 mg/m ³ (9 ppm) 40 mg/m ³ (35 ppm)	منوکسید کربن حد اکثر ۸ ساعت حد اکثر ۱ ساعت
100 µg/m ³ (0.05 ppm)	100 µg/m ³ (0.05 ppm)	دی اکسید نیتروژن متوسط سالیانه
160 µg/m ³ (0.24 ppm)	160 µg/m ³ (0.24 ppm)	هیدروکربن‌ها حداکثر سه ساعت (۶-۹) صبح
160 µg/m ³ (0.24 ppm)	160 µg/m ³ (0.24 ppm)	اکسیدانهای فتوشیمیایی حداکثر ۱ ساعت
60 µg/m ³ (0.02 ppm) 260 µg/m ³ (0.1 ppm)	80 µg/m ³ (0.03 ppm) 365 µg/m ³ (0.14 ppm)	دی اکسید گوگرد متوسط سالیانه حداکثر در ۲۴ ساعت
60 µg/m ³ 150 µg/m ³	75 µg/m ³ 260 µg/m ³	ذرات معلق متوسط سالیانه حداکثر در ۲۴ ساعت

در دهه‌های اخیر باران‌های اسیدی توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند و امروز به عنوان یکی از بزرگترین مشکلات زیست محیطی خود را نشان می‌دهند. بخار آب موجود در جو با دی اکسید کربن ترکیب شده و تولید اسید ضعیفی به نام اسید کربنیک می‌نماید. بنابراین آب خالص باران دارای pH تقریبی ۶/۵ می‌باشد. بارش اسیدی به بارشی دارای pH کمتر از ۶/۵ باشد گفته می‌شود ولی در مواردی از بارندگی‌های طبیعی در جنگل‌های پر باران حاره‌ای دیده شده است که pH آب حاصل از بارندگی کمتر از ۶/۵ می‌باشد. این پدیده احتمالاً ناشی از انتشار پیش ماده‌های مواد اسیدی توسط درختان در هوا است. موضوع مهمتر در ارتباط با باران‌های اسیدی، گسترش آن است به طوری که تا این اواخر دانشمندان معتقد بودند که بارش‌های اسیدی اساساً در کشورهای اروپایی وجود دارد. در حالی که امروزه می‌دانیم این نوع بارش‌ها نیز در بسیاری از کشورهای صنعتی دیده می‌شود. [۱۳].

۳-۹ - عوامل ایجاد باران‌های اسیدی

در طی ۱۰ سال گذشته میزان انتشار دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن در جو، توسط ایالات متحده تقریباً ۲۰ میلیون تن در هر سال بوده است. دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن موجود در جو طی سلسله واکنش‌هایی با اکسیژن و بخار آب موجود در جو به اسید سولفوریک و اسید نیتریک تبدیل می‌شوند. این اسیدها توسط بادهای رایج در منطقه به نقاط دور دست منتقل شده و به صورت بارش‌های اسیدی ریزش می‌کنند (شکل ۳-۱۱). ذرات سولفات‌ها و یا نیترات‌ها ممکن است مستقیماً به صورت خشک و جامد در روی سطوح مختلف ته‌نشست نمایند. این ذرات بعداً با رطوبت موجود در هوا واکنش نشان داده و تولید اسیدهای سولفوریک و نیتریک می‌نمایند که باعث خورده شدن و فرسایش سطوح مورد تماس می‌گردد [۱۳].

مدت زمانی که آلاینده‌ها در هوا باقی می‌مانند به شرایط آب و هوای و میزان فعالیت شیمیایی آنها در جو بستگی دارد. آلاینده‌ها به طور معمول یک یا دو روز بعد از تولید به سطح زمین بر می‌گردند ولی ممکن است تحت شرایطی این مدت به یک هفته یا بیشتر نیز برسد [۴].

۳-۱۰- اثرات باران‌های اسیدی

شرایط زمین شناختی و اقلیمی به همراه رویش‌های گیاهی و ترکیب خاک روی تأثیر بالقوه باران‌های اسیدی در مناطق مختلف مؤثر هستند. مناطق حساس در برابر باران‌های اسیدی، مناطقی هستند که خاک یا سنگ آنها فاقد خاصیت بافری بوده و فاقد توانایی خنثی کردن اسید هستند. کربنات کلسیم (CaCO_3) و سنگ آهک که در بسیاری از خاک‌ها یافت می‌شوند از مهمترین عوامل خنثی کننده باران‌های اسیدی هستند لذا این گونه خاک‌ها در برابر باران‌های اسیدی مقاوم بوده و کمتر از آن آسیب می‌بینند. در مقابل، خاک‌هایی که سنگ منشاء آنها از گرانیت تشکیل شده است خاصیت بافری کمتری داشته و در برابر باران‌های اسیدی آسیب پذیر می‌باشند. مطالعه خاک‌های در معرض باران‌های اسیدی طی نیم قرن گذشته نشان می‌دهد که خاک‌های با pH اولیه نسبتاً بالا (بازی) در اثر باران‌های اسیدی بیشتر اسیدی می‌شوند در حالی که خاک‌های اسیدی به همان شکل باقی می‌مانند. مناطقی که حداقل آسیب را از باران‌های اسیدی متحمل می‌شوند، یا دارای سنگ منشاء آهکی بوده و یا خاک با افق ضخیم و غنی از کربنات کلسیم دارند. خاک‌های حساس به باران‌های اسیدی، حاصلخیزی کمی دارند زیرا مواد غذایی خاک به آسانی توسط باران‌های اسیدی شسته شده و از دسترس گیاه خارج می‌گردند. همچنین باران‌های اسیدی در این خاک‌ها باعث آزاد شدن عناصری در خاک می‌شوند که بر گیاهان اثر سمی دارند. چنین به نظر می‌رسد که نیترات‌های موجود در آب باران‌های

اسیدی باعث افزایش نیتروژن موجود در خاک شده و باعث افزایش رشد درختان می‌گردند، بافت‌های گیاهی رشد کرده در اثر زیادی نیتروژن ترد و نرم بوده و در برابر آفات و بیماری‌ها گیاهی و همچنین سرمای زمستان حساس می‌گردند [۱۳].

علاوه بر ترکیبات گوگردی و نیتروژنی، مقادیر متفاوتی از فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، روی و وانادیوم در بارش اسیدی وجود دارد. این عناصر در مناطق پر باران و نزدیک به مراکز صنعتی به مقدار زیادتری یافت می‌شوند و به دلیل اثرات سمی‌شان بر انسان و سایر موجودات زنده، بررسی آنها در اکوسیستم‌های مختلف حائز اهمیت است. انتقال این آلودگی‌ها به سطح کره زمین؛ به غلظت مواد آلاینده، اثر عوامل جوی نزدیک سطح زمین (شدت باد، درجه اشباع بخار آب در هوا، درجه حرارت و غیره) و همچنین خصوصیات سطح دریافت کننده آلودگی (برای مثال باز و بسته بودن سطح برگ‌ها که می‌تواند در تأثیر گاز SO₂ و ازن بر روی گیاه مؤثر باشد) وابسته است (جدول ۳-۶) [۱۴].

جدول ۳-۶- سرعت‌های ریزش (میلی متر بر ثانیه) آلاینده‌های اتمسفر بر روی سطوح مختلف [۱۴].

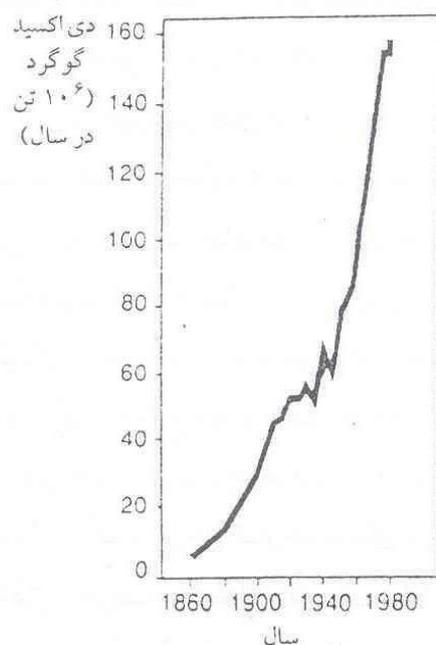
آلاینده					سطح
O ₃	SO ₂	PAN ₅ *	NO ₂	NO	
۲/۵ - ۱۰	۲ - ۱۱	۲ - ۳۰	۱/۶	۱/۹	خاک‌ها
۰/۵	۲	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۱۵	آب دریا
۰/۱	۱	-	۰/۱	۰/۰۰۷	آب شیرین
۱ - ۱۷	۱ - ۲۹	۶	۴ - ۶۰	۱	گیاهان

* Peroxy Acetyl Nitrate

در اکثر کشورهای صنعتی، احتراق زغال سنگ، و بنابراین تولید ۷۰ درصدی دی اکسید گوگرد هوا، در حال حاضر عمدتاً مربوط به تولید الکتریسته و تصفیه سنگ معدن آهن می‌باشد. کارخانه‌های مولد برق در هر سال ۱۰۰ میلیون تن از این گاز را وارد هوا می‌کنند. در هر حال، مقدار گاز SO₂ تولید شده بر اثر سوخت زغال

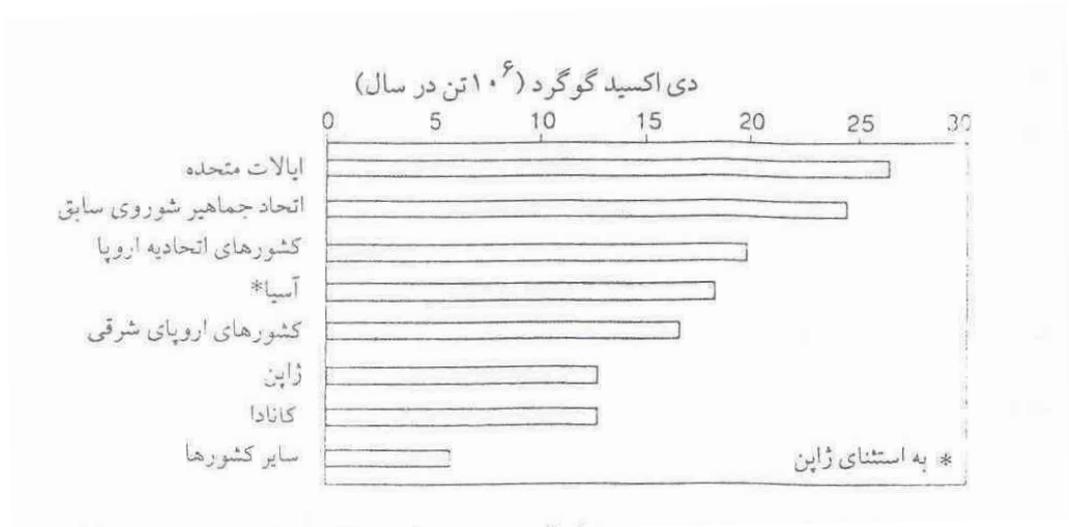
سنگ در برخی کارخانه‌های بزرگ برابر با مقدار گاز SO_2 منتشر شده به وسیله آتشفشان سنت هلن^{۱۸} در سال ۱۹۸۰ می‌باشد [۱۴].

انتشار جهانی اکسیدهای نیتروژن ناشی از فعالیت‌های انسانی در سال ۱۹۸۰، ۷۵ میلیون تن برآورد شده است. مصرف سوخت‌های فسیلی (زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی) و حمل و نقل سوخت‌هایی همچون بنزین و سوخت‌های دیزلی، مهمترین منابع منتشر کننده اکسیدهای نیتروژن می‌باشد. به نظر می‌رسد که منابع طبیعی اصلی منتشر کننده اکسیدهای نیتروژن، تجزیه شیمیایی نیتراژها، پدیده رعد و برق، تخریب میکروبی، آتش سوزی جنگل‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی باشد. مقادیر کلی و سرانه انتشارهای انسانی دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن در کشورهای مختلف و بخش‌هایی از جهان، دارای اختلاف‌های بزرگی است (شکل‌های ۳-۴، ۳-۵، ۳-۶) [۱۴].

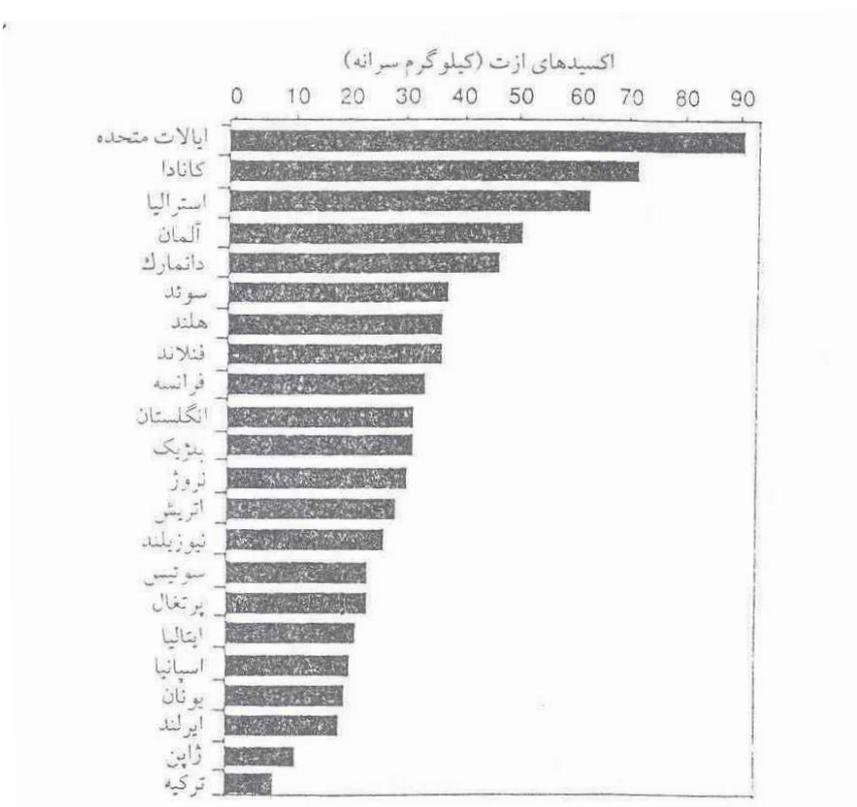


شکل ۳-۴- انتشار جهانی دی اکسید گوگرد [۱۴]

¹⁸. Mt. Saint Helens.



شکل ۳-۵- انتشار سالیانه دی اکسید گوگرد در بخش‌های مختلف جهان، ۱۹۸۰-۱۹۷۸ [۱۴]



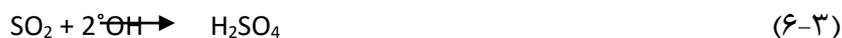
شکل ۳-۶- انتشار سرانه اکسیدهای نیتروژن در برخی کشورها ۱۹۸۰ [۱۴]

۳-۱۱- چگونگی تشکیل باران اسیدی

اکسیدهای گوگرد و نیتروژن منتشر شده از منابع انسانی و طبیعی در اتمسفر می‌توانند در حضور پراکسیدهای هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل و ازن، دستخوش اکسیداسیون شیمیایی شوند و ترکیبات اسیدی همچون اسید نیتریک و سولفوریک را شکل دهند، که به صورت نیترات‌ها و سولفات‌ها از طریق ته‌نشست خشک و تر به زمین بر می‌گردند.



پس واکنش‌های عمده شیمیایی که اکسیدهای گوگرد و نیتروژن را به اسیدهای سولفوریک و نیتریک تبدیل می‌کنند، به رادیکال‌های °OH اتمسفری وابسته‌اند:



رادیکال‌های °OH از تجزیه ازن به وسیله نور و ترکیب اتم اکسیژن حاصل از تجزیه ازن با بخار آب اتمسفری پدید می‌آید. بنابراین، تراکم آنها که با شدت نور خورشید متغیر است، در تابستان‌ها افزایش می‌یابد.

نتیجه اینکه نسبت تولید اسید سولفوریک از طریق °OH + SO₂ فصلی است. این نسبت، ۰/۷ درصد در ساعت در تابستان، و ۰/۱۲ درصد در ساعت زمستان است. اسید سولفوریکی که در فاز گازی تشکیل شده، با مولکول‌های آب ترکیب می‌شود و آئروسول تشکیل می‌دهد. همچنین SO₂ به طور مستقیم به وسیله آب ابرها جذب و در فاز مرطوب به سولفات تبدیل می‌شود. اسید نیتریک به صورت گازی باقی می‌ماند تا این‌که به وسیله قطرات ابر یا باران جذب شود. اصولاً وقتی قطره‌های ابری تشکیل می‌شوند، ذرات و گازهایی با خواص شیمیایی متفاوت در همان قسمت هوا توأمأ وجود دارند.

برخی از آنها، مانند دی اکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن و ترکیبات گوگردی، اسیدی هستند. پاره‌ای دیگر مانند ذرات نمک دریاها، خنثی هستند و بالاخره بعضی دیگر قلیایی‌اند. مانند گاز آمونیاک (NH_3) یا ذرات کربنات کلسیم (CaCO_3). در فاز مرطوب اتمسفری، تمامی این موارد همزمان وجود دارند و میزان کم یا زیاد اسیدیته باران‌ها به وفور نسبی هر یک از این مواد بستگی دارد.

علاوه بر سولفات و نترات، مواد شیمیایی دیگری نیز - البته به میزان کمتر - در بارش اسیدی شرکت دارند. از جمله اسیدکربنیک که از دی اکسیدکربن اتمسفر شکل می‌گیرد و اسیدهای آلی همچون اسید فورمیک و اسید استیک، که در نتیجه فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های صنعتی به وجود می‌آیند و در اتمسفر موجودند و نیز برخی ترکیبات آلی فرار (VOCs)^{۱۹} که در اتمسفر به اشکال اسیدی تبدیل می‌شوند.

اسیدهای حل شده در آب به صورت یون‌های مثبت و منفی (کاتیون‌ها و آنیون‌ها) ظاهر می‌شوند. اسیدیته باران با مازاد یون‌های هیدروژن (H^+) در آب که معمولاً با یون‌های منفی سولفات (SO_4^{2-})، نترات (NO_3^-) و مقدار کمتری کلرید (Cl^-) موازنه می‌شوند، در ارتباط می‌باشد.

مقداری از اسیدیته موجود در اتمسفر به وسیله آمونیاک حاصل از فرآیندهای بیولوژیکی و طبیعی، خنثی شده و باعث تشکیل کاتیون‌های آمونیوم (NH_4^+) می‌گردد. با این حال، اخیراً با افزایش انتشار آمونیاک، مشخص شده که رسوب یون‌های آمونیوم می‌تواند بر روی خاک تأثیر اسیدی بر جای بگذارد و منجر به اکسیداسیون یون NH_4^+ به NO_3^- توسط باکتری‌ها گردد. در نتیجه، در آن نواحی که انتشار آمونیاک بالا است، اسیدی شدن خاکها و دریاچه‌ها نتیجه رسوب آمونیاک و یون‌های آمونیوم می‌باشد. در مناطقی همچون شمال چین که خاک‌های کلسیم دار در سطح وسیعی پراکنده‌اند، ذرات بنیادی کلسیم انتقال یافته توسط باد که غلظت‌های بالایی از کاتیون Ca^{2+} تولید می‌کنند، قادرند بخشی از اسیدیته را خنثی کنند.

سایر یون‌هایی که خواص بافری دارند عبارتند از: منیزیم (Mg^{2+})، پتاسیم (K^+) و سدیم (Na^+).

در اسیدی شدن باران‌ها عامل دیگری نیز دخالت دارد و آن مقدار آب در هر متر مکعب ابر است. این امر به کیفیت و نوع ابر بستگی پیدا می‌کند که خود بسیار متغیر است. این مقدار از ۰/۱ گرم در مترمکعب (مه) تا چند گرم در مترمکعب (ابرهای رگبار و باران‌های سیل آسا) متغیر است.

نمونه‌های باران با مقادیر pH کمتر از ۳/۴ کمیاب هستند، زیرا در مقادیر پایین pH، عمر ابر یا قطرات کوچک باران و همچنین قابلیت حل SO_2 و میزان اکسیداسیون آن به مقدار زیاد کاهش می‌یابد، به دلیل آن که واکنش

¹⁹. Volatile Organic Compounds

SO₂ با ازن به pH بستگی دارد. در هر صورت، قطرات ریز معلق اسیدی مه‌ها در ارتفاعات، اغلب به دلیل تبخیر و مقدار کم آب موجود در آنها و این مسأله که در مجاورت زمین، یعنی در جایی که تراکم آلاینده‌ها در بیشترین حد خود آلاینده‌ها در بیشترین حد خود می‌باشد، تشکیل می‌شوند و همچنین به دلیل اندازه کوچک قطرات (۱۰۰-۱ میکرو متر) که اکسیدان‌های زیادی را حمل می‌کنند، همگی بیان‌کننده این واقعیت هستند که میزان اسیدیته مه بسیار زیاد است (pH بین ۲ تا ۳). مه‌های اسیدی (pH < ۲/۷۵) در ارتفاعات، اطراف درختان تجمع یافته و به وسیله فرآیندی به نام «ته نشست نهانی»^{۲۰} به برگ‌های سوزنی می‌چسبند و به دلیل آسیب زیاد، مانع از استقرار کامل آنها می‌شود.

مقادیر نسبی اسیدهای ترکیبی در بارش از نظر مکانی و زمانی متغیر است، اما در شرق آمریکای شمالی و اروپا، معمولاً مقادیر مشابه هستند. اندازه‌گیری‌های انجام شده در شمال شرقی ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد که اسیدیته باران شامل: ۶۲ درصد اسید سولفوریک، ۳۲ درصد اسید نیتریک و ۶ درصد اسید هیدروکلریک می‌باشد. برای کشورهای اسکاندیناوی این مقادیر عبارتند از: ۷۰ درصد اسید سولفوریک، ۳۰ درصد اسید نیتریک، که در مورد اسکاتلند مشابه می‌باشند؛ یعنی ۷۱ درصد اسید سولفوریک و ۲۹ درصد اسید نیتریک.

تمامی ذرات معلق موجود در اتمسفر بر روی زمین ته‌نشین می‌شوند که دو فرآیند جمع‌آوری^{۲۱} (قبلاً بیان شد)، ته‌نشست خشک و مرطوب، عمدتاً مسئول می‌باشند، و به طور تقریبی می‌توان گفت که حدود ۲۰ درصد ذرات معلق اتمسفری به صورت خشک فرود می‌آیند. یونهای مختلف موجود در اتمسفر به دو روش، تشکیل ریزش مرطوب می‌دهند و به این ترتیب انتقال داده می‌شوند:

- روش Rain out (خروج بارانی)
- روش Wash out (شسته شدن)

پدیده Rain out زمانی اتفاق می‌افتد که مواد موجود در کریستال‌های یخ یا قطرات کوچک آب تشکیل‌دهنده ابرها، با رشد تدریجی کریستال‌ها با قطرات و سنگین شدن آنها به روی زمین سقوط می‌کنند.

پدیده Wash out نیز زمانی اتفاق می‌افتد که مواد معلق در زیر ابرها، به وسیله جریان باران یا برف شسته شده و به سطح زمین انتقال داده می‌شوند، که بیشتر در تحرک و جابجایی ذرات بزرگتر از یک میکرون مؤثر است [۱۴].

²⁰. Occult deposition.

²¹. Scavenging processes

۳-۱۲- حمل و ریزش

بارش باران، برف، تگرگ و مانند آن، آلاینده‌ها و تولیدات اسیدی آنها را با ریزش مرطوب، به خشکی یا اقیانوس انتقال می‌دهند که این عمل متفاوت با ریزش خشک می‌باشد. میزان ریزش خشک و تر به وسیله دو رابطه زیر محاسبه می‌شوند.

$$D_d = C_p \times V_d \quad (۳-۸)$$

$$D_w = W \times P \times C_a \quad (۳-۹)$$

میزان ریزش خشک (D_d) به طور مستقیم با غلظت آلاینده‌ها (C_p)^{۲۲} و سرعت ریزش (V_d)^{۲۳} بستگی دارد. در حالی که میزان ریزش مرطوب (D_w) به میزان بارش (P)^{۲۴}، نسبت شست و شو (W)^{۲۵} و غلظت هوای محیط (C_a) وابسته است.

(W)، غلظت آلاینده محلول در واحد حجم باران یا بخار آب موجود در ابر تقسیم بر غلظت آلاینده مشابه یا ماده تشکیل دهنده آن در واحد حجم هوا بوده، که ممکن است میزان آن از ده‌ها تا چندین هزار باشد).

در مناطقی که انتشارهای محلی کم ولی اسیدیته بارش افزایش یافته است، این مسأله ناشی از انتقال مواد آلوده کننده از منابع دور دست به این مناطق می‌باشد. اگرچه بخش عمده‌ای از دی اکسید گوگرد منتشر شده در نزدیکی منابع‌شان رسوب می‌یابند، اما مقادیر قابل توجهی نیز در مناطق دورتر ته نشین می‌شوند. آن بخش از دی اکسید گوگرد که در محل تولیدشان فرود نمی‌یابند، به داخل اتمسفر وارد می‌شوند و پس از اکسیداسیون به سولفات تبدیل می‌گردند. نسبت تبدیل دی اکسید گوگرد به سولفات از ۰/۱ تا ۱۰ درصد در ساعت است که به حضور یا فقدان آلاینده‌های دیگر (هیدروکربنهای فعال و اکسیدان شیمیایی) و شرایط جوی (رطوبت نسبی، درجه حرارت و نور خورشید) بستگی دارد.

22. Pollutant concentration.

23. Deposition velocity.

24. Precipitation.

25. Wash out.

سولفات‌ها کمتر از دی اکسید گوگرد در ریزش‌های خشک شرکت دارند و در نتیجه برای روزهای متوالی در اتمسفر باقی می‌مانند و تحت شرایط جوی قابل توجه به چند هزار کیلومتر دورتر انتقال داده می‌شوند. در نهایت، سولفات‌ها به وسیله دو فرآیند Rain out و Wash out وارد ته نشست مربوط می‌شوند. وضعیت مشابهی نیز برای اکسیدهای نیتروژن منتشر شده وجود دارد. اگرچه اکسیدهای گازی نیتروژن به نسبت کمتری در ته نشست خشک شرکت دارند، بخش‌های بزرگتری از آنها به آئروسول‌های نیترات تبدیل می‌شوند که در نهایت به وسیله دو فرآیند مذکور انتقال داده می‌شوند.

در نواحی کوهستانی، افزایش ارتفاع منجر به تشکیل بارش می‌شود. این نواحی که از هوای نسبتاً تمیزتری برخوردارند، در معرض بخش عظیمی از آلاینده‌های انتقال داده شده قرار می‌گیرند و ریزش قابل توجه بارش‌های اسیدی در این مناطق صورت می‌گیرد. اگرچه بسیاری از محققان بر تعدادی از فن‌آوری‌های کنترل آلودگی، از جمله ساخت دودکش‌های بلند برای نیروگاه‌ها و صنایع عظیم به منظور کاهش آلودگی در سطح محلی تأکید می‌کنند، ولی انجام این فن‌آوری‌ها منجر به افزایش مواد آلوده کننده منتقل شده به نقاط دورتر و تشدید مشکل بارش اسیدی خواهد شد.

۳-۱۳- اثرات بارش‌های اسیدی بر محیط زیست

باران اسیدی می‌تواند به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر محیط اثر گذارده و موجب تغییراتی در اکوسیستم‌ها می‌شود. اثرات زیست محیطی اسیدی شدن، نخستین بار با تغییرات شدید اجتماع حیاتی آب شیرین در دهه ۱۹۷۰ مشخص شد. اثر بارش اسیدی بر روی اکوسیستم‌های آبی و خشکی تنها به مقدار pH بارش بستگی ندارد، بلکه به توانایی دریاچه‌ها و خاکها در خنثی کردن یا کم کردن قدرت اسیدیته بارش اسیدی نیز وابسته است. این توانایی خود به سنگ بستر دریاچه‌ها و تیپ خاک‌ها بستگی دارد.

اثرات مخرب ریزش اسیدی بر روی اکوسیستم‌ها، در نواحی شرق آمریکای شمالی و جنوب اسکاندیناوی به طور بارز مشاهده می‌شود. با توجه به حساسیت ویژه دریاچه‌ها و خاک‌ها در بخش‌های دیگر دنیا و توسعه صنعتی سریع کشورهای همچون برزیل، نیجریه، آفریقای جنوبی، هند، مالزی و چین در دهه‌های اخیر، این نواحی نیز در معرض اثرات مخرب بارش مرطوب در آینده قرار خواهند گرفت [۱۴].

۳-۱۴- اثر بر سلامتی انسان

بارش اسیدی می‌تواند به طور مستقیم و یا غیر مستقیم در زندگی بشر اثر گذارد، اما اثرات مستقیم بارش اسیدی بر روی انسانها به طور کامل شناخته شده نیستند. بارش خشک مواد اسیدی برای سلامتی انسان مضر

است. گاهی اوقات مردم به طور ناگهانی در معرض آئروسول‌های صنعتی یا مه و غبارهای صنعتی حاوی اسیدهایی همچون اسیدهای سولفوریک، نیتریک، هیدروکلریک و هیدروفلوریک قرار می‌گیرند. اثرات این ذرات اسیدی بر روی انسان روی هم رفته مشابه با اثرات حاصل از SO_2 ، NO_2 و HF است که همگی بر دستگاه‌های مختلف بدن از جمله دستگاه تنفسی اثر می‌گذارند و موجب بیماری برونشیت مزمن و سرطان ریه می‌شوند [۱۴].

۳-۱۵- آلودگی خاک

هر گونه تغییر در ویژگی‌های اجزاء متشکله خاک به طوری که استفاده از آن ناممکن گردد، آلودگی خاک نامیده می‌شود [۷]. دو منبع آلودگی انسانی برای خاک‌ها وجود دارد: منابع اولیه، نظیر افزودن کود به خاک در حین بهره برداری از آنها و دیگر منابع ثانویه نظیر آلاینده‌هایی که در اثر فعالیت‌هایی که در مجاورت خاک‌ها صورت می‌گیرد، به آنها اضافه می‌شود، نظیر کارخانه‌ها و رسوب گذاری آلاینده‌ها از طریق هوا [۲۰]. اخیراً خارج کردن پس ماند‌ها و مواد زائد به شیوه‌ای ایمن از محیط زیست انسان برای ادامه تمدن به عنوان ضرورت شناخته شده است. برای به حداقل رساندن آلودگی، پسماندها باید سریعاً به چرخه طبیعی خود برگردانده شوند. خاک یک واسطه برگشت این مواد زائد محسوب می‌گردد. قابلیت خاک برای جذب سطحی، تبادل، اکسیدکنندگی و رسوب دادن مواد، به همان اندازه که برای دفع مواد آلوده با ارزش است، برای تغذیه گیاهان نیز اهمیت دارد [۷].

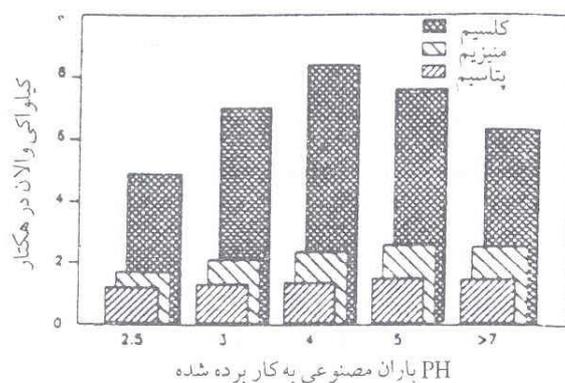
۳-۱۵-۱- برهم‌کنش‌های یون - خاک

مواد محلول، الکترولیت‌ها و غیر الکترولیت‌ها منابع مستقیم یون‌های لازم برای رشد گیاهان در محلول خاک هستند. مکانیزم ورود یون‌ها به داخل محلول خاک عبارتند از: ۱- تخریب کانی‌ها، ۲- تجزیه و پوسیدگی مواد آلی، ۳- باران، ۴- آب آبیاری محتوی نمک‌ها و ۵- آزاد شدن یون‌هایی که به وسیله کلویدها یا مواد رسی در خاک نگهداری می‌شوند [۷].

۳-۱۵-۲- اثر باران بر اسیدیته و مواد مغذی خاک

باران اسیدی با افزایش اسیدیته خاک، تجمع فلزات سمی، فرسایش مواد مهم شیمیایی خاک و تغییر ترکیب گونه‌ها و میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده در خاک، موجب آسیب رساندن به اکوسیستم‌های خشکی می‌گردد. اسید کربنیک موجود در باران، اسید کربنیک حاصل از تنفس میکروارگانیسم‌ها و ریشه گیاهان، اسیدهای حاصل از تخریب مواد آلی به ویژه باقی مانده‌های گیاهی (اسید هیومیک)، نیتریفیکاسیون و اسید

سولفوریک حاصل از اکسیداسیون سولفید آهن می‌توانند فرم‌های طبیعی اسیدی در خاک را به وجود آورند. اسیدی شدن خاک توسط بشر می‌تواند از راه بارش‌های اسیدی و کودهای نیتراته انجام گیرد که به مراتب از شکل‌های طبیعی اسیدی (اسید هیومیک، کربنیک و غیره) قویتر است. نزولات اسیدی پس از نفوذ در خاک می‌توانند موجب اسیدی شدن خاک شوند و فرآیند طبیعی هوازدگی تسریع بخشند که در نتیجه باعث از بین رفتن مواد غذایی خاک می‌گردند. همچنین جابجایی عناصر کمیاب خاک به وسیلهٔ نزولات اسیدی افزایش می‌یابد که این سبب آلودگی مواد غذایی و آب‌های زیرزمینی و کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود. غلظت سولفات در نتیجهٔ ریزش اسیدی، ممکن است سالیانه به میزان ۱۷ گرم در متر مربع در درون برخی خاکهای جنگلی افزایش یابد (شکل ۷-۳ [۱۴]).



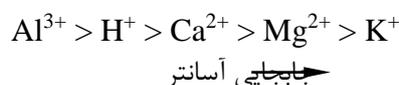
شکل ۷-۳ اثر باران اسیدی ساختگی (مصنوعی) با مقادیر مختلف pH بر روی

مقادیر کاتیون‌های خاک جنگلی اسکاندیناوی [۱۴]

در شرایط طبیعی، سولفات اغلب به عنوان آنیون اصلی آب موجود در خاک است که آبشویی سریع‌تر آن، اتلاف کاتیون‌هایی همچون پتاسیم، منیزیم و کلسیم را افزایش می‌دهد. به طور مشابه، ورودی با اسیدیتة بالا به درون خاک، تبادل بین پروتون‌ها و یون‌های پتاسیم، منیزیم یا کلسیم موجود را افزایش می‌دهد که سبب می‌شود عمل آبشویی راحت‌تر صورت گیرد. بنابراین، خاک‌های بسیار حساس به باران اسیدی همان خاک‌های شنی غیر آهکی و حاوی مواد کلوئیدی با pH طبیعی حدود ۶ و کمتر هستند که آب را به آسانی از خود عبور می‌دهند [۱۴].

در هر صورت، خاک‌های اسیدی حاوی مقادیر کم کاتیون، بیشترین اتلاف یون‌های مغذی را نشان می‌دهند، حتی اگر تغییرات pH حداقل باشد. با این توصیف، شکل (۳-۸) اثر افزایش اسیدیتة بر روی مقادیر پتاسیم،

منیزیم و کلسیم باقی مانده در خاک زیرین جنگل‌های کاج را نشان می‌دهد. در خاک‌های غیر آهکی، بافت خاک و مقدار مواد آلی بر روی درجه اسیدی شدن خاک اثرات بسزایی دارند. سلسله مراتب یون‌های موجود خاک از نظر جایگزینی به صورت زیر است:



بنابراین، آلومینیوم مشکل‌تر از همه جابجا می‌شود.

هنگامی که یون‌های هیدروژن به خاک اضافه می‌شوند، می‌توانند کلسیم روی سطح رس‌ها را جابجا کنند. این پدیده در خاک‌های فقیر (از نظر کلسیم) که حدود ۷۰ درصد شرق ایالات متحده را می‌پوشانند، دیده می‌شود. اگر خاک دارای کلسیم کافی به عنوان بافر نباشد و از قبل نیز اسیدی باشد، افزایش ورودی یون‌های H^+ می‌تواند سبب رها سازی آلومینیوم شود. هر چند آلومینیوم از نظر سلسله مراتب تبادلی خاکها بالاتر از بقیه است، اما فقدان یون‌های کلسیم جهت تغییرات بافری، pH را نسبت به صدمات حاصل از باران اسیدی آسیب پذیرتر می‌کند [۱۴].

نمونه‌ای از رهاسازی آلومینیوم به وسیله هیدروژن و عواقب ناشی از آن اخیراً در شمال شرقی ایالات متحده دیده شده است؛ جایی که کانی‌های رسی از نوع گیبسیت وجود دارد بدین صورت که، زمانی که اسیدیته خاک افزایش می‌یابد جریان بزرگی از یون‌های H^+ آزاد به وجود می‌آید و Al^{3+} گیبسیت به وسیله H^+ رها می‌شود. این رهاسازی یون آلومینیوم اثرات زیادی روی اکوسیستم‌های محلی دارد، زیرا آلومینیوم می‌تواند یک سم قوی باشد. در طول زمان، بقایای یون آلومینیوم به اکسیژن متصل می‌شود و به صورت Al_2O_3 بی ضرر در می‌آید. اما زمانی که به صورت Al^+ آزاد می‌شود، سمی است. یون‌های آزاد آلومینیوم حاصل از اسیدی شدن خاک برای بیشتر حیوانات و گیاهان بسیار سمی است. بنابراین، افزایش اسیدیته خاک می‌تواند ترکیبات سمی خاک را رها سازد که این ترکیبات درختان را از بین می‌برد. و اگر به داخل سیستم‌های آبی شسته شوند، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را مسموم می‌کنند. همچنین یون کادمیوم سمی است و می‌تواند در زنجیره غذایی تجمع یابد. مکانیسم حرکت این یون به pH خاک وابسته بوده به طوری که در pH تقریباً ۴ تا ۵ یون کادمیوم دو ظرفیتی می‌تواند به وسیله یون هیدروژن رها شود و باعث سمی شدن خاک گردد [۱۴].

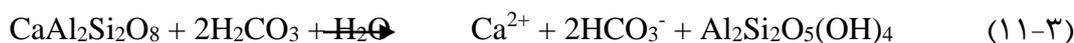
در اکثر خاک‌ها انواع سیستم‌های بافری وجود دارند که مانع تغییرات اسیدیته خاک می‌شوند. عمل بافری به وسیله انواع مختلف سیستم‌ها و مکانیسم‌ها انجام می‌شود که تعدادی از آنها در جدول ۳-۷ آورده شده است [۱۴].

عمل بافري خاک به دليل وجود کاني‌هاي رسي در خاک اتفاق مي‌افتد، زيرا اين کاني‌ها خاصيت الکتريکي منفي معتدلي دارند و يون‌هاي مثبت را جذب و نگهداري مي‌کنند. توانايي اين خاصيت منفي، ظرفيت تبادل کاتيوني (CEC)^{۲۶} ناميده مي‌شود.

جدول ۳-۷ سيستم‌هاي بافري شاخص و مؤثر در اکثر خاک‌ها

سیستم بافري	دامنه بافري (pH)
سیستم تبديلي کربنات کلسيم - بي کربنات	۶/۲ - ۸
سیستم تبديلي سيليكات‌ها - بي کربنات	۵ - ۶/۲
سیستم‌هاي تبديل کاتيوني (همچون Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+)	۴/۲ - ۵
سیستم تبديلي هيدروکسيد آلومينيوم آبدار	۲/۸ - ۴/۵
سیستم تبديلي آهن	۲/۴ - ۳/۸

انحلال کربنات کلسيم منجر به تشکيل يون بي کربنات مي‌شود (واکنش ۳-۱) و تبديل بي کربنات - اسيد کربنيک با سيليكات‌هاي گوناگون نيز روي مي‌دهد (واکنش ۳-۲).



در هر صورت در بيشتري خاک‌هاي اسيدی (با pH ۵ - ۲/۵)، تعدادی واکنش‌هاي خنثی سازي از طريق تبديل کاتيوني وجود دارد که باعث انحلال و ته نشيني آلومينيوم سيليكات‌ها مي‌شوند. اشکال طبيعي آلومينيوم در صخره‌ها و خاک‌ها بسيار متغير است و به صورت سيليكات‌ها، آلوم‌ها (سولفات‌هاي آلومينيوم)، اکسيدها و اشکال ديگر وجود دارد. معمولاً کاتيون‌هايي همچون کلسيم و منيزيم خاک و با يون‌هاي H^+ در يک واکنش سريع و دو طرفه (تعادلي) مبادله مي‌شوند که به خنثی سازي pH خاک کمک مي‌کند (واکنش ۳-۱۲).



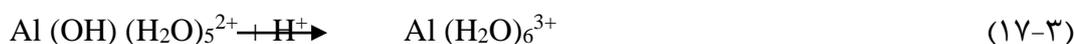
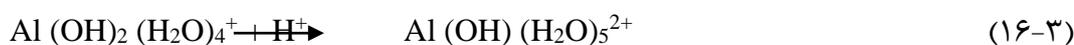
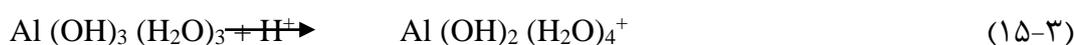
با اين وجود، هنگامي که ورود جريان‌هاي بسيار اسيدی به خاکها ادامه مي‌يابد، اين فرآيند تبديلي، با وجود کلسيم و منيزيوم در ذرات خاک محدود مي‌شود. در اين صورت، تنها خروج اين کاتيون‌ها صورت مي‌گيرد و متعاقب آن، باران اسيدی باعث تسريع هوازدگي مي‌شود و هيدروکسيد آلومينيوم را از سطوح خاک و ذرات صخره آزاد مي‌سازد که تبديل Al^{3+} رها شده با يون‌هاي H^+ اتفاق مي‌افتد. هيدروکسيد آلومينيوم در حضور اسيدها يا بازهاي قوي هم خاصيت اسيدی و هم خاصيت بازی دارد و يک «آمفوليت»^{۲۷} ناميده مي‌شوند (واکنش ۳-۱۳).

