

## بررسی گرد و غبارهای اتمسفری ناحیه‌ی خلیج فارس با تاکید بر منطقه‌ی بندرعباس

رامین عزتی\*

استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: ezati2000@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۲۸

\*نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۵

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۰، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

### چکیده

دریای مدیترانه همه ساله در فصول بهار و پاییز تحت تاثیر گرد و غبارهایی که منشا آن کویر صحرا و شبه‌جزیره عربستان است قرار می‌گیرد. گرد و غبارهای معدنی مذکور که حاوی مقدار زیادی اکسید آهن و غبارهای معدنی به رنگ سرخ و زرد-سرخ هستند یا توسط نیروی جاذبه‌ی زمین به صورت خشک و یا همراه باران به صورت مرطوب بر سطح زمین می‌نشیند. این تحقیق در فاصله زمانی دسامبر ۲۰۰۶ و دسامبر ۲۰۰۷ در خلیج فارس در شهر بندرعباس که بیشترین مقدار گرد و غبار کویری در این شهر مشاهده می‌گردد، صورت گرفته است. با جمع‌آوری میزان بارندگی مقدار و کیفیت گرد و غبار در روزهای بارانی و انجام مطالعات سنجش از دور، منشا اصلی گرد و غبارهای سرخ رنگ مورد تجزیه و تحقیق قرار گرفته است. میزان ۲۵٪ از باران‌هایی که طی یک‌سال در این منطقه باریده است از نوع باران‌هایی است که حاوی گرد و غبارهای سرخ و یا سرخ - زرد بوده است. یکی از مهمترین نتایجی که در این تحقیق به دست آمده، پتانسیل هدایت الکتریکی و مقدار ترکیبات آلومینیومی بوده که به ترتیب در باران‌های دارای گرد و غبار هفت برابر و پنج برابر بیشتر از باران‌های فاقد گرد و غبار بوده است. با وجود دی اکسید کربن در اتمسفر عموماً میزان pH حدود ۵/۶ است که دارای ساختاری اسیدی بوده و حائز اهمیت است. در این تحقیق، باران‌های حاوی گرد و غبارهای سرخ از pH ۷/۲۷ برخوردار بوده که نشانگر آن است که این نوع باران‌ها اسیدی نیستند. به علاوه، pH باران‌های فاقد گرد و غبار برابر با ۶/۰۹ به دست آمد. با بررسی مقدار ترکیبات آلومینیوم موجود در بارانی که در سال ۲۰۰۷ باریده مقدار گرد و غبارهای که در طول سال در اتمسفر حمل شده است برابر با  $2/13 \text{ gm}^{-2}\text{year}^{-1}$  به دست آمد که به مقدار فوق اگر مقدار گرد و غباری که به صورت خشک توسط جاذبه زمین نشست می‌کند اضافه شود، این مقدار به  $4/84 \text{ gm}^{-2}\text{year}^{-1}$  افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: خلیج فارس، بندرعباس، مواد معلق، آلودگی هوا، مواد معدنی

### ۱. مقدمه

صحرا واقع در شمال آفریقا و کویرهای عربستان سعودی و سوریه واقع در شبه جزیره عرب می‌دانند (Dulac et al., 1992; Chester et al., 1993; Gannor, 1994). تحقیقات فراوانی در

محققین منابع مهم تاثیرگذار بر اتمسفر خلیج فارس را کویر

بیشتر مشاهده می‌گردند. جریان سیروکو در حین عبور از دریای مدیترانه سرد شده و مرطوب می‌گردد. بدین صورت که وقتی به سواحل جنوبی اروپا می‌رسد به توده‌ی اتمسفری نمناک و طاقت فرسا تبدیل می‌گردد. در حین عبور این توده‌ی اتمسفری همراه با توده‌ی کم فشار تغییراتی چون کاهش دما و فشار و در نهایت بارش باران مشاهده می‌گردد. گرد و غباری که بدین طریق تا شهر زابل حمل می‌شود، حاوی مقدار زیادی آهن بوده (Ezzati, 2009) و به دلیل همین کثرت آهن، این خاک‌ها به رنگ سرخ، زرد - سرخ و قهوه‌ای جلوه‌گر می‌شوند؛ لذا نام این گونه باران‌ها، باران‌های سرخ است. به‌هنگام تحقیق در صورتی که این گونه باران‌ها توسط کاغذهای مخصوص صافی فیلتر گردند، مواد به‌دست آمده چیزی جز لایه‌ی نازکی از گرد و غبار معدنی و یا همان گرد و غبار صحرا نخواهد بود. باران‌های سرخ از زمان‌های قدیم در بین اروپاییان نوعی باران محسوب می‌شوند که بدون چشم مسلح هم قابل رویت‌اند. همان طوری که در تعدادی مقاله هم ذکر شده است، این گونه باران‌ها بر روی اتومبیل‌ها و بر روی سطوح برفی، لکه‌های قرمز از خود به جای می‌گذارند (Avilla, 1996; Avilla et al., 1998; Avilla and Penuelas, 1999).