²⁶. Cation Exchange Capacity.

²⁷. Ampholyte



در حقیقت آزاد سازی هیدروکسید آلومینیوم از سطوح خاک به طور دقیق تر به عنوان انحلال (واکنش ۳-۱۴) توصیف می شود که با انتقال پروتون همراه است (واکنش ۳-۱۵). سپس این دگرگونی ها (واکنش های ۳-۱۶ و ۳-۱۷) و انحلال ادامه می یابند، بنابراین زمانی که آلومینیوم آزاد می شود اسیدیته ظاهر نمی شود، زیرا آلومینیوم به صورت اسید کاتیونی بسیار ضعیف شده ای انتقال می یابد.



اگر زمانی که اشکال هیدراته Al^{3+} ($\text{Al}(\text{OH})_2^+$ و $\text{Al}(\text{OH})_3$) خاک با عمل زهکشی جدا و به وسیله روانابها به درون نهرها، رودخانهها و دریاچهها وارد می شوند، هنوز اسیدیته زیادی در خاک باقی مانده باشد؛ حرکت اکسیدهای آهن ممکن است اتفاق افتد.

چنین فرآیندهایی در نواحی گرانیته سخت (مانند جنوب نروژ)، که دارای مقادیر زیادی باران اسیدی هستند، خیلی سریع اتفاق می افتد. به دلیل اینکه سرعت هوازدگی گرانیته خیلی پایین است، مقدار اندکی کلسیم یا منیزیم تبادلی برای خنثی سازی این اسیدیته فراهم می شود. پس در خاک درگیر فرآیندهای پیچیده ای می شوند که با اسیدیته کنش متقابل دارند. عمدتاً در این ارتباط سه نوع فرایند تبادلی، بافری و خنثی سازی وجود دارد. در هنگام تبادل، پروتونها، کاتیونهای جذب شده اصلی (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، یا آمونیوم) را جابجا می کنند و یا محل های تبادلی جدیدی را اشغال می کنند. اگر یک آنیون خنثی کننده قوی همچون سولفات (SO_4^{2-}) وجود داشته باشد، کاتیونهای اصلی به وسیله آبهای سطحی از دست می روند. برای مثال، بافری کردن خاک باعث ایجاد واکنش های تبادلی بین بی کربناتها و یونهای آلومینیوم می شود (معادله های ۳-۱۰ تا ۳-۱۷).

واکنش اسید ورودی با بازهای موجود در خاک و تشکیل نمکهای حاصل از آن، به خنثی سازی کمک می کند. عوامل زیادی در فرآیند خنثی سازی دخالت دارد، اما ساختمان و درجه حرارت خاک از مهمترین مؤثرترین عوامل می باشند. با عمل انحلال ناشی از اسیدی شدن، برخی از فلزات سنگین خاک (که معمولاً

خیلی متحرک نیستند)، تقویت می‌شوند. به طور معمول، این فلزات به مواد آلی می‌پیوندند و تنها زمانی که مقادیر هوموس خاک پایین و اسیدیته آن - به ویژه - بالا باشد، تحرک و پویایی نشان می‌دهد.

جدول (۳-۸) چگونگی تغییرات فلزات سنگین مختلف را در خاک جنگلی نوئل با گذشت زمان نشان می‌دهد. کلیه فلزات سنگین، به استثنای آلومینیوم و روی، تمایل به ماندن در خاک دارند. همچنین، سربی که به میزان زیادی در محیط پراکنده می‌شود، تمایل اندکی به ظاهر شدن در آب‌های سطحی نشان می‌دهد. سرانجام باید به یون‌های NH_4^+ اشاره کرد که به وسیله قطرات باران یا آئروسول‌های حاوی کربنات، نیترات یا سولفات آمونیوم به خاک می‌رسند [۱۴].

جدول ۳-۸- تغییرات سالیانه فلزات سنگین در اکوسیستم جنگلی نوئل واقع در سولینگ آلمان [۱۴]

عنصر خروجی	ته نشست (کیلوگرم در هکتار سالیانه)	رها سازی در خاک (کیلوگرم در هکتار سالیانه)
آلومینیوم	۲/۸	۲۴
کادمیوم	۰/۰۲	۰/۰۳
مس	۰/۶۶	۰/۱۱
کروم	۰/۱۷	۰/۰۰۶
آهن	۲/۱	۰/۱۶
سرب	۰/۷۳	۰/۰۱۳
نیکل	۰/۱۴	۰/۰۷
روی	۱/۷	۲/۴

۳-۱۶- مروری بر تحقیقات گذشته

۳-۱۶-۱- آلاینده‌های هوا

دایم و کمری (۲۰۰۲) [12]، در مطالعات خود در آمریکا در مورد ایجاد نقشه‌های آلاینده‌های هوا عقیده دارند که نقشه هم غلظت آلاینده‌ها به این دلیل رسم می‌شوند که توزیع فضایی ترازهای آلودگی هوا را نمایش دهند و میزان در معرض بودن گیاهان و انسان‌ها را نسبت به آلودگی هوا تخمین بزنند. بسیاری از تحقیقات آلودگی هوا از روشهای درون‌یابی فضایی استفاده شده تا نقشه‌های هم غلظت آلودگی هوا را رسم کنند. محققین فوق در نتیجه گیری خود اشاره می‌کنند که تعداد کم پایشگرهای کیفیت هوا به طور قابل ملاحظه‌ای قابلیت دسترسی به روشهای ترسیم نقشه‌های مناسب را کاهش می‌دهند. با این وجود، به یک راه حل بر اساس رگرسیون خطی دست یافتند که نتیجه‌اش اندازه‌گیریهای چند زمانی^{۲۸} در پایشگرها و

28. Multi-temporal

متغیرهای پیش بینی کننده پیوسته چند زمانی و فضایی است تا کمبود نسبی پایشگرهای منطقه را جبران کند. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از مؤلفه چند زمانی امکان پذیر است، چون محیط انتشارهایی که به عنوان مثال بر غلظت ازن در هر پایشگر تأثیر می‌گذارد در طی زمان تغییر می‌کنند. این تغییرات محیطی، بازه‌ای از اطلاعات را ارائه می‌کنند که با استفاده از آن می‌توان ترازهای ازن در جو را پیش بینی کرد. در مطالعات آلودگی هوا بیشتر از روشهای وزن دهی فاصله²⁹ [11] و کریجینگ [14] استفاده شده است. کریجینگ روش پیچیده تری است و بیشتر از روش وزن دهی فاصله مورد استفاده قرار گرفته است، بعضی از مطالعات مقایسه‌ای نشان دادند که کریجینگ کارکرد بهتری نسبت به روشهای وزن دهی فاصله دارد [13].

یووال و برود (۲۰۰۶) [15]، در مطالعات خود در منطقه خلیج حیفا که توسط صنایع سنگین و نیروگاههای برق احاطه شده است برای تهیه نقشه‌های با دقت بالا³⁰ از میانگین غلظت آلاینده‌های SO_2 ، NO_2 ، NO ، O_3 و PM_{10} در یک دوره دو ساله و از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ با استفاده از داده‌هایی که هر نیم ساعت یکبار از شبکه پایش کیفیت هوای محلی که شامل ۲۰ ایستگاه پایش در یک منطقه به وسعت ۲۰۶ کیلومتر مربع می‌باشد استفاده کردند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که ویژگیهای مکانی آلاینده‌ها تطابق خوبی با منابع آلوده کننده‌شان و شرایط آب و هوایی غالب دارند. نقشه‌های تهیه شده با دقت بالا در یک مقیاس کوچک فضایی از سیکل‌های NO_x و O_3 همانطور که انتظار می‌رفت ارتباط خوبی با تئوری و مشاهدات قبلی که با آنالیز دوره‌های زمانی پایشگرها به دست آمده دارند. ارتباط زیادی بین الگوهای فضایی (نقشه‌ها) PM_{10} ، NO_x و O_3 دیده شد، در حالی که ارتباط بین ویژگیهای فضایی PM_{10} و SO_2 پایین است. این امر نشان دهنده این است که ترافیک منبع اصلی NO_x است تا صنایع، منابع زیاد SO_2 در منطقه تامین کننده اصلی تشکیل PM_{10} انسانی در منطقه است. این نتیجه پایین بودن سولفور نسبت به نیتروژن در سراسر ناحیه حاکی از غالب بودن آلاینده‌های ترافیک در منطقه است. یک نتیجه کلی که از این مطالعه به دست می‌آید این است که پایش و تولید نقشه‌های با دقت بالا می‌تواند به برنامه‌های مدیریت کیفیت هوا (بررسی خطر و کم کردن زمان قرار گیری در برابر آلاینده‌ها) کمک کند.

²⁹. Distance-weighting

³⁰. High-resolution

رنجبر (۱۳۸۵) [۱۵]، در مورد آلودگی هوای تبریز عمده ترین مسئله را به ذرات معلق (PM_{10}) و منوکسید کربن نسبت می‌دهد. ذرات معلق به طور عمده به دلیل کمبود سرانه فضای سبز و پارک‌های جنگلی، ساخت و سازهای بی رویه، تخریب پوشش گیاهی حومه شهر و فعالیت‌های صنعتی (آجرپزی و کارخانه آسفالت) ناشی می‌شود که به هنگام وقوع طوفان بیشتر ملموس تر است. اما آلودگی منوکسید کربن را به دلیل گسترش بی رویه و سریع شهر نشینی، صنعتی شدن، رشد جمعیت، عدم ساماندهی مناسب سیستم حمل و نقل و ترافیک شهری و عدم وجود فن‌آوری مدرن خودروها دانسته است.

۳-۱۶-۲- نزولات جوی

کاظمی و مهدیزاده (۱۳۸۰) [۱۶]، در مطالعه خود در مورد املاح و ترکیبات شیمیایی نزولات جوی در شاهرود، EC ۴۴ نمونه و ترکیب شیمیایی ۱۲ نمونه را در ۳ مرحله (آبان، بهمن و اسفند) آنالیز کردند و غلظت ترکیبات سولفات، نترات و کلسیم را به ترتیب ۷، ۲/۴۱ و ۱۱/۵ (mg/l) به دست آورده و با میانگین جهانی و سایر مناطق جهان مقایسه کردند. علت بالا بودن ترکیبات فوق را می‌توان قلت بارندگی، وجود مقداری نزولات خشک^{۳۱} همراه با نمونه‌ها، آلودگی هوای منطقه، سازندهای آهکی منطقه عنوان کرد. تطابق خوب بین میزان Ca^{2+} و NO_3^- ($R^2=0.58$) نشانگر این است که Ca^{2+} در نتیجه انحلال ذرات کربناتی به وسیله اسید نیتریک و یا اسید سولفوریک در هوا به آب باران اضافه می‌شود و هر چه میزان SO_4^{2-} و NO_3^- بیشتر باشد میزان دو اسید فوق زیادتر و غلظت Ca^{2+} نیز افزایش می‌یابد [16]. میزان املاح و ترکیب شیمیایی بارش‌های جوی بستگی به فاصله محل بارش تا آب سطحی منشاء ابر و ترکیب شیمیایی این آب، میزان آلودگی‌ها و املاح موجود در هوای منطقه و وضعیت هوا در هنگام بارش، فواصل بین بارش‌ها و موقع نمونه گیری نسبت به زمان بارش دارد. ترکیب شیمیایی نزولات جوی بر روی کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی، املاح و ساختمان خاک، اکوسیستم‌های مختلف و مصالح به کار رفته در ساختمان‌ها مؤثر بوده و به علاوه می‌تواند به عنوان شاخصی برای تعیین میزان آلودگی هوای منطقه به کار رود. در مورد ترکیب شیمیایی و انواع یون‌ها تحقیق نشان داد که غلظت کلر نمونه‌ها پایین (در حد صفر) بود که نشانگر منشاء غیر دریایی و یا کاهش کلر به دلیل دوری از دریا می‌باشد چرا که با افزایش فاصله از دریا میزان کلر به طور صعودی کاهش می‌یابد [17]. نتیجه نشان داد که میزان املاح نزولات جوی منطقه مورد مطالعه بسیار بالاتر از

^{۳۱}. Dry precipitation

میانگین جهانی و در حد مناطق آلوده می‌باشد. این امر می‌تواند به دلیل قلت بارش، وجود منابع آلوده کننده در منطقه و بادهای شدید که باعث پخش ذرات معلق و جلوگیری از نشست آنها می‌شوند باشد.

پانیتری و همکاران (۲۰۰۰) [18]، با مطالعه خود در ایتالیا شهر Bologna با جمع آوری نمونه‌های مجزا و ماهانه که از مارچ ۱۹۹۶ تا می ۱۹۹۷ که جمعا ۴۳ نمونه باران و دو نمونه برف می‌شد یون‌های اصلی (Na^+ ، K^+ ، Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، NH_4^+ ، Cl^- ، NO_3^- ، SO_4^{2-} و HCO_3^- بر حسب mg/l) اندازه گیری کردند میانگین غلظت یون‌ها به ترتیب ۲/۳۵، ۰/۹۳، ۰/۳۸، ۶/۲۹، ۱/۱۹، ۳/۴۷، ۴/۵، ۵/۶۲ و ۱۴/۱۶ میلی گرم بر لیتر بوده است. فاکتورهای غنی شدگی میانگین وزنی یون‌ها را نسبت به آب دریا برای $\text{Na} = 1.0$ ، $\text{K} = 15.2$ ، $\text{Ca} = 105$ ، $\text{Mg} = 3.3$ ، $\text{SO}_4 = 17.3$ و $\text{HCO}_3 = 663$ به دست آوردند و تطابق‌های مثبت خیلی خوبی در سیستم Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3^- - SO_4^{2-} مشاهده کردند که نشان دهنده انحلال ذرات کربناتی کلسیم و منیزیم دار به وسیله H_2SO_4 و HNO_3 حاصل از احتراق نفت و گاز است و یک فرآیند اصلی کنترل کننده ترکیب شیمیایی باران‌ها و برف‌های بررسی شده است. در طی دوره بررسی، محققین فوق به این عقیده رسیده‌اند که پخش^{۳۲} شدن ذرات آب دریا منبع اصلی Na^+ و Cl^- در بارش‌های ماهانه باشد اما سهم قابل ملاحظه‌ای از Na^+ از منبع خشکی بوده است که در تعدادی از باران‌ها مشاهده شده است. K^+ اساسا منشاء خشکی از گرد و خاک و کودهای کشاورزی را دارد. NH_4^+ در باران‌های بهار و تابستان زیاد می‌شود، بنابراین منشاء آنها به طور غالب از فعالیت‌های میکروبی در خاک و استفاده از کودها است.

فورنارو (۲۰۰۶) [19]، به بررسی کارهای گذشته دیگران که در طی ۲۰ سال و ۱۱ دوره نمونه گیری از بارش‌های سالهای ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۳ در شهر سائوپائولو برزیل جمع آوری شده پرداخته است و بیشتر مسئله pH را مد نظر قرار دادند. آنها نتایج به دست آمده را با یکدیگر مقایسه کرده و پی بردند که میانگین غلظت سالیانه آلاینده SO_2 در هوا کاهش یافته از میانگین سالیانه $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در سال ۱۹۸۳ به $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در سال ۲۰۰۳ رسیده است. در نتیجه مقدار اسیدپتة نزولات جوی از سالهای ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۳ نیز رو به کاهش بوده است، برای مثال از نوامبر ۱۹۸۳ تا فوریه ۱۹۸۵ میانگین اسیدپتة نمونه‌ها ۴/۵ گزارش شد [20] و میانگین pH نمونه‌های سپتامبر ۱۹۹۳ تا می ۱۹۹۴، ۴/۵۴ گزارش شد [21] و برای نمونه‌های نوامبر ۱۹۹۴ و نوامبر ۱۹۹۵ میانگین pH نمونه‌ها ۶/۰ گزارش شد [22]. پس کاهش SO_2 در هوا عامل مؤثری در کاهش اسیدپتة بارش‌ها بوده است. محققین فوق در نتیجه گیری خود اشاره می‌کنند که مقادیر pH کمتر از ۴/۵ از سال

^{۳۲}. Spray

۱۹۹۵ به بعد مشاهده نشد که به این حقیقت اشاره می‌کند که انتشار SO_2 در اتمسفر به تدریج کاهش یافته است. داده‌ها غلظت سولفات به طور همزمان کاهش این ترکیب را نشان می‌دهند، اما غلظت نترات کاهش چندانی را نشان نمی‌دهد. داده‌های آمونیوم اگرچه کم، اما نشان می‌دهند که این یون در نمونه‌های باران جمع آوری شده غالب بوده است.

الخشمان (۲۰۰۵) [23]، به بررسی ترکیب شیمیایی ۲۱ نمونه نزولات جوی مرطوب در منطقه اشیدیای^{۳۳} اردن که در برگیرنده ۹۵ درصد باران‌های منطقه و از اکتبر ۲۰۰۳ تا می ۲۰۰۴ جمع آوری شده پرداخته است. همه نمونه‌ها برای یون‌های اصلی (Cl^- ، NO_3^- ، SO_4^{2-} ، HCO_3^- ، Na^+ ، K^+ ، Mg^{2+} ، Ca^{2+} و NH_4^+) و فلزات سنگین (Cd ، Cu ، Pb ، Zn ، Fe و Ni) آنالیز شدند. نتایج تحقیقات الخشمان نشان داد که بیشترین غلظت عناصر در آغاز فصل بارندگی است زمانی که بیشترین تمرکز گرد و غبار در اتمسفر وجود دارد و توسط باران شسته می‌شوند. دامنه مقادیر pH نمونه‌ها بین ۵/۳۳ تا ۷/۹۰ با میانگین ۶/۶۵ بود. مقادیر بالای pH به دلیل گرد و خاک‌های محلی که حاوی مقدار زیادی کلسیت و دولومیت است می‌باشد. بالاترین مقدار EC اندازه گیری شده در این مطالعه $530 \mu s/cm$ که به دلیل وجود گرد و غبارهای ناشی از بیابان و صحرا که توسط باد به منطقه آورده شده‌اند و کمترین مقدار EC، $37 \mu s/cm$ در نتیجه بارش باران شدید در منطقه بوده است. مقادیر یون‌ها در نزولات نشان دهنده یک روند کلی $NO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ برای آنیون‌ها و $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ برای کاتیون‌ها است. یون‌های اصلی آب باران شامل Ca^{2+} ، HCO_3^- ، SO_4^{2-} ، Cl^- ، Mg^{2+} است که غلظت بالایی دارند. برای فلزات سنگین این مطالعه مشخص کرد که منشأ این فلزات از فعالیت‌های انسانی^{۳۴} محلی (معدن فسفات، استفاده از وسایل گرمایشی در فصل سرما) و فعالیت‌های انسانی است. در کل نتایج این مطالعه نشان داد که خواص شیمیایی آب باران به شدت تحت تاثیر منابع طبیعی است تا منابع معدنی و انسانی.

محاسبه نسبت SO_4^{2-}/NO_3^- ممکن است نشان دهنده منابع انسانی در نزولات جوی مناطق صنعتی باشد [24]. نتایج به دست آمده در این مطالعه با نتایج سایر مناطق مقایسه شدند که، نسبت به دست آمده در مقایسه با مطالعات دیگران کمتر و فقط از یک محل نمونه گیری بیشتر بود. این مسئله ممکن است به این دلیل باشد که مطالعات دیگران در کنار یا داخل مناطق صنعتی بوده باشد. NO_3^- و SO_4^{2-} یون‌های متداول اسیدی کننده

^{۳۳}. Eshidiya

^{۳۴}. Anthropogenic

باران هستند. در حالی که سهم نسبی این آنیون‌ها در اسیدی کردن آب باران متغیر است. به تازگی، سهم H_2SO_4 در اسیدی کردن نمونه‌های باران ۶۰-۷۰ درصد و HNO_3 ۳۰-۴۰ درصد برآورد شده است [24, 25, 26].

المومانی و همکاران (۱۹۹۵) [25]، در تحقیق خود ترکیب شیمیایی نزولات جوی منطقه صنعتی منهمن^{۳۵} در نزدیکی از میر ترکیه که شامل غلظت یون‌های اصلی (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , H^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} و NH_4^+) و pH نمونه‌ها بود را بررسی کردند و در مطالعه خود به این نتایج دست پیدا کرده‌اند: pH آب باران بین ۵/۰ تا ۶/۹ متغیر است و دارای میانگین ۵/۶ می‌باشد. اگر تمامی سولفات (SO_4^{2-}) و نیترات (NO_3^-) نزولات منطقه منهمن از دو اسید H_2SO_4 و HNO_3 بود می‌بایست اسیدیته باران ۳/۶ می‌شد. اما pH بالای نزولات به دلیل نبود فعالیت‌های انسانی در منطقه نیست بلکه خنثی شدن این اسیدها به وسیله مواد بازی است که در هنگام تشکیل ابر یا در زمان ریزش باران در آنها حل می‌شوند. نسبت SO_4^{2-}/NO_3^- در نمونه‌های باران منطقه ۲/۹ است که نشان دهنده حضور ۷۰ و ۳۰ درصدی H_2SO_4 و HNO_3 در آب باران است. به دلیل فعالیت‌های کشاورزی گسترده در نزدیکی منطقه، غلظت K^+ و Ca^{2+} خیلی بالا است و با مقایسه نسبت‌های Na^+/Ca^{2+} و Na^+/K^+ با آب دریا مشخص شد که سهم نمک دریا در غلظت یون‌های K^+ و Na^+ کمتر از ۵ درصد است [28]. میانگین غلظت یون‌ها در این مطالعه در جدول (۳-۹) آمده است. خنثی سازی یک فرآیند محلی است و باز اصلی که مسئول خنثی سازی اسیدیته باران بود NH_3 حاصل از کودهای کشاورزی موجود در منطقه است. کربنات کلسیم ناشی از گرد و غبارهای محلی سهم ۱۶ درصدی در خنثی سازی اسیدیته باران دارد.

جدول ۳-۹ غلظت یون‌ها ($\mu eq/l$) و pH [25]

NH_4^+	Ca^{2+}	K^+	Mg^{2+}	Na^+	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	pH	آلاینده‌ها
۵۲	۸۶	۲۳	۱۰۵	۱۲۳	۳۲	۶۹	۱۲۳	۵/۶۴	مقادیر

لارا و همکاران (۲۰۰۱) [29]، ترکیب شیمیایی ۲۷۲ نمونه باران را که از آگوست ۱۹۹۷ تا جولای ۱۹۹۸ در چهار ایستگاه در جنوب شرقی برزیل در حوضه آبریز رودخانه Piracicaba که بیش از ۷۰۰۰ واحد صنعتی در آنجا وجود دارد را بررسی و ترکیبات زیر در نمونه‌ها را آنالیز کردند (NH_4^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Br^- , NO_2^- , Cl^- , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , DOC, DIC and pH). آنها دریافتند که بیشترین فراوانی یونی مربوط به NH_4^+ با تغییراتی از

^{۳۵}. Menemen

$\text{NH}_4^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ و ترتیب نزولی یون‌ها به صورت زیر است $39/7 \text{ } \mu\text{eq/l}$ تا $29/7$. میانگین اسیدیته بارندگی‌ها را $\text{pH} = 4.5$ به دست آوردند.

از لحاظ آماری غلظت املاح در فصل خشک نسبت به فصل مرطوب بالاتر بودند. یک استثنای قابل توجه یون NH_4^+ بود که در طی فصل بارندگی مقادیر خیلی بیشتری داشت. و در نهایت به این نتایج رسیدند که، گرد و خاک با غلظت Ca^{2+} و Mg^{2+} ؛ احتراق بایومس به ویژه احتراق نیشکر با K^+ و Cl^- ؛ و فعالیت‌های صنعتی با غلظت SO_4^{2-} و NO_3^- ارتباط دارند.

۳-۱۶-۳ - آلودگی خاک

پاینده و لندی (۱۳۸۶) [۱۷]، در تحقیق خود درباره تأثیر فلزات سنگین ناشی از کارخانجات صنعتی اهواز بر خاک اطراف این صنایع ۱۰ نمونه خاک از فاصله ۱ کیلومتری تا شعاع ۱۰ کیلومتری در سه عمق ۰-۱۵، ۱۵-۳۰ و ۳۰-۵۰ سانتی‌متر برداشت کرده و فلزات سنگین (Cd و Zn، Cu، Ni، Fe) و pH نمونه‌ها را اندازه‌گیری کردند. هدف این تحقیق بررسی میزان و تأثیر فلزات سنگین حاصل از فرآیندهای تولیدی کارخانجات صنعتی فولاد و نورد استان خوزستان بر کیفیت خاک و محصولات کشاورزی بوده که به صورت گرد و غبار یا از راه پساب‌های خروجی انتقال پیدا می‌کنند.

نتایج تجزیه نمونه‌های خاک نشان داد که خاک تا شعاع ۱۰ کیلومتری تحت تأثیر غبارات کارخانجات قرار گرفته که مقدار قابل جذب فلزات سنگین در اراضی که در فاصله ۱ کیلومتری کارخانه‌ها قرار دارند حداکثر می‌باشد. از جمله فلزاتی که غلظت قابل جذب آنها از حد نرمال بیشتر به نظر می‌رسد می‌توان به آهن و نیکل اشاره نمود. حداکثر غلظت این فلزات در مجاورت کارخانه به ترتیب $57/17$ و $9/9$ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. هدایت الکتریکی خاک‌های این مناطق بیشتر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. هدایت الکتریکی غبارات صنایع فولاد معمولاً بالاست و بیشتر از ۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و فائدتا غبارات صنایع فولاد با پراکنش ذرات گرد و غبار و رهاسازی نمک‌های محلول در خود منجر به افزایش EC خاک می‌شود [30]. تحقیقات نشان داده‌است که افزودن ضایعات صنعتی به یک خاک باعث ۳ واحد افزایش در هدایت الکتریکی عصاره اشباع می‌شود [31]. اسیدیته خاک‌های تحت الشعاع این کارخانه‌ها با نزدیکتر شدن به محل استقرار این صنایع از $7/6$ تا $8/5$ افزایش می‌یابد. pH غبارات صنایع فولاد در حدود $12/8$ است که نشان دهنده قلیایی بودن این ترکیبات می‌باشد. پتانسیل خنثی‌سازی ذرات گرد و غبار ناشی از اکسیدهای

سدیم، کلسیم و منیزیم است که با آب قلیائیت خالص تولید می‌کنند و به این ترتیب باعث خنثی سازی هیدروژن‌های محلول خاک می‌شوند. تحقیقات نشان داده است که با کاربرد ۵/۳ گرم از غبارات صنایع فولاد در یک خاک گلدانی، pH آن از ۴/۷ به ۵/۸ افزایش یافته است [30].

۳-۱۷- ارتباط این تحقیق با مطالعات گذشته

مطالب بخش قبل به این دلیل به صورت مجزا از هم آورده شده چون در بین مطالعات قبلی و مقالات در دسترس چنین تحقیقی دیده نشده است. این تحقیق برای اولین بار در ایران به مطالعه همزمان آلودگی‌های هوا، آب و خاک پرداخته است.

۴-۱- بازدیدها و عملیات میدانی

برای انجام این تحقیق سه بار به منطقه مسافرت که بار اول آن در اواخر بهار سال ۸۶ بود که برای آشنایی با منطقه چهار روز در منطقه اقامت و با همراهی یکی از مسئولین منطقه به بازدید از منطقه پرداخته و تعدادی عکس از فلرها (شکل ۴-۱) که بیشترین آلاینده‌گی هوا را در منطقه ایجاد می‌کنند گرفته و اطلاعات مورد نیاز و نقشه رقومی منطقه از مسئولین مربوطه دریافت شد.



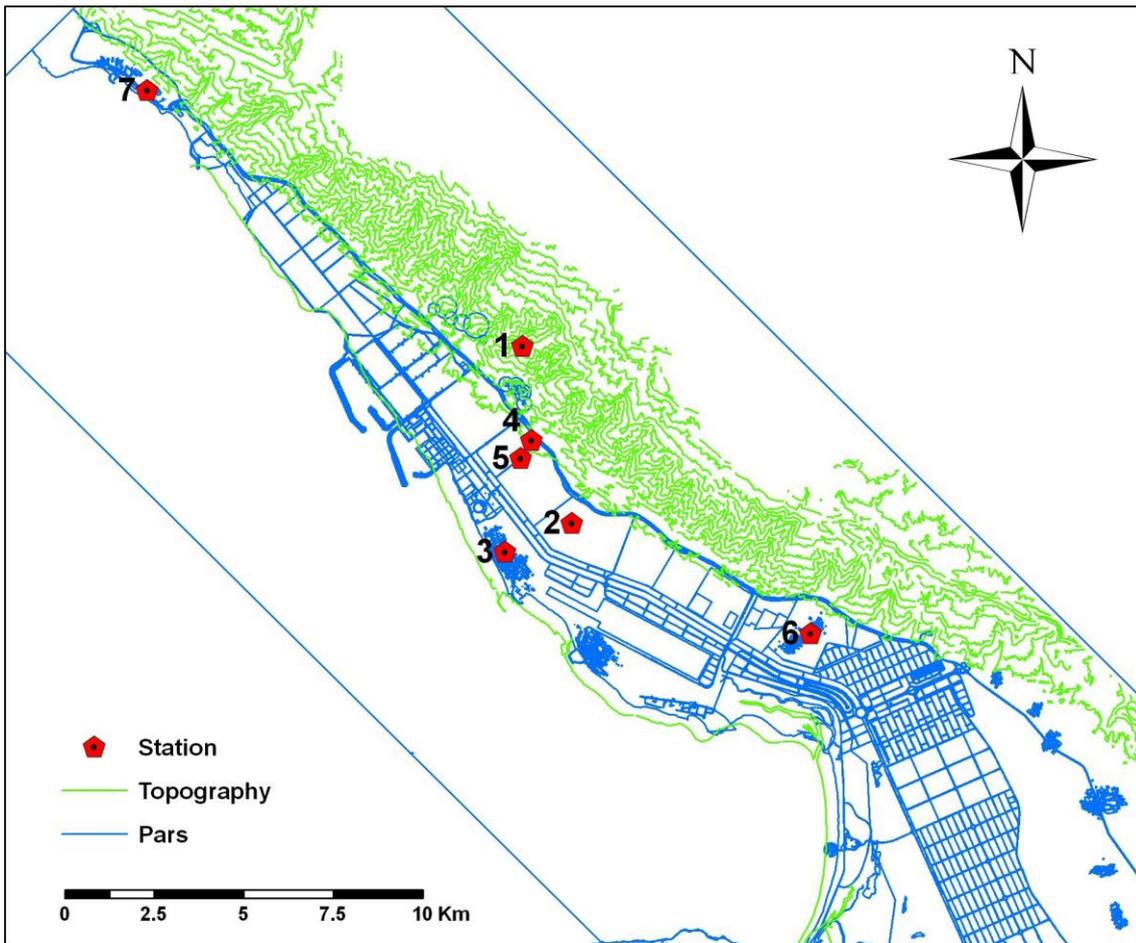
شکل ۴-۱- تصویری از آلاینده‌گی مشعل‌ها در منطقه

سفر بعدی به منطقه در زمستان ۱۳۸۶ با پیگیری‌های زیاد برای نمونه‌گیری از خاک و نزولات جوی انجام شد. ۱۰ نمونه خاک از منطقه با همکاری مسئولین HSE^{۳۶} و پژوهشکده صنعت نفت که آشنایی بیشتری به منطقه داشتند صورت گرفت ولی برای نمونه‌گیری از باران به دلیل مشکلات موجود و بارش کم در منطقه فقط یک نمونه باران از منطقه و به جای آن ۵ نمونه آب سطحی (روان آب) گرفته شد

۴-۲- جمع آوری داده‌های هوا

برای دستیابی به اهداف این تحقیق، آلاینده‌های هوای منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس به مدت حدوداً ۳ سال از آوریل ۲۰۰۳ (فروردین ۸۲) تا نوامبر ۲۰۰۵ (آبان ۸۴) هر ۱۵ روز یک بار از ۷ ایستگاه (۱. بالای کوه ۲. کمپ TSP ۳. نخل تقی ۴. بین فازهای ۲، ۳ و ۱ ۵. فاز یک ۶. بیدخون ۷. شیرینو) توسط شرکت فرانسوی توتال اندازه‌گیری شدند. موقعیت این ایستگاه‌ها در شکل (۴-۲) آمده است. غلظت‌های یازده ترکیب شامل SO_2 ، NO_2 ، O_3 ، VOC (شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، اورتوگزیلن، پاراگزیلن و متاگزیلن)، CO و H_2S در هفت ایستگاه اندازه‌گیری، ارزیابی شدند. مقادیر CO و H_2S از حد تشخیص دستگاه‌های اندازه‌گیری پایین‌تر بوده و لذا بررسی نشدند. غلظت‌های سولفید هیدروژن و منوکسیدکربن با استفاده از دراگر تیوپ (Drager tubes) و غلظت‌های دی‌اکسید سولفور، دی‌اکسید نیتروژن، ازن و VOC با استفاده از پاسام کیچر (Passam captors) اندازه‌گیری شدند. داده‌های آلاینده‌های هوا در پیوست ۱ به تفصیل آمده است.

³⁶. Health Safely Environment



شکل ۴-۲- موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا

۴-۳- جمع آوری داده‌های آلودگی خاک

چون هدف ما در این مطالعه بررسی آلاینده‌های هوا و تاثیر آنها روی خاک بود سعی شد نمونه‌های خاک از خاک سطحی حداکثر تا عمق ۵ سانتی متر و از مناطق بکر و دست نخورده منطقه جمع آوری شود. از هر محل تقریباً ۲ کیلو خاک برداشت شد که به دو قسمت مساوی تقسیم شده و یک کیلو از آن در کیسه‌های نایلونی برای آنالیز فلزات سنگین و pH و بقیه خاک در فویل‌های آلومینیومی برای آنالیز TPH^{۳۷} ریخته و آزمایشگاه پژوهشکده صنعت نفت تهران فرستاده و مورد آنالیز قرار گرفتند.

³⁷. Total Petroleum Hydrocarbon

۴-۳-۱- آنالیزهای انجام شده بر روی خاک

برای نمونه‌های خاک غلظت ۹ فلز سنگین منگنز (Mn)، کادمیوم (Cd)، آهن (Fe)، نیکل (Ni)، کروم (Cr)، کبالت (Co)، سرب (Pb)، مس (Cu) و جیوه (Hg)، بر حسب میکروگرم بر گرم و pH اندازه گیری شد. نتایج حاصل از این اندازه گیری در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

جدول ۴-۱- غلظت عناصر مختلف در خاک‌های منطقه (ppm)

شماره نمونه	شماره نمونه									y x
	عسلویه	فلر ۲	بیدخون	فاز ۴ و ۵	نایبند	کمپ ۴	شیرینو	پتروشیمی	نخل تقی	
Mn	۲۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۲۰۰	۱۰۰
Cd	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۶۹	۰/۴۱	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۶۶
Fe	۷۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰	۶۵۰۰	۱۹۰۰	۱۴۰۰۰	۷۳۰۰	۱۲۰۰۰	۷۲۰۰	۵۹۰۰
Ni	۵۷	۵۶	۲۹	۵۸	۴۴	۷۱	۴۲	۷۸	۵۵	۶۳
Cr	۱۶/۴	۱۷/۶	۱۸/۵	۱۹/۴	۱۵/۷	۱۶/۲	۱۲/۶	۱۵/۳	۱۸/۴	۱۷/۸
Co	۲۶/۵	۲۸/۰	۲۱/۳	۲۱/۱	۳۳/۰	۳۵/۶	۱۸/۵	۲۵/۳	۳۱/۴	۲۹/۲
Pb	۴۱/۷	۳۳/۱	۴۰/۲	۳۵/۴	۴۲/۴	۴۱/۲	۳۰/۵	۴۰/۷	۴۵/۰	۴۲/۶
Cu	۷/۸	۸/۳	۷/۴	۷/۹	۶/۷	۹/۶	۵/۷	۸/۸	۷/۷	۸/۴
Hg	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵	<۰/۰۲۵
pH	۶/۹	۸/۰	۷/۵	۷/۹	۸/۴	۷/۵	۸/۱	۸/۲	۷/۸	۸/۳

۴-۴- جمع آوری داده‌های آلودگی آب

در این تحقیق، برای نمونه برداری از آب باران منطقه قصد بر این بود که نمونه برداری در کل دوره بارش و برای هر بارندگی به صورت مجزا ۱۰ نمونه برداری صورت گیرد و حتی در خواست ساخت سه پایه برای این کار به واحد تاسیسات منطقه ویژه داده شد تا نمونه برداری به صورت اصولی صورت گیرد. ولی به دلیل عدم همکاری بخش HSE و نبود هماهنگی‌های لازم بین این بخش با واحد تاسیسات متاسفانه سه پایه‌ها ساخته نشد. در زمان پاییز و زمستان که زمان بارندگی در منطقه است پیگیری‌های زیادی برای سفر به منطقه برای نمونه برداری از آب باران صورت گرفت که میسر نشد و فقط یک نمونه باران و برای تعیین کیفیت آبهای سطحی منطقه ۵ نمونه آب سطحی حاصل از روان آبهای منطقه پس از یک بارندگی در دی ماه سال ۸۶ برداشت شد. این نمونه‌ها به سرعت به تهران انتقال داده شدند تا در پژوهشکده صنعت نفت پارامترهایی که در جدول (۴-۲) آمده است در آنها اندازه گیری شود.

جدول ۴-۲- نتایج آنالیز نمونه‌های آب سطحی و باران (mg/l)

نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	باران
pH	۶/۹	۷/۲	۷/۲	۶/۸	۷/۲	pH
TDS	۸۵۰	۶۵۰	۱۰۰۰	۴۵۰	۳۵۰	سختی کل
TSS	۱۰۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	سختی کلسیم
نیترات	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۳	کلراید
نیتریت	۰/۱۲	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۶۸	۰/۳۰	قلیائیت
NH ₃	۶/۴	۷/۱	۳/۹	۴/۹	۲/۸	بی‌کربنات
TPH	۴/۰	۱/۹	۸/۰	۲/۰	۲/۰	کبالت
PO ₄	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۵	
COD	۵۶۰	۳۶۰	۴۸۰	۵۳۰	۵۰۰	
BOD ₅	۳۵۲	۲۷۰	۳۴۵	۳۷۰	۳۵۵	
کبالت	۳۸	۶۶	۱۰۴	۴۱	۱۲	

۴-۵- روش تحقیق

۴-۵-۱- تهیه نقشه‌های هم‌غلظت هوا

نقشه‌های پراکندگی آلاینده‌ها در منطقه توسط نرم افزار ArcGIS 9.2 و با استفاده از روش درون‌یابی مکانی^{۳۸}، وزن دهی معکوس فاصله^{۳۹} که یک روش معمول در مطالعات گوناگون است به ویژه مطالعاتی که با متغیرهای زیست محیطی سر و کار دارند تهیه گردید. اساساً هدف از درون‌یابی تشخیص الگوهای مکانی عوارض به وسیله برآورد (پیش‌بینی) مقادیر در محل‌های نمونه برداری نشده بر اساس اندازه‌گیری‌های نقاط نمونه برداری شده است. برای اینگونه مطالعات معمولاً از دو روش درون‌یابی مکانی (وزن دهی فاصله و کریجینگ) استفاده می‌شود [11 و 14] و کریجینگ کارکرد بهتری نسبت به وزن دهی فاصله دارد [13]. در این مطالعه به دلیل کم بودن ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌ها (۷ ایستگاه) از روش وزن دهی معکوس فاصله برای تهیه نقشه‌های هم‌غلظت استفاده شد. برای استفاده از روش کریجینگ حداقل به ۱۰ ایستگاه نیاز است. از مجموع ۷۰ داده‌ای که بیشترین غلظت را در ایستگاه‌ها و آلاینده‌های مختلف داشتند فقط ۵ ایستگاه داده‌های آنها در سال ۲۰۰۳ برداشت شدند، ۱۸ داده مربوط به سال ۲۰۰۴ و مابقی یعنی ۴۷ داده دیگر مربوط به سال ۲۰۰۵ می‌باشند.

³⁸. Spatial Interpolation

³⁹. Inverse Distance Weighing

۴-۵-۲- تهیه نقشه آلاینده‌های خاک

برای نمونه‌های خاک پس از به دست آمدن نتایج آنالیزشان ابتدا غلظت آنها با نمونه شاهد (شیرینو) مقایسه شدند و همانطور که انتظار می‌رفت مشخص شد که غلظت دیگر نمونه‌ها از نمونه شاهد بیشتر می‌باشد. سپس غلظت تمامی عناصر با فاصله از مرکز آلاینده‌ها مقایسه شدند. در مرحله بعد به بررسی دو فاکتور غنی‌شدگی و شاخص زمین‌انباشتگی مقادیر نمونه‌ها پرداخته شد. سپس در مرحله آخر نقشه‌های هم‌غلظت برای این سه عنصر با استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه شد.

۴-۵-۳- بررسی آب سطحی و باران

پس از دریافت نتایج آنالیز نمونه‌های آب به دلیل اینکه تعداد نمونه‌ها کم بود فقط به مقایسه مقادیر غلظت آنها با استاندارد WHO بسنده شد و از هیچ روش آماری و نرم افزار خاصی برای بررسی آنها استفاده نگردید.

۴-۶- مدل سازی

منطقه مورد مطالعه بخشی از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ به شماره ۱۷۵ و ردیف ۱۵۶ مربوط به سال ۲۰۰۲ را در بر می‌گیرد. این داده‌ها شامل شش باند طول موجی با قدرت تفکیک ۳۰ متر در باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ می‌باشد. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل میدان دید فرامنطقه‌ای، دسترسی آسان، چندباندی بودن، توانایی بارزسازی و فراهم نمودن تصاویر رنگی جهت مشخص کردن واحدها و پدیده‌های مختلف، سبب صرفه‌جویی در زمان، هزینه و نیروی انسانی در بررسی‌های مختلف زیست محیطی شده است. در این تحقیق با استفاده از روش‌های مختلف پردازش داده‌های رقومی نظیر نسبت باندها تهیه ترکیب‌های رنگی کاذب، توپوگرافی و رویه سطح زمین^{۴۰} منطقه آشکارسازی شده است. تصویر رنگی کاذب، ترکیب سه باند مختلف است که به صورت رنگ‌های قرمز، سبز، آبی با هم ترکیب می‌شوند. چنانچه باندهای ترکیبی در طول موج‌های قرمز، سبز، آبی باشد تصویر حاصله تصویری با رنگ واقعی خواهد بود. در صورتی که باندهای ترکیبی متفاوت از قرمز، سبز، آبی باشد تصویر حاصله، رنگ کاذب خواهد داشت. در ساخت ترکیب‌های رنگی کاذب بهتر است از باندهایی که همبستگی کمتری نسبت به هم دارند استفاده شود. در شکل‌های (۸-۸)

⁴⁰. Landscape

۱، ۲-۸ و ۳-۸) توپوگرافی، پوشش گیاهان و پارک جنگلی ناحیه مورد مطالعه به وسیله ترکیب رنگی کاذب (RGB 3, 5, 7) مشخص شده است.