نتایج تحقیق پنج ساله‌ی پروژه (EROS-2000) در شمال غربی دریای مدیترانه نشان داده است که ۹۰٪ گرد و غباری که بر روی دریای مدیترانه می‌نشیند، خاک کویر صحرا است (Martin et al., 1989). در این راستا در تحقیق شانزده ماهه‌ی انجام شده در همین منطقه، آئروسول‌های جمع‌آوری شده به لحاظ عناصر نادر مورد بررسی قرار گرفتند که میزان عناصر ناچیزی که از راه اتمسفر به‌دست آمده همانند عناصر ناچیزی بوده است که از رودخانه رونه (Rhone) استخراج شده است (Guieu et al., 1991). اغلب در نواحی شرق و غرب دریای مدیترانه به صورت حمل اتمسفری به میزان وافرتری حمل گرد و غبار صورت می‌گیرد. با بررسی یازده ساله سرعت حرکت گرد و غبار در غرب مدیترانه برابر با  $5.3 \text{ gm}^{-2}\text{year}^{-1}$  (Avila et al., 1996) به‌دست آمده است، در صورتی که این مقدار برای شرق دریای مدیترانه برابر با  $13 \text{ gm}^{-2}\text{year}^{-1}$  است (Kubilay et al., 2000).

در این تحقیق، شهر بندرعباس مورد بررسی قرار گرفته است و علت اصلی انتخاب این شهر در معرض بودن این منطقه در مقابل بادهای در حال وزیدن از کویر بزرگ صحرا است. بندرعباس دارای  $160 \text{ mm}$  بارش سالانه است. این مقدار بارش

سال‌های اخیر در خصوص مواد نادر و آیونیک مواد معلق اتمسفری صورت گرفته است (Kubilay and Saydam, 1995; Gullu et al., 2004, 2005; Ezzati and Gullu, 2004; Herut, 2004; Bardoki et al., 2003; Kocak, 2001). از مهمترین نتایجی که از تحقیق محققین نامبرده شده می‌توان دریافت این است که منبع مواد معلق اتمسفری حاکم بر خلیج فارس از شمال آفریقا و بیشتر در فصل بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد) و پاییز بوده که این مواد از گرد و غبار کویر سرچشمه می‌گیرد (Kubilay and Saydam, 1995; Kubilay et al., 2000; Kocak et al., 2004, 2005).

خلیج فارس به لحاظ اقلیم در تابستان دارای آب و هوای خشک و گرم و در زمستان دارای آب و هوای معتدل و بارانی است. فصل‌های بهار و پاییز که از نظر هوا و اقلیم شناسی جزء فصل‌های تغییر کلی آب و هوای سالانه محسوب می‌شوند، در این منطقه‌ی جغرافیایی دارای مدت زمانی طولانی‌تری هستند. در پایان فصل زمستان، طبیعت بسیار متفاوت و ناپایدار این منطقه شاهد تکرار بسیار زیاد چرخندهای آفریقای شمالی بوده و در نهایت یک فصل بهار طولانی (اسفند - خرداد) شروع می‌شود. منطقه‌ی خلیج فارس به دلیل شرایط خود در ماه مهر دارای خصوصیات فصل پاییز است (Brody and Nestor, 1980; Ozsoy 1981, Milliman et al., 1992). در فصل‌های پاییز و زمستان (آبان تا اسفند) توده‌ی کم فشاری به خلیج فارس می‌رسد و در همین فصل توده‌ی پر فشار و سردی که دارای حرکت پاد چرخندی در اروپای میانی و منطقه بالکان است، به وجود می‌آید. توده‌های هوای چرخندی در منطقه خلیج فارس اغلب در بین ماه‌های آذر تا بهمن بیشتر مشاهده می‌گردد (Alpert et al., 1990). گاهی نواحی کم فشاری که بر روی اقیانوس اطلس تشکیل می‌گردد، با گذشتن از شمال آفریقا به سوی خلیج فارس حرکت کرده موجب تشکیل بادهای بسیار شدید می‌گردد (Dayan and Miller, 1989). تشکیل چنین بادهای بین ماه‌های مهر تا اردیبهشت موجب تشکیل توفان‌های شنی می‌شود که منشا آن کویر بزرگ صحرا است (Bucher, 1989). بادهایی که از جنوب و یا جنوب شرقی موجب حرکت توده‌ی عظیم گرد و غبار از کویر بزرگ صحرا و صحرای عرب می‌گردد به بادهای سیروکو (Sirocco) معروف هستند. اساساً تاثیراتی که چرخندهای که در راستای خلیج فارس و در جهت شرق در حرکت هستند در فصل بهار به دلیل گرم بودن و خشک بودن کامل خاک کویر