با استفاده از روش روی هم قرار گیری و ترکیب نمودن لایه های مختلف تصویر ماهواره ای با لایه مدل انتشار آلاینده های هوا در ناحیه عسلویه در محیط GIS تلفیق شد. لذا در این تحقیق از روش همپوشانی شاخص^{۴۱} استفاده شد.

برای تهیه مدل انتشار آلاینده های هوا در ناحیه عسلویه از داده های آلودگی هوای منطقه که در طی سال های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ به طور پیوسته توسط شرکت فرانسوی توتال اندازه گیری شدند، استفاده شد. مهمترین فاکتور کنترل کننده آلاینده های هوا در منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی جهت و سمت باد غالب می باشد که از آنها برای تهیه نقشه مدل انتشار این آلاینده ها (SO₂ و NO₂) استفاده شد.

برای تهیه مدل انتشار آلاینده های هوا در مرحله اول نقشه های کنتور احتمالی^{۴۲} توسط نرم افزار ArcGIS تهیه شد سپس این نقشه ها رستری شده و برای استفاده در تصاویر ماهواره ای زمین مرجع^{۴۳} شدند. در مرحله بعد نقشه های به دست آمده در محیط GIS به روش همپوشانی شاخص بر روی تصاویر ماهواره ای منطقه که توضیح ایجاد آنها داده شد، تلفیق شدند و در نهایت اشکال (۲-۸، ۳-۸، ۴-۸) به دست آمدند. طبق این شکل ها انتشار آلاینده های NO₂ و SO₂ در راستای بادهای غالب منطقه (شکل ۱-۶) می باشد.

۵-۱- مقدمه

آگاهی از انواع آلاینده های هوا و نحوه انتشار آنها اساس مطالعه و کنترل این آلاینده ها است، زیرا این عوامل همراه با شرایط آب و هوایی غالب و ویژگی های توپوگرافی، کیفیت هوای یک ناحیه را تعیین می کنند [32]. اثرات زیان آور آلاینده های هوا بر روی سلامتی انسان به خوبی مشخص شده است [33]. مطالعات بسیاری اثرات منفی آلاینده های هوا در دراز مدت نشان می دهند، حتی در مواردی که میزان آلاینده های موجود در هوا کمتر از استانداردهای مربوطه باشد [34]. پاپ و همکاران (۱۹۹۵) پی بردند که افزایش سطح PM₁₀^{۴۴} تا ۱۰ μg/m³ با افزایش ۳ درصدی مرگ و میر مرتبط است. همچنین مشخص شده است که قرار گرفتن طولانی مدت در برابر گازهای SO₂، NO₂ و O₃ موجب کاهش عملکرد ریه ها [35]، افزایش شیوع آسم [37] و بیماریهای

41. Index overlay

42. Probability map

43. Georeference

44. Particle Matter

تنفسی می‌شود [38]. میانگین غلظت سالانه این آلاینده‌ها با استاندارد WHO مقایسه شدند. در این فصل به تفسیر و تحلیل داده‌های آلاینده‌های هوا و عوامل مؤثر بر میزان آلاینده‌ها و ترکیبات مختلف آنها پرداخته می‌شود.

۵-۲- دی اکسید نیتروژن

دی اکسید نیتروژن (NO_2) گازی است با رنگ قرمز-قهوه‌ای، غیر قابل اشتعال، بی بو و شدیداً خفه کننده این گاز یک پیش ماده اصلی برای شکل گیری ازن می‌باشد [39, 40]. این آلاینده در هفت ایستگاه مورد بحث اندازه گیری شده است. استاندارد WHO این آلاینده $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ برای میانگین سالیانه است. در مقایسه با این استاندارد، در چهار ایستگاه ۲، ۴، ۵ و ۶ میانگین سالانه سال اول، دوم و سوم از حد استاندارد WHO بالاتر می‌باشند (شکل ۵-۳). میانگین سالانه این آلاینده در منطقه $44/4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد که در مقایسه با استاندارد WHO بسیار بیشتر است (جدول ۵-۱). کمترین و بیشترین مقدار این گاز $0/4$ و $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ به ترتیب در ایستگاه‌های ۱ و ۲ می‌باشد. بررسی‌ها با استفاده از نقشه‌های تهیه شده به خوبی روند افزایش و انتشار این آلاینده در منطقه را نشان می‌دهد و دیده می‌شود که این آلاینده بیشتر در جنوب شرقی منطقه گسترش پیدا کرده است یعنی در پایین دست صنایع پتروشیمی و اطراف فازهای مختلف توسعه صنایع که می‌تواند به علت بادهای غالب منطقه که از شمال غربی می‌وزند باشد (اشکال ۵-۶، ۵-۷ و ۵-۸). همانطور که در این اشکال دیده می‌شود، غلظت آلاینده‌ها و پراکندگی آنها به سمت جنوب شرقی در منطقه رو به گسترش است. در شکل ۵-۸ در ادامه افزایش غلظت این آلاینده که پراکندگی آن در منطقه رو به گسترش است دیده می‌شود.

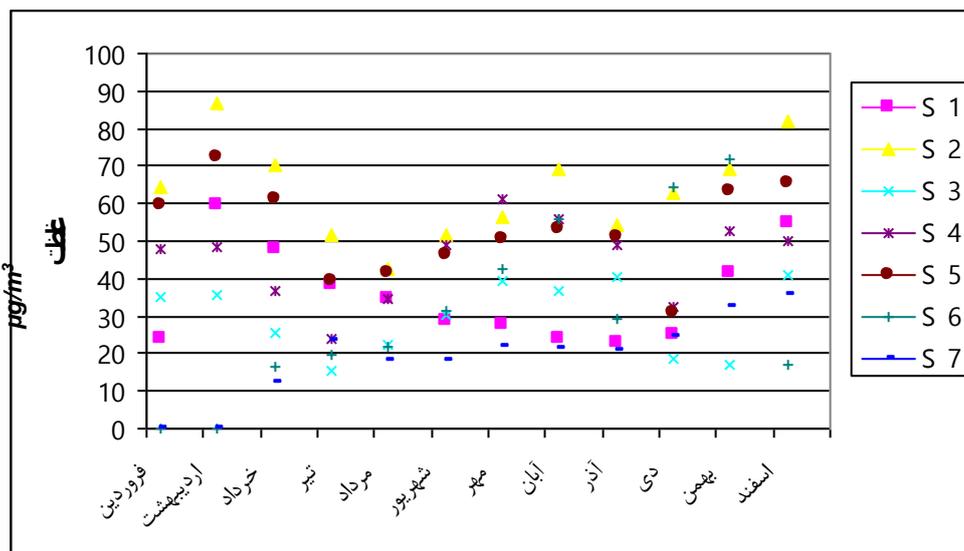
در ایستگاه‌های ۳، ۵ و ۶ به ترتیب ضریب (R^2) بین زمان و غلظت آلاینده‌ها به دست آمد $0/068$ ، $0/074$ و $0/175$ و در شکل (۵-۲) نمونه‌ای از روند افزایش این آلاینده که مربوط به ایستگاه شماره ۶ (بیدخون) است آورده شده است. تمام ایستگاه‌هایی که در پایین دست (جنوب شرقی) منابع آلاینده قرار دارند (یعنی ایستگاه‌های ۲، ۴، ۵ و ۶) از غلظت بیشتری نسبت به باقی ایستگاهها برخوردارند وزش بادهای غالب به این سمت و ارتفاعات شمالی منطقه مزید بر علت شده و آلاینده‌ها را به این سمت هدایت می‌کنند (اشکال ۵-۶، ۵-۷ و ۵-۸). میانگین سالانه داده‌های دی اکسید نیتروژن مربوط به اشکال اشاره شده در جدول ۵-۲ آمده است. در این اشکال مشاهده می‌شود که مقادیر هر سه از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بالاتر است. داده‌های به دست آمده از نقشه‌ها (جدول ۵-۲) نشان می‌دهد که میانگین این آلاینده در منطقه از حد

استاندارد WHO بالاتر بوده و بیشترین میانگین مربوط به سال سوم (شکل ۵-۸) با مقدار $47/74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد.

چون ایستگاه شماره ۱ در بالای ارتفاعات قرار دارد ممکن است پایین بودن غلظت NO_2 به این دلیل باشد. ایستگاه شماره ۳ (نخل تقی) اگرچه در پایین دست منابع آلاینده قرار دارد ولی ممکن است به دلیل نزدیکی به دریا نسیم دریایی باعث کاهش غلظت این آلاینده در این مکان باشد و یا ممکن است رطوبت زیاد در نزدیکی دریا باعث جذب آلاینده‌ها در رطوبت شده و به صورت نزولات تر، آلاینده‌ها را از هوا خارج کنند. ایستگاه شماره ۷ (شیرینو) چون دور از منابع آلاینده (فازهای مختلف و صنایع پتروشیمی) قرار دارد (تقریباً ۱۰ کیلومتر) و جهت وزش بادهای غالب از سمت شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد ممکن است کم بودن غلظت آلاینده‌ها به این دلیل باشد.

بررسی گلبادهای ماهانه منطقه (پیوست ۲) نشان می‌دهد که بادهای غالب در فصل بهار بیشتر شمال غربی و غربی است ولی از فصل تابستان به بعد تا بهمن علاوه بر بادهای غالب شمال غربی و غربی، بادهای غالب جنوب شرقی و شرقی زیاد می‌شوند. این روند تا اسفند ماه که بادهای جنوب شرقی و شرقی کاهش پیدا می‌کنند ادامه دارد. تغییرات جهت بادهای غالب تطابق خوبی با افزایش و کاهش غلظت NO_2 در منطقه دارد به طوری که با بررسی غلظت این آلاینده در تمام ایستگاهها در طی سال‌های ۸۲ و ۸۳ مشاهده می‌شود که در اواخر فصل زمستان (اسفند) تا اوایل فصل تابستان (تیر) غلظت این آلاینده بیشتر و در آغاز فصل تابستان تا آبان و آذر که مؤلفه شمال غربی و غربی بادهای غالب منطقه کم می‌شود غلظت این آلاینده مقداری افزایش می‌یابد. سپس در دی تا بهمن ماه که مجدداً مؤلفه بادهای شمال غربی و غربی افزایش می‌یابد غلظت این گاز کاهش نشان می‌دهد. در اسفند ماه نیز بادهای جنوب شرقی و شرقی کاهش می‌یابد دوباره غلظت این آلاینده افزایش پیدا می‌کند (شکل‌های ۵-۴ و ۵-۵). این امر ممکن است به این دلیل باشد که زمان ماندگاری این آلاینده در هوا بسیار کم است و با تغییرات جهت و سرعت بادهای غالب منطقه همبستگی خوبی نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵-۱ (این شکل به عنوان نمونه از داده‌های NO_2 در سال اول به دست آمده است) و شکل ۱-۴ (اطلاعات بارندگی منطقه) مشاهده می‌شود که در فروردین ماه که مقدار بارندگی بالا است غلظت آلاینده می‌باشد ولی در اردیبهشت ماه که مقدار بارندگی کم شده است مقدار آلاینده در منطقه بالا رفته است. در ماههای خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان که انتظار می‌رود غلظت آلاینده‌ها در منطقه زیاد شود، به دلیل اینکه بارندگی در منطقه کم می‌شود اما غلظت آنها کاهش می‌یابد که این امر همانطور که قبلاً توضیح داده

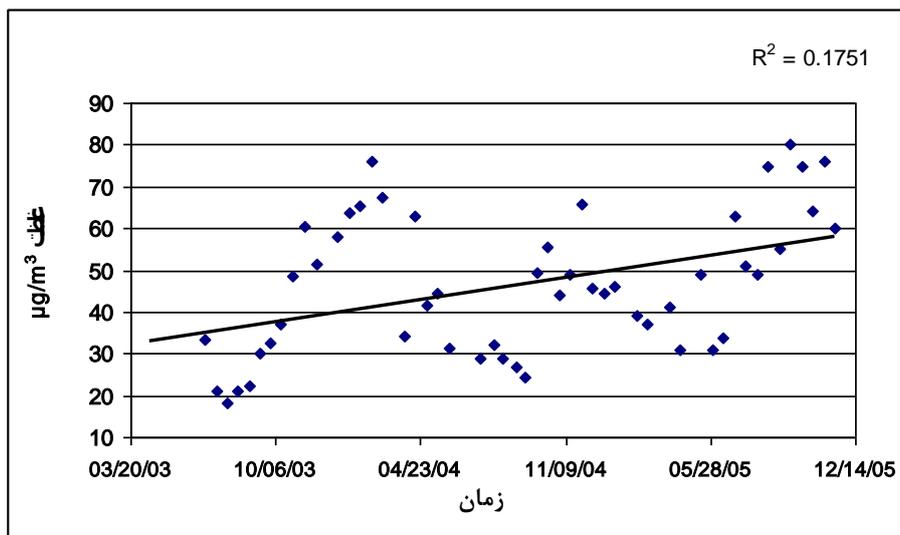
شد می‌تواند به دلیل وزش بادهای غالب منطقه باشد نه عامل بارندگی. در ماههای آذر و دی که مقدار بارندگی در محل زیاد می‌شود مجدداً مقادیر آلاینده‌ها کاهش می‌یابد و با کم شدن بارندگی در بهمن و اسفند مجدداً مقادیر آلاینده‌ها رو به فزونی می‌گذارد.



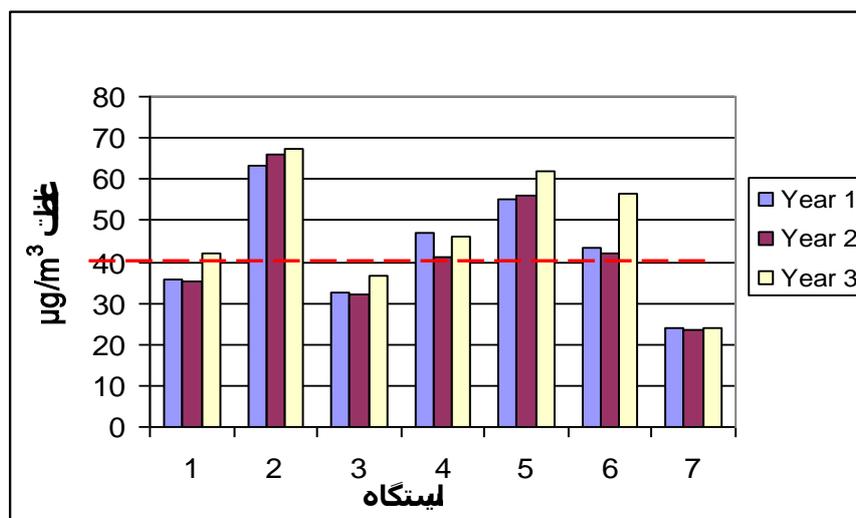
شکل ۵-۱- مقدار میانگین غلظت ماهانه آلاینده NO₂ در سال ۸۲

جدول ۵-۱- مقایسه مقادیر میانگین سالانه آلاینده‌ها با استانداردها (واحد µg/m³)

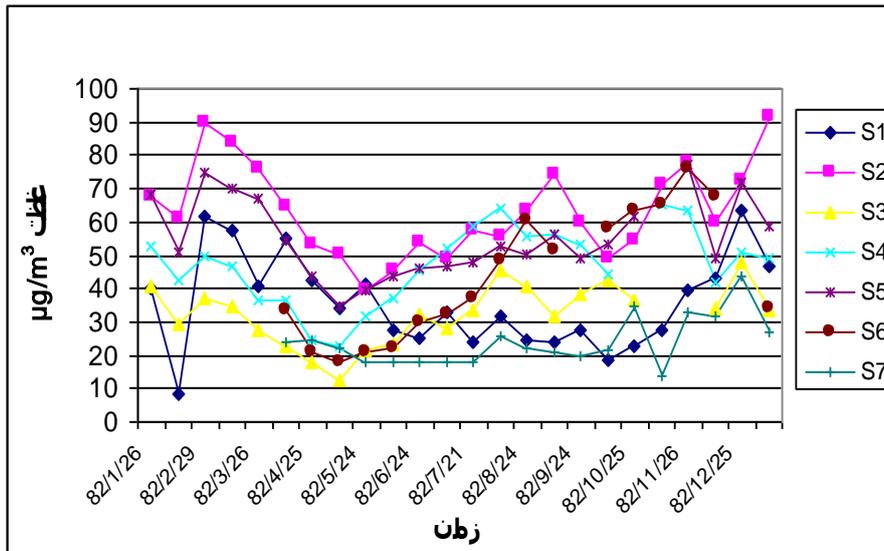
آلاینده	این مطالعه	WHO	استاندارد ایران
SO ₂	۴۶/۹	۵۰	۶۰
NO ₂	۴۴/۴	۴۰	۱۰۰
O ₃	۳۹/۸	-	-
PM ₁₀	-	-	-



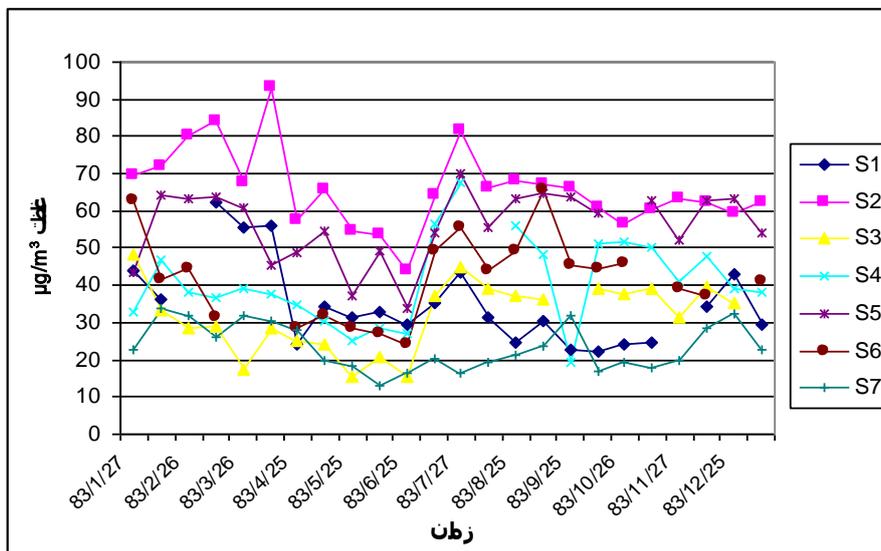
شکل ۵-۲- روند افزایش NO₂ در ایستگاه ۶ (بیدخون)



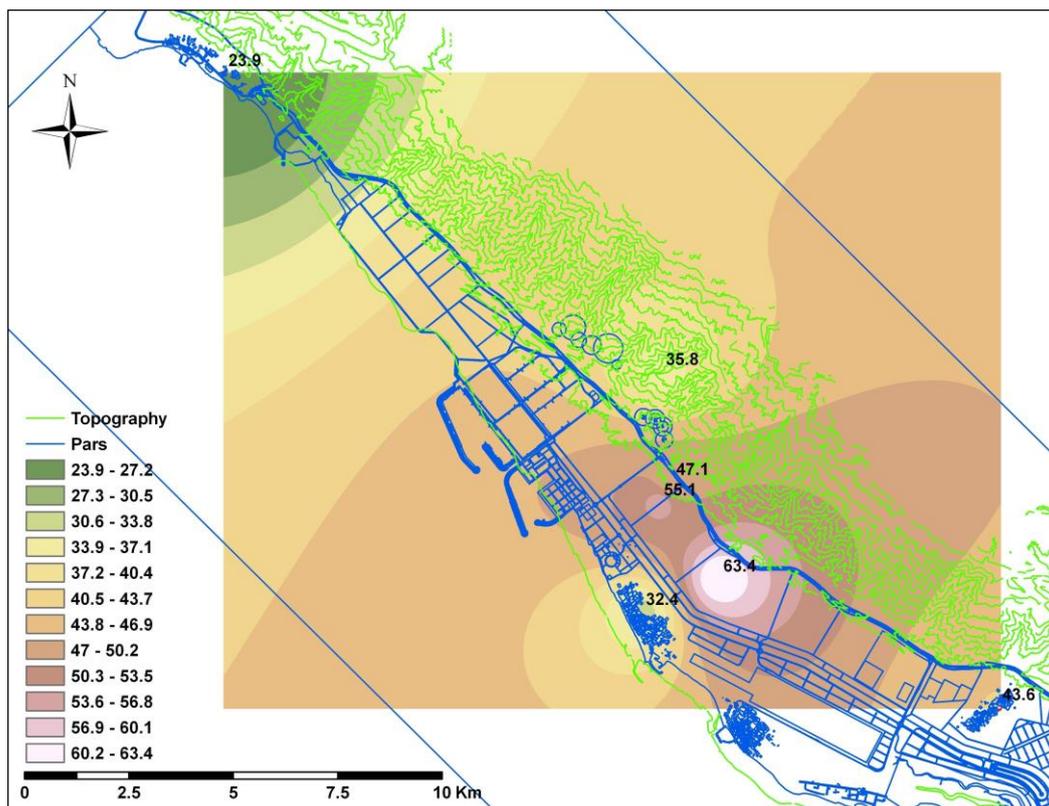
شکل ۵-۳- میانگین NO₂ در سالهای اول، دوم، سوم و میانگین WHO (نقطه چین)



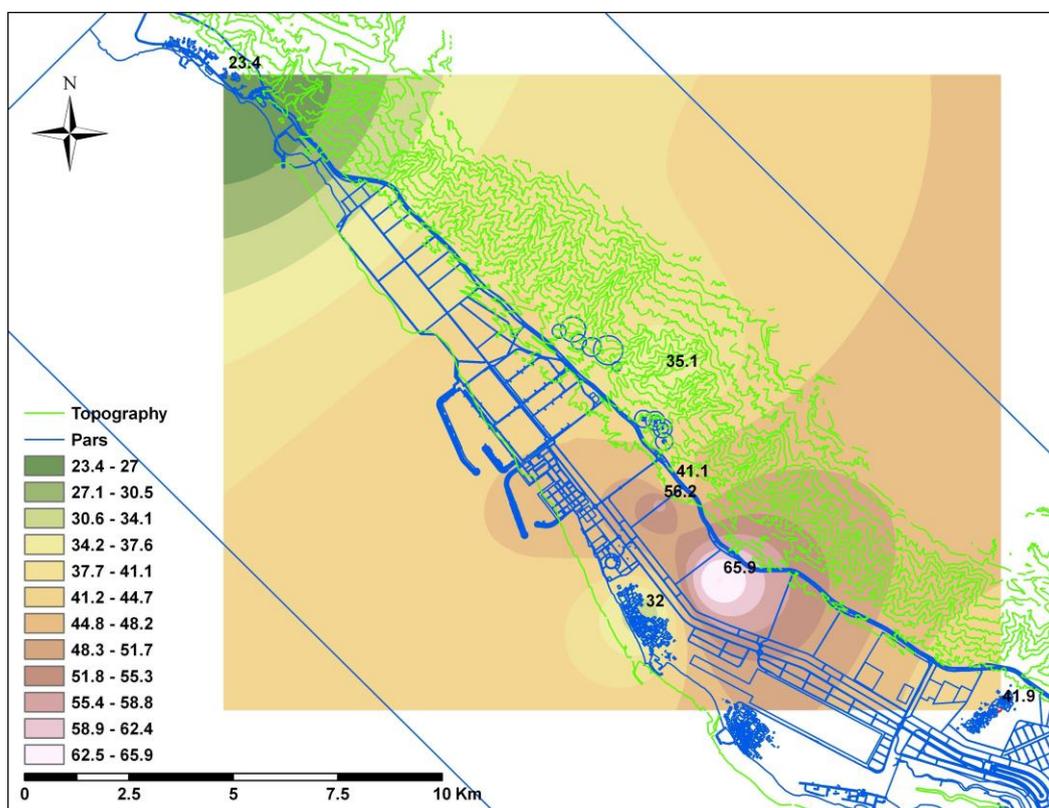
شکل ۴-۵- روند تغییرات NO₂ در طی سال ۸۲ در ایستگاه‌های مختلف



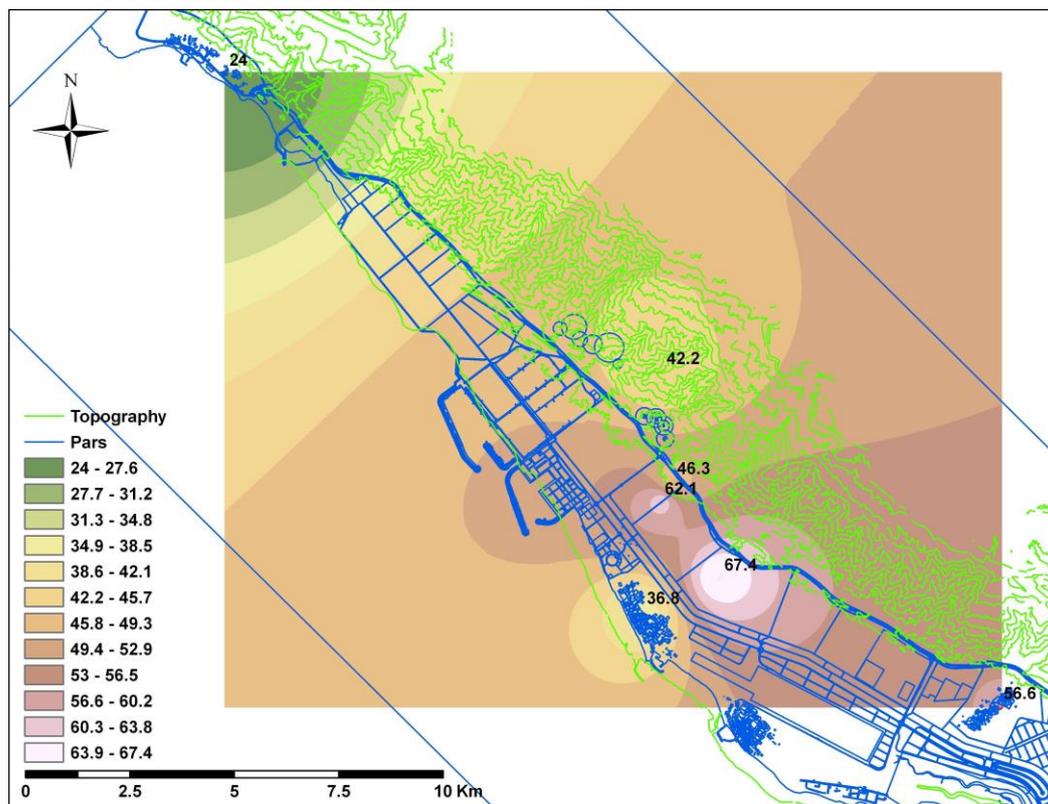
شکل ۵-۵- روند تغییرات NO₂ در طی سال ۸۳ در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۵-۶- نقشه پراکندگی میانگین NO₂ در سال اول



شکل ۵-۷- نقشه پراکندگی میانگین NO₂ در سال دوم



شکل ۵-۸- نقشه پراکندگی میانگین NO₂ در سال سوم

جدول ۵-۲- داده‌های آماری اشکال (۵-۶، ۵-۷، ۵-۸) (غلظت NO₂ بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	
۴۳/۳۹	۵/۳۴	۶۳/۴۰	۲۳/۹۱	میانگین سال اول
۴۲/۵۷	۵/۴۴	۶۵/۸۹	۲۳/۴۵	میانگین سال دوم
۴۷/۷۴	۶/۳۱	۶۷/۴۰	۲۳/۹۸	میانگین ۸ ماه باقی مانده

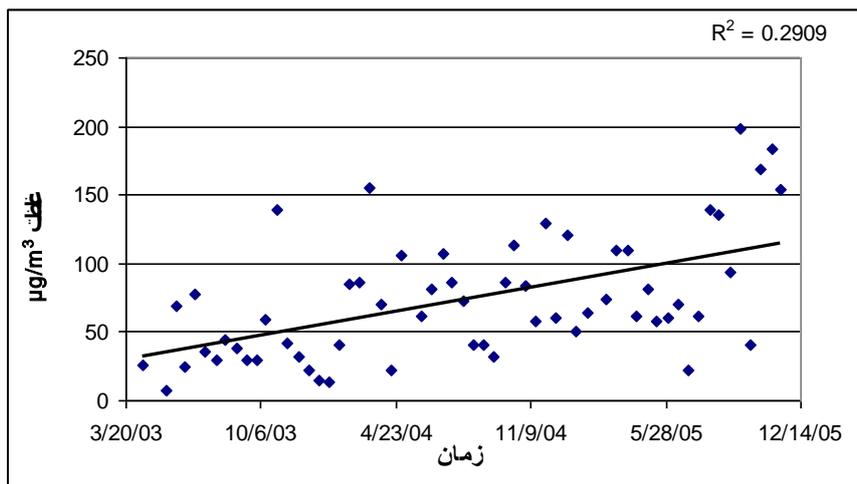
۵-۳- دی اکسید گوگرد

دی اکسید گوگرد (SO₂)، گازی است بی رنگ با بویی تند و محرک. آستانه چشایی و بویایی آن به ترتیب برابر با ۰/۰۳ و ۰/۵ قسمت در میلیون است. این گاز در آب بسیار محلول بوده (g ۱۱/۳ در ۱۰۰ ml آب در دمای ۲۰°C)، جرم مولکولی آن ۶۴/۰۶ می‌باشد و تقریباً دو برابر هوا وزن دارد. بیش از ۸۰ درصد اکسیدهای

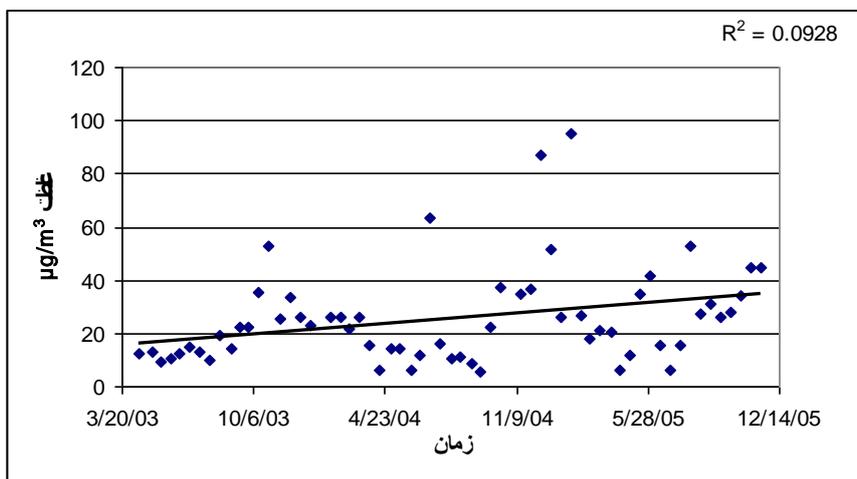
گوگرد به دست بشر در جریان احتراق سوخت‌های فسیلی از منابع ثابت آلوده کننده تولید می‌شود. نفت و زغال سنگ حاوی مقادیر قابل توجهی گوگرد در ساختار خود هستند که در هنگام احتراق به صورت SO_2 و SO_3 آزاد می‌شوند (نسبت SO_2 به SO_3 بسیار زیادتر است) [۹].

با بررسی مقادیر به دست آمده از هر هفت ایستگاه مستقر در منطقه در طی این چندین سال مشخص شد که غلظت این آلاینده رو به افزایش است. سه ایستگاه ۱، ۴ و ۵ از بقیه روند افزایشی بیشتری را به ترتیب با ضریب R^2 ، ۰/۲۹۰، ۰/۰۹۳ و ۰/۲۸۳ نشان می‌دهند (اشکال ۵-۹، ۵-۱۰ و ۵-۱۱). کمترین و بیشترین غلظت این گاز به ترتیب بین ۵/۶ (ایستگاه ۴) و $621/2 \mu g/m^3$ (ایستگاه ۲) در تغییر بوده است. نقشه‌های هم‌غلظت نشان می‌دهند که پراکندگی این آلاینده بیشتر در قسمت جنوب شرقی و شمال این منطقه است. جدول ۳-۵ نشان می‌دهد که مقدار میانگین این آلاینده در شکل‌های (۵-۱۴ و ۵-۱۵) به ترتیب ۵۱/۰۳ و ۵۵/۰۶ با انحراف معیاری برابر با ۱۱/۱۵ و ۱۱/۶۸ است و از استاندارد WHO بالاتر می‌باشد. مقدار استاندارد سالیانه این گاز در WHO، $50 \mu g/m^3$ است. بیشترین مقادیر ثبت شده این گاز در پنج مورد مربوط به سال ۲۰۰۵ و در دو مورد مربوط به سال ۲۰۰۴ می‌باشد. میانگین سال اول، دوم و ۸ ماه پایانی این گاز در مقایسه با استاندارد WHO در شکل (۵-۱۲) آمده است.

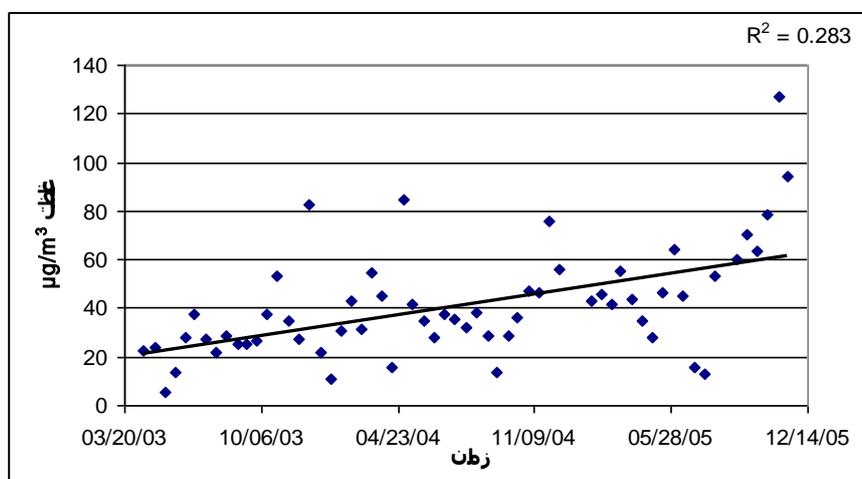
مطالعه تغییرات غلظت این آلاینده در طی سال ۸۲ مشخص کرد که در فصول بهار زیاد و تابستان کم می‌شود ولی در فصل پاییز غلظت آن رو به افزایش می‌گذارد و در ماه‌های دی و بهمن مجدداً کاهش پیدا می‌کند، سپس در ماه اسفند افزایش نشان می‌دهد (شکل ۵-۱۶) و با بادهای غالب منطقه که به آنها اشاره شد همخوانی خوبی دارد ولی روند افزایش آن نسبت به NO_2 خیلی واضح‌تر می‌باشد. این مسئله ممکن است به این دلیل باشد که زمان ماندگاری [زمان ماندگاری به زمانی اطلاق می‌شود که آلاینده‌ها در هوا باقی می‌ماند و تحت تاثیر عوامل اقلیمی مانند باد و بارش قرار دارند] این آلاینده در هوا زیاد و بین ۲ تا ۸ روز است [41] و این ماندگاری زیاد [ماندگاری بیشتر SO_2 نسبت به NO_2 به این دلیل است که SO_2 در هوا قادر است به ذرات معلق هوا چسبیده و در هوا باقی بماند و لی NO_2 این خاصیت را دارا نمی‌باشد] در مقابل دیگر آلاینده‌ها ممکن است باعث شود تا اینکه اثرات بادهای غالب منطقه را بارزتر نشان دهد. البته بارندگی‌ها در منطقه نیز بر غلظت این آلاینده همانطور که قبلاً توضیح داده شد مؤثر است.



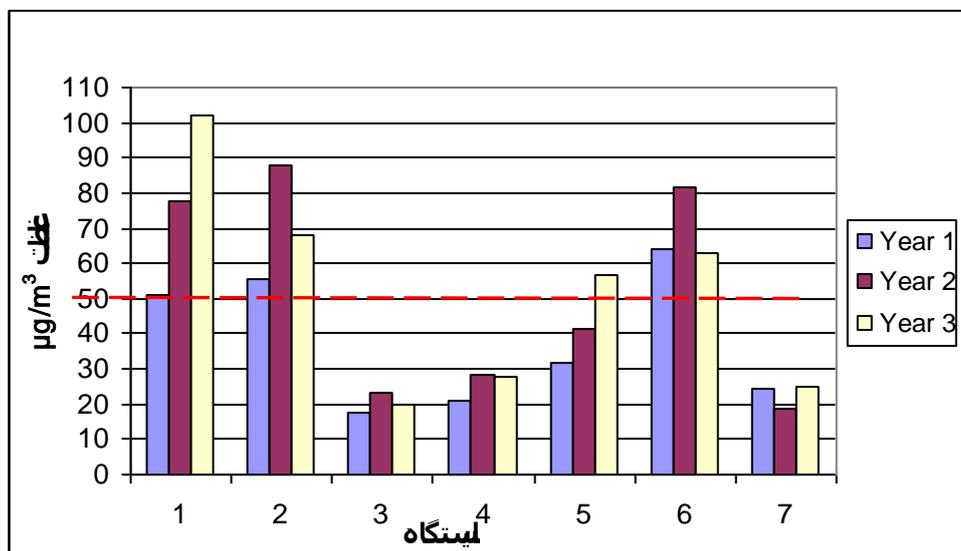
شکل ۵-۹- روند افزایش SO_2 در ایستگاه ۱



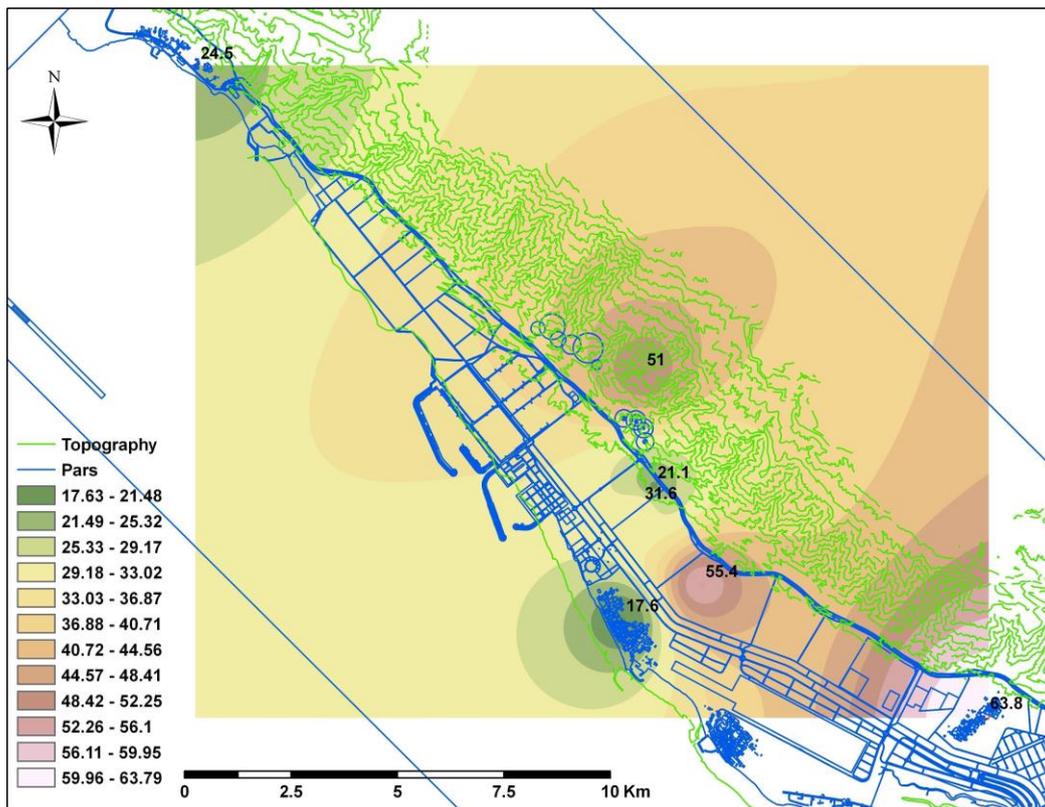
شکل ۵-۱۰- روند افزایش SO_2 در ایستگاه ۴



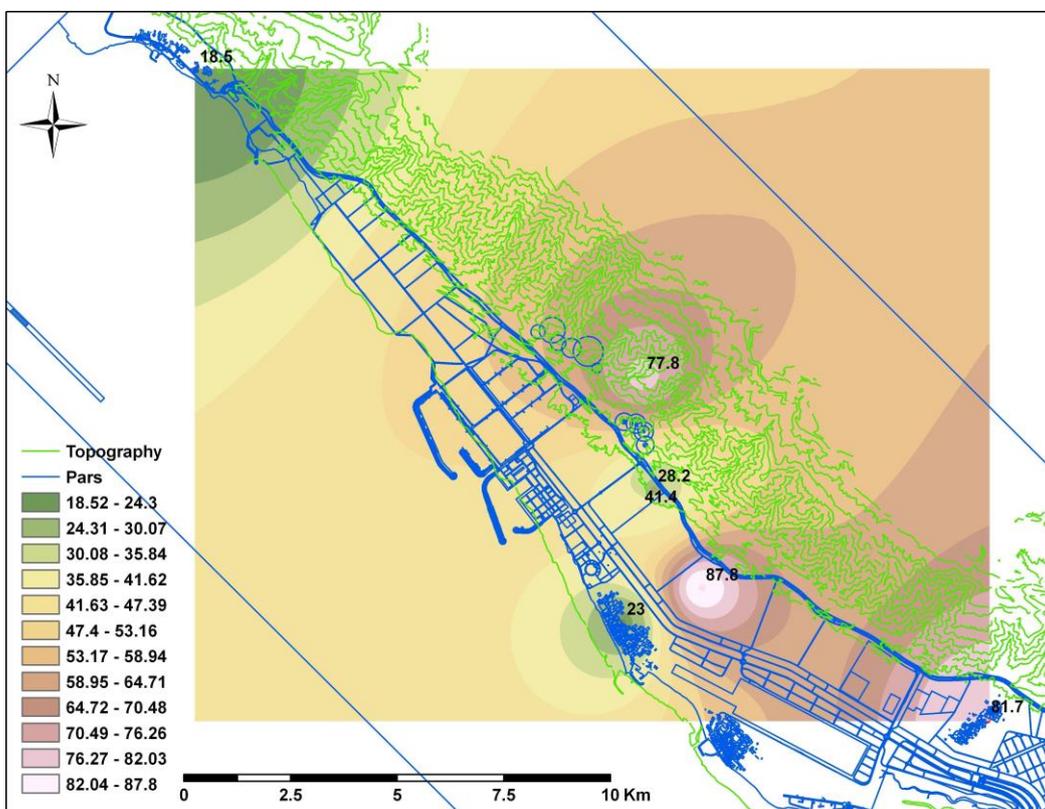
شکل ۵-۱۱- روند افزایش SO₂ در ایستگاه ۵



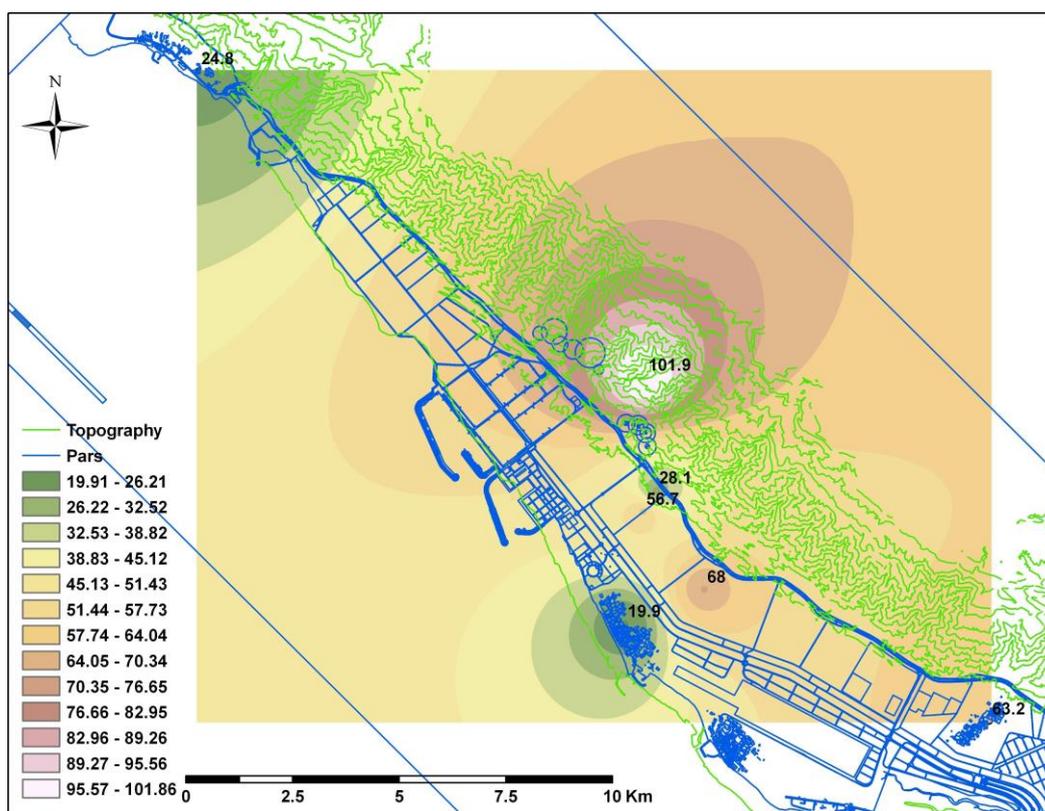
شکل ۵-۱۲- میانگین مقادیر SO₂ در سال اول، دوم و سوم همراه با استاندارد WHO (نقطه چین)



شکل ۵-۱۳- نقشه پراکندگی میانگین SO_2 در سال اول



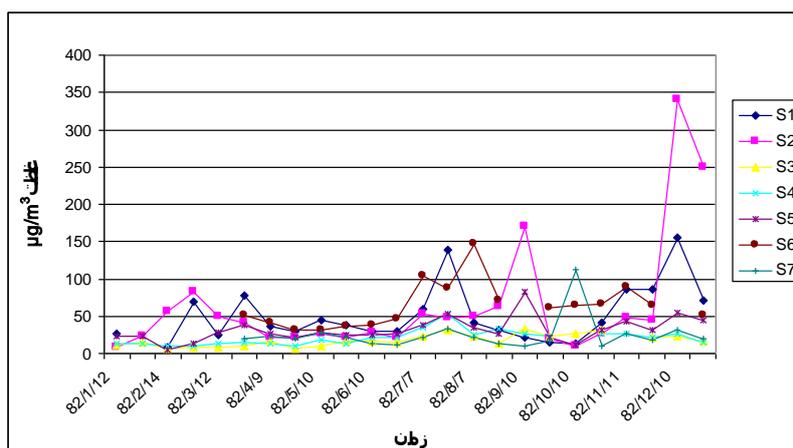
شکل ۵-۱۴- نقشه پراکندگی میانگین SO_2 در سال دوم



شکل ۵-۱۵- نقشه پراکندگی میانگین SO_2 در سال سوم

جدول ۵-۳- داده‌های آماری اشکال (۵-۱۴، ۵-۱۵ و ۵-۱۶) (غلظت SO_2 بر حسب $\mu g/m^3$)

انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	
۶/۴۳	۳۶/۶۰	۶۳/۷۹	۱۷/۶۳	میانگین سال اول
۱۱/۱۵	۵۱/۰۳	۸۷/۸۱	۱۸/۸۱	میانگین سال دوم
۱۱/۶۸	۵۵/۰۶	۱۰۱/۸۶	۱۹/۹۱	میانگین ۸ ماه باقی مانده



شکل ۵-۱۶- روند تغییرات SO₂ در طی سال ۸۲ در هفت ایستگاه

۵-۴- ازن

ازن یکی از اکسیدان‌های فتوشیمیایی^{۴۵} در جو است و در اثر واکنش شیمیایی بین دی اکسید نیتروژن و نور خورشید به وجود می‌آید. این گاز، بی رنگ و بی بو، با بویی ملایم و به عنوان یک آلاینده ثانویه در جو شناخته می‌شود. بر اساس استاندارد ملی کیفیت هوای آمریکا^{۴۶} غلظت‌های بیش از ۰/۱۲ ppm در سطوح پایینی جو به عنوان یک آلاینده محسوب می‌شود [۱۳].

تشکیل ازن در جو به صورت زیر است:

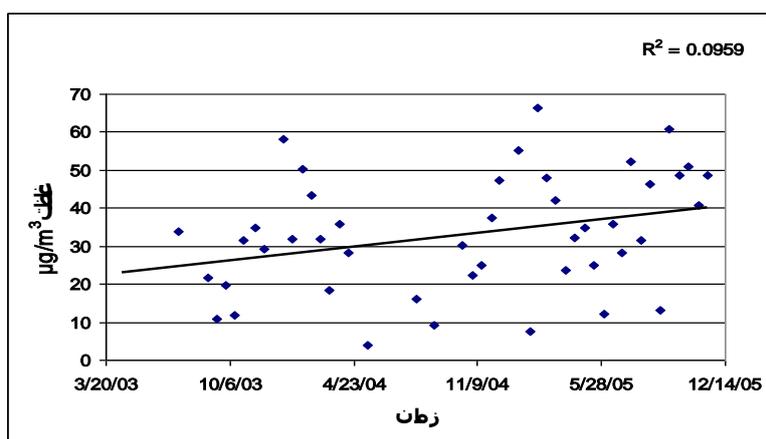


هنگامی که اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌های سوخته نشده و نور خورشید یک جا و در کنار هم جمع شوند مواد اولیه برای تشکیل و تولید آلاینده‌های ثانویه (اکسیدانهای فتوشیمیایی) فراهم شده است که از آن جمله می‌توان به ازن اشاره کرد. ازن به تنهایی باعث بروز مشکلات تنفسی مانند تنگی نفس و درد سینه می‌شود. علاوه بر این پوشش گیاهی جنگل‌ها و مصنوعات کائوچو نیز تحت تأثیر ازن قرار می‌گیرند [۱۸].

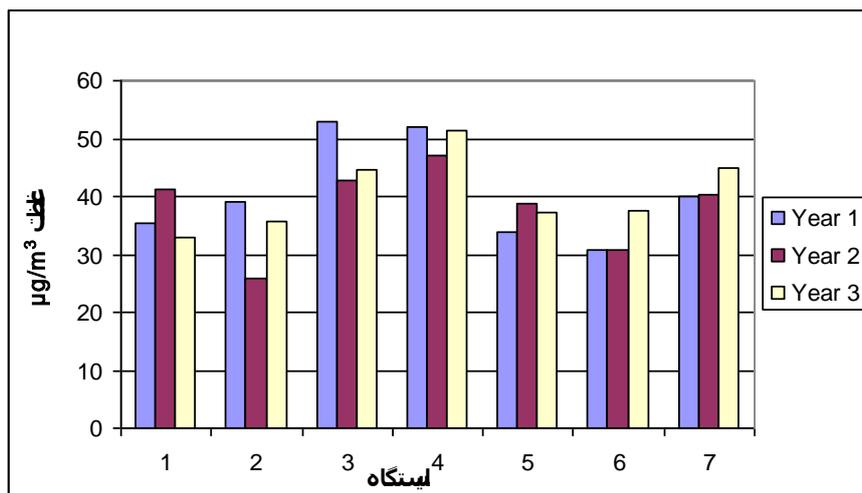
^{۴۵}. Photochemical Oxidants
^{۴۶}. National Air Quality Standard

داده‌های ازن در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهند که ایستگاه‌های ۵، ۶ و ۷ در طول زمان روند افزایشی (شکل ۵-۱۷ به عنوان نمونه) و ایستگاه‌های ۲ و ۳ روند کاهشی دارند و ایستگاه ۴ تغییر محسوسی را نشان نمی‌دهد. ضریب R^2 ایستگاه ۶ (بیدخون) در شکل (۵-۱۷) مشخص است. مقدار میانگین این گاز در استاندارد WHO $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ برای ماکزیمم ۸ ساعته است و مقدار استاندارد برای میانگین سالانه ندارد. کمترین و بیشترین مقادیر این گاز برابر با $1/2$ و $100/8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد که در ایستگاه ۱ ثبت شده است. مقادیر میانگین این آلاینده در ایستگاه‌ها و سال‌های مختلف در شکل (۵-۱۸) دیده می‌شود همانطور که در این شکل مشخص است بیشترین مقادیر میانگین مربوط به ایستگاه‌های ۳، ۴ و ۷ می‌باشد. بررسی نقشه‌های به دست آمده (اشکال ۵-۱۹، ۵-۲۰، ۵-۲۱) از نرم افزار نشان می‌دهند که گسترش این آلاینده بر خلاف NO_2 در بخش‌های شمال غربی و مرکزی منطقه مورد مطالعه است که این امر با توجه به رابطه معکوس این دو گاز منطقی به نظر می‌رسد.

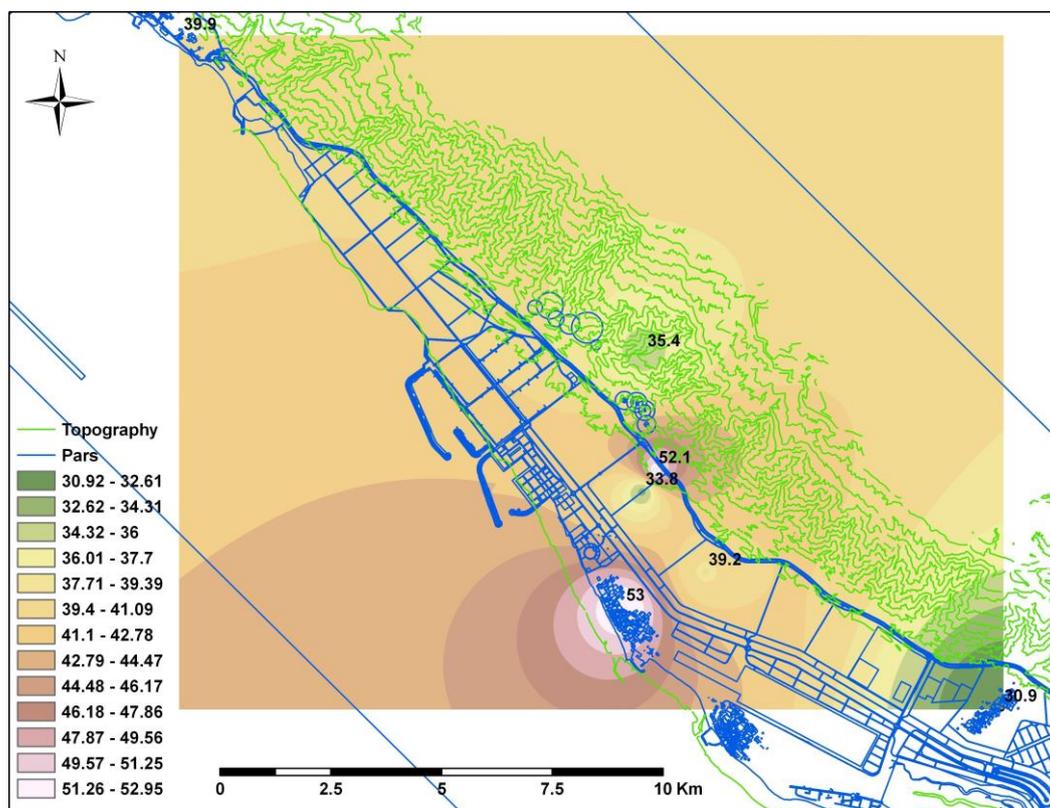
تغییرات غلظت ازن در طی یک سال، در نگاه اول شبیه دیگر آلاینده‌ها است ولی با دقت بیشتر و در مقایسه با غلظت NO_2 مشاهده می‌شود که تغییرات آن دقیقاً معکوس تغییرات غلظت دی اکسید نیتروژن است. زیرا نیتروژن یک پیش ماده اصلی برای ساخت ازن می‌باشد [39 و 40] که این مسئله برای درک فرایند تشکیل ازن و چگونگی کاهش دی اکسید نیتروژن مهم است. بررسی‌ها در مورد ارتباط NO_2 و O_3 نشان می‌دهند که در همه ایستگاه‌ها هر جا مقادیر دی اکسید نیتروژن بالاست مقدار ازن پایین است (شکل ۵-۲۲).



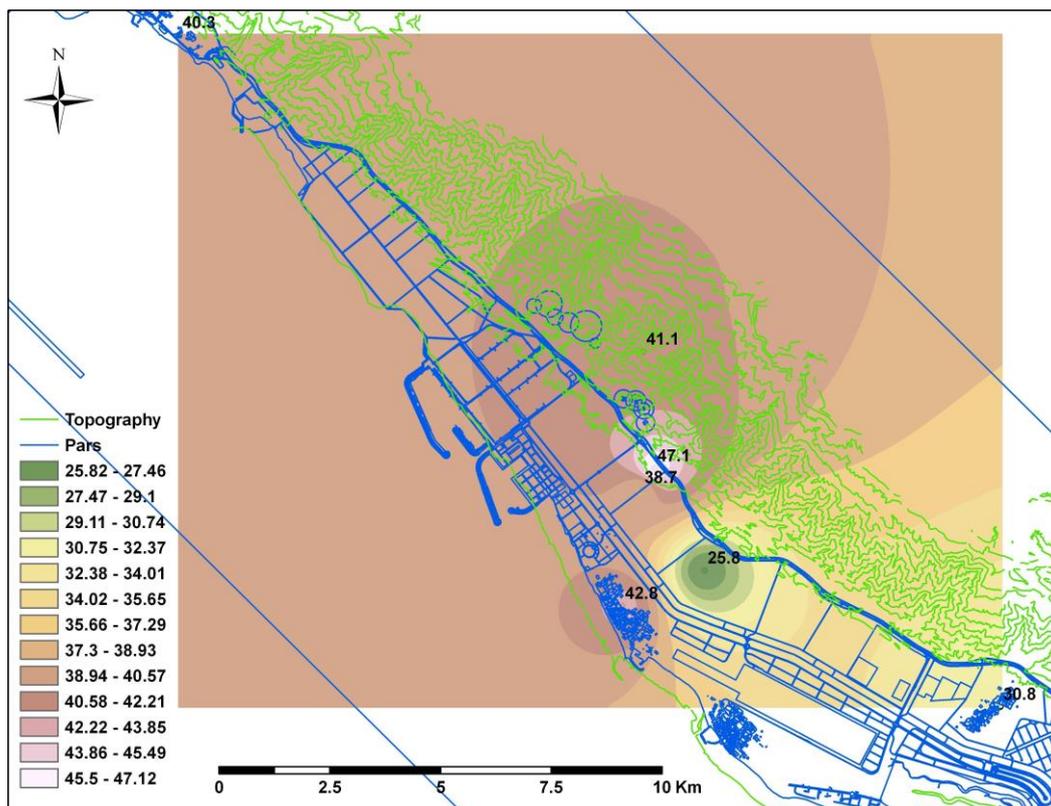
شکل ۵-۱۷- روند افزایش O_3 در ایستگاه ۶



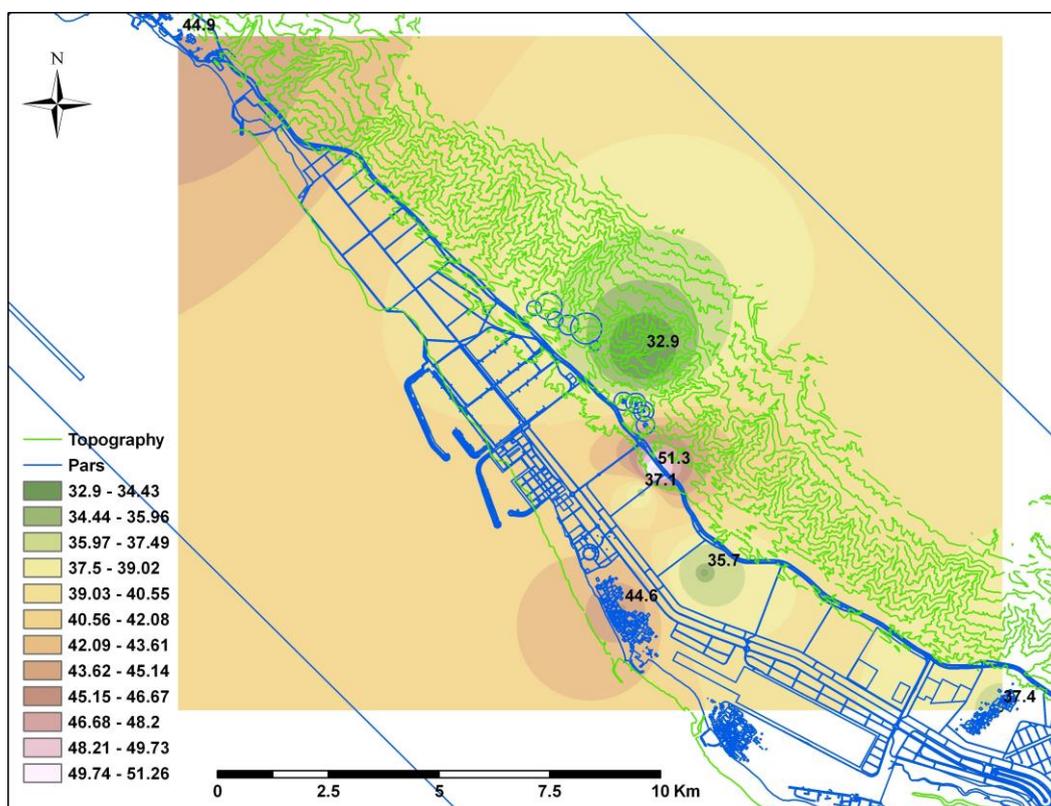
شکل ۵-۱۸- مقادیر میانگین O₃ در سالهای اول، دوم و سوم (میانگین سالانه ندارد)



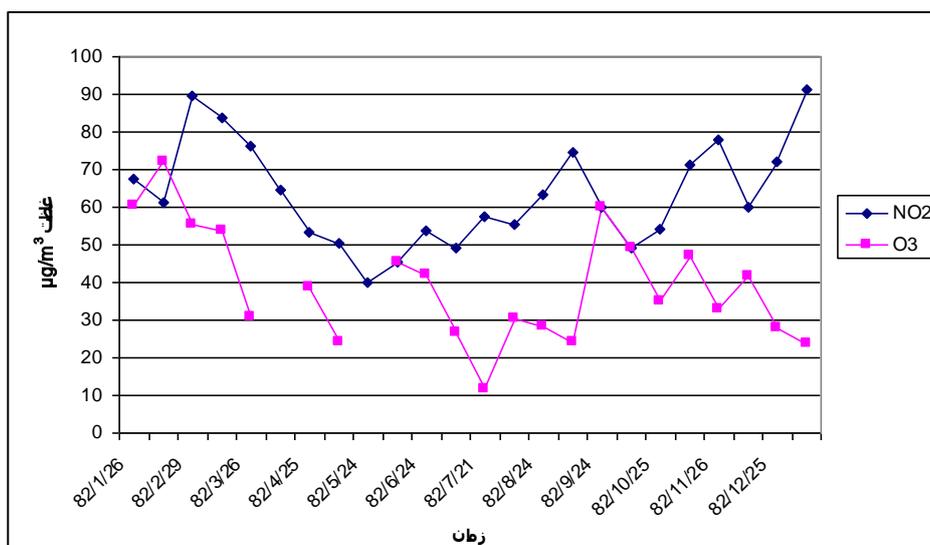
شکل ۵-۱۹- نقشه پراکندگی میانگین O₃ در سال اول



شکل ۵-۲۰- نقشه پراکندگی میانگین O_3 در سال دوم



شکل ۵-۲۱- نقشه پراکندگی میانگین O_3 در ۸ ماه آخر



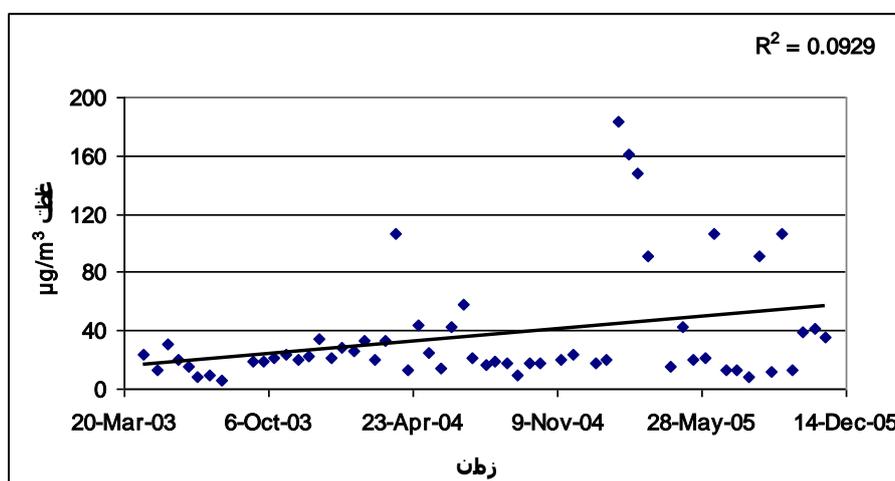
شکل ۵-۲۲- مثالی برای ارتباط بین NO₂ و O₃

۵-۵- ترکیبات آلی فرار شاخص

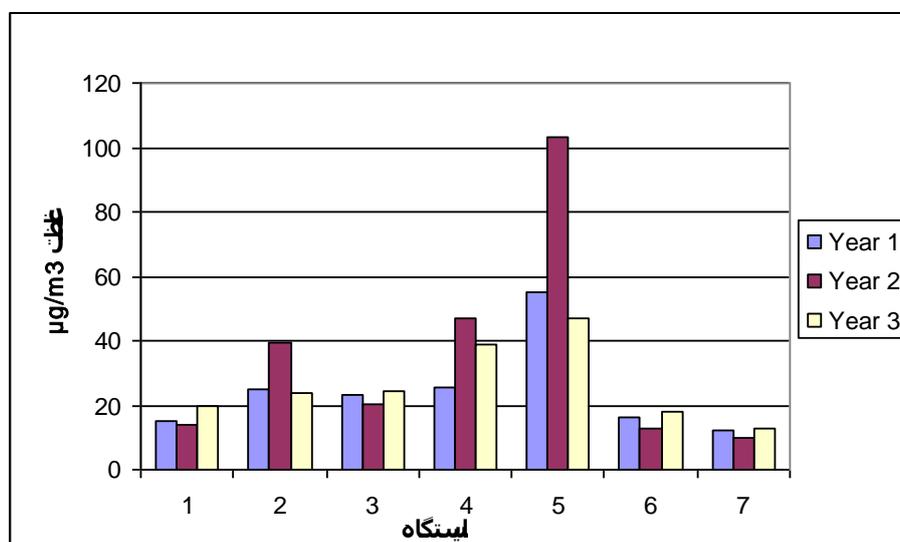
ترکیبات آلی فرار (VOCs) مایعات یا جامداتی هستند که دارای کربن آلی (کربن متصل به کربن، هیدروژن، نیتروژن یا گوگرد) بوده و با سرعت چشمگیری تبخیر می‌شوند. این ترکیبات بعد از ذرات معلق بیشترین فراوانی و تنوع نشر را دارا می‌باشند [42]. VOCها طیف گسترده‌ای از ترکیبات آلی با نقطه جوش پایین‌تر از ۱۸۰°C و یا فشار بخار بیشتر از ۰/۰۱ Kpa در ۲۵°C را شامل می‌شوند.

VOCهای شاخص یعنی بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزین که با حروف اختصاری BTEX شناخته می‌شوند [43, 44] در هوای منطقه مورد نظر بررسی شدند. کمترین و بیشترین مقدار این آلاینده‌ها در ایستگاههای مختلف به ترتیب ۰/۸ و ۴۵۳ µg/m³ است که در ایستگاههای ۳ و ۲ دیده می‌شوند [اگرچه مقدار µg/m³ ۴۵۳ خیلی بیشتر از داده‌های دو روز قبل و بعد از خود است اما مشابه این مورد در دیگر داده‌ها مشاهده شد، به عنوان مثال در جدول ۴ پیوست ۱ (ردیف ۱۸ ستون چهارم) لذا حذف این مقادیر امکان پذیر نبود]. پایش این آلاینده‌ها در منطقه نشان می‌دهد که نسبت به دیگر آلاینده روند افزایشی کمتری دارند. ایستگاه‌هایی که افزایش را نشان می‌دهند عبارتند از ایستگاه شماره ۱، ۴ و ۵ و بیشترین روند افزایش با ضریب $R^2 = 0.0929$ در ایستگاه شماره چهار دیده می‌شود شکل (۵-۲۳). در شکل (۵-۲۴) مقادیر میانگین سالانه این آلاینده‌ها در منطقه دیده می‌شود. همانطور که در شکل (۵-۲۴) دیده می‌شود بیشترین میانگین

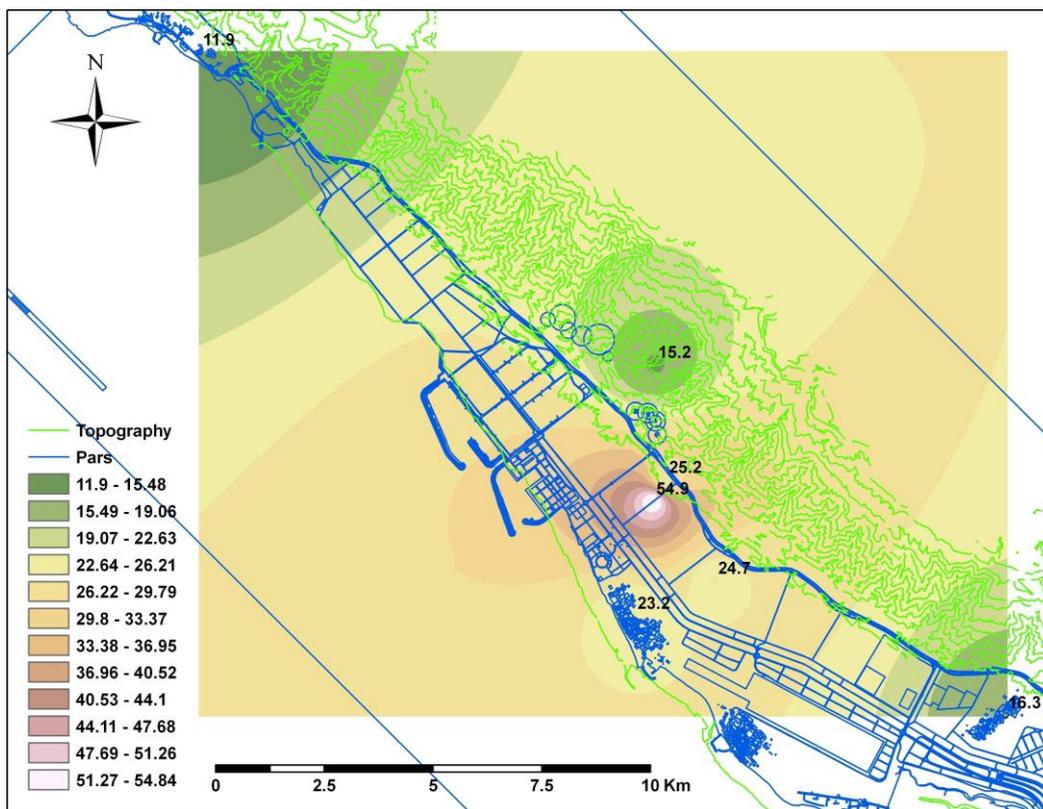
سالانه این آلاینده مربوط به ایستگاه شماره ۴ و ۵ که به محل پتروشیمی‌ها و فازهای فعال منطقه نزدیک‌تر است. دلیل اینکه این آلاینده در دیگر ایستگاه‌ها غلظت‌های پایینی را نشان می‌دهد این است که این ترکیبات ماندگاری پایینی در جو داشته و فرصت انتقال توسط باد به دیگر مکان‌ها را ندارند. با توجه به نقشه‌های هم‌غلظت به دست آمده از این آلاینده‌ها (اشکال ۵-۲۵، ۵-۲۶، ۵-۲۷) مشاهده می‌شود که بیشترین تمرکز این آلاینده‌ها در مرکز نقشه در جایی که بیشترین تمرکز صنایع وجود دارد می‌باشد. این امر همانطور که در بالا توضیح داده شد شاید به خاطر ماندگاری کم این گازها در هوا و تأثیر کم بادهای غالب بر آنها باشد. اگرچه تا حدودی این آلاینده‌ها به سمت جنوب شرقی منطقه تمایل دارند و تا حدودی اثر بادهای غالب منطقه را نشان می‌دهند.



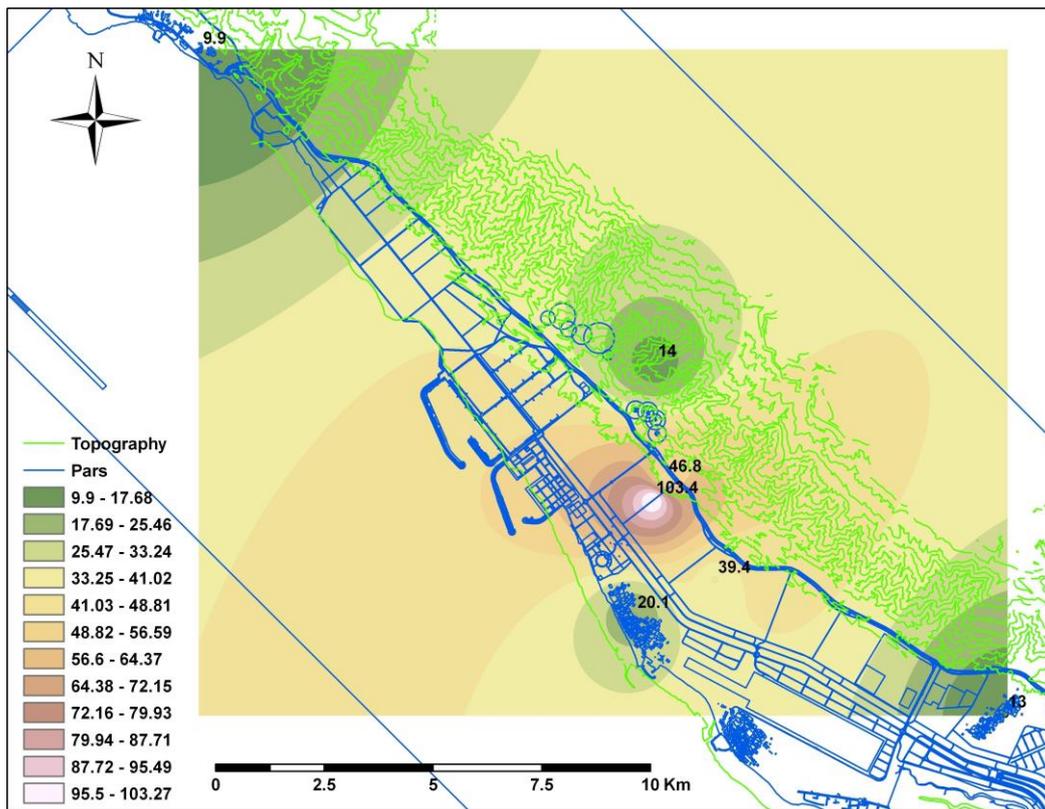
شکل ۵-۲۳- روند افزایش VOC در ایستگاه ۴



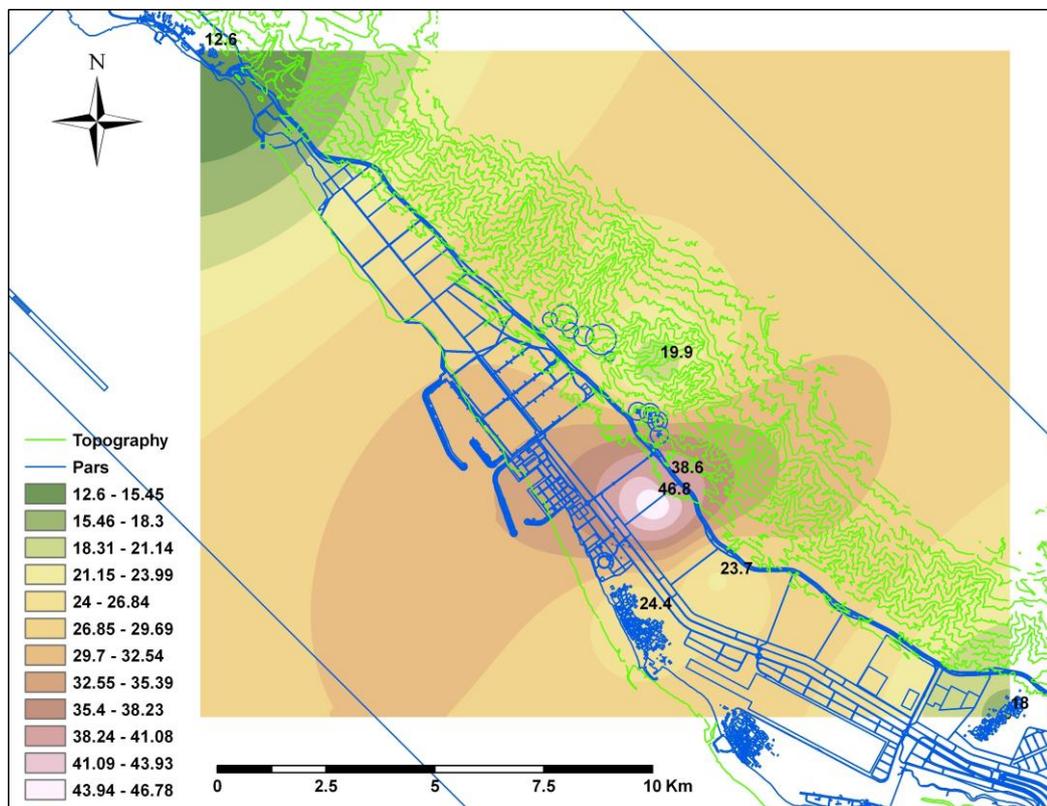
شکل ۵-۲۴- مقادیر میانگین VOC در ایستگاهها و سالهای متفاوت



شکل ۵-۲۵- نقشه پراکندگی میانگین VOC در سال اول



شکل ۵-۲۶- نقشه پراکندگی میانگین VOC در سال دوم

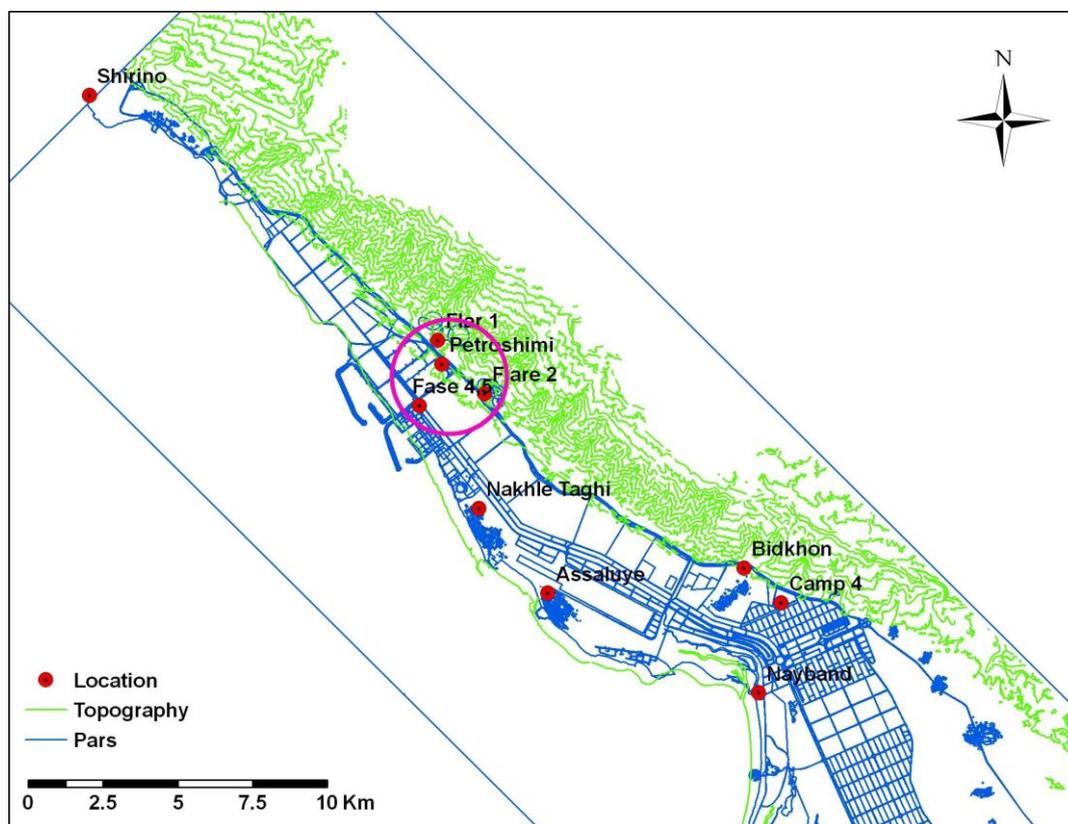


شکل ۵-۲۷- نقشه پراکندگی میانگین VOC در سال سوم

هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین می‌توانند در حد قابل توجهی بر اکوسیستم خاک تأثیر منفی داشته باشند که مهمترین تأثیر آنها کاهش کیفیت خاک می‌باشد [45]. مطالعات خاک‌های آلوده ثابت کرده است که افزایش میزان آلاینده‌ها می‌تواند موجب تقلیل توده‌های زیستی میکروبی، کاهش جمعیت باکتری‌های زنده، جلوگیری از کانی‌زایی مواد آلی و در نتیجه باعث کم شدن تجزیه‌کنندگی خاک می‌شود [46,47]. در منطقه ویژه اقتصادی، احتمال تأثیر هیدروکربورهای موجود در هوا و همچنین فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های صنعتی، بر روی خاک‌های منطقه زیاد است.

۲-۶- بررسی منابع خاک منطقه

شکل (۱-۶) محل‌های مربوط به نمونه‌گیری را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل دیده می‌شود محل نمونه برداری شیرینو خارج از محدوده منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی می‌باشد. این مسئله به این خاطر می‌باشد که شیرینو به عنوان یک نقطه شاهد انتخاب شده است.