مقدار کافی از هر نمونه برای انجام آنالیزهای گوناگون انتخاب گردید. در خصوص آنالیز آلومینیوم Al، نمونه‌های جدا شده با عبور از فیلترهای کاغذی ۰/۴۵ mm (MFS Micro Filtration System) تا زمان آزمایش در ظروف پلاستیکی ۲۵۰ ml و ۴°C+ در یخچال نگهداری شدند. به منظور بررسی بافت و فراکسیون مواد معلق موجود در کاغذهای فیلتر، این کاغذهای صافی پس از شستن در ظروف پتری در فریزرهای با دمای ۱۸°C- نگهداری شدند.

### ۲-۲. pH و هدایت الکتریکی

در خصوص اندازه‌گیری pH از دستگاه (pH-) metre, Mettler Toledo MP120 با دقت  $\pm 0.01$  استفاده شد. قبل از اندازه‌گیری pH، به منظور واسنجی (کالیبراسیون) دستگاه از محلول‌های تامپون pH ۰/۱، ۷/۰۱، ۴/۰۱ و ۱۰/۱ استفاده گردید. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از دستگاه DIST H and 4μS Conductivity/TDS METER 198300/3mS استفاده شد. به طوری که دستگاه قبل از هر آنالیز، توسط محلول استاندارد واسنجی (کالیبره) می‌شد.

به منظور تایید و کنترل داده‌های به دست آمده از نمونه‌هایی که نوعی نشانه‌های استاندارد (SRF) محسوب می‌شوند، استفاده شد. این نشانه‌ها دارای خصوصیات باران‌های اسیدی هستند که از طرف WMO تایید شده است. با اندازه‌گیری این نمونه‌ها که نتایج آن به صورت جدول از قبل آماده است، مقدار احتمالی خطای آزمایش و دستگاه حساب می‌گردد که این میزان خطا در انتها محسوب شده است. در این محاسبات، مقدار درستی تحلیلی هدایت الکتریکی و pH این دستگاه به میزان ۳/۷٪ محاسبه شده است.

### ۲-۳. اندازه‌گیری آلومینیوم

به منظور اندازه‌گیری آلومینیوم از نمونه‌های به دست آمده، آنالیز آلومینیوم محلول (Al<sub>s</sub>) و آلومینیوم معلق (Al<sub>p</sub>) انجام شده است. بنا بر این مواد معلق موجود در فراکسیون آب باران از غشای فیلتر کاغذی در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه حاجت تپه عبور داده شده و با استفاده از دستگاه:

(MARS 5, Microwave Accelerated Reaction System,

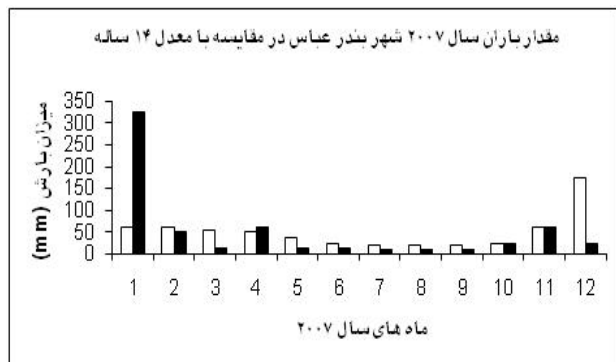
در ۶۲ روز که بیشترین آن در ماه آذر و کمترین آن در ماه مرداد است، توسط سازمان هواشناسی بندرعباس ثبت شده است (Anonymous, 2006a). بیشترین مقدار بارانی که در ۵۰ ساله اخیر در بندرعباس توسط سازمان هواشناسی بندرعباس به ثبت رسیده است به میزان  $677/4 \text{ kg m}^{-2}$  و در ماه آذر بوده است. در این تحقیق با جمع‌آوری نمونه‌ی باران و با استفاده از پارامترهایی چون pH، هدایت الکتریکی و ترکیبات آلومینیوم کل، آلودگی هوا در شهر بندرعباس مورد بررسی قرار گرفته است. بارانی که بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷ در بندرعباس باریده، جمع‌آوری شده و در تحقیق‌های انجام شده مورد استفاده قرار گرفته است. به علاوه توده‌ی هوا در زمانی که بارش باران به حداکثر مقدار خود رسیده است. با استفاده از روش مرکز هواشناسی مقیاس اتحادیه اروپا (ECMWF) مدل شده و میزان و منشا بر گرد و غبارهای سرخ رنگ بررسی و ثبت شده است.