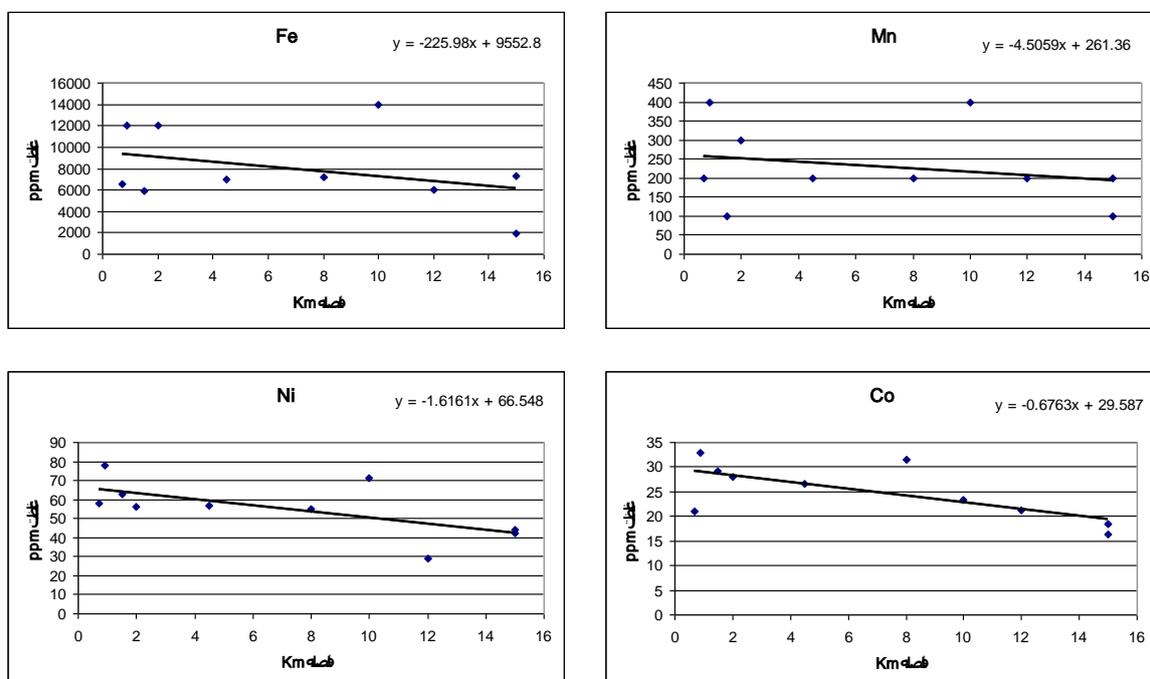


شکل ۶-۱- محل نمونه‌های خاک برداشت شده از منطقه

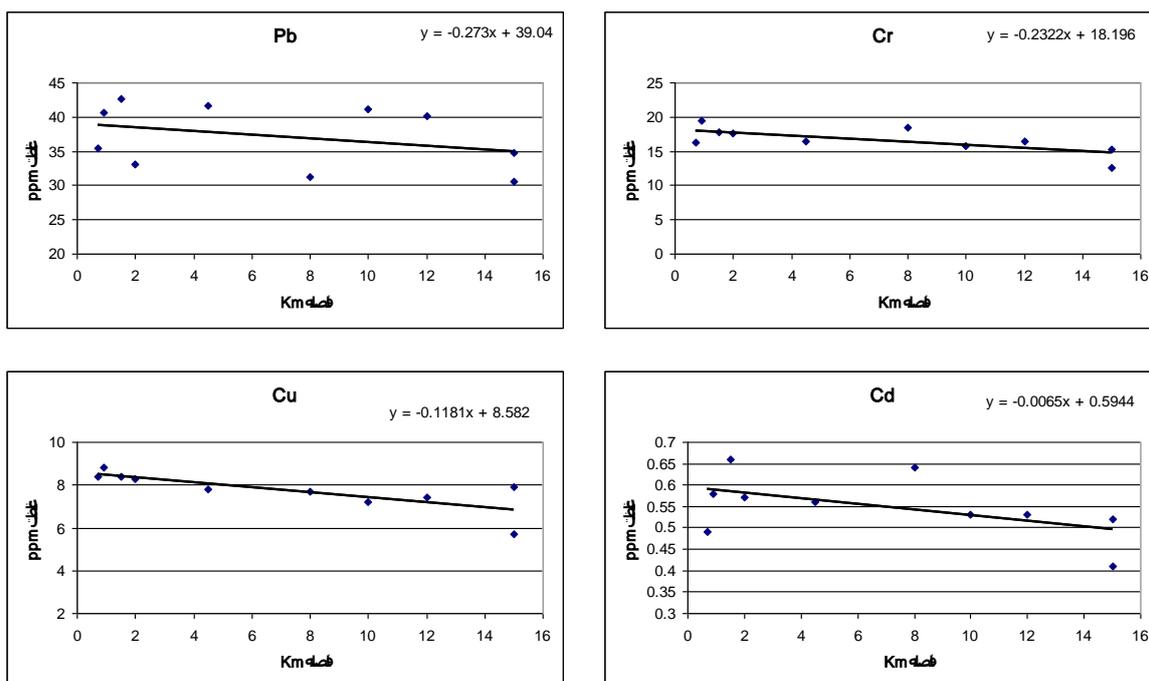
۶-۳- توزیع مکانی فلزات سنگین

به منظور تبیین روند تغییرات مکانی عناصر مختلف، نمودار تغییرات این عناصر با فاصله از منشأ آلاینده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در اینجا ناحیه‌ای که تمرکز فازهای فعال و پتروشیمی‌ها در آن قرار دارند به عنوان منبع انتشار آلاینده‌ها در نظر گرفته شده است (شکل ۶-۱). همانطور که مشاهده می‌شود غلظت تمام عناصر با فاصله گرفتن از منابع آلاینده کاهش می‌یابند. در اینجا چون بیشتر صنایع پتروشیمی و فازهای در حال فعالیت در محدوده صورتی رنگ (شکل ۶-۱) قرار دارند این نقطه به عنوان مرکز منابع آلوده کننده انتخاب گردید.

تغییرات غلظت فلزات با فاصله از روند کاهشی تبعیت می‌کند (شکل ۶-۲). بیشترین روند کاهشی مربوط به آهن، منگنز، نیکل و کبالت است. با توجه شیب خط نمودارها، کادمیوم روند کاهشی ملموسی را نشان نمی‌دهد.



شکل ۶-۲- تغییرات غلظت فلزات مختلف با فاصله از منشأ آلاینده‌ها



ادامه شکل ۶-۲- تغییرات غلظت فلزات مختلف با فاصله از منشا آلاینده‌ها

۶-۴- ارزیابی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در منطقه

جهت تعیین میزان آلاینده‌گی به عناصر سنگین در یک منطقه، بایستی میزان غلظت عناصر در آن منطقه با یک استاندارد مقایسه شود. بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه می‌باشد زیرا شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی گوناگون در نقاط مختلف دنیا، غلظت‌های متفاوتی را ایجاد می‌کند. در کشور ما به دلیل عدم وجود استاندارد خاص برای درجه آلودگی خاک، از استانداردهای موجود در دیگر کشورها و یا استانداردهای جهانی استفاده می‌شود. جدول (۶-۱) میزان غلظت‌های دو استاندارد مختلف (United State Environmental Protection Agency, USEPA)، (Great London Council, G.L.C) و میانگین جهانی برای عناصر سنگین را نشان می‌دهد.

جدول ۶-۱- مقادیر غلظت عناصر سنگین (ppm) از دیدگاه دو استاندارد مختلف [48] و میانگین جهانی [۳۹]

Cu	Pb	Co	Cr	Ni	Fe	Cd	Mn	استاندارد
۳۰	۱۰	۸	۱۰	۴۰	NR	-	۶۰۰	USEPA
NR	۲۰	NR	۱۰	۲۰	NR	-	۶۰۰	G.L.C
۴۵	۲۰	۱۹	۹۰	۶۸	۴۷۲۰۰	۰/۳	۸۵۰	میانگین جهانی

NR: ثبت نشده

مقایسه نتایج مربوط به آنالیزهای انجام شده بر روی خاک منطقه مورد مطالعه و استانداردهای ارائه شده در جدول ۶-۲ نشان می‌دهد که در مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا مقادیر سرب و کبالت در همه نمونه‌ها بیشتر از حد استاندارد هستند. در مورد بقیه عناصر مقدار بالاتر از حد استاندارد EPA دیده نمی‌شود. در مقایسه با استاندارد G.L.C مقادیر سرب در همه نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد است.

در ادامه این بحث مقادیر همه نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد (شیرینو) مقایسه می‌شوند. در این مقایسه مشخص شد که از پنج عنصر مورد بررسی کادمیوم، کروم، کبالت، سرب و مس در همه نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد مقادیر بالاتری نشان می‌دهند، این موضوع قابل انتظار است. منگنز فقط در دو نقطه (فلر ۱ و نای‌بند) مقدار برابری با نقطه شاهد داشت و در باقی محل‌ها مقادیر بالاتری دارند. نیکل فقط در بیدخون است که نسبت به شیرینو مقدار کمتری دارد و در باقی نقاط مقادیر بالاتری نسبت به این نقطه دارد. در مورد عنصر آهن آشفستگی‌های دیده می‌شود و مقادیر از نظم خاصی نسبت به نقطه شاهد تبعیت نمی‌کنند (جدول ۶-۲).

علاوه بر استانداردهای مذکور، معیارهایی هم برای بررسی میزان آلودگی خاک ارائه شده است که می‌توان بر اساس آنها به وجود یا عدم وجود آلودگی خاک پی برد. از جمله این معیارها می‌توان به فاکتور غنی‌شدگی (Enrichment factor) و شاخص زمین‌انباشتگی (Geoaccumulation index) اشاره نمود.

۶-۴-۱- فاکتور غنی‌شدگی

بر اساس این فاکتور می‌توان مقدار عناصر را نسبت به مقدار طبیعی خود سنجید، این فاکتور از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Ef = \frac{Sc}{Rc} \quad (۱-۶)$$

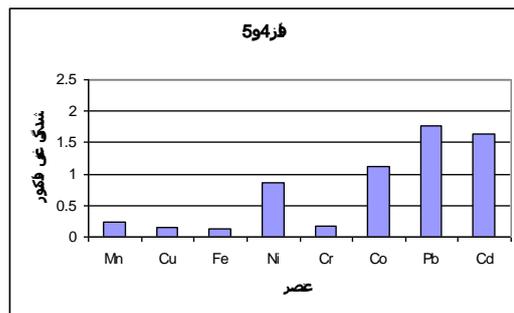
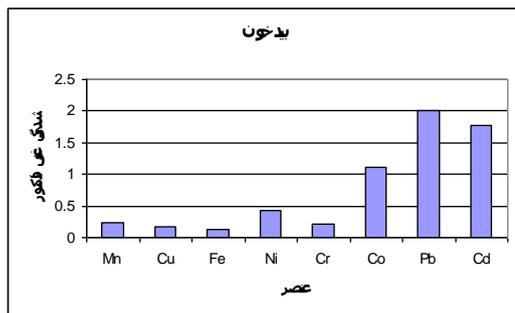
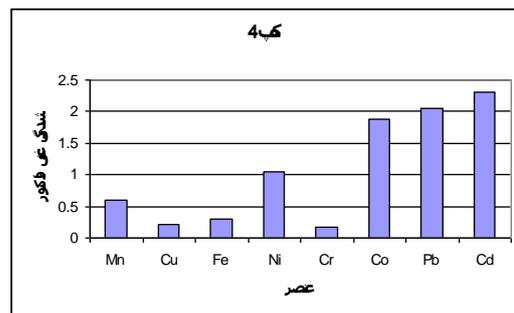
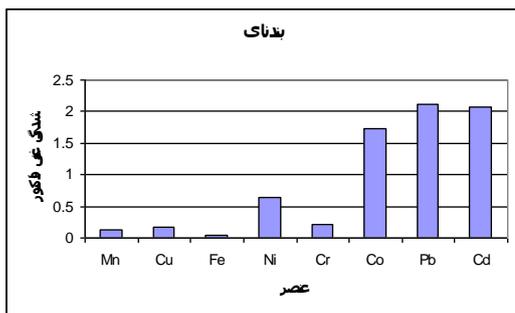
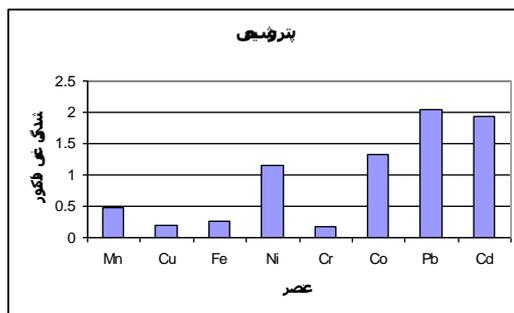
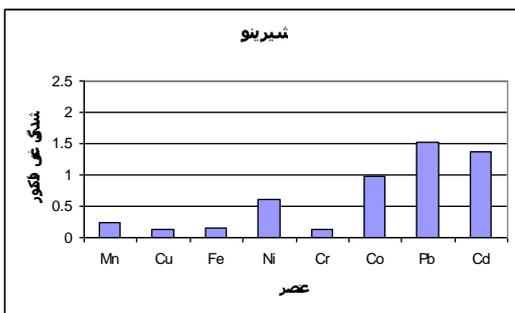
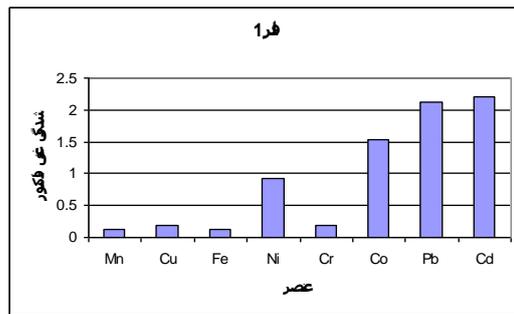
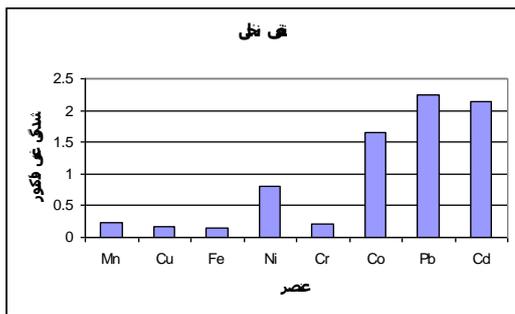
Ef فاکتور غنی‌شدگی، Sc (Soil Concentration) غلظت عنصر در خاک و Rc (Reference Concentration) غلظت عنصر در ماده مرجع می‌باشد. غلظت ماده مرجع میانگین جهانی غلظت عناصر موجود در شیل می‌باشد (جدول ۶-۱). جدول ۶-۲ مقدار غنی‌شدگی را در خاک‌های منطقه برای عناصر مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

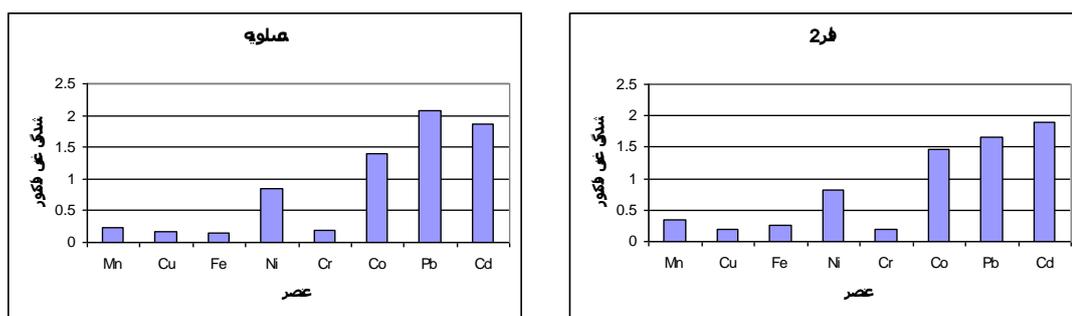
جدول ۶-۲- محاسبه فاکتور غنی شدگی برای عناصر مختلف در خاک‌های منطقه

شماره نمونه	شماره نمونه									
	فلز ۱	نخل تقی	پتروشیمی	شیرینو (شاهد)	کمپ ۴	نای بند	فاز ۵ و ۴	بیدخون	فلز ۲	عسلویه
Mn	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۴۷	۰/۲۴	۰/۵۹	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۲۴
Cd	۲/۲۰	۲/۱۳	۱/۹۳	۱/۳۷	۲/۳۰	۲/۰۷	۱/۶۳	۱/۷۷	۱/۹۰	۱/۸۷
Fe	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۳۰	۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۱۵
Ni	۰/۹۳	۰/۸۱	۱/۱۵	۰/۶۲	۱/۰۴	۰/۶۵	۰/۸۵	۰/۴۳	۰/۸۲	۰/۸۴
Cr	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۸
Co	۱/۵۴	۱/۶۵	۱/۳۳	۰/۹۷	۱/۸۷	۱/۷۴	۱/۱۱	۱/۱۲	۱/۴۷	۱/۳۹
Pb	۲/۱۳	۲/۲۵	۲/۰۴	۱/۵۳	۲/۰۶	۲/۱۲	۱/۷۷	۲/۰۱	۱/۶۶	۲/۰۹
Cu	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۷

مقادیر غنی شدگی موجود در جدول (۶-۲) برای هر نمونه خاک به صورت نمودار در شکل (۶-۳) آمده است. آنچه با توجه به نمودارها به نظر می‌رسد، غنی شدگی Cd، Pb و Co در تمامی نمونه‌ها نسبت به بقیه عناصر بیشتر می‌باشد. بعد از این سه عنصر، عنصر نیکل و در بعضی نمونه‌ها (پتروشیمی و کمپ ۴) منگنز غنی شدگی بیشتری را در این پارامتر نشان می‌دهند. Cu، Fe و Cr در همه نمونه‌ها کمترین غنی شدگی را نشان می‌دهند. همانطور که انتظار می‌رفت و در شکل (۶-۳) مشاهده می‌شود شیرینو که به عنوان یک نقطه شاهد انتخاب شد مقادیر فلزات سنگین در آن کمتر از دیگر مکان‌ها می‌باشد. چون فاصله این محل از صنایع بیشتر می‌باشد ممکن است یکی از دلایل کم بودن مقادیر فلزات سنگین به این دلیل باشد.

برای مقایسه روند تغییرات فلزات سنگین بر حسب فاکتور غنی شدگی در شکل (۶-۴) مشاهده می‌شود که شیرینو کمترین فاکتور غنی شدگی را دارا می‌باشد. همانطور که انتظار می‌رفت مقادیر آلاینده‌ها در این نقطه کمتر از دیگر مکان‌ها می‌باشد. و بیشترین فاکتور غنی شدگی مربوط به کمپ ۴ می‌باشد با توجه به اینکه این نقطه تقریباً فاصله‌ای برابر با شیرینو از منابع انتشار آلاینده‌ها دارد اما به نظر می‌رسد که چون در مسیر بادهای غالب و در سمت جنوب شرقی منطقه واقع است فلزات سنگین منتشر شده از صنایع باعث بالا رفتن غلظت این آلاینده در این ناحیه شده است. سرب در سطح وسیعی برای مقاصد مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله در کارخانجات تغلیظ کننده اسید، بطری سازی، ترکیبات الکیل سرب در بنزین، مهمات سازی و ساخت غلاف سیم مصرف



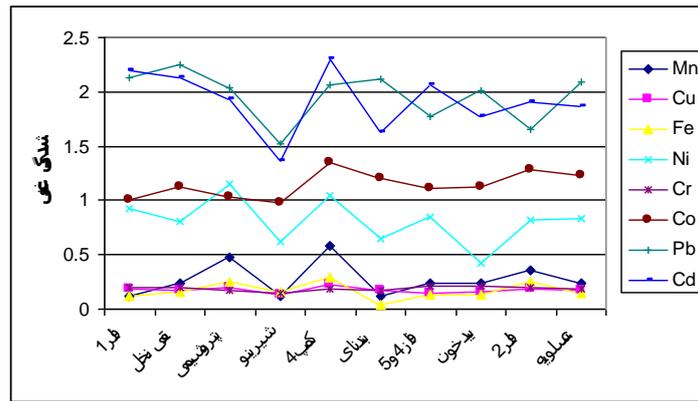


شکل ۶-۳- مقادیر غنی شدگی برای نمونه‌های مورد مطالعه

می‌گردد [۱۹]. سرب به طور عمده در اثر احتراق بنزین سرب دار وارد هوا شده و در نهایت وارد خاک می‌شود [۹]. به نظر می‌رسد بالا بودن مقدار سرب در خاک منطقه به این دلیل باشد که اکثر نقاط نمونه برداری در نزدیکی جاده‌ها است و سرب حاصل از احتراق سوخت خودروها می‌تواند در این مورد دخیل باشد. غلظت کادمیوم در خاک‌ها و سنگ‌ها در حدود $0/2$ میلی گرم در کیلوگرم یا کمتر است. در حالی که آلودگی کادمیوم عمدتاً از کودهای فسفاته به عنوان منبع اولیه صورت می‌گیرد و منابع ثانویه آن نزولات جوی، ضایعات رنگ، احتراق گاز طبیعی و زغال سنگ است [۲۰] و در منطقه ویژه به دلیل صنعتی بودن اثری از کودهای فسفاته وجود ندارد و این منطقه به شدت تحت تاثیر احتراق گاز می‌باشد می‌توان غلظت نسبتاً بالای کادمیوم در منطقه را به این مسئله نسبت داد.

کبالت عنصری طبیعی است که در هوا، آب، خاک و سنگها وجود دارد [49]. با توجه به اینکه کبالت در نمونه‌های آب باران و آب سطحی آنالیز شده (فصل ۷) در منطقه نیز مشاهده شده است می‌توان گفت که در هوای منطقه نیز این عنصر حضور دارد و احتمال اینکه از احتراق سوخت‌های فسیلی منطقه وارد محیط شود بسیار بالا است. همچنین این عنصر در خاک منطقه وجود دارد که احتمال رسوب این آلاینده از هوا و نزولات جوی در منطقه زیاد است.

سایر عناصر سنگین نظیر منگنز، مس، آهن، نیکل و کروم از فاکتور غنی شدگی نسبی برخوردار هستند اما به نسبت سه عنصر سرب، کادمیوم و کبالت دارای غنی شدگی کمتری می‌باشند. با توجه به غلظت‌های پایین این عناصر به طور قاطع نمی‌توان گفت که منشأ آنها صنایع منطقه نیست بلکه به مطالعه بیشتری نیاز است.



شکل ۴-۶- مقایسه فاکتور غنی شدگی عناصر

۲-۴-۶- شاخص زمین انباشتگی

شاخص زمین انباشتگی یا (Geoaccumulation index) که توسط مولر ۱۹۷۹ [50] معرفی شده است، شاخص دیگری است که می‌تواند درجه آلاینده‌گی خاک را تعیین کند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right) \quad (2-6)$$

که در این رابطه، I_{geo} شاخص انباشتگی، \log_2 ، لگاریتم بر پایه ۲، C_n ، غلظت در رسوب و خاک و B_n ، غلظت زمینه می‌باشد.

مولر [50] بر اساس این شاخص، خاک‌ها را از نظر درجه آلودگی به شش گروه طبقه بندی نموده است. جدول (۳-۶) طبقه بندی مذکور را نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه ۲، شاخص زمین انباشتگی برای نمونه‌های خاک مورد مطالعه محاسبه شده و نتایج حاصله در جدول (۵-۶) ارائه شده است. برای غلظت زمینه همانند فاکتور غنی شدگی از غلظت متوسط در شیل استفاده شد.

با توجه به جدول (۴-۶) و شاخص زمین انباشتگی مولر (۱۹۷۹) [50] مشاهده می‌شود که مقادیر عناصر Cd و Pb تقریباً در همه نمونه‌ها و Co فقط در چهار نمونه فلر ۱، نخل تقی، کمپ ۴ و نای‌بند تا حدودی خاک را آلوده نموده و از نظر درجه آلودگی در رده خاک‌های غیر آلوده تا کمی آلوده قرار می‌گیرند. دیگر عناصر آلودگی ایجاد نمی‌کنند و در رده خاک‌های غیر آلوده قرار می‌گیرند.

۵-۶- تأثیر زمین شناسی و جهت باد

با توجه به نقشه‌های هم‌غلظت به دست آمده از فلزات سرب، کادمیوم و کبالت مشاهده می‌شود که بیشترین تمرکز آنها در بخش جنوب شرقی و محل پتروشیمی‌ها و فازهای فعال منطقه وجود دارند. در حالی که در بخش‌های شمال غربی یعنی به سمت شیرینو غلظت آن‌ها کمتر می‌شود. با توجه به این موارد می‌توان نتیجه گرفت که منشأ این فلزات تأسیسات منطقه است که آلاینده‌های خود را در جو رها کرده و توسط باد غالب منطقه به بخش‌های جنوب شرقی منتقل می‌شوند (شکل‌های ۶-۵، ۶-۶، ۶-۷).

در مورد دیگر فلزات سنگین نه تنها غلظت بالایی در منطقه ندارند و از نظر پارامتر زمین‌انباشتگی و فاکتور غنی‌شدگی آلاینده محسوب نمی‌شوند بلکه روند خاصی را نیز در نقشه‌های هم‌غلظت نشان نمی‌دهند. بر این اساس می‌توان احتمال داد که غلظت این عناصر تحت تأثیر زمین‌شناسی شامل لیتولوژی، خاک، سن تشکیلات و ترکیب سنگ شناسی و یا دیگر عوامل محیطی شامل صنایع موجود در منطقه و دیگر عوامل انسانی است و به مطالعه بیشتری نیاز دارد.

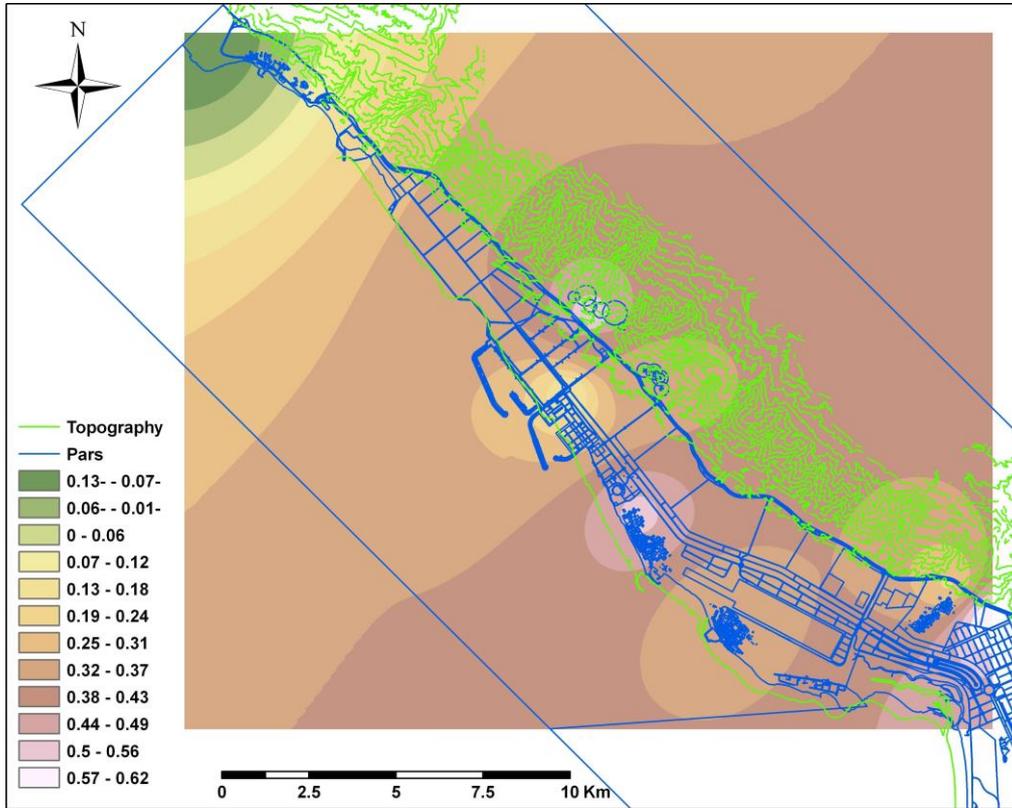
جدول ۶-۳- مقادیر شاخص زمین‌انباشتگی در آلودگی خاک [50]

شاخص زمین‌انباشتگی	درجه آلودگی خاک
کمتر از صفر	غیر آلوده
۱-۰	غیر آلوده تا کمی آلوده
۲-۱	کمی آلوده
۳-۲	کمی آلوده تا خیلی آلوده
۳-۳	خیلی آلوده
۵-۴	خیلی آلوده تا شدیداً آلوده
بزرگتر از ۵	شدیداً آلوده

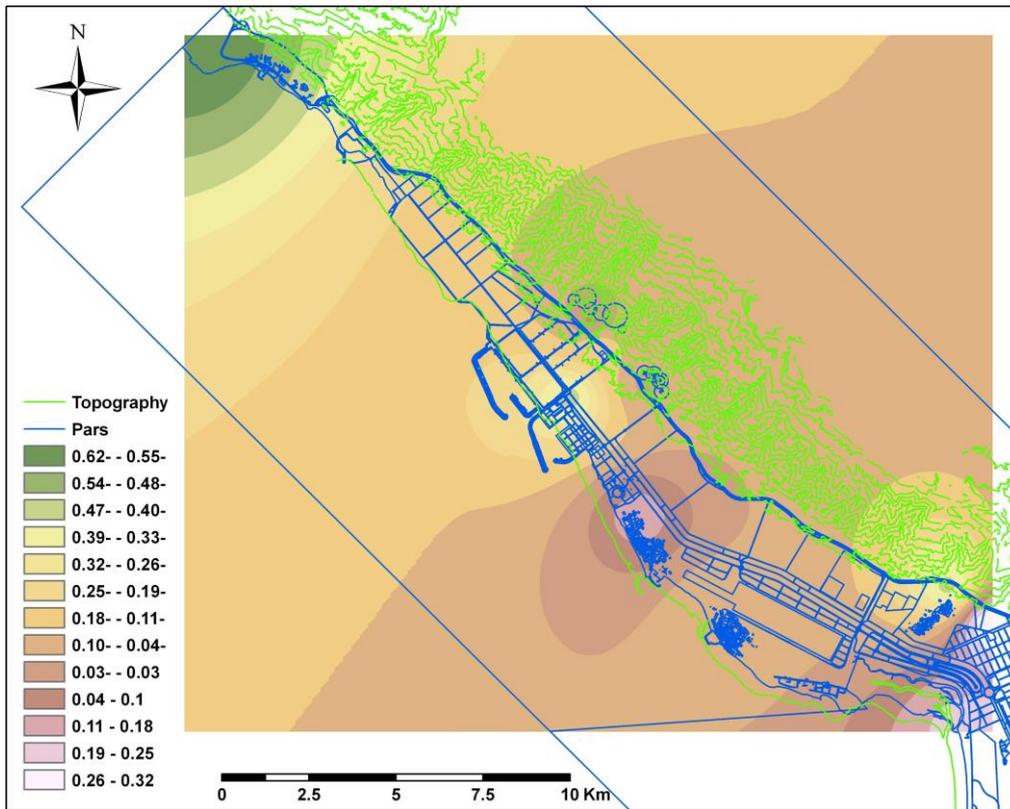
جدول ۶-۴- مقادیر زمین‌انباشتگی در خاک‌های آزمایش شده

شماره نمونه	۹									
	فلر ۱	نخل تقی	پتروشیمی	شیرینو	کمپ ۴	نای‌بند	فاز ۴ و ۵	بیدخون	فلر ۲	عسلویه
Mn	-۳/۶۷	-۲/۶۷	-۱/۶۷	-۲/۶۷	-۱/۳۵	-۳/۶۷	-۲/۶۷	-۲/۶۷	-۲/۰۹	-۲/۶۷
Cd	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۳۷	-۰/۱۳	۰/۶۲	۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۴	۰/۳۲
Fe	-۳/۵۸	-۳/۳۰	-۲/۵۶	-۳/۲۸	-۲/۳۴	-۵/۲۲	-۳/۴۵	-۳/۵۶	-۲/۵۶	-۳/۳۴
Ni	-۰/۷۰	-۰/۸۹	-۰/۳۹	-۱/۲۸	-۰/۵۲	-۱/۲۱	-۰/۸۱	-۱/۸۱	-۰/۸۷	-۰/۸۴
Cr	-۲/۹۲	-۲/۸۸	-۳/۱۴	-۳/۴۲	-۳/۱۰	-۲/۸۰	-۳/۰۶	-۲/۸۷	-۲/۹۴	-۳/۰۴
Co	۰/۰۴	۰/۱۴	-۰/۱۷	-۰/۶۲	۰/۳۲	۰/۲۱	-۰/۴۳	-۰/۴۲	-۰/۰۳	-۰/۱۰
Pb	۰/۵۱	۰/۵۸	۰/۴۴	۰/۰۲	۰/۴۶	۰/۵۰	۰/۲۴	۰/۴۲	۰/۱۴	۰/۸۴

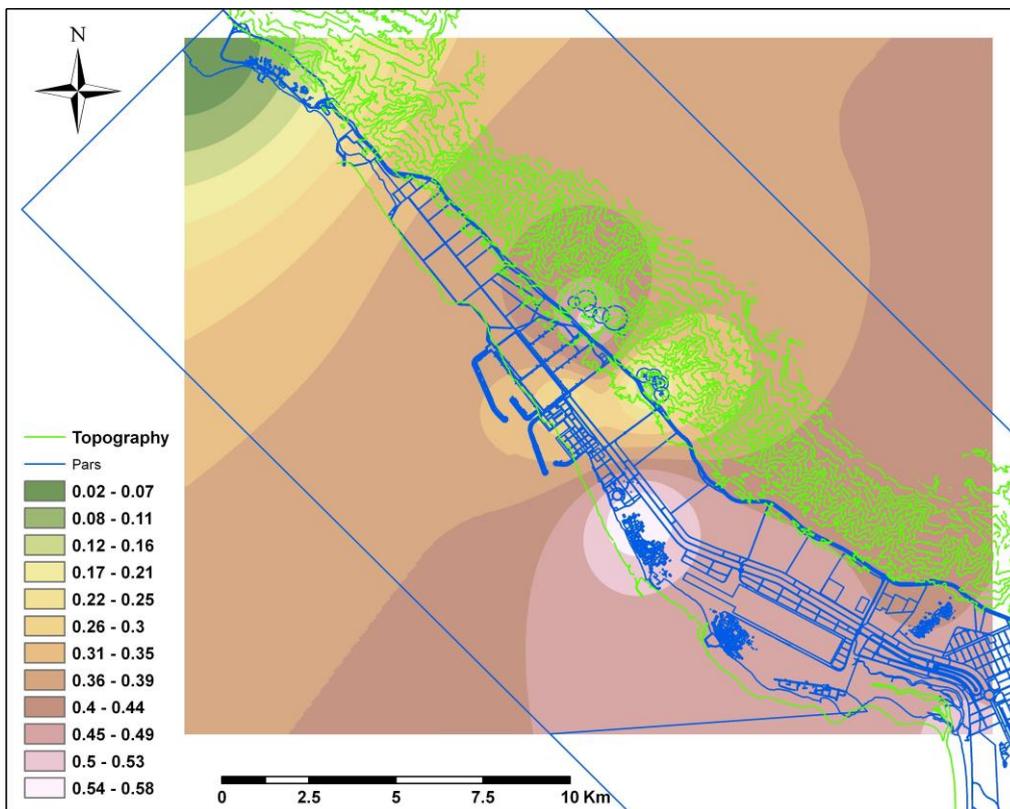
-۳/۱۱	-۳/۰۲	-۳/۱۹	-۳/۴۰	-۳/۰۹	-۲/۷۵	-۳/۵۷	-۲/۹۴	-۳/۱۳	-۳/۰۱	Cu
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----



شکل ۶-۵- نقشه هم غلظت کادمیوم



شکل ۶-۶- نقشه هم غلظت کبالت



شکل ۶-۷- نقشه هم غلظت سرب

آب به علت ساختار مولکولی و ثابت دی الکتریک خیلی بالا و هدایت الکتریکی کم قابلیت انحلال بسیاری از مواد را دارد و از این رو شیمی آب طبیعی بسیار پیچیده است. تمام آب‌های طبیعی دارای مقادیر گوناگونی از مواد مختلف هستند که غلظت آنها از حد بسیار جزئی نانوگرم در لیتر (ng/l) مربوط به مواد آلی موجود در آب باران تا حد ۳۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر مربوط به آب دریا متغیر است. فاضلاب‌ها معمولاً علاوه بر اینکه اغلب مواد موجود در آبهای منطقه را دارا هستند، حاوی ناخالصی‌های بیشتری می‌باشند که این ناخالصی‌های اضافی ناشی از فرآیند تولید فاضلاب است. یک نمونه فاضلاب شاخص، حدوداً حاوی ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر مواد جامد محلول و معلق می‌باشد و در نتیجه حدود ۹۹/۹ درصد آن آب خالص است [۲۹]. به طور کلی مواد موجود در آبهای سطحی رابطه مستقیمی با ترکیب و میزان مواد موجود در بستر جریان آب و شرایط آب و هوای منطقه دارد [۲۱].

در این مطالعه به دلیل اینکه غلظت‌های اندازه‌گیری شده زیاد بالا نبود مقادیر آنها با استاندارد آب آشامیدنی WHO مقایسه شدند. در جدول (۷-۱) مقادیر این استاندارد آورده شده است. در این استاندارد دو تعریف وجود دارد.

۱. حداکثر مطلوب: عبارت است از حداکثر غلظتی از املاح که برای آب آشامیدنی مناسب است. چنانچه آب حاوی موادی در غلظت بالاتر از حداکثر مطلوب باشد از نظر کیفیت در حد پایین‌تری قرار دارد اما هنوز قابل آشامیدن است [۲۷، ۲۸].

۲. حداکثر مجاز: عبارت است از حدی که اگر غلظت مواد موجود در آب از آن تجاوز کند آب مزبور برای آشامیدن مناسب نمی‌باشد و مصرف آن در دراز مدت اثرات زیان بخشی بر سلامت مصرف کننده باقی خواهد گذاشت [۲۷، ۲۸].

۷-۲- آب آشامیدنی

آب آشامیدنی مصرفی برای شرب، علاوه بر کافی بودن، باید از نظر بهداشتی نیز مناسب باشد. عوامل مشخص کننده آب ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های باکتریولوژیکی آن می‌باشد. به طور کلی آب را در صورتی قابل شرب گویند که صاف و زلال و دارای شرایط زیر باشد: [۲۲]

الف) آلوده به عامل بیماری زا نباشد

ب) عاری از مواد مسموم کننده باشد

ج) مواد معدنی و آلی آن برای مصرف کننده زیان آور نباشد

جدول ۷-۱- استاندارد WHO برای آب آشامیدنی (mg/l)

فاکتور	حداکثر مطلوب	حداکثر مجاز
pH	۷-۸/۵	۶/۵-۹/۲
TDS	۵۰۰	۱۵۰۰
TSS	-	-
نیترات	۱۰	۴۵
نیتریت	-	۳
NH ₃	-	٪۰.۵
مواد نفتی	۰/۰۱	۰/۳
PO ₄	-	-
COD	-	-
BOD ₅	-	-
Co	-	-

۷-۳ - pH

تحت شرایط متعارف، pH آبهای طبیعی بین ۷ تا ۸/۵ است و در این pH، بی کربنات به صورت محلول در آب باقی می ماند. تغییرات شدید pH مقدار کربن قابل دسترس را به شدت کاهش می دهد (این امر در اثر خارج شدن گاز کربنیک در محیط و یا رسوب کردن کربنات در محیط قلیایی به وقوع می پیوندد). تغییرات شدید pH علاوه بر اثر در سیستم کربن آب، قابلیت انحلال دی اکسید کربن و ظرفیت هیدروسفر برای جذب آن را نیز تغییر می دهد [۲۳]. در pH بین ۴/۶ و ۸/۳ قلیایی بودن آب به شکل تعادل بین بی کربنات و دی اکسید کربن می باشد [۲۱].

pH نمونه‌ها از نظر استاندارد WHO در رده حداکثر مطلوب قرار دارد. اگرچه سطح آلاینده‌های NO₂ و SO₂ که در منطقه قرار دارند بالا است اما به دلیل جنس خاک‌های منطقه که بیشتر از آهک می باشد ممکن است اثر

بافری این خاک‌ها و ذرات معلق که از آنها در هوا وجود دارد موجب تعدیل خاصیت اسیدی بارش‌ها و در نهایت خنثی کردن آنها باشد.

۴-۷ - کل ذرات معلق TSS

این مواد شامل مواد آلی و غیر آلی مثل میکروارگانیزم‌ها، خاک و گل و لای می‌باشد. غلظت مواد معلق در آبهای سطحی بستگی به فصول مختلف و چگونگی جریان آب دارد [۲۴]. اگرچه استاندارد مشخصی برای این پارامتر در استاندارد سازمان بهداشت جهانی وجود اما به نظر می‌رسد که مقادیر به دست آمده از آبهای منطقه دارای مقادیر بالایی باشند چون این مواد علاوه بر کدر کردن آب باعث ایجاد بو و مزه در آن می‌شوند و از این لحاظ به نظر می‌رسد که شرایط مطلوبی ندارند.

۵-۷ - کل ذرات محلول TDS

در استانداردهای سازمان بهداشت جهانی WHO حد مطلوب ۵۰۰ و حداکثر مجاز ۱۵۰۰ mg/l برای آب آشامیدنی در نظر گرفته شده است [۲۱]. همانطور که در جدول (۴-۲) فصل چهارم ملاحظه می‌شود مقادیر ذرات محلول در حد مناسبی نسبت به استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشد.

۶-۷ - نیترات و نیتريت

نیتروژن در آب ممکن است به صورت نیترات، نیتريت و آمونیاک و نیتروژن مواد آلی وجود داشته باشد. نیترات‌ها ممکن است هنگام عبور آب از زمین‌های دارای این ترکیبات یا از هوای آلوده وارد آب شود. همچنین ممکن است در نتیجه آلودگی آب با مواد آلی به وجود آمده باشد. وجود نیتريت و آمونیاک به خصوص اگر با کلرور همراه باشد نشانه آلودگی حتمی آب است. همچنین در هنگام رعد و برق نیتروژن هوا اکسیده شده و همراه با آب باران به صورت اسید نیتريك وارد خاک می‌شود، اسید نیتريك با املاح خاک نیترات‌ها را به وجود می‌آورد [۲۱].

اگرچه مقادیر نیتريت و نیترات موجود در آبهای منطقه نسبت به استاندارد WHO پایین است و در حد آبهای بسیار سالم است اما مقدار NH_3 در آنها بسیار بالا است که شاید به خاطر انحلال بهتر آمونیاک در آب باشد.

۷-۷ - آمونیاک

گازی است بی رنگ با مزه فوق العاده تند و زننده که اشک آور و خفه کننده نیز می باشد. این گاز از هوا سبک تر است و به سهولت به مایع تبدیل می شود و در آب نیز بسیار محلول است [۳۲]. آمونیاک آزاد موجود در آب بر حسب میزان نیتروژن می تواند به صورت نیتروژن آمونیاکی، آمونیاک نمک دار و یا آمونیاک آزاد وجود داشته باشد. ترکیبات آمونیاکی از منابع مختلف منشاء می گیرند که بعضی از آنها مانند تجزیه گیاهان بی خطر می باشد. واژه آمونیاک شامل انواع غیر یونیزه (NH_3) و یونیزه (NH_4^+) است. آمونیاک در محیط از فرآیندهای متابولیک، کشاورزی، صنعتی و گند زدایی با کلروآمین منشاء می گیرد. مقادیر طبیعی آن در آب های سطحی و زیرزمینی معمولاً پایین تر از ۰/۲ میلی گرم در لیتر است [۳۰].

غلظت آن در آب های زیرزمینی بی هوازی ممکن است به ۳ میلی گرم در لیتر هم برسد. پرورش گسترده حیوانات اهلی نیز می تواند به ایجاد مقادیر بسیار زیاده تر در آب های سطحی منجر شود. آمونیاک در آب، یک شاخص آلودگی احتمالی باکتریایی، فاضلاب و مواد زائد حیوانی است. اثرات سم شناختی تنها در تماس های بالاتر در حدود ۲۰۰ میلی گرم بر هر کیلوگرم وزن بدن مشاهده شده است. آمونیاک در آب آشامیدنی، ارتباط بهداشتی مستقیم ندارد، بنابراین رهنمودی مبتنی بر بهداشت برای آن پیشنهاد نشده است [۳۰].

با توجه به غلظت آمونیاک موجود در نمونه های آب منطقه و محل های نمونه برداری که در نزدیکی فازهای فعال و واحد پتروشیمی تولید آمونیاک و اوره در منطقه است مقادیر به دست آمده دور از انتظار نیست.

۷-۸ - فسفات PO_4^{2-}

آب در اثر عبور از سنگ هایی که دارای فسفات به صورت فسفات تری کلسیک هستند، مقداری از آن ها را در خود حل می کند. همچنین تماس آب با فضولات حیوانی فسفات آن را زیاد می کند. مقدار کم فسفات در آب، به صورت املاح اسید سولفوریک می باشد و اکثراً به صورت فسفات های قلیایی که نسبتاً در آب محلولند وجود دارد. مقدار فسفات آب با pH آن تغییر می کند، زیرا حلالیت فسفات های کلسیم با کم شدن pH زیاد می شود [۲۶]. فسفات موجود در آب های منطقه بسیار پایین است که شاید به خاطر زمین شناسی منطقه باشد.

۷-۹ - اکسیژن مورد نیاز

ترکیبات آلی عموماً ناپایدار هستند و ممکن است در اثر اکسایش بیولوژیکی یا شیمیایی به فرآورده‌های نهایی پایدار و بی اثر، مانند CO_2 ، NO_3^- و H_2O تبدیل شوند. یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری مقدار ضایعات آلی موجود در داخل فاضلاب، تعیین میزان اکسیژن مورد نیاز جهت پایداری آن می‌باشد [۲۹].

۱. اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD): عبارت است از اکسیژن لازم برای میکروارگانیسم‌ها جهت شکستن مواد آلی.

۲. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD): اکسیژن لازم برای اکسایش شیمیایی فاضلاب توسط محلول دی‌کرومات و اسید سولفوریک غلیظ در حال جوش.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که معمولاً مقدار $\text{COD} > \text{BOD}$ است و نسبت BOD/COD در فرآیندهای اکسایش بیولوژیکی افزایش می‌یابد [۲۹]. مقادیر COD و BOD موجود در آبهای منطقه بالا است که نشان دهنده بالا بودن آلاینده‌های آلی و شیمیایی موجود در آنها است.

۷-۱۰- کل هیدروکربن‌های نفت (TPH)

آلاینده‌های نفتی که در منطقه ویژه به خاطر شرایط موجود در منطقه بالا است باعث آلوده شدن آبهای جاری منطقه شده است. مقادیر این آلاینده در استاندارد WHO ۰/۰۱ و ۰/۳ میلی گرم بر لیتر است که مقادیر به دست آمده از آبهای جاری منطقه نشان می‌دهد که مقادیر این آلاینده بسیار بالا است و دلیل آن نیز به خاطر صنایع موجود در منطقه است.

۷-۱۱- کبالت

کبالت در مواد غذایی مثل جگر، قلوه، گوشت و ماهی همراه ویتامین B₁₂ به مقدار زیادی وجود دارد. کبالت موجود در آب در مقایسه با کبالت موجود در مواد غذایی بسیار ناچیز است و مصرف آب‌های حاوی کبالت هیچگونه مشکلی در انسان ایجاد نمی‌کند [۳۱]. برای حداکثر مجاز آن در مراجع رسمی ذکر نشده است. با توجه به اینکه این عنصر استاندارد در آب آشامیدنی ندارد پس غلظت‌های به دست آمده از آن آلودگی در آب به حساب نمی‌آید. البته این عنصر در نمونه آب باران این منطقه دیده شد که به نظر می‌رسد از هوا وارد آب شده است که منشاء آن احتمالاً تأسیسات غسلویه است.

در نهایت این آبهای سطحی به دلیل نزدیک بودن دریا به سرعت وارد دریا شده و محیط زیست دریا را به شدت آلوده می‌کنند به خصوص در خلیج نایبند که جنگل‌های حرا در آنجا واقع است این آبهای آلوده ممکن است باعث تخریب این جنگل‌ها و آبهای ساحلی منطقه شود.

۷-۱۲- خلیج نایبند

خلیج نایبند در منطقه حفاظت شده نایبند و در محدوده منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در ۳۲۰ کیلومتری جنوب شرقی بندر بوشهر، بدون تردید زیباترین منطقه ساحلی در طول سواحل خلیج فارس به شمار می‌رود. منطقه حفاظت شده نایبند با وسعت ۲۲۵۰۰ هکتار که به صورت دماغه مرتفعی در ساحل جنوبی خلیج نایبند قرار گرفته به دلیل دارا بودن اکوسیستم کم نظیر و ارزش‌های زیستگاهی برای گونه‌های حیات وحش از جمله کل و بز، قوچ و میش و حضور گونه‌های نادری از قبیل جبیر و جیرفتی، در سال ۱۳۵۷ به عنوان منطقه حفاظت شده شناخته شد و از آن تاریخ تحت کنترل و نظارت اداره کل حفاظت محیط زیست استان بوشهر در آمده است. خلیج نایبند در ساحل شمالی منطقه نایبند با وسعت ۴۱۳۰ هکتار یکی از ارزشمندترین زیستگاه‌های دریایی خلیج فارس است. وجود آرامش نسبی و شفافیت آب در این محدوده از آبهای ساحلی، باعث گسترش مجتمع‌های مرجانی و علف‌های دریایی در بستر خلیج و آب‌های مجاور آن شده است. یکی از زیبایی‌های خلیج نایبند وجود جنگل‌های مانگرو در این منطقه است. اجتماعات مانگرو (حرا) در این خلیج از گونه پر اهمیت درخت حرا^{۴۷} تشکیل شده است. در این تحقیق به بررسی و شناسایی عوامل مخرب تاثیرگذار بر اکوسیستم جنگلهای حرا در خلیج نایبند پرداخته می‌شود.

۷-۱۲-۱ مواد و روش‌ها

برای ارزیابی میزان ماده آلی در مناطق مختلف (عرصه‌های مورد مطالعه) تثبیت شده، از اعماق مختلف خاک نمونه برداری شد. برای هر یک از عرصه‌های مورد بررسی دو نمونه خاک به ترتیب از اعماق ۰-۳۰ سانتیمتر و دیگری از اعماق بیشتر از ۳۰ سانتیمتر نمونه گیری شد. نمونه‌ها بدون هیچگونه تغییری به کیسه‌های نایلونی کدبندی شده منتقل و برای انجام عملیات آزمایشگاهی به تهران انتقال داده شدند. لازم به ذکر است که نمونه برداری توسط پرسنل HSE منطقه ویژه انجام شد.

۷-۱۲-۲ بافت خاک

^{۴۷}. *Aricennia marina*

بافت عمومی خاک دانه ریز بوده و عموماً از نوع لیمونی تا لوم لیمونی می‌باشد که از نظر رویش و رشد درختان حرا مناسب می‌باشد. به هر حال آنچه که در این میان اهمیت فراوانی دارد این است که در مناطقی نظیر خلیج نای‌بند و زیستگاه‌های حرا بخش اعظم ترکیبات آلی (بیش از ۷۵ درصد) دارای منشأ گیاهی است. در رابطه با خاک زیستگاه‌های درختان حرا در خلیج نای‌بند، همانگونه که در جدول (۷-۲) نشان داده شده میانگین مقادیر مختلف اجزاء خاک و بافت آن دیده می‌شود. متأسفانه مناطقی که بافت خاک زیستگاهی آنها درشت و ماسه‌ای می‌باشد عمدتاً در انتها الیه خور واقع شده جایی که به دلیل ایجاد تاسیسات فرودگاهی تا حدودی مسیر انتقال آب و برگشت آن به دریا با مشکل مواجه است لذا در اثر کاهش میزان پیشروی آب در این نقاط از یک طرف و پائین بودن ظرفیت نگهداری آب از طرف دیگر، مشکلات درختان حرا افزایش یافته است. آنچه که از مجموع نتایج بدست آمده از بررسی زیستگاه‌های مختلف درختان حرا مشخص است این است که میزان کربن یا حتی ماده آلی به تنهایی محدود کننده عرصه‌های انتشار درختان نبوده و بین نقاط مختلف از این جهت تفاوت‌های جدی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۷-۲- میانگین اجزاء و بافت خاک‌های منطقه مورد مطالعه

درصد رس	درصد سیلت	درصد ماسه	بافت خاک	درصد کربن آلی	درصد ماده آلی	
۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	تعداد نمونه
۱۰/۹	۷۱/۹	۱۷/۱	لیمونی تا لوم لیمونی	۹/۶	۱۶/۹	میانگین
۷-۴۱	۹۲-۱۶	۱-۷۳	-	۳/۰۱-۱۴/۹۶	۵/۲-۲۵/۸	دامنه

تنها در قسمت‌های انتهایی خور عسلویه در نقاطی که به دلیل داشتن بافت خاکی درشت‌تر ظرفیت نگهداری آب نیز کمتر است میزان ماده آلی تفاوت نسبتاً قابل ملاحظه‌ای را با سایر نقاط نشان می‌دهد.

۷-۱۲-۳- ارزیابی pH و EC خاک

آنچه که در ارتباط با موضوع pH و EC خاک‌های زیستگاه‌های حرا در کل نواحی مورد مطالعه می‌توان بیان کرد این است که تا مادامی که شرایط محیطی از نظر غلظت املاح محلول و وضعیت ورود و خروج آب‌های خلیج در خورها با مشکل مواجه نگردد این دو فاکتور (تقریباً با کمی اختلاف در نقاط مختلف) عامل محدود کننده برای درختان حرا نمی‌باشند اما به دلیل تغییرات حادث در محیط توسط انسان و توسعه فعالیت‌های

مختلف صنعتی و غیره به ویژه در بخش‌های انتهایی خورها، ما شاهد تغییراتی در این دو فاکتور می‌باشیم به نحوی که بالا رفتن اسیدیته خاک‌ها و قلیایی شدن آنها منجر به حذف و نابودی بخش‌های خاصی از عرصه‌های زیستگاهی درختان حرا شده است. در جدول ۳-۷ میانگین مقادیر EC و pH نمونه‌های خاک منطقه آورده شده است.

جدول ۳-۷- میانگین EC و pH خاکهای مناطق مورد مطالعه

کد نمونه	EC (ms/cm)	pH
تعداد نمونه	۲۴	۲۴
میانگین	۳۳/۲	۷/۹
دامنه	۱۲/۸-۶۶/۶	۷/۰۳-۸/۶۸

۷-۱۲-۴- ارزیابی تغییرات عناصر غذایی

الف- عناصر میکرو (ریز مغذی)

شرایط بی‌هوایی حاکم بر زیستگاه‌های حرا سبب شده تا عناصر Fe، Mn و N در فرم احیاء شده با حلالیت بالا قرار گیرند از طرفی بالا بودن درصد ماده آلی چنین خاک‌هایی نیز این حالت را تشدید کرده است. بالا بودن غلظت این عناصر در خاک‌های مورد مطالعه سبب می‌شود که با سهولت بیشتری توسط گیاهان جذب شوند و جذب بیش از حد عناصر برای آنها مسمومیت ایجاد می‌کند. این پدیده در مورد آهن با شدت بالا و برای منگنز با شدت کمتر در خاک‌های مردابی دیده می‌شود. به هر حال در تمامی موارد مورد بحث دامنه غلظت آهن از حدود لازم برای رشد و نمو گیاهان بسیار بیشتر می‌باشد که این حالت خود ناشی از شرایط بی‌هوایی در چنین خاک‌هایی می‌باشد (جدول ۴-۷).

در مورد عناصر منیزیوم و منگنز نیز شرایط مشابهی وجود دارد به نحوی که غلظت عناصر منگنز و منیزیوم در بخش‌هایی که خاک شرایط قلیایی تری دارد تا حدودی کاهش داشته و به مقادیر کمتری می‌رسد و حداقل مقدار برای منیزیوم ۱/۹ درصد و برای عنصر منگنز ۰/۰۶۱ درصد می‌باشد و در حالت پیشینه این مقادیر برابر با ۳/۹ درصد برای منیزیوم و ۰/۲ درصد در مورد منگنز می‌رسد. وضعیت عنصر روی نیز متناسب با

تغییرات فیزیکی - شیمیایی خاک‌ها کاهش یا افزایش پیدا می‌کند و در نقاطی که زیستگاه‌های حرا دارای شرایط قلیانیت بیشتری می‌باشد کاهش چشمگیری در میزان این عنصر نسبت به سایر شرایط زیستگاهی به وجود می‌آید به نحوی که این عنصر در بیشینه مقدار خود از ۶۰-۵۰ پی پی ام به مقادیری در حدود ۲۵-۱۹ پی پی ام در زیستگاهی قلیایی تر کاهش پیدا می‌کند. اثرات چنین افزایش‌ها یا کاهش‌هایی در غلظت عناصر مختلف اثرات بارزی بر روی پوشش گیاهی منطقه دارد. در حالاتی که افزایش غلظت به مرز مسمومیت رسیده است تباهی و سوختگی نسوج و برگهای گیاهی به وضوح در منطقه قابل رویت می‌باشد.

جدول ۷-۴- توزیع مقادیر عناصر میکرونوترینت در زیستگاه‌های مورد مطالعه (ppm)

کد نمونه	Zn	Mg	Mn	Fe	Cu	N	K	P ₂ O ₅
تعداد نمونه	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴
میانگین	۴۰/۷	۲۸۴۲۴/۴	۱۵۸	۱۰۱۲۶/۱	trace	۴۶۵/۲	۲۸۸۷/۶	trace
دامنه	۱۹-۵۹	۳۹۶۴۳- ۱۷۶۶۶	۶۱-۱۹۶	۱۴۷۲۰- ۲۹۶۰	-	۱۴۰- ۱۵۴۹	۱۲۷۰- ۳۹۳۱	-

ب- عناصر ماکرو

بررسی میزان ازت آمونیاکی در خورهای مختلف خلیج نای بند نیز نشان می‌دهد که بیشترین مقدار آمونیوم قابل استخراج در بخش‌های نزدیک تر به دریا (بخش دریایی خورها) مشاهده می‌شود و در اغلب موارد دیگر میزان ازت آمونیاکی در حد بسیار جزئی می‌باشد و به نظر می‌رسد که با دور شدن از دریا و پیشروی به سمت خشکی‌ها، از میزان آمونیوم به صورت تصاعدی کاسته می‌شود و در مراحل برخی علل و شرایط غیرطبیعی حادث در منطقه نیز این پدیده را تشدید کرده است (عواملی نظیر بسته شدن خورها در قسمتهای انتهایی در اثر احداث جاده، مجاورت با بخشهای توسعه ای نظیر فرودگاه جدید و...).

اندازه گیری فسفات در خاک با روشهای مختلف نیز تنها بیانگر ذخیره کلی فسفات بوده و بیانگر فسفات قابل دسترس برای گیاه نمی‌باشد. متاسفانه در منطقه خلیج نای بند و زیستگاه‌های حرا مطالعات نشان می‌دهد که میزان ذخیره فسفات خاکها بسیار جزئی بوده و این موضوع در بخشهای مختلف تفاوت چندانی را نشان نمی‌دهد. به هر حال کمبود فسفات در این زیستگاهها نیز خود به عنوان یک عامل طبیعی از یک سو و تشدید

آن تحت شرایط اقلیمی و برخی فعالیت های در دست اجرا از سوی دیگر باعث شده است تا رویشگاهها در اثر کمبود این عنصر حیاتی تحت تنش قرار داشته باشند و در نتیجه تاثیر سایر عامل تهدید کننده در این رابطه مهم تر و بارزتر خواهد بود (جدول ۷-۴).

بررسی وضعیت عنصر پتاسیم در رویشگاههای مختلف نیز بیانگر تغییرات میزان این عنصر حیاتی در نقاط مختلف است. پتاسیم نیز مانند ازت و فسفر جزء عناصر پر مصرف مورد نیاز گیاه می باشد.

محتوی پتاسیم در خاکها غالباً بیشتر از ۲۰۰۰۰ پی پی ام (ppm) می باشد که بخش بسیار زیادی از آن به عنوان جزء ساختاری و ساختمانی خاکهای معدنی است و برای رشد و نمو گیاهان قابل جذب نمی باشد. میزان جذب پتاسیم با توجه به ساختار خاکهای هر منطقه و شرایط آب و هوایی می تواند متفاوت باشد (جدول ۷-۴).

از طرفی در قسمت های انتهایی خورهای مورد مطالعه در خلیج نای بند به دلیل وجود شرایط خاص زمین شناسی و وجود بسترهای مرجانی بیشتر در آن ناحیه، میزان پتاسیم کاهش قابل ملاحظه ای نشان می دهد به نحوی که مقایسه با سایر مناطق به ویژه دهانه خورها وضعیت ضعیف تری را داراست. این عامل و تنش ناشی از کمبود پتاسیم قابل دسترس در رویشگاههای مختلف درختان حرا در کنار سایر عوامل محدود کننده خود باعث ایجاد شرایط سخت تر برای رشد و نمو و توسعه رویشگاهها خواهد نمود که در بلند مدت نه تنها توسعه و توزیع گستره انتشار درختان حرا را بیشتر نمی کند بلکه به تدریج در بخش های انتهایی خور سبب فراهم شدن شرایط زیستی دشوارتر و در نتیجه آن کاهش عرصه های انتشار درختان حرا خواهد شد. این موضوع به خوبی در عرصه های مورد مطالعه، مشاهده می شود (جدول ۷-۴).

اندازه گیری میزان سدیم در رویشگاههای درختان حرا نشان می دهد که در مناطقی که تراکم و غلظت کلسیم بالاتر است کلسیم نقش بسیار مهمی را در افزایش مقاومت به شوری می تواند داشته باشد و علاوه بر اصلاح و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تهویه بهتر خاک، می تواند از طریق افزایش نسبت Ca^{2+}/Na^{+} در کاهش میزان ورود Na^{+} (یون سدیم) توسط ریشه ها کمک موثری بنماید.

مشاهده میزان کلر و سدیم در نقاطی که دارای کلسیم بیشتری است این حقیقت را تائید می نماید. در نقاطی که علی رغم ورودی از دهانه خلیج به دلیل ساختاری و زمین شناسی دارای مقادیر کمتری از یون کلسیم در خاک می باشند غلظت یون های جایگزین یعنی سدیم افزایش چشمگیری دارد و به بالاترین مقدار در تمامی

اندازه گیریها می‌رسد و متناسب با آن غلظت یون کلر نیز در این نقاط افزایش بسیار قابل توجهی داشته است که همگی موارد فوق حاکی از اثرات مهم یون کلسیم در این رویشگاهها می‌باشد (جدول ۷-۵).

متاسفانه در نقاطی که شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی محدود کننده نمی‌باشند تغییرات ایجاد شده در محیط رویشگاههای درختان حرا نظیر احداث جاده‌های مواصلاتی، قطع مسیر رفت و برگشت آب دریا، تخریب درختان و غیره باعث شده تا در این نقاط علی‌رغم اینکه می‌بایست شرایط اولیه تا حدودی برای انتشار فراهم‌تر باشد عرصه‌های اولیه نیز دست خوش تغییراتی شده و کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان دهند.

جدول ۷-۵- میانگین غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های مهم در رویشگاه‌های مورد مطالعه (ppm)

کد نمونه‌ها	(Na ⁺)	(Cl ⁻)	(SO ₄ ⁻)	(Ca ²⁺)
تعداد نمونه	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴
میانگین	۱۰۵۲۱	۱۷۷۲۲	۴۰۹۱	۲۴۳۷۷۰
دامنه	۶۱۸۴-۱۹۴۷۶	۷۹۹۳-۳۶۲۸۲	۱۵۰۰-۱۹۷۵۱	۱۷۰۵۶۵-۳۳۵۸۸۴

بررسی تغییرات یون سولفات در بستر رویشگاه‌های مختلف نیز نشان می‌دهد که افزایش یون سولفات در خاک در کنار کلسیم سبب ایجاد وضعیت اصلاحی در ساختار خاک‌ها می‌شود. تشکیل سولفات کلسیم یا گچ در خاک برای اصلاح شوری خاک و حتی سدیمی بودن خاک‌ها می‌تواند بسیار ارزشمند باشد چنین وضعیتی در غالب مکان‌های نمونه گیری دیده می‌شود و خوشبختانه این آنیون در خاک منطقه عامل محدود کننده نمی‌باشد. بررسی میزان کربنات‌ها در خاک‌های مختلف نیز نشان می‌دهد که روند تغییرات کربنات خاک‌ها هماهنگ و منطبق با شرایط و وضعیت کلسیم خاکها است به دلیل اینکه منشاء اصلی و مادر خاک‌های فوق از سنگهای آهکی بوده و این دو نیز متناسب با منشاء دارای حجم بالایی در ساختار خاک‌های منطقه می‌باشد.

۸-۱- مقدمه

یکی از شایع‌ترین و خطرناک‌ترین نوع آلودگی، آلودگی‌های ناشی از محصولات هیدروکربوری در هوا و آبهای طبیعی (سطحی و زیرزمینی) محسوب می‌شود که اثرات زیان باری روی انسان و منابع طبیعی دارند. در حال حاضر شاخص آلودگی اتمسفر، آلاینده‌های منتشر شده از احتراق گاز و سوخت‌های فسیلی تأسیسات و اثرات

استقرار و توسعه این صنایع به محیط زیست است. در این رابطه محدوده وسیعی از مسائل مورد بررسی قرار می‌گیرد که بررسی و تعیین الگوی تکامل انتشار آلاینده‌های هوا در این واحدها از مهمترین اهداف مورد توجه می‌باشد. نقش تکنولوژی‌های GIS، RS برای تحلیل عدم قطعیت، ارزیابی همراه با ریسک، استخراج و گردآوری اطلاعات از تلفیق مدل‌های رستری و برداری می‌باشد. پایش آلودگی‌های ناشی از مهاجرت هیدروکربورها پس از عملیات استخراج، بهره برداری ذخایر و مخازن نفت و گاز طی یک دوره چهار ساله در هوا برای منطقه عسلویه مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله منافع این کار می‌توان به (تعیین هزینه‌ها، انجام اصلاحات در واحدهای عملیاتی، مقایسه آلودگی واحدهای مختلف، تعیین سیاست‌های آتی در صنعت گاز از جنبه آلودگی، کاربرد داده‌ها در مواقعی که امکان اندازه‌گیری آلودگی وجود ندارد و بهینه‌سازی مصرف انرژی) اشاره نمود. مهمترین کاربرد ارائه مدل الگوی توزیع هیدروکربورها در منطقه ویژه، تجزیه و تحلیل نقشه‌ها بر اساس روش روی هم قرارگیری شاخص^{۴۸} جهت ارزیابی تأثیر آنها روی نزولات جوی و انتخاب محل دپوی گوگرد می‌باشد. امروزه پایش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از عملیات استخراج، انتقال، بهره برداری و پالایش ذخایر هیدروکربوری در صنایع نفت و گاز یکی از مهمترین مسائل مورد توجه می‌باشد که تشخیص و اندازه‌گیری منشاء آلودگی نواحی مختلف به وسیله عناصر هیدروکربوری و ترکیبات آنها در یک بازه زمانی مشخص انجام می‌شود. این آنومالی‌های ژئوشیمیایی عناصر مختلف به سمت فضاها خالی گسترش می‌یابند. تمامی آلودگی‌های ایجاد شده توسط انسان صرف‌نظر از مقیاس و ناحیه در برگیرنده آن، خطرناک‌تر و بیشتر از آلودگی‌های طبیعی هستند. یکی از مهمترین شاخه‌های تحقیقات محیط زیست مشخص کردن و ارزیابی اثرات آلاینده‌های زیست محیطی است که در اثر تجمع عناصر شیمیایی و ترکیبات آنها که ناشی از فعالیت صنایع مختلف می‌باشد. مطالعه تجمع این عناصر که آنومالی‌های ژئوشیمیایی ساخت بشر خوانده می‌شوند در اکثر موارد جهت مشخص کردن مکانیزم آلودگی‌های محیط زیست توسط موسسه‌های خاصی انجام می‌گیرد و باعث تشخیص اندازه‌های استاندارد مناسب برای طبیعت می‌شود.

۸-۲- انواع مدل

مدل‌ها به عنوان یک ابزار مناسب در پیش‌بینی بسیاری از پیامدهای زیست محیطی حائز اهمیت بسیار می‌باشند. یک مدل، الگو و نشان دهنده روابط بین متغیرها و پاسخ در یک سیستم واقعی است. هدف اصلی مدل سازی

^{۴۸}. Index overlay

افزایش درک و بینش بین پارامترهای مؤثر در فرآیندهایی است که در داخل یک سیستم واقعی در حال وقوع می‌باشد. از دیگر محسنات مدل حاکم بر یک فرآیند در پیش بینی رفتار سیستم در آینده می‌باشد. به کمک مدلها می‌توان مکانیزم انتقال آلاینده‌ها و کم کردن اثرات آلودگی‌ها را طراحی، بهینه و دقیقاً پیش بینی نمود [51]. مدلها قادر هستند تا اثرات عدم قطعیت^{۴۹} در صنایع شیمی، زمین‌شناسی، ژئوتکنیک، هیدرولوژی و محیط زیست را برای امکان پیش بینی یک رخداد ارزیابی نماید [۲]. انواع مدلها به شرح زیر هستند:

۸-۲-۱- مدل مفهومی

این مدل به صورت کیفی فرآیندهای داخل یک سیستم واقعی را تشریح می‌کنند. مدلهای مفهومی می‌توانند در مرحله بعد در ارائه یک مدل ریاضی برای فرآیند مورد بررسی استفاده شوند. مدلهای ذخیره نفتی مدلهای مفهومی هستند، که به طور معمول با کلمات و نمودارها توصیف می‌شوند. آنها ویژگی‌های معمول و متداول یک گروه از ذخایر نفتی را شرح می‌دهند، با تفسیر فرآیندهای تشکیل هیدروکربورها همراه هستند. مدلهای مفهومی در انواع مختلف برای تمام کاربردهای GIS بوده و برای هدایت مطالعه ضروری می‌باشد. به طور خلاصه، تجزیه و تحلیل و مدل سازی داده‌های فضایی در GIS فقط استفاده از داده‌ها در محیطهای نرم‌افزاری رایانه‌ای نیست [۴۰].

۸-۲-۲- مدلهای ریاضی

وقتی یک مدل مفهومی برای یک مشکل زیست‌محیطی مشخص گردید، مدلهای ریاضی که به طور کمی رفتار سیستم را بررسی و ارزیابی می‌نمایند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این روش یک معادله ریاضی که نشان دهنده مکانیزم رفتار فرایند است بیان می‌گردد. معادلات مناسب نیز در صورت امکان به صورت تحلیلی یا عددی با استفاده از یک الگوریتم مناسب یا با بهره‌گیری از یک برنامه نرم‌افزاری برای یک متغیر انتخابی که سیستم مورد مطالعه را تعریف می‌کند، حل می‌شوند.

۸-۲-۳- مدلهای داده فضایی

دو روش اساسی برای نمایش اجزاء فضایی اطلاعات جغرافیایی وجود دارد. مدل برداری و مدل رستری. در مدل برداری اشیاء یا موقعیت‌ها در جهان واقعی به وسیله نقاط و خطوطی که مرزهای آن را تعیین می‌کنند

^{۴۹}. Uncertainty

نمایش داده می‌شوند، تقریباً مانند زمانی که در روی نقشه ترسیم شوند. در مدل رستری فضا به طور منظم به سلول‌هایی (که معمولاً دارای شکل مربعی هستند) تقسیم می‌گردد. موقعیت اشیاء یا شرایط جغرافیایی به وسیله سطر و ستون سلول‌هایی که اشغال می‌کنند، تعیین می‌گردد. [۴۱]. در ادامه ویژگی‌های این دو مدل توضیح داده می‌شوند.

• مدل رستری

یکی از مزایای مدل رستری این است که داده‌های فضایی انواع مختلف می‌تواند بدون نیاز به محاسبات هندسی پیچیده برای همپوشاندن نقشه‌های گوناگون در مدل برداری، روی هم قرار گیرند. هر لایه از سلول‌های شبکه در یک مدل رستری یک خصوصیت جداگانه را ثبت می‌کند. سلول‌ها از نظر اندازه ثابت و معمولاً چهارگوش هستند. موقعیت‌های سلول‌ها به کمک شماره ردیف و ستون آدرس دهی می‌شوند. مختصات فضایی به طور معمول آشکارا برای هر سلول ذخیره نمی‌شوند زیرا ترتیب ذخیره این عمل را به طور مستقیم انجام می‌دهد. اطلاعات درباره شماره ردیف‌ها و ستون‌ها به اضافه موقعیت جغرافیایی منشاء با هر لایه ذخیره می‌شود.

در حالت رستری، نقاط به صورت پیکسل‌های مجزا و خطوط به صورت رشته‌هایی از پیکسل‌های متصل ارائه می‌شوند. این موضوع اغلب ناخوشایند است زیرا اندازه پیکسل بزرگتر از آن است که بتواند عوارض بسیار نزدیک به هم را از یکدیگر تفکیک کند. با ثابت نگاه داشتن اندازه پیکسل در زمان ایجاد یک رستر، ترازهای جزئی و دقیق که مستلزم تفکیک بیشتری هستند گم می‌شوند. سازمان‌دهی رستری برای مدل سازی فضایی پیوسته، به ویژه جایی که یک خصوصیت درجه بالایی از نوسان فضایی مثل داده‌های موجود بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد، بسیار مناسب است. جای گیری فضایی منظم پیکسل‌ها در یک شبکه برای محاسبه و عرضه گرادیان‌های فضایی ایده‌آل است [۴۲].

• مدل برداری

شاخص‌ترین مدل برداری به نام «مدل اسپاگتی» شناخته شده است. در این مدل نقاط به عنوان جفت‌هایی از مختصات فضایی، خطوط به صورت رشته‌هایی از جفت‌های مختصات و نواحی به صورت خطوطی که حلقه‌های بسته یا پلی‌گون‌ها را تشکیل می‌دهند، عرضه می‌شوند. اگر هر نقطه، خط و پلی‌گون روی نقشه زمین‌شناسی با رقمی کننده خطی رقمی شود، گروه جفت‌های مختصات می‌تواند در یک شکل به نسبت ساخت نیافته ذخیره شوند. این مدل سر راست و مستقیم و ساختار داده‌ای معادل برای سیستم‌های گرافیک ارزان ایده‌آل است. عوارض فضایی می‌توانند به عنوان عناصر گرافیک در نظر گرفته شوند. ترسیمات رقمی را

می‌توان به آسانی مقیاس بندی نمود و به پروژکشن‌های مختلف تغییر شکل داد و به وسیله قلم‌های رسام بیرون فرستاد یا بر روی صفحه نمایش ویدئویی نمایش داد. نمایش ویدئویی مستلزم تبدیل دوباره به حالت رستری است اما این عملیات سریع و در حالت «on the fly» انجام می‌شود.

اگر عوارض فضایی با اطلاعات خصوصیت‌ها به طور معمول با داده‌های فضایی و غیر فضایی در همان فایل ذخیره شوند، نقطه‌ها می‌توان با نمادهای مختلف رسم کرد، خطوط می‌توانند رنگ‌ها و وزن متفاوت داشته باشند و پلی‌گون‌ها می‌توانند با الگوها و رنگ پر شوند که این به مقدار خصوصیت‌های همراه آن بستگی دارد. حتی با مدیریت پایگاه داده‌ای وابسته به حداقل عوارض فضایی و خصوصیت‌های آنها، عوارض فضایی سپس می‌توانند برای نمایش بر اساس معیارهای از پیش تعیین شده خصوصیت‌ها انتخاب شوند. تغییرات مقیاس و پروژکشن به داده‌های برداری به گونه‌ای است که مناطق ویژه را می‌توان برای مقاصد گوناگون بزرگ یا اصلاح کرد. بعضی از بسته‌های نرم افزاری مانند ArcGIS این توانمندی را دارا می‌باشند [۴۲]. دو مدل رستری و برداری در جدول ۸-۱ مقایسه شده‌اند. در این تحقیق برای پایش آلودگی‌های منطقه ویژه از مدل‌های رستری و برداری استفاده شد.

جدول ۸-۱- مقایسه مدل‌های رستری و برداری

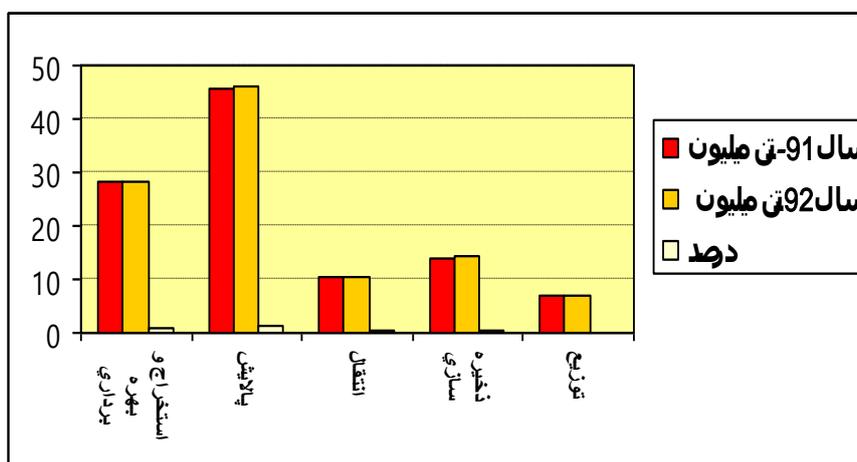
رستر	بردار
۱- حجم داده‌ها نسبتاً زیاد است.	۱- حجم داده‌ها نسبتاً کم است.
۲- نمایش داده‌ها کندتر است.	۲- نمایش داده‌ها سریعتر است.
۳- هیچ اطلاعات توصیفی ندارند.	۳- امکان ذخیره سازی اطلاعات توصیفی وجود دارد.
۴- جذابیت بیشتری برای چشم دارند.	۴- جذابیت کمتری برای چشم دارند.
۵- بطور ذاتی نحوه نمایش داده‌ها را در GIS ذخیره می‌کنند.	۵- در مورد نحوه نمایش داده‌ها در GIS چیزی را دیکته نمی‌کنند.

۸-۳- پایش آلاینده‌های هیدروکربوری

طبق آمارهای رسمی از کمپانی گاز پروم، معمولاً ۲ تا ۳ درصد حجم کل ذخایر نفت و گاز استخراج شده به داخل اکوسیستم‌های طبیعی (آبهای سطحی و زیرزمینی، خاک، اتمسفر و بیوسفر) وارد می‌شوند که این ضایعات ۱۰ برابر بیشتر از ضایعات در زمان وقوع فاجعه‌ها هستند. ضایعات و رها سازی هیدروکربورها طبق نتایج موجود، در هنگام بهره برداری و انتقال ۰/۸، پالایش ۱/۳، انتقال ۰/۳، ذخیره سازی ۰/۴ و توزیع ۰/۲ درصد می‌باشد بنابراین ضایعات و رها سازی ۲ الی ۳ درصد حجم کل ذخایر نفت و گاز استخراج شده، به صورت زونهای آلوده وارد اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند. یکی از روش‌های اصلی آشکار سازی زونهای آلوده مناطق نفت و گاز دار در سطح زمین یا کف دریاها، آبهای زیرزمینی، کاربرد روشهای ژئوشیمیایی درهریک از

مراحل ذخیره سازی، خطوط انتقال، بهره برداری و همچنین مکان‌سنجی پالایشگاه‌ها، حفاری‌ها، سکوها، مناطق مسکونی و اکتشافات ذخایر عمیق گاز، می‌باشد [53, 54].

متوسط رها سازی و ضایعات نفت (شامل ذخایر نفت، لوله های انتقال مرکزی، ذخیره سازی و پالایشگاه‌ها) در روسیه بیش از ۱۰ میلیون تن در سال ۱۹۹۱، بیش از ۹ میلیون تن در سال ۱۹۹۲ و بیش از ۷ میلیون تن در سال ۱۹۹۳ بوده است. بنابراین کل میزان رها سازی هیدروکربورها از استخراج ذخایر نفت تا بازار مصرف (طبق آمار مستند) بیش از ۳ درصد حجم نفت و گاز بهره‌برداری شده می‌باشد. به طوری که از ۲ الی ۳ درصد حجم بهره برداری شده، معادل ۰/۲۳ درصد ضایعات به دریاها و اقیانوس‌ها وارد می‌شود و ۰/۷۷ درصد آنها وارد خشکی می‌شوند [54].



شکل ۸-۱- رها سازی هیدروکربورهای نفتی در سال های ۹۱ و ۹۲ در روسیه [52, 53, 54]

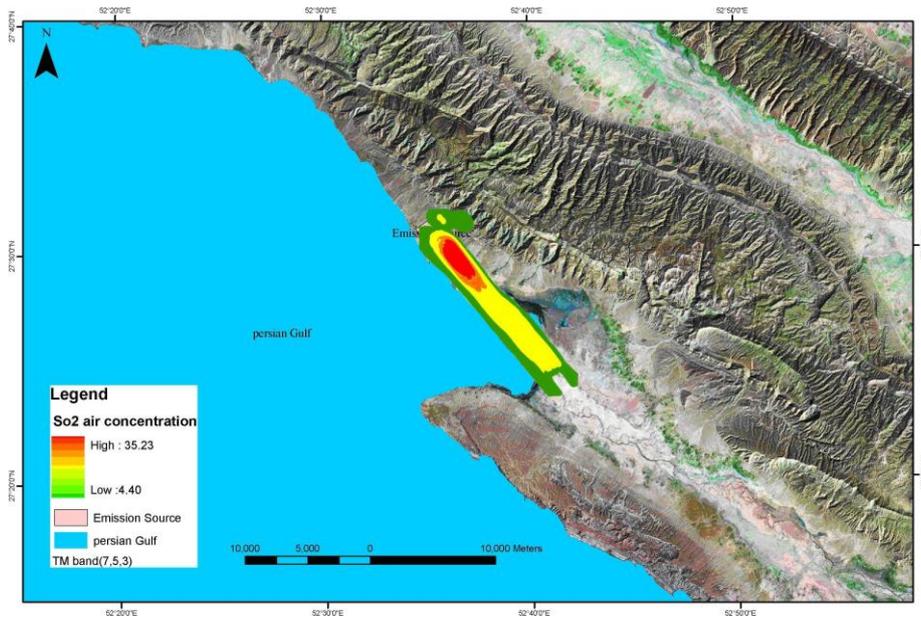
۸-۴- پایش آلاینده‌ها در هوا

آلاینده‌های هیدروکربوری شامل منوکسیدکربن (CO)، سولفید هیدروژن (H₂S)، دی‌اکسید سولفور (SO₂)، دی‌اکسیدنیتروژن (NO₂)، ازن (O₃) و ترکیبات آلی فرار (VOC) از فازهای ۲ و ۳ طی سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ توسط شرکت توتال و با استفاده از کپتورها^{۵۰} اندازه‌گیری شدند و تجزیه این کپتورها در خارج از کشور صورت گرفته است.

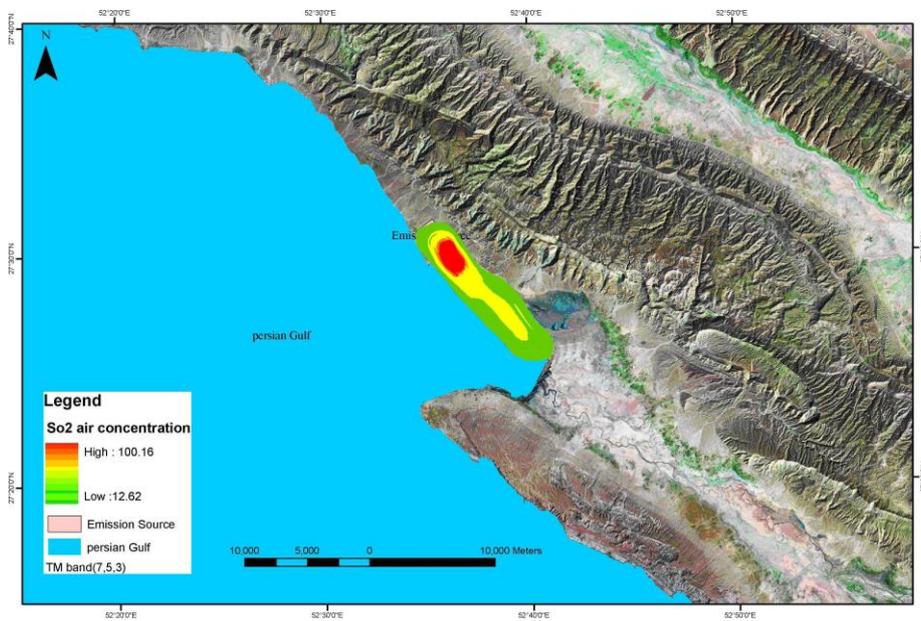
^{۵۰}: Captors

باتوجه به شرایط توپوگرافی منطقه و جهت وزش باد غالب از غرب به شرق فقط برای دو ترکیب SO_2 و NO_2 تغییرات قابل توجه در پایش آلاینده‌ها مشاهده شد. طبق شکل‌های (۸-۲، ۸-۳ و ۸-۴) در محیط GIS نقشه‌الگوی تکامل انتشار آلاینده‌های هوا را مشاهده می‌کنیم. طبق این سه شکل روند گسترش آلاینده‌های اصلی SO_2 و NO_2 در راستای بادهای غالب از محل فرودگاه به طرف پارک ساحلی عسلویه به طول ۱۳ کیلومتر طی چهار سال تعیین شد. لذا الگوی تکامل انتشار آلاینده‌های هوا در ناحیه عسلویه برای سه منظر متفاوت (کوهستانی، محل تأسیسات فازها و مناطق ساحلی دریا) به صورت مدلی در محیط GIS ارائه شده است.