### ۲. مواد و روش‌ها

#### ۲-۱. نمونه‌برداری باران

بندرعباس شهری است با حدود ۳۶۸۰۰۰ نفر جمعیت که در شمال تنگه‌ی هرمز قرار دارد. وسعت این شهر برابر با ۲۷۳۱۶ کیلومتر مربع است. این شهرستان از سمت شمال به شهرستان حاجی‌آباد و از سمت شرق به شهرستان‌های میناب و رودان، از غرب به شهرستان‌های بندر خمیر و بندر لنگه، و از جنوب به خلیج فارس و جزیره قشم محدود می‌شود. شهر بندرعباس مرکز شهرستان بندرعباس است. وسعت این شهر که در ساحل خلیج فارس واقع شده است حدود ۴۵ کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰ متر است. ایستگاه‌های ۱ و ۳ و ۴ نمونه‌برداری از باران در مرکز شهر و ایستگاه شماره ۲ در محل تازه تاسیس بندرعباس انتخاب شده است. لازم به ذکر است که جهت عدم تداخل آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی ساختمان‌ها و کاهش دقیق نتایج، این ایستگاه‌ها بر روی بلندترین ساختمان‌هایی که در آنها با استفاده از انرژی الکتریکی استفاده می‌گردیده است، نصب شده‌اند. باران با استفاده از ظروف پلی اتیلن با چگالی بالای HDPE و سرپوشیده، جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه تخصصی دانشگاه حاجت تپه ترکیه انتقال یافته و آنالیزهای لازم بر روی آن انجام شده است. پس از احتساب حجم هر نمونه،

در نمودار ۱ نشان داده شده است. در شکل ۱ همان‌طور که مشخص است هیچ‌گونه ارتباط منظمی بچشم نمی‌خورد که این مطلب کاملاً به متفاوت بودن شرایط اتمسفری مربوط است.



شکل ۱- مقایسه میزان بارش باران در سال ۲۰۰۷ (به رنگ سیاه) و میزان بارش باران شهر بندرعباس در طول ۱۴ سال (به رنگ سفید) (منبع: سازمان هواشناسی بندرعباس ۲۰۰۷-۱۹۹۴).

بارش باران در سال ۲۰۰۷ که معدل مجموع ۵۵ داده است برابر با  $9/6 \text{ kg.m}^2$  است. میزان باران در ۴ ایستگاه اندازه‌گیری نیز با یکدیگر متفاوت بوده که به ترتیب برابر است با ۵۲۹، ۵۶۹ و ۴۶۸ میلی‌متر. کمترین میزان باران در سال ۲۰۰۷ برابر با  $0/2$  میلی‌متر بوده که به جهت درستی اندازه‌گیری اعداد و ارقام به‌دست آمده نتایج ثبت شده معدل ۳ بار اندازه‌گیری است.

### ۲-۳. مناطق و منابع مؤثر در روزهای بارانی شهر بندرعباس

به‌منظور مشخص نمودن توده‌ی هوایی که شهر بندرعباس را در روزهای بارانی متأثر می‌نماید با محاسبات لازم می‌توان این منابع را به ۴ گروه تقسیم نمود، که این ۴ گروه بشرح زیر هستند:

- گروه ۱- شمال شرق: شرق آناتولی و ایالت متحده آمریکا
- گروه ۲- شمال غرب: غرب آناتولی و اروپا
- گروه ۳- جنوب غرب: شرق مدیترانه و شمال آفریقا
- گروه ۴- جنوب شرق: کشورهای خاورمیانه و شبه جزیره عربستان

به‌منظور مشخص نمودن سطح بارومتريکی فرکانس‌های توده‌ی هوا در روزهای بارانی سال ۲۰۰۷، کلاً ۵۵ مدار بارانی به ثبت رسید. در روزهای بارانی  $2/3$  منشأ توده‌های هوایی که در تروپوسفر آزاد (700,500 hPa) حرکت می‌کند از جنوب غرب و

عمل هضم بر روی آن صورت گرفته است (Anonymous 1995).

برای انجام عمل تجزیه، کاغذهای فیلتر در اسید HF و نسبت  $1:3v/v$  اسیدهای HNO<sub>3</sub>, HCl در Microwave قرار داده و سپس با ۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه رقیق شد. برای اندازه‌گیری مقدار آلومینیوم از دستگاه Perkin Elmer Atomic Absorption Spectroscopy AAS800 در آزمایشگاه علمی تحقیقاتی دانشکده محیط زیست دانشگاه حاجت تپه استفاده شد. محلول‌های استاندارد که برای واسنجی (کالیبراسیون) مورد استفاده قرار گرفت، به‌صورت روزانه تهیه شده و منحصراً به شرکت MERCK مربوط است. تعداد ۵ عدد نمونه جمع‌آوری شده و شاهد از تمامی ایستگاه‌ها مورد آزمایش قرار گرفت و به هنگام آنالیز آلومینیوم