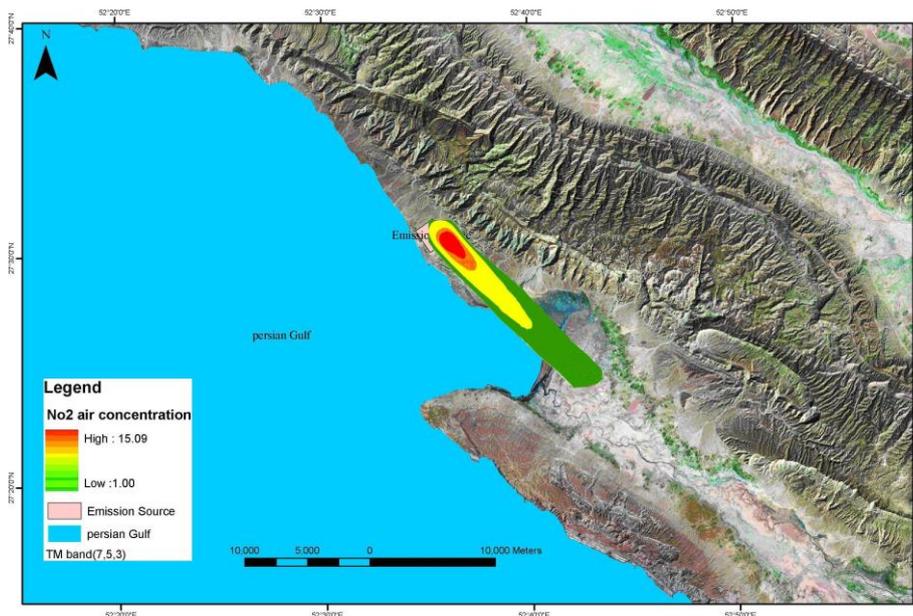
سال ۱۹۹۱ عملیات آماده‌سازی، اکتشاف و استخراج گاز پارس جنوبی در منطقه عسلویه شروع شد که استقرار صنایع بی‌شمار بالادستی و پایین دستی را در این مناطق موجب گردیده است. تاکنون مطالعات جامعی در رابطه با اثرات استقرار و توسعه این صنایع به محیط زیست منطقه انجام پذیرفته است. به منظور شناسایی و تعیین اثرات زیست محیطی عملیات اکتشاف و استخراج گاز، خطوط انتقال گاز به پالایشگاهها، واحدهای میعانات گازی و آلاینده‌های منتشر شده از احتراق گاز و سوخت‌های فسیلی تأسیسات منطقه ضروری است تا الگوی انتشار آلاینده‌های هوا در این واحدها تعیین و مورد بررسی قرار گیرند. در مطالعه مورد نظر سعی شده است به منظور بهره‌وری مناسب از منابع، مشخص نمودن وضعیت واحدها از نظر ایجاد آلودگی هوا و نوع تکنولوژی به کار رفته در آنها، الگوی توزیع واحدهای مذکور در منطقه پارس جنوبی در محیط GIS بررسی شود. در این تحقیق پایش آلاینده‌ها از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ انجام شده سپس با در نظر گرفتن فاکتور توپوگرافی و آب و هوا الگوی توزیع تعیین شده است.



شکل ۸-۲- مدل انتشار متوسط مقدار SO_2 در شرایط آب و هوایی ناپایدار منطقه پارس جنوبی



شکل ۸-۳- مدل انتشار ترکیب SO_2 در شرایط پایدار آب و هوایی پارس جنوبی



شکل ۸-۴- مدل انتشار ترکیب NO₂ در شرایط پایدار آب و هوایی پارس جنوبی

نتیجه گیری

بررسی آلاینده‌های هوا در ۷ ایستگاه منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی نشان می‌دهد که غلظت تمام آلاینده‌ها از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۰۵ رو به افزایش بوده است که با ادامه ساخت و ساز فازهای جدید و دیگر تأسیسات در منطقه امکان تشدید آلودگی هوا در منطقه زیاد است. همچنین بررسی غلظت این آلاینده‌ها در مقایسه با سرعت و جهت بادهای غالب منطقه نشان می‌دهد که غلظت آنها با جهت و سرعت بادهای غالب منطقه در تغییر است به صورتی که در فصول پاییز و زمستان که سرعت باد بیشتر است غلظت آلاینده‌ها در منطقه کمتر می‌شود. ضمن اینکه در این فصول، بارندگی نیز در منطقه بیشتر است و امکان انحلال آلاینده‌های هوای آنها در آب باران وجود دارد. بررسی خاک سطحی منطقه نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و کبالت از سایر عناصر بیشتر است و دلیل غلظت بالای آنها وجود صنایع در منطقه است. مقایسه نمونه شاهد (شیرینو) با سایر نمونه‌های خاک نشان می‌دهد که مقادیر پنج عنصر کادمیوم، کبالت، کروم، سرب و مس در همه نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد بیشتر بوده که این امر به خاطر دوری نمونه شاهد از منطقه آلوده است. همچنین بررسی‌های شاخص زمین انباشتگی و فاکتور غنی شدگی نشان داد که بیشترین غلظت فلزات مربوط به کادمیوم، سرب و کبالت است و از لحاظ شاخص زمین انباشتگی درجه آلودگی خاک توسط این سه عنصر در حد خاک‌های غیر آلوده تا کمی آلوده است. بررسی

آبهای سطحی نشان داد که pH این آبها در حد خنثی و میانگین TDS آنها (۶۶۰ میلی گرم بر لیتر) در حد مجاز استاندارد WHO برای آبهای آشامیدنی است. نیترات و نیتريت نمونه‌های آب از استاندارد WHO برای آبهای آشامیدنی خیلی پایین تر است. غلظت آمونیاک و TPH در این آبها از استاندارد WHO خیلی بالاتر بوده که البته با وجود صنایع موجود در منطقه انتظار چنین غلظت‌های بالایی را باید داشت. بررسی غلظت عنصر کبالت در روانابهای سطحی و آب باران نشان داد که وجود این عنصر در آبهای باران و سطحی به خاطر آلاینده‌های موجود در هوای منطقه می‌باشد که توسط صنایع تولید می‌شوند.

در انتها می‌توان نتیجه گرفت که آلاینده‌های موجود در هوای منطقه علاوه بر انتقال به مکانهای دیگر، می‌توانند توسط نزولات جوی وارد خاک و آبهای سطحی منطقه شده و همچنین وارد آبهای دریا شده و اکوسیستم دریا و خلیج نایبند را به مخاطره بیندازد.

Abstract

In this thesis, air, water and soil pollution of Pars Special Economic Energy Zone (PSEEZ) is investigated. This region is located between geographical longitude $52^{\circ} 25' - 52^{\circ} 40'$ and geographical latitude $27^{\circ} 20' - 27^{\circ} 40'$ in the east of Bushehr province. Data gathered by French company, Total, during 3 years from April 2003 to November 2005 once every 15 days in 7 stations, is used to estimate air pollution. Measured pollutants are NO_2 , SO_2 , O_3 , VOC, CO and H_2S , but CO and H_2S data weren't analyzed because their concentration was less than detection level of the equipments. The maximum and minimum measured values of NO_2 , SO_2 , O_3 and VOC were (105, 8.1), (621, 5.6), (116, 3.1) and (452, 0.8) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. Comparing annual concentration of these pollutants to dominant winds using GIS software, showed that in addition to wind, precipitation is an important factor in pollution level. To assess soil contamination, 10 surface soils samples from maximum depth of 5cm were collected. These samples were analyzed for heavy metals, Hg, Cu, Pb, Co, Cr, Ni, Fe, Cd, Mn and TPH. The mean concentrations are <0.025, 5.7, 30.5, 18.5, 12.6, 29, 1900, 0.41, 100 and 128.7 mg/kg soil, respectively. To estimate water pollution, 5 samples from surface waters and 1 sample from rain water were collected, and pH, TDS, TSS, Nitrate, Nitrite, NH_4^+ , TPH, PO_4 , COD, BOD_5 and Co from these samples were measured. These values are 7, 660, 60, 0.064, 0.322, 5, 3.58, 0.064, 486, 338 and 52 mg/l, respectively. In rain water, in addition to pH (7.2), total hardness (12), Ca hardness (10), Cl^- (4), alkaline (8), HCO_3^- (10) and cobalt (2.4) mg/l were measured.

This study showed that pollution arising from current industries in Assaluye is higher in the vicinity of active phases and petrochemical industries and in south-eastern part 7 the PSEEZ region.

Keywords: Air pollutants, Water and soil contamination, PSEEEZ, GIS, Wind.

منابع فارسی

۱. گزارش سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، ۱۳۸۲، وضعیت اقلیمی - جغرافیایی و طبیعی منطقه، ۵۶ صفحه.
۲. دهاقین، ع.، و همکاران. ۱۳۸۵. گزارش سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، پایش آلودگی هوا، تعیین مشخصات فنی و موقعیت استقرار ایستگاه های دائمی کنترل آلودگی هوا، پژوهشکده حفاظت صنعتی و محیط زیست واحد پژوهش و آلودگی محیط. ۲۳۱ صفحه.
۳. شریعت فیض آبادی، ف. ۱۳۷۷. استانداردهای کیفی آب، سمینار کارشناسی ارشد آلودگی دریا.
۴. درویش زاده، ع. ۱۳۸۲. زمین شناسی ایران. انتشارات امیر کبیر. ۹۰۱ صفحه.
۵. سید امامی، ک. ۱۳۵۱. کرتاسه پایینی در ایران. نشریه دانشکده فنی، دوره دوم، شماره ۲۱. صفحات ۸۱-۶۰.
۶. عطار زاده، ع.، گلشن پ.، بندی، ف.، سامانی، ش.، فتوحی، ف. ۱۳۸۳. مطالعه آب های زیرزمینی عسلویه. شرکت تهران - بوستن. ۳۴۱ صفحه.
۷. دبیری، م. ۱۳۷۹، آلودگی محیط زیست؛ هوا- آب- خاک- صوت. ویرایش دوم. ناشر اتحاد. ۳۹۹ صفحه.
۸. نوری، ج.، فردوسی، س. ۱۳۷۹، شیمی محیط زیست، ترجمه، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۷۴ صفحه.
۹. افیونی، م.، عرفان منش، م. ۱۳۸۱. آلودگی محیط زیست؛ آب، خاک و هوا. نشر ارکان اصفهان. ۳۳۰ صفحه.
۱۰. کیان پور راد، م. ۱۳۷۱. آلودگی هوا. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۱۰۹ صفحه. (ترجمه)
۱۱. علیزاده، ا. ۱۳۸۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا. ۸۱۵ صفحه.
۱۲. یخکشی، ع. ۱۳۸۱. شناخت، حفاظت و بهسازی محیط زیست ایران-تهران. مؤسسه آموزش عالی علمی-کاربردی جهاد کشاورزی.
۱۳. کریم پور، ی. ۱۳۷۹. مسائل محیط زیست (فرسایش لایه ازن - گرم شدن زمین - آلودگی هوا) - (علل، پیامدها، راه کارها). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۱۶۲ صفحه. (ترجمه)
۱۴. علیرضا، پ.، حمیدرضا، پ. ۱۳۸۱. عمده ترین آشفته گیهای زیست محیطی قرن حاضر (باران اسیدی، لایه ازن، گرمایش جهانی). انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۷۶ صفحه.
۱۵. رنجبر، ا.، شاکری، م. ۱۳۸۵. استفاده از قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت آلودگی هوای شهر تبریز. نقشه برداری ۳۸، ۲۱-۳۰.
۱۶. کاظمی، غ.، مهدیزاده، ح. ۱۳۸۰. میزان املاح و ترکیب شیمیایی نزولات جوی منطقه شاهرود. پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. ۴۰۱-۴۰۵.

۱۷. پاینده، خ، لندی، ا. ۱۳۸۶. بررسی میزان و تاثیر فلزات سنگین حاصل از فعالیت‌های تولیدی کارخانجات صنعتی فولاد و نورد اهواز بر کیفیت خاک، سلامت محصولات زراعی و ارائه روش گیاه پالایشی به عنوان راهکاری برای بهبود آن. دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۴۴۵-۱۴۴۶.
۱۸. ادریسی، م. ۱۳۸۴. اصول حفاظت محیط زیست. انتشارات دانش پویان جوان. ۲۰۶ صفحه.
۱۹. قاسم، ع. ۱۳۷۳. کیفیت آب آشامیدنی. انتشارات محقق. ۱۴۷ صفحه.
۲۰. غضبان، ف. ۱۳۸۱. زمین‌شناسی زیست محیطی. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۱۶ صفحه. شماره ۲۵۷۵.
۲۱. عودی، ق. ۱۳۷۳. کیفیت آب آشامیدنی. انتشارات محقق. ۱۴۷ صفحه.
۲۲. غفوری، م.، مرتضوی، س. ۱۳۶۷. س- م آب شناسی. انتشارات دانشگاه تهران. شماره ۱۷۰۰.
۲۳. کمالی زاد، ع. ۱۳۶۴. کتاب راهنمای آب. انتشارات ایران علمی. ۳۲۸ صفحه.
۲۴. شریعت پناهی، م. ۱۳۶۸. اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران.
۲۵. واعظی، م. جزوه شیمی آب. دوره کارشناسی بهداشت محیط، سال تحصیلی ۶۶-۶۵. دانشگاه تهران.
۲۶. وزارت نیرو- دفتر فنی. ۱۳۶۷. معیارهای کیفی آب آشامیدنی. نشریه شماره ۶.
۲۷. وزارت نیرو، دفتر فنی. ۱۳۶۹. استاندارد کیفیت آب آشامیدنی. نشریه شماره ۶ الف، اردیبهشت، شماره استاندارد صنعت آب کشور.
۲۸. دانشور، ن. ۱۳۸۳. اصول کنترل کیفیت آب. انتشارات دانشگاه تبریز. ۴۱۹ صفحه. (ترجمه)
۲۹. شریعت پناهی، م. ۱۳۷۷. اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران.
۳۰. نبی زاده نودهی، ر.، فائزی رازی، د. ۱۳۷۵. رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی، (جلد اول). انتشارات نص.
۳۱. سعادت نوری، م. ۱۳۶۳. اصول نوین تغذیه در سلامتی و بیماری. انتشارات اشرفی.
۳۲. www.aftab.ir
۳۳. علایی، ا. ۱۳۷۹. بررسی جامع فلورستیک و فیتوسوسیولوژیک مناطق نفت خیز جنوب غربی ایران. پژوهشگاه صنعت نفت. تهران.
۳۴. مومنی، ا. ۱۳۷۰. برخی ویژگیهای بوم شناختی و رسوب شناختی مانگروهای جزیره قشم. دانشگاه شهید بهشتی. نشریه دانشکده علوم زمین. شماره یک. ۶۹-۲۷.
۳۵. شریفی، م. ۱۳۶۸. مقدمه بر تنش شوری از مبحث اکولوژی گیاهی. سازمان جنگلها و مراتع کشور. دفتر جنگل کاری و پارک‌ها. چالوس.
۳۶. میرشجاعی، ی.، صرافی، غ. ۱۳۶۵. کاربرد اطلاعات ماهواره‌ای در بررسی جامعه گیاهی مانگرو. مرکز سنجش از دور ایران.
۳۷. نجفی ت.، شبانکاره، ک. ۱۳۶۸. نقش جنگلهای مانگرو در تولید فرآورده‌های جنگلی و دریایی و اثرات زیست محیطی آنها. سمینار جنگل کاری در زمین‌های مرطوب، آبگیر و ماندابی ایران. سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران.
۳۸. غیاث‌الدین، م. ۱۳۷۳. آلودگی هوا. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۰۹ صفحه. شماره ۱۹۴۸. (ترجمه)
۳۹. مر، ف.، شرفی، ع. ۱۳۸۰. اصول ژئوشیمی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۶۶ صفحه. (ترجمه)

۴۰. دولتی ارده جانی، ف.، تنکابنی، س.، میرحبیبی، ع.، بدیعی، خ. ۱۳۸۴. بیوتکنولوژی، ژئوشیمی زیست محیطی و مدیریت پسابها جلد اول - پسابهای معدنی. انتشارات پژوهشکده صنایع رنگ ایران. ۲۴۸ صفحه.
۴۱. رجبی فرد، ع. ۱۳۷۵. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. انتشارات سازمان نقشه برداری کشور. ۳۱۳ صفحه. چ
۴۲. گریم‌اف. بونهام-کارتز. ۱۳۷۹. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین، مدل سازی به کمک GIS. ترجمه گروه اطلاعات زمین مرجع سازمان زمین شناسی. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی. ۵۶۴ صفحه.

References

1. James, G.A., and Wynd, J.D. 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil Consortium Agreement area. American Association of Petroleum Geologists Bul., 49(12), 2182-2245.
2. Stöcklin, J. 1972. Iran Central, Septentrional et Oriental. Lexique stratigraphique International, III, Fascicule 9b, Iran, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 1-283.
3. Pilgrim, M. 1908. Geology of the Persian Gulf and the adjoining portion of Persia and Arabia, Mem. Geol. Survey India, V. 34, Part 4. 1-177.
4. Office of Technology Assessment 1984. Balancing the risks. Weatherwise 37: 241-249.
5. ACGIH, 1997. Threshold limited value for chemical substances and physical agents, American conference of governmental industrial hygienists.
6. Jitendra, J., et al, 1997. Urban Air Quality Management Strategy in Asia (Guidebook), The word Bank, Washington, D.C.
7. Patty and Clyton, 1978. Patty's industrial hygiene & toxicology
8. World Health Organization (WHO), 2000, Guidelines for Air Quality, Geneva
9. U.S Environmental Protection Agency. Nationwide Air pollutant Emission Trends, P.44 (Publication Ap-115, January 1973)
10. U.S. Environmental Protection Agency, EPA Citizens, Bulletin, Sept. 1971, 5-7.
11. De Leeuw, F.A.A.M., Van Zantvoort, E.G., 1997. Mapping of exceedances of ozone critical levels for crops and forest trees in the Netherlands: preliminary results. Environmental Pollution 96 (1), 89-98.
12. Diem, J.E., Comrie, A.C., 2002. Predictive mapping of air pollution involving sparse spatial observations. Environmental Pollution. Environmental Pollution 119, 99-117.
13. Phillips, D.L., Tingey, D.T., Lee, E.H., Herstrom, A.A., Hogsett, W.E., 1997. Use of auxiliary data for spatial interpolation of ozone exposure in southeastern forests. Environmetrics 8 (1), 43-61.
14. Tayanc, M., 2000. An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over Istanbul, Turkey. Environmental Pollution 107 (1), 61-69.
15. Yuval, D.M. Broday., 2006. High-resolution spatial patterns of long-term mean concentrations of air pollutants in Haifa Bay area. Atmospheric Environment 40, 3653-3664.
16. Panettiere, P., Cortecci, G., Dinelli, E., Bencini, A., Guidi, M., 2000. Chemistry and sulfur isotopic composition of precipitation at Bologna, Italy. Applied Geochemistry 15, 1455-1467.
17. Simpson, H. J., and Herczeg, A. L., 1994. Delivery of marine in precipitation and removal by rivers in the Murray-Darling Basin. H, of hydrology 154, 323-350.
18. Panettiere, P., Cortecci, G., Dinelli, E., Bencini, A., Guidi, M., 2000. Chemistry and sulfur isotopic composition of precipitation at Bologna, Italy. Applied Geochemistry 15, 1455-1467.
19. Fornaro, A., Gutz, I.G.R., 2006. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil. Part 3: Trends in precipitation chemistry during 1983-2003. Atmospheric Environment 40, 5893-5901.
20. Alonso, C.D., Romano, J.e Massaro, S., 1987. Medicões de pH e titulação em águas pluviais em um ponto urbano, Livro de Resumos da 37a. Reunião Anual da SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 604p.
21. Paiva, R.P., Pires, M.A.F., Munita, C.S., Andrade, M.F., Goncalves, F.L.T., Massambani, O., 1997. A preliminary study of the anthropogenic contribution to São Paulo rainfall. Fresenius Environmental Bulletin 6, 508-513.
22. Galvão, P., 1996. Chuva ácida: Estudo de caso no campus USP/SP, M.S. Thesis, Institute of Geosciences, São Paulo State University, 94p.

23. Al-Khashman, O.A., 2005. Study of chemical composition in wet atmospheric precipitation in Eshidiya area, Jordan. *Atmospheric Environment* 39, 6175–6183.
24. Migliavacca, D., Teixeira, E.C., Wiegand, F., Machado, A.C.M., Sanchez, J., 2005. Atmospheric precipitation and chemical composition of an urban site, Guaiba hydrographic basin, Brazil. *Atmospheric Environment* 39, 1829–1844.
25. Al-Momani, I.F., Tuncel, S., Eler, U., Ortel, E., Sirin, G., Tuncel, G., 1995. Major ion composition of wet and dry deposition in the Eastern Mediterranean basin. *Science of the Total Environment* 164, 75–85.
26. Tuncer, B., Bayer, B., Yesilyurt, C., Tuncel, G., 2001. Ionic composition of precipitation at the central Anatolia, Turkey. *Atmospheric Environment* 35, 5989–6002.
27. Al-Momani, I. F., Yavuz Ataman, O., Anwari, M. A., Tuncel, S., Köse, C. and Tuncel, G. 1994. Chemical Composition of Precipitation near an Industrial area at Izmir, Turkey. *Atmospheric Environment* 29, 1131-1143.
28. Goldberg E. D. (1963) The oceans as a chemical system. In *The Sea: Ideas and Observations on Progress on the Study of the Seas* (edited by Hill M. N.), Vol. II, Chapter 1. Interscience, New York
29. Lara, L.B.L.S., Artaxo, P., Martinelli, L.A., Victoria, R.L., Camargo, P.B., Krusche, A., Ayers, G.P., Ferraz, E.S.B., Ballester, M.V. 2001. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. *Atmospheric Environment* 35, 4937–4945.
30. Wong, J. 1995. The production of artificial soil mix from coal fly ash and sewage sludge. *Environ. Technol.* 16, 741–75.
31. Khan, M. 1996. The effect of fly ash on plant growth and yield of tomato. *Environment pollution.* 92, 105 - 111.
32. Elbir, T., Muezzinoglu, A., 2004. Estimation of emission strengths of primary air pollutants in the city of Izmir, Turkey. *Atmospheric Environment* 38, 1851–1857.
33. Morris, R.D., Naumova, E.N., Munasinghe, R.L., 1995. Ambient air pollution and hospitalization for congestive heart failure among elderly people in seven large US cities. *American Journal of Public Health* 85, 1361–1365.
34. Kyle, A.D., Woodruff, T.J., Buffler, P.A., Davis, D.L., 2002. Use of an index to reflect the aggregate burden of long-term exposure to criteria air pollutants in the United States. *Environmental Health Perspectives* 110, 95–102.
35. Kunzli, N., Lurmann, F., Segal, M., Ngo, L., Balmes, J., Tager, I.B., 1997. Association between lifetime ambient ozone exposure and pulmonary function in college freshmen-results of a pilot study. *Environmental Research* 72, 8–23.
36. Pope III, C.A., Bates, D.V., Raizenne, M.E., 1995. Health effects of particulate air pollution: time for reassessment? *Environmental Health Perspectives* 103, 472-480.
37. McConnell, R., Berhane, K., Gilliland, F., London, S.J., Vora, H., Avol, E., Gauderman, W.J., Margolis, H.G., Lurmann, F., Thomas, D.C., 1999. Air pollution and bronchitic symptoms in southern California children with asthma. *Environmental Health Perspectives* 107, 757–760.
38. Hirsch, T., Weiland, S.K., von Mutius, E., Safeca, A.F., Grafe, H., Csaplovics, E., Duhme, H., Keil, U., Leupold, W., 1999. Inner city air pollution and respiratory health and atopy in children. *The European Respiratory Journal* 14, 669–677.
39. Sillman S. The relation between ozone, NO_x and hydrocarbons in urban and polluted environments. *Atmos Environ* 1999; 33:1821–45.
40. Atkinson R. Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x. *Atmos Environ* 2000; 34:2063–101.
41. Berner, E.K., Berner, R.A., 1996. *Global Environment. Water, Air, and Geochemical Cycles*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
42. Noel de Nevers. 2000. *Air Pollution Control Engineering*. MC Graw Hill. 329 p.

43. Molhave, L. 1982. Indoor air Pollution due to organic gases and Vapours of Solvents in building materials. Environmental International.
44. U.S.EPA. 1991. US. Public Health and National Environmental Health Association, Introduction to Indoor Air Quality: A Reference Manual, Epa-400-3-91-0035.
45. Kelly JJ, Tate RL. 1998. Effects of heavy metals contamination and remediation on soil microbial communities in the vicinity of a Zn smelter. J. Environ Qual 27:609–17.
46. Roane TM, Kellogg ST. 1996. Characterization of bacterial communities in heavy metal contaminated soils. Can J Microb, 42:593– 603.
47. Testa SM. The reuse and recycling of contaminated soil. Boca Raton (FL): Lewis, 1997.
48. Kelepertsis, A., Alexakis D., Kita, I., (2001)., The Environmental geochemistry of soils and waters of Susaki area, Korinthos, Greece. Environmental Geochemistry and Health 23: 117-135.
49. <http://www.ngdir.ir/Geolab/PGeoLabElements.asp?PID=27#Nod1>
50. Muller, G., 1979. Schwermetalle in den sediments des Rheins-Veränderungen seitt. *Umschan.* 79,778–783.
51. Edwards, J.S., Ren, T.X., Jozefowice, R. 1995. Using computational fluid dynamics (CFD) to solve mine safety health problems. Application of computers and operation Research in minerals industries, Brisbane, Australia, 9-14 July 1995, pp. 41-47.
52. Bazhenova O. K. , 1989, Geochemical methods for offshore oil and gas exploration, MSU, 127p. (in Russian).
53. Goldberg V.M., et al, 2001, Technogenic pollution of natural waters by hydrocarbons and its ecological consequences, Nauka, 125p., (in Russian).
54. Report of the Gazprom compny on the enviroment protection for the year of 2002 and 2005.

جدول ۱- استانداردهای NO₂ و حد تشخیص دستگاه (غلظت μg/m³)

NO₂	
W.H.O	40 (annual average)
Safety Concept	100 (annual average)
CE	50 (annual average)
Iranian standards	100 (annual average)
Detection limit	3

جدول ۲- مقادیر NO₂ در ۷ ایستگاه مختلف (غلظت μg/m³)

NO₂								
DATE		ایستگاهها						
Setting up	Removal	1	2	3	4	5	6	7
1-Apr-03	15-Apr-03	40.2	67.6	40.7	52.9	68.4	NA	NA
15-Apr-03	4-May-03	8.1	61.2	29.3	42.7	50.7	NA	NA
4-May-03	19-May-03	61.5	89.7	37	50	74.9	NA	NA
19-May-03	2-Jun-03	57.4	83.7	34.5	46.7	69.9	NA	NA

2-Jun-03	16-Jun-03	40.8	76.2	27.7	36.5	67.2	NA	NA
16-Jun-03	30-Jun-03	54.8	64.7	22.9	36.6	54.7	33.4	24.2
30-Jun-03	16-Jul-03	42.5	53.3	18.1	24.8	43.8	21.1	24.4
16-Jul-03	1-Aug-03	34.3	50.3	12.8	22.6	34.9	18.2	22
1-Aug-03	15-Aug-03	41.4	39.8	21.7	31.9	39.3	21.1	18.2
15-Aug-03	1-Sep-03	27.8	45.6	23.2	37	43.7	22.2	17.8
1-Sep-03	15-Sep-03	25.0	53.8	32.1	45.8	46.1	30.1	17.7
15-Sep-03	29-Sep-03	32.7	49.2	28.1	52.2	46.5	32.6	18.0
29-Sep-03	13-Oct-03	23.8	57.4	33.4	58.5	47.9	37.0	18.1
13-Oct-03	29-Oct-03	31.9	55.4	45.6	64.2	52.9	48.5	26
29-Oct-03	15-Nov-03	24.5	63.5	40.9	55.7	50.4	60.3	22
15-Nov-03	1-Dec-03	23.9	74.5	32	56.4	56.3	51.6	20.9
1-Dec-03	15-Dec-03	27.7	59.8	38.4	53.1	48.9	NA	19.5
15-Dec-03	31-Dec-03	18.3	49.1	42.7	44.5	53	58.2	21.6
1-Jan-04	15-Jan-04	22.5	54.3	36.8	NA	61.6	63.6	34.9
15-Jan-04	31-Jan-04	27.7	71.3	NA	65.2	NA	65.3	13.6
1-Feb-04	15-Feb-04	39.7	77.8	NA	63.2	77.3	76.1	33
15-Feb-04	29-Feb-04	42.9	60.0	33.9	42.1	49.0	67.6	31.5
1-Mar-04	15-Mar-04	63.6	72.2	48.1	51	71.7	NA	43.9
15-Mar-04	31-Mar-04	46.5	91.4	33.5	49.4	58.7	34.2	26.9
1-Apr-04	15-Apr-04	43.8	69.4	48.3	32.7	43.7	62.8	22.6
15-Apr-04	1-May-04	36.2	72.0	33.4	47.1	64.2	41.5	33.6
1-May-04	15-May-04	NA	80.2	28.7	38.4	63.3	44.6	32.0
15-May-04	1-Jun-04	62.1	84	29.2	36.6	63.6	31.4	26.1
1-Jun-04	15-Jun-04	55.6	67.8	17.6	39.3	61.1	NA	31.9
15-Jun-04	1-Jul-04	56.1	93.4	28.6	37.8	45.6	NA	30.3
1-Jul-04	15-Jul-04	24.2	57.5	25.3	35.0	48.9	28.7	27.8
15-Jul-04	1-Aug-04	34.3	65.9	24.0	30.2	54.7	32.0	20.0
1-Aug-04	15-Aug-04	31.5	54.8	15.4	25	37.4	28.7	18.5
15-Aug-04	1-Sep-04	32.8	53.7	20.9	28.5	49.5	26.9	13.1
1-Sep-04	15-Sep-04	29.5	43.9	15.7	27	34	24.2	16.4
15-Sep-04	1-Oct-04	35.5	64.4	37.1	56.5	54	49.2	20.2
1-Oct-04	15-Oct-04	43.3	81.7	45.0	67.4	70.2	55.7	16.3
15-Oct-04	1-Nov-04	31.6	66.4	39.3	NA	55.7	44.1	19.4

ادامه جدول ۲

1-Nov-04	15-Nov-04	24.7	68	37.1	56.1	63.4	49.1	21.1
15-Nov-04	1-Dec-04	30.5	67.2	36.1	48.5	64.7	65.7	23.7
1-Dec-04	15-Dec-04	22.5	66	NA	19.5	63.7	45.6	32.1
15-Dec-04	1-Jan-05	22.3	61.1	39.3	51.0	59.6	44.4	17.1
1-Jan-05	15-Jan-05	24.2	56.6	37.9	51.6	NA	46	19.5
15-Jan-05	1-Feb-05	24.8	60.4	39.0	50.1	62.8	NA	17.9
1-Feb-05	15-Feb-05	NA	63.3	31.2	41.1	52.3	39	19.8
15-Feb-05	1-Mar-05	34.4	62.4	39.6	47.9	62.7	37	28.4
1-Mar-05	15-Mar-05	43.2	59.4	35.2	39.2	63.1	NA	32.2
15-Mar-05	1-Apr-05	29.7	62.3	NA	38.4	54.1	41	22.7
1-Apr-05	15-Apr-05	62.1	84.0	29.2	36.6	63.6	31	26.1
15-Apr-05	1-May-05	55.6	67.8	17.6	39.3	61.1	NA	31.9
1-May-05	15-May-05	24.7	68.0	37.1	56.1	63.4	49	21.1
15-May-05	1-Jun-05	62.1	84.0	29.2	36.6	63.6	31.0	26.1
1-Jun-05	15-Jun-05	46.5	91.4	33.5	49.4	58.7	34.0	26.9
15-Jun-05	1-Jul-05	43.8	69.4	48.3	32.7	43.7	63.0	22.6
1-Jul-05	15-Jul-05	34.5	8.1	61.2	29.3	42.7	51.0	27.0
15-Jul-05	1-Aug-05	31.9	55.4	45.6	64.2	52.9	49.0	26.0
1-Aug-05	15-Aug-05	54.9	105.0	29.6	42.3	NA	75.0	26.0
15-Aug-05	1-Sep-05	NA	49.2	21.3	34.9	52.1	55.0	12.4
1-Sep-05	15-Sep-05	77.2	76.4	38.2	54.3	77.8	80.0	29.2
15-Sep-05	1-Oct-05	18.4	60.0	38.6	51.9	68.7	75.0	22.0
1-Oct-05	15-Oct-05	28.8	64.9	40.3	54.0	69.0	64.0	21.2
15-Oct-05	1-Nov-05	47.6	61.0	41.9	66.8	81.6	76.0	NA
1-Nov-05	15-Nov-05	44.1	66.6	39.9	45.5	70.7	60.0	17.2
Average		37.1	65.3	33.4	44.6	57.2	46.5	23.7

جدول ۳- استانداردهای SO₂ و حد تشخیص دستگاه (غلظت $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

SO₂	
W.H.O	50 (annual average)
Safety Concept	100 (annual average)
CE	50 (annual average)
Iranian standards	60 (annual average)
Detection limit	0.7

جدول ۴- مقادیر SO₂ در ۷ ایستگاه مختلف (غلظت μg/m³)

SO ₂								
DATE		ایستگاه‌ها						
Setting up	Removal	1	2	3	4	5	6	7
1-Apr-03	15-Apr-03	25.9	8.0	10.8	12.4	22.7	NA	NA
15-Apr-03	4-May-03	NA	23.2	15.3	13	23.8	NA	NA
4-May-03	19-May-03	8.0	56.8	6.5	9.3	5.6	NA	NA
19-May-03	2-Jun-03	69.4	82.7	8.2	10.4	13.5	NA	NA
2-Jun-03	16-Jun-03	25.1	48.8	8.5	12.7	27.8	NA	NA
16-Jun-03	30-Jun-03	77.5	42.1	10.4	15	37.8	50.9	19.1
30-Jun-03	16-Jul-03	36.0	22.2	16.5	12.8	27.1	40.6	22.5
16-Jul-03	1-Aug-03	30.1	21.7	6.3	10.0	22.1	31.1	19.4
1-Aug-03	15-Aug-03	44.3	26.9	10.7	19.0	28.5	31.6	27.7
15-Aug-03	1-Sep-03	38.6	20.8	17.1	14	25.3	36.5	21.4
1-Sep-03	15-Sep-03	29.9	27.3	17.3	22.1	25.1	38.0	13.0

ادامه جدول ۴

15-Sep-03	29-Sep-03	29.8	21.3	15.4	22.3	26.4	47.1	11.1
29-Sep-03	13-Oct-03	58.7	52.7	22.4	35.4	37.5	104.5	21.3
13-Oct-03	29-Oct-03	139.2	48.5	31.1	52.8	53.6	87.7	32.3
29-Oct-03	15-Nov-03	41.7	49.7	22.6	25.5	34.7	146.9	21.3
15-Nov-03	1-Dec-03	32	63.2	13.1	33.6	27.0	71.5	13.7
1-Dec-03	15-Dec-03	21.7	169.8	32.6	26.3	82.8	NA	9.4
15-Dec-03	31-Dec-03	14.2	19.1	22.7	23.2	21.8	61.0	16.3
1-Jan-04	15-Jan-04	13.5	9.9	26.4	NA	10.9	64.6	112
15-Jan-04	31-Jan-04	40.8	27.1	30.7	26	30.9	66.8	9.8
1-Feb-04	15-Feb-04	85.5	47.3	NA	26.4	42.8	89.8	25.7
15-Feb-04	29-Feb-04	85.9	45.4	20.7	21.9	31.3	64.4	18.2
1-Mar-04	15-Mar-04	155.5	339.8	23.1	26.1	54.6	NA	31
15-Mar-04	31-Mar-04	70.4	250.3	16.8	15.6	45.0	51.5	19.7
1-Apr-04	15-Apr-04	22.4	317.2	20.0	6.3	15.7	77.4	8.0
15-Apr-04	1-May-04	106.1	78.2	20.0	14.6	85.0	65.1	24.8
1-May-04	15-May-04	NA	60.2	13.5	14.3	41.5	64.1	19.3
15-May-04	1-Jun-04	61.6	91.8	NA	6.4	34.8	104.4	16.7

1-Jun-04	15-Jun-04	81.3	621.2	12.8	11.8	28.1	NA	15.9
15-Jun-04	1-Jul-04	107.3	83.7	18.1	63.4	37.9	NA	21.7
1-Jul-04	15-Jul-04	86.3	30.4	11.6	16.4	35.8	64.4	16.3
15-Jul-04	1-Aug-04	73.1	28.7	13.8	10.8	31.8	60.9	12.4
1-Aug-04	15-Aug-04	41.1	19.4	15.2	11.2	38.5	58.2	20.1
15-Aug-04	1-Sep-04	40.4	8.9	15.2	8.4	28.4	49.3	8.1
1-Sep-04	15-Sep-04	31.9	10.8	8.4	5.8	14.0	271.7	9.6
15-Sep-04	1-Oct-04	86.6	30.5	21.6	22.3	28.7	88.5	17.3
1-Oct-04	15-Oct-04	112.9	23.7	21.9	37.5	36.0	56.5	10.2
15-Oct-04	1-Nov-04	83.5	30.3	21.3	NA	46.8	83	19.1
1-Nov-04	15-Nov-04	57.3	39.9	24.5	34.7	46.4	66.7	13.7
15-Nov-04	1-Dec-04	129.9	238.2	105.3	36.8	76.0	97.3	24.1
1-Dec-04	15-Dec-04	60.9	24.7	37.7	87.1	56.0	104.4	15.3
15-Dec-04	1-Jan-05	120.8	122.7	26.2	51.5	NA	NA	9.6
1-Jan-05	15-Jan-05	50.5	38.5	23	26.2	NA	93	19.9
15-Jan-05	1-Feb-05	64.0	25.7	17.5	95.4	43.0	NA	40.3
1-Feb-05	15-Feb-05	NA	59.9	25.6	26.6	46.0	21.5	24.7
15-Feb-05	1-Mar-05	73.7	26.6	15.5	18.3	41.6	19.7	25.1
1-Mar-05	15-Mar-05	109.8	45.7	17.6	21.2	55.2	NA	20.8
15-Mar-05	1-Apr-05	109	51.2	NA	20.6	43.5	106	31.6
1-Apr-05	15-Apr-05	61.6	91.8	NA	6.4	34.8	104	16.7
15-Apr-05	1-May-05	81.3	159.0	12.8	11.8	28.1	NA	15.9
1-May-05	15-May-05	57.3	39.9	24.5	34.7	46.4	66.7	13.7
15-May-05	1-Jun-05	60.2	13.5	14.3	41.5	64.1	19.3	16.3
1-Jun-05	15-Jun-05	70.4	33.0	16.8	15.6	45.0	51.5	19.7
15-Jun-05	1-Jul-05	22.4	317.2	20.0	6.3	15.7	77.4	8.0
1-Jul-05	15-Jul-05	62	25.0	23.2	15.3	13.0	23.8	20.0
15-Jul-05	1-Aug-05	139.2	48.5	31.1	52.8	53.6	87.7	32.3
1-Aug-05	15-Aug-05	134.9	38.8	11.1	27.1	NA	63.5	35.2
15-Aug-05	1-Sep-05	93.5	21.9	10.8	30.9	60.0	40.4	23.8
1-Sep-05	15-Sep-05	197.5	39.4	19.5	26.4	70.1	56.9	53.5
15-Sep-05	1-Oct-05	40.3	34.1	14.9	28.1	63.6	50.3	25.9
1-Oct-05	15-Oct-05	168.7	46.1	16.6	34.5	78.3	75.4	43.8
15-Oct-05	1-Nov-05	183.7	58.6	21.8	44.8	127.0	86	8.8
1-Nov-05	15-Nov-05	154.2	53.5	41	44.7	94.3	81.2	38.8

Average	73.5	73.9	20.2	25.5	41.1	70.4	22.1
----------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

جدول ۵- استانداردهای O₃ و حد تشخیصی دستگاه (غلظت µg/m³)

O₃	
W.H.O	120 (max. 8h)
Safety Concept	-
CE	120 (max. 8h)
Iranian standards	160 (max. 1h)
Detection limit	3

جدول ۶- مقادیر O₃ در ۷ ایستگاه مختلف (غلظت µg/m³)

O₃								
DATE		ایستگاه‌ها						
Setting up	Removal	1	2	3	4	5	6	7
1-Apr-03	15-Apr-03	44.4	60.5	84.5	81.9	41.5	NA	NA
15-Apr-03	4-May-03	82.3	72.1	116.6	31.3	52.1	NA	NA
4-May-03	19-May-03	44.4	55.6	88.7	81.7	48.8	NA	NA
19-May-03	2-Jun-03	21.5	53.7	77.0	74.5	35.2	NA	NA
2-Jun-03	16-Jun-03	1.2	30.8	23.1	73.5	22.4	NA	NA
16-Jun-03	30-Jun-03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
30-Jun-03	16-Jul-03	46.7	38.7	60.0	62.6	29.2	33.8	NA
16-Jul-03	1-Aug-03	8.2	24.3	11.0	21.2	15.6	NA	25.9
1-Aug-03	15-Aug-03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15-Aug-03	1-Sep-03	42.7	45.3	43.0	53.2	24	21.7	65.8
1-Sep-03	15-Sep-03	12.1	42	10.7	26.6	9.6	10.7	27.5
15-Sep-03	29-Sep-03	25	26.6	32.7	38.5	36.6	19.6	20.5
29-Sep-03	13-Oct-03	1.2	11.7	24.3	33.1	31	11.7	NA
13-Oct-03	29-Oct-03	29.1	30.5	38.1	42.8	34.6	31.6	26.4
29-Oct-03	15-Nov-03	14.9	28.5	39.7	23.6	20.5	35	NA
15-Nov-03	1-Dec-03	46.5	24.3	30.6	31	29.4	29.4	42.5
1-Dec-03	15-Dec-03	27.7	59.8	38.4	53.1	48.9	NA	19.5
15-Dec-03	31-Dec-03	18.3	49.1	42.7	44.5	53	58.2	21.6
1-Jan-04	15-Jan-04	58.1	35.2	63.3	NA	41.5	32	73.3
15-Jan-04	31-Jan-04	100.8	46.9	87.8	66.8	55.3	50.4	82.9

1-Feb-04	15-Feb-04	37.6	33.1	NA	63	38.5	43.4	NA
15-Feb-04	29-Feb-04	60.5	41.8	74.7	74.2	37.8	32	13.1
1-Mar-04	15-Mar-04	20.5	27.8	60.0	49.7	33.4	18.4	54.2
15-Mar-04	31-Mar-04	NA	23.8	65.1	67	5.4	35.9	45.3
1-Apr-04	15-Apr-04	29.6	31	32.4	71.9	49.3	28.2	72.1
15-Apr-04	1-May-04	NA	3.1	39.2	42.3	8.6	NA	13.1
1-May-04	15-May-04	6.2	11.9	28.3	36.7	11.3	4.1	24.4
15-May-04	1-Jun-04	NA	22.9	17.2	NA	NA	NA	NA
1-Jun-04	15-Jun-04	16.8	20.5	51.8	37.1	30.3	NA	42.5
15-Jun-04	1-Jul-04	NA	3.7	14.9	23.3	NA	NA	2.7
1-Jul-04	15-Jul-04	NA	10.7	20.8	NA	23.3	NA	26.1
15-Jul-04	1-Aug-04	28.7	26.1	36.4	9.6	23.3	16.1	14.7
1-Aug-04	15-Aug-04	20.1	16.3	8.4	25.4	12.1	NA	21.9
15-Aug-04	1-Sep-04	NA	5.6	7.1	12.7	NA	9.1	NA
1-Sep-04	15-Sep-04	7.9	16.3	27.8	22.6	19.4	NA	2.6
15-Sep-04	1-Oct-04	NA	18	29.4	32.9	17.7	NA	NA
1-Oct-04	15-Oct-04	30.8	25	44.8	32.7	31.3	30.1	NA
15-Oct-04	1-Nov-04	26.1	21.7	28.0	40.4	27.8	22.4	37.6
1-Nov-04	15-Nov-04	35.7	29.9	52.1	41.5	37.3	25	8.4
15-Nov-04	1-Dec-04	60.7	33.8	69.6	92.9	52.8	37.6	59.1

ادامه جدول ۶

1-Dec-04	15-Dec-04	82.4	41.8	NA	53.9	57.9	47.2	91.7
15-Dec-04	1-Jan-05	80.8	43.9	80.3	74	81.9	NA	86.1
1-Jan-05	15-Jan-05	81.7	50	86.4	69.3	72.6	55.1	90.1
15-Jan-05	1-Feb-05	81.9	52.1	63.5	94.3	78.4	7.4	22.7
1-Feb-05	15-Feb-05	NA	48.8	88.9	71.4	70	66.5	77
15-Feb-05	1-Mar-05	44.6	34.1	61.6	56.3	40.8	48.1	68.2
1-Mar-05	15-Mar-05	24	26.4	52.8	48.6	28.5	42	23.1
15-Mar-05	1-Apr-05	NA	NA	NA	NA	NA	23.8	22.2
1-Apr-05	15-Apr-05	25	22.9	17.2	32	41	32.3	41
15-Apr-05	1-May-05	16.8	20.5	51.8	37.1	30.3	35	42.5
1-May-05	15-May-05	35.7	29.9	52.1	41.5	37.3	25	8.48
15-May-05	1-Jun-05	22.9	10.7	20.8	16.9	23.3	12.1	26.1
1-Jun-05	15-Jun-05	NA	23.8	65.1	67	5.4	35.9	45.3
15-Jun-05	1-Jul-05	29.6	31	32.4	71.9	49.3	28.2	72.1

1-Jul-05	15-Jul-05	32.6	82.3	72.1	116	631.3	52.1	93.2
15-Jul-05	1-Aug-05	29.1	30.5	38.1	42.8	34.6	31.6	26.4
1-Aug-05	15-Aug-05	NA	NA	NA	NA	NA	46.5	38.7
15-Aug-05	1-Sep-05	15.5	NA	NA	16.1	14	13	12.3
1-Sep-05	15-Sep-05	NA	37.6	NA	57.9	27.5	60.7	23.6
15-Sep-05	1-Oct-05	55.6	56.9	46.0	66.2	70.5	48.7	40.8
1-Oct-05	15-Oct-05	59.2	47.4	66.0	NA	62.4	51	61.1
15-Oct-05	1-Nov-05	12.9	28	23.2	49.9	43.2	40.7	46.7
1-Nov-05	15-Nov-05	59.9	43.2	50.7	NA	49.5	48.6	94.5
Average		36.7	33.1	47.1	50.0	36.5	33.1	41.6

جدول ۷- استانداردهای VOC و حد تشخیص دستگاه (غلظت $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

VOC	
W.H.O	-
Safety Concept	-
CE	-
Iranian standards	160 (Annual average)
Detection limit	0.4

جدول ۸- مقادیر VOC در ۷ ایستگاه مختلف (غلظت $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

VOC								
DATE		ایستگاهها						
Setting up	Removal	1	2	3	4	5	6	7
1-Apr-03	15-Apr-03	31.1	41.2	29.9	23.2	45.9	NA	NA
15-Apr-03	4-May-03	NA	25.4	26.4	13	29.6	NA	NA
4-May-03	19-May-03	18.7	18.3	23.2	30.9	28.1	NA	NA
19-May-03	2-Jun-03	31.4	25.7	11.3	20.5	32.8	NA	NA
2-Jun-03	16-Jun-03	10.5	21.5	20.5	15.8	30.1	NA	NA
16-Jun-03	30-Jun-03	12.1	17.7	16.6	7.8	30.1	9.8	7.6
30-Jun-03	16-Jul-03	8.0	3.0	21.2	9.4	20.4	5.3	11.4
16-Jul-03	1-Aug-03	6.7	28.7	5.1	5.9	18.8	13.5	7.5
1-Aug-03	15-Aug-03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15-Aug-03	1-Sep-03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

1-Sep-03	15-Sep-03	12.5	25	21.4	18.4	50.9	15	11.9
15-Sep-03	29-Sep-03	12.4	37.9	21.2	19.2	56.5	15.2	1.9
29-Sep-03	13-Oct-03	15	27.4	26.8	20.8	41.8	11.9	17.7

ادامه جدول ٨

13-Oct-03	29-Oct-03	11.9	31.6	30.8	24.0	49.9	22.4	16.0
29-Oct-03	15-Nov-03	17.6	19.5	30.9	20.0	68.4	23.2	18.6
15-Nov-03	1-Dec-03	7.7	29.2	29.7	22.8	35.5	12.7	7.7
1-Dec-03	15-Dec-03	9.9	NA	NA	34.9	35.5	NA	8.3
15-Dec-03	31-Dec-03	7.5	21.8	28.7	21.3	33.1	20.6	9.3
1-Jan-04	15-Jan-04	20.9	29	34.4	28.3	99.8	42.06	17.7
15-Jan-04	31-Jan-04	9.5	23.4	NA	25.9	46.2	15.4	22.5
1-Feb-04	15-Feb-04	14.5	23.1	NA	32.8	201	16.7	9.4
15-Feb-04	29-Feb-04	16.7	16.6	18.1	20.5	46.2	12.1	10.3
1-Mar-04	15-Mar-04	26.0	29.5	NA	32.6	121.3	NA	13.3
15-Mar-04	31-Mar-04	17.8	22.4	21.7	106.9	85.2	9.3	11.9
1-Apr-04	15-Apr-04	18.0	17.4	23.9	12.6	31.2	12.3	7.8
15-Apr-04	1-May-04	18.2	23.2	21.6	43.4	43.6	12.5	12.2
1-May-04	15-May-04	NA	20.6	23.7	24.8	46.2	18.8	9.9
15-May-04	1-Jun-04	23.2	22.6	NA	14.8	41.3	15.0	11.9
1-Jun-04	15-Jun-04	27.5	26.6	21.5	42.8	79.2	NA	14.7
15-Jun-04	1-Jul-04	21.2	30.2	30.1	57.9	71.3	NA	14.4
1-Jul-04	15-Jul-04	NA	22.6	24.8	21.4	29.2	4.7	12.3
15-Jul-04	1-Aug-04	16.5	24.1	18.7	17.1	124.1	14.8	13.1
1-Aug-04	15-Aug-04	10.7	NA	10.8	18.36	224.4	19.7	8.1
15-Aug-04	1-Sep-04	10.1	452.8	14.3	17.5	160.5	8.2	5.5
1-Sep-04	15-Sep-04	6.8	11.1	NA	8.9	92.8	7.4	6.0
15-Sep-04	1-Oct-04	9.1	15.7	17.7	18.1	62.7	9.9	8.6
1-Oct-04	15-Oct-04	11.2	16.3	17.0	17.8	51.1	15.4	6.4
15-Oct-04	1-Nov-04	11.6	15.4	16.7	NA	70.0	16.6	7.5
1-Nov-04	15-Nov-04	8.0	19.3	26.4	20.2	54.5	17.8	7.1
15-Nov-04	1-Dec-04	8.3	20.2	20.8	24.1	70.3	16.8	8.2
1-Dec-04	15-Dec-04	6.4	23.2	21.0	NA	232.9	11.9	10.1
15-Dec-04	1-Jan-05	NA	11.4	17.0	17.4	NA	NA	8.6
1-Jan-05	15-Jan-05	7.7	20.8	18.0	20.0	NA	11.6	7.7
15-Jan-05	1-Feb-05	7.4	22.7	20.8	183.7	404.8	NA	8.3

1-Feb-05	15-Feb-05	NA	17.9	17.9	161.5	91.7	10.5	7.4
15-Feb-05	1-Mar-05	10.4	22.3	20.0	148.3	93.9	10.4	13.0
1-Mar-05	15-Mar-05	23.1	27.4	18.5	91.7	95.6	NA	16.1
15-Mar-05	1-Apr-05	23.8	22.2	NA	NA	NA	NA	11.5
1-Apr-05	15-Apr-05	23.2	22.6	NA	14.8	41.3	15.0	11.9
15-Apr-05	1-May-05	27.5	26.6	21.5	42.8	79.2	NA	14.7
1-May-05	15-May-05	8.0	19.3	26.4	20.2	54.5	17.8	7.1
15-May-05	1-Jun-05	NA	22.6	24.8	21.4	29.2	4.7	12.3
1-Jun-05	15-Jun-05	17.8	22.4	21.7	106.9	85.2	9.3	11.9
15-Jun-05	1-Jul-05	18.0	17.4	23.9	12.6	31.2	12.3	7.8
1-Jul-05	15-Jul-05	18.0	17.4	23.9	12.6	31.2	12.3	7.8
15-Jul-05	1-Aug-05	12.2	23.1	23.1	7.7	26.7	19.2	9.6
1-Aug-05	15-Aug-05	38.7	26.2	21.4	91.7	30.6	NA	56.4
15-Aug-05	1-Sep-05	13.0	12.3	0.8	12.4	14.9	26.4	5.6
1-Sep-05	15-Sep-05	17.8	22.4	21.7	106.9	85.2	9.3	11.9
15-Sep-05	1-Oct-05	18.0	17.4	23.9	12.6	31.2	12.3	7.8
1-Oct-05	15-Oct-05	NA	41.6	31.4	39.2	50.2	42.8	8.1
15-Oct-05	1-Nov-05	21.7	35.2	35.3	41.5	75.7	47.5	7.5
1-Nov-05	15-Nov-05	25.0	29.7	41.2	35.8	36.1	5.7	8.4
Average		14.5	29.4	19.9	35.1	70.1	12.4	11.2

NA: Not Analyzed

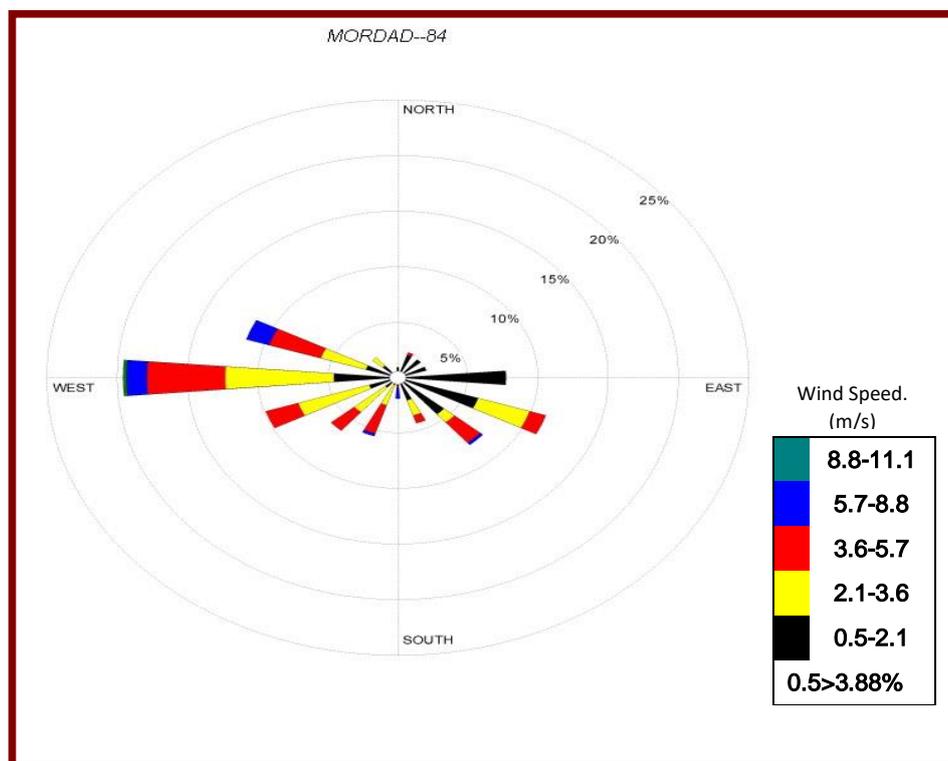
در منطقه مورد نظر به دلیل مجاورت با خلیج فارس جهت وزش باد غالب در نیمه غربی سایت عموماً از غرب به شرق می باشد، که در واقع همان باد دریا به ساحل است. جهت این باد به لحاظ تأثیر پذیری از ارتفاعات شمالی منطقه در راستای شمال غربی به جنوب شرقی تغییر جهت می دهد. در نیمه شرقی سایت نیز به لحاظ تغییر شکل توپوگرافی در خلیج نای بند، عموماً جهت باد از غرب به شرق می باشد.

به منظور تحلیل نتایج سنجش آلاینده ها در ایستگاه اصلی (کارگاه هیوندایی) و همزمان با سنجش سایر آلاینده ها، جهت و سرعت باد نیز به طور پیوسته، از مرداد ۸۴ تا خرداد ۸۵، ثبت گردید. از این نتایج در رسم منحنی های غلظت - جهت^{۵۱} استفاده گردید. در این بخش به صورت مجزا وضعیت جریانات جوی در این محل مورد بررسی قرار می گیرد. مهمترین ابزار در تحلیل وضعیت جریانات جوی در یک محل استفاده از گلباد می باشد. در صورتی که گلبادهای اصلی که چکیده کل نتایج جمع آوری شده در یک نقطه می باشد، به

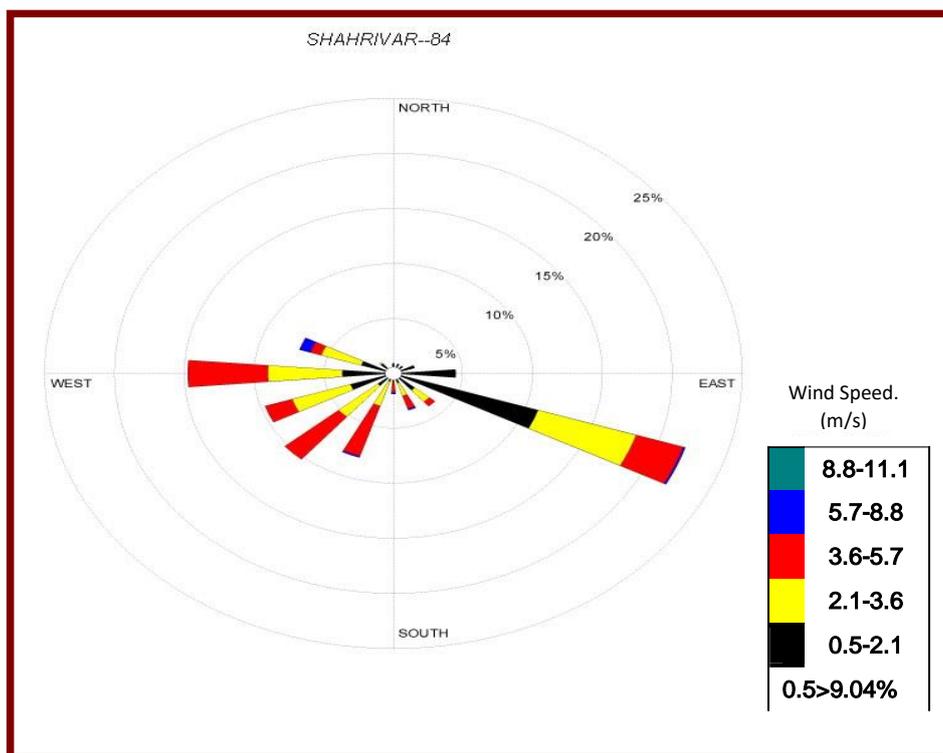
⁵¹. Concentration Rose

صورت زیر مجموعه‌هایی از گلبادهای ماهیانه ارائه شود، امکان بررسی وضعیت جریان‌ات جوی در طی ماههای مختلف فراهم می‌آید. بنابراین در این بخش ابتدا به بررسی گلبادهای ماهیانه و سپس گلباد کلی منطقه پرداخته می‌شود.

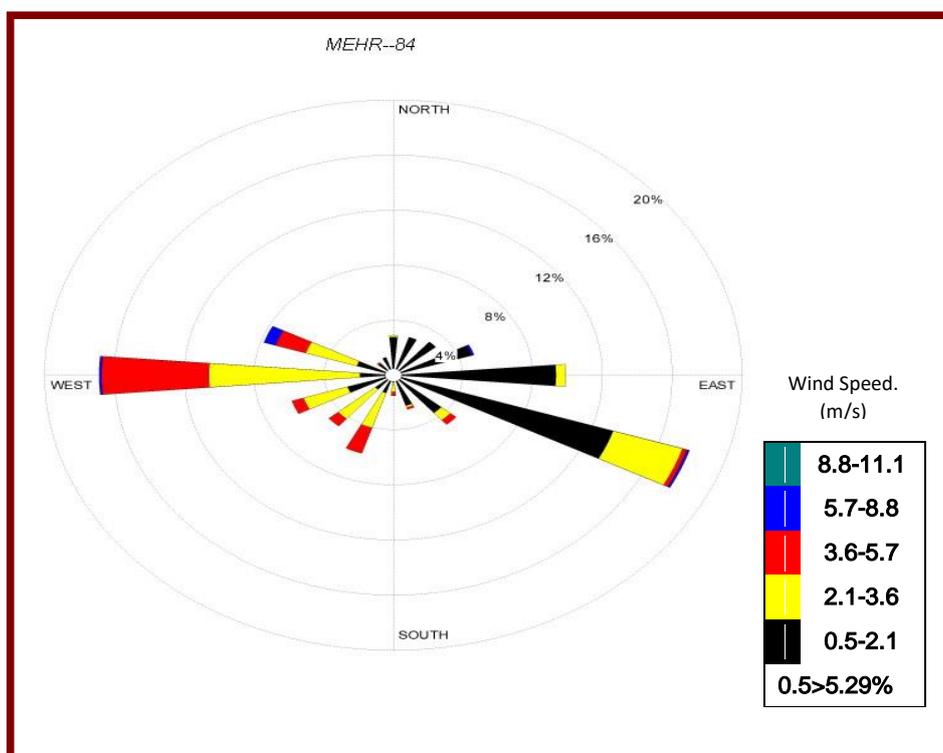
در شکل‌های ۱ تا ۱۲ گلبادهای ماهیانه به ترتیب مربوطه به ماههای مرداد ۱۳۸۴ تا خرداد ۱۳۸۵ رسم شده است. آنچه در تمام منحنی‌ها قابل مشاهده است حداقل بودن بادهایی است که از سمت شمال و شمال شرق وزیده است. نکته دیگر در مورد تمامی شکل‌های مذکور وجود شاخه‌های غرب، شمال غرب، شرق و جنوب شرق است که نشان دهنده وزش غالب بادها از این جهت‌ها می‌باشد. در بین گلبادهای ماهیانه، گلباد فروردین ۱۳۸۵ با بقیه متفاوت است (شکل ۹) چنانچه مشاهده می‌شود شاخه‌های غربی و شمال غربی در این گلباد کاملاً قوی بوده به گونه‌ای که در حدود ۶۰ درصد مواقع جهت وزش بادها از جهت‌های مذکور بوده است. در مجموع وضعیت وزش بادها در کل مدتی که جهت و سرعت باد ثبت شده است در شکل (۱۲) نمایش داده شده است.



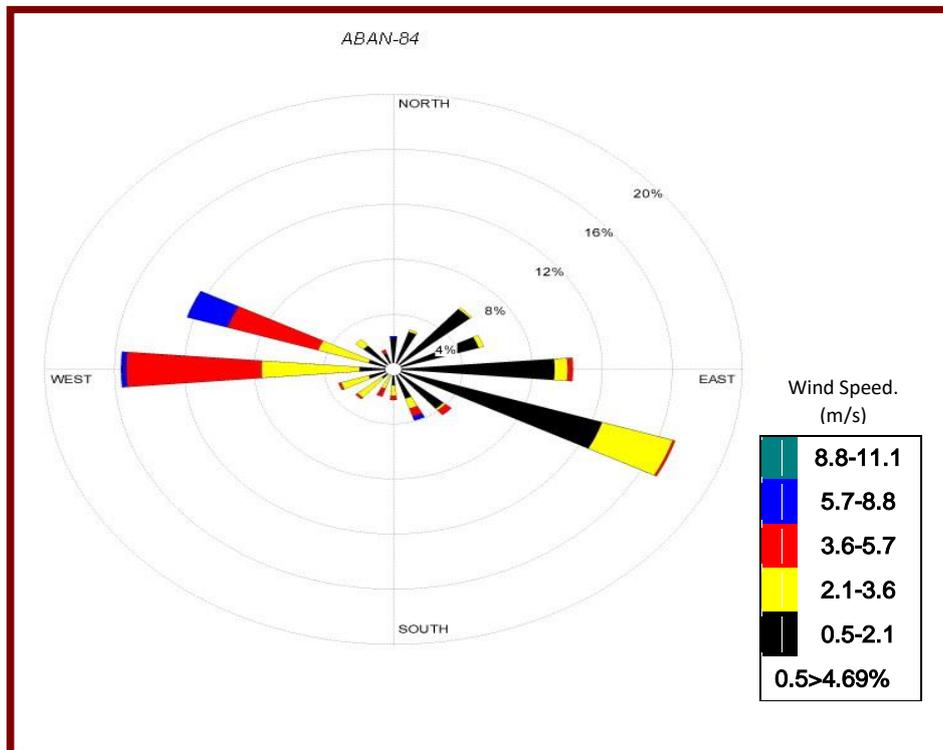
شکل ۱- گلباد مرداد ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



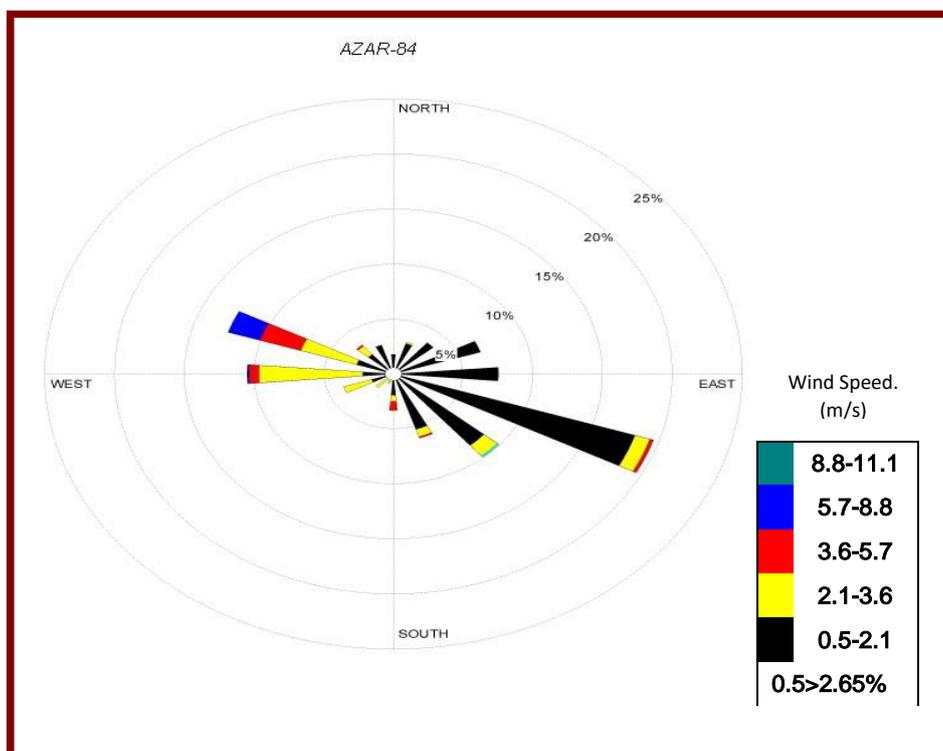
شکل ۲- گلیاد شهرپور ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



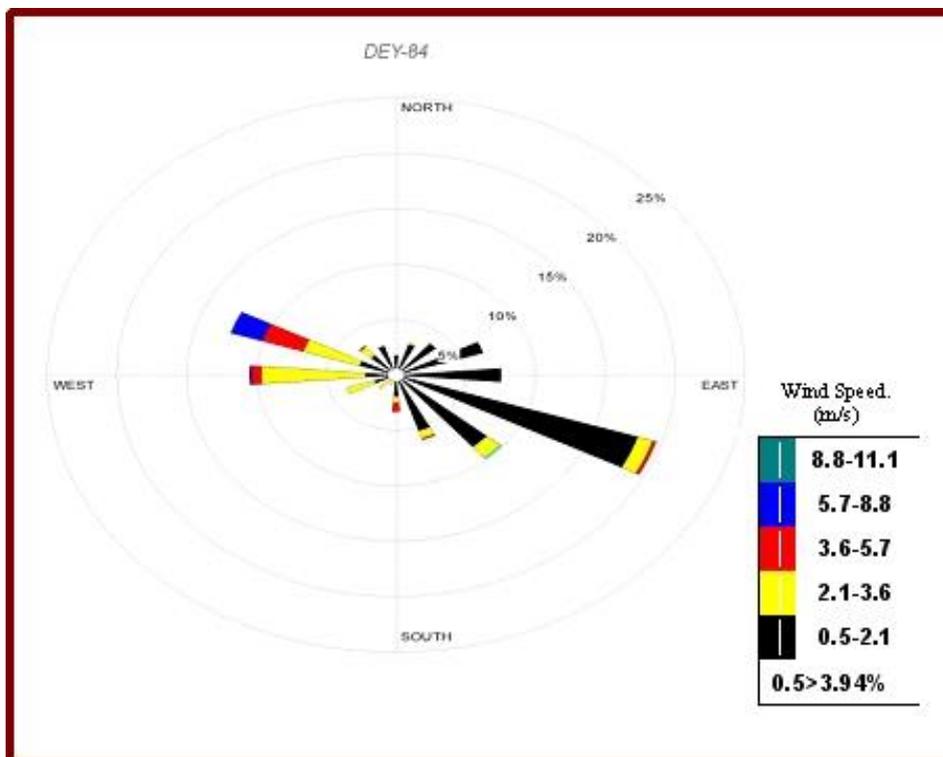
شکل ۳- گلیاد مهر ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



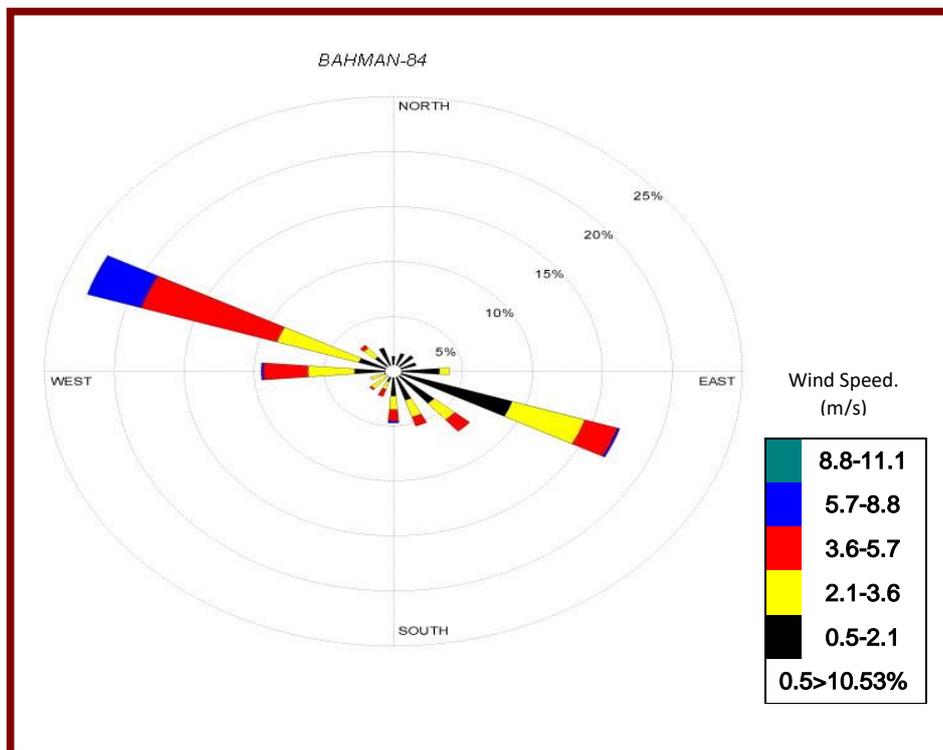
شکل ۴- گلباد آبان ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



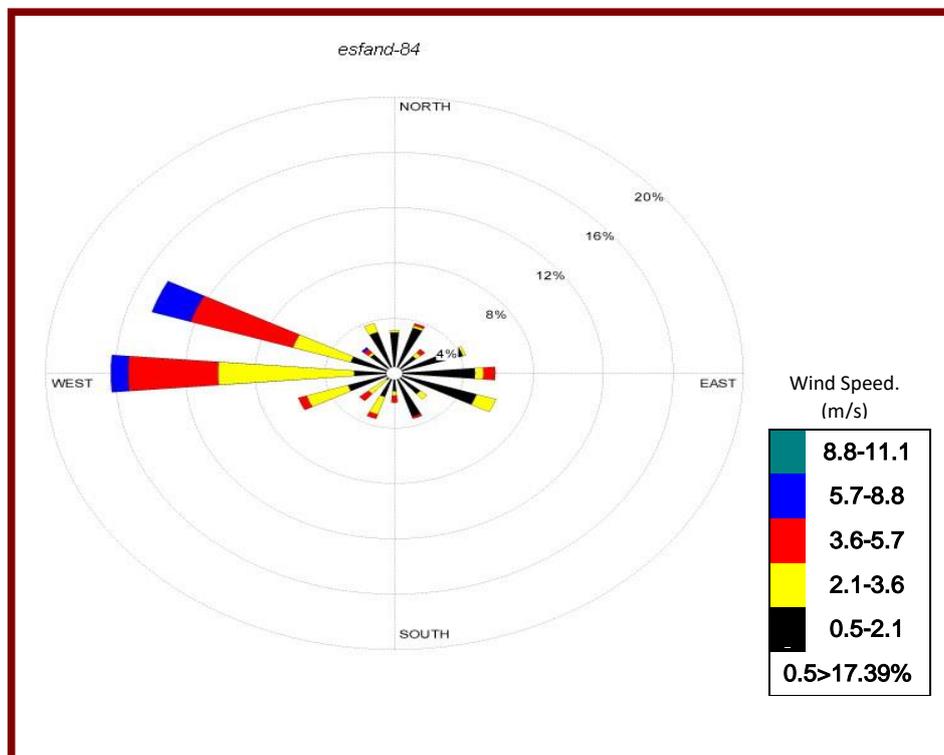
شکل ۵- گلباد آذر ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



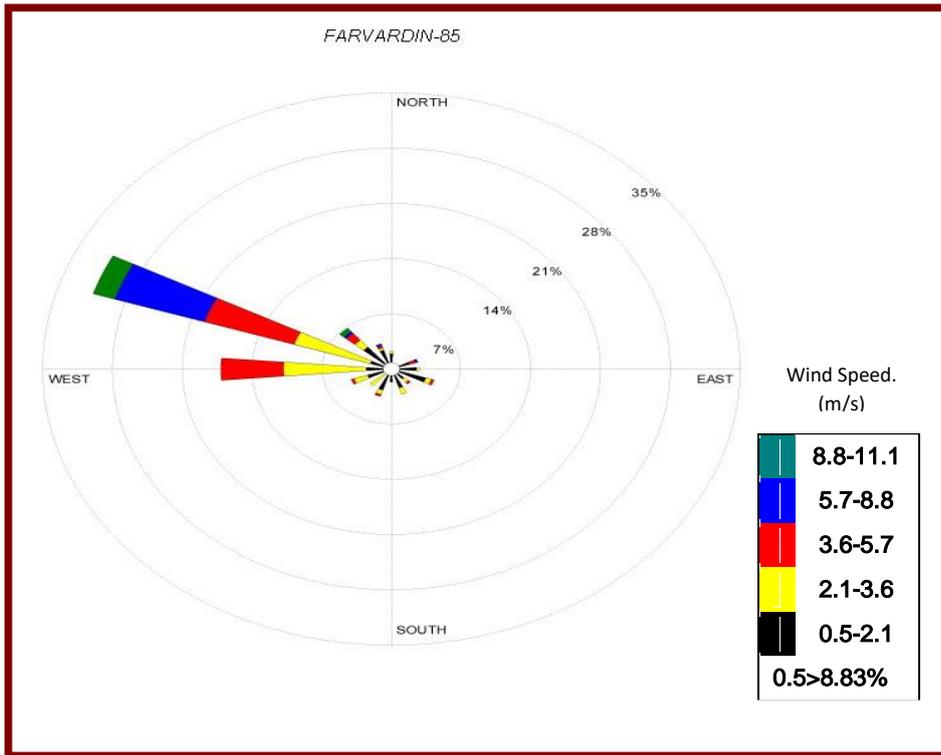
شکل ۶- گلباد دی ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



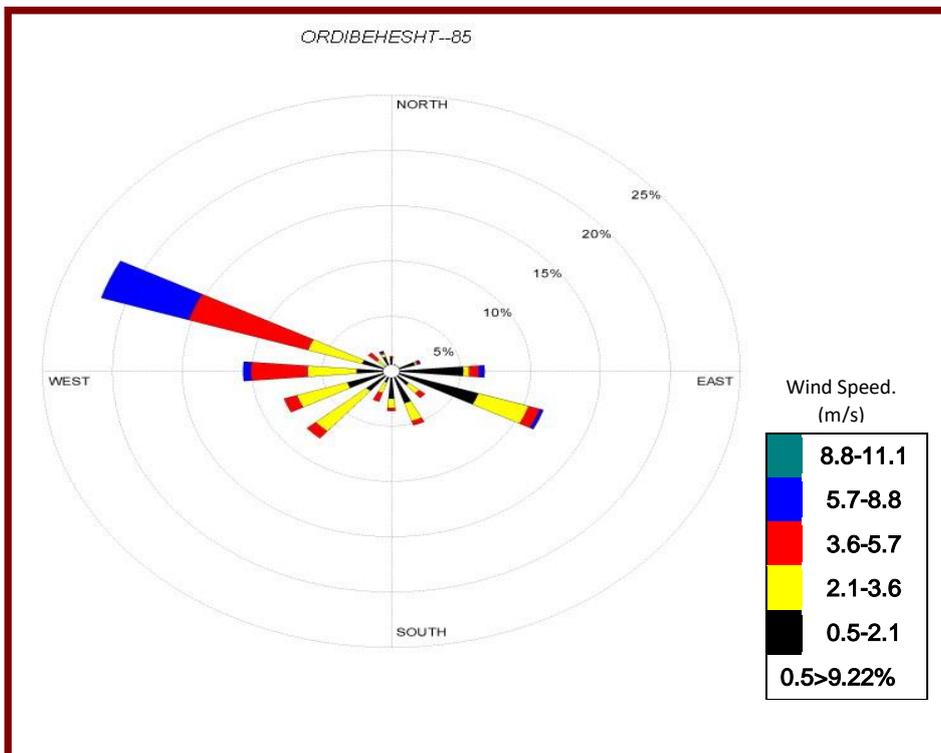
شکل ۷- گلیباد بهمن ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



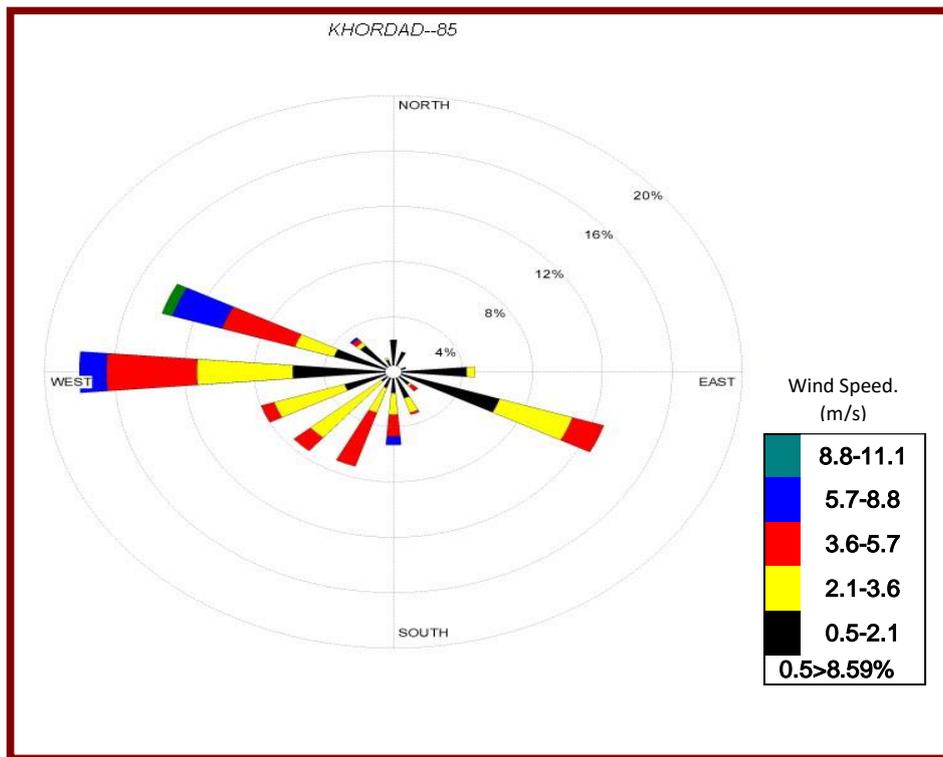
شکل ۸- گلیباد اسفند ۱۳۸۴ در منطقه عسلویه



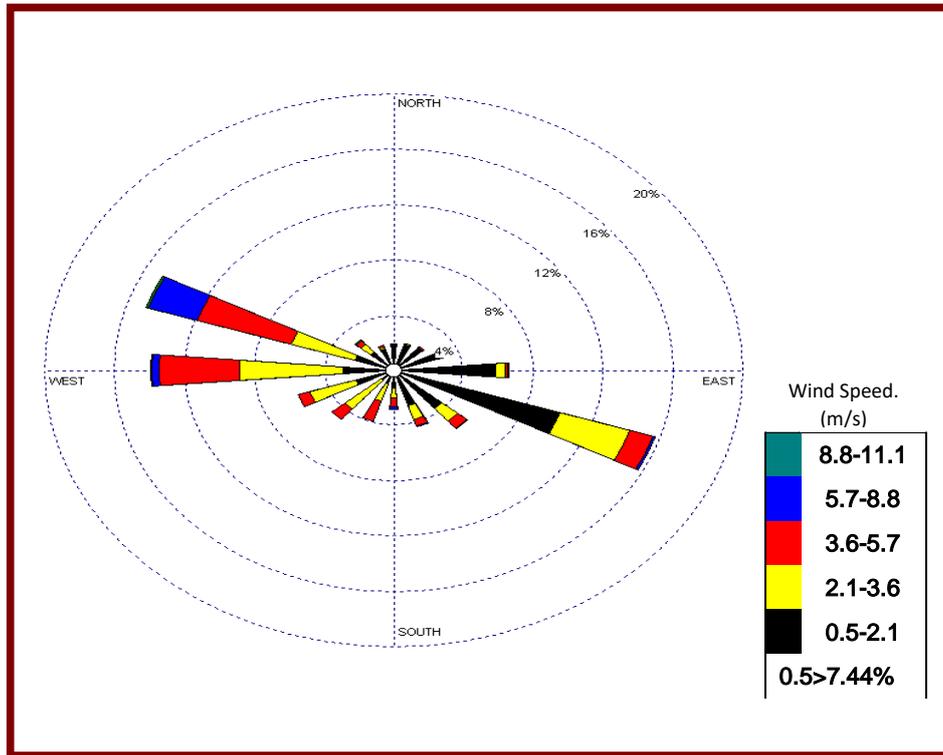
شکل ۹- گلباد فروردین ۱۳۸۵ در منطقه عسلویه



شکل ۱۰- گلباد اردیبهشت ۱۳۸۵ در منطقه عسلویه



شکل ۱۱- گلباد خرداد ۱۳۸۵ در منطقه عسلویه



شکل ۱۲- گلباد کلی منطقه (مرداد ۸۴ تا خرداد ۸۵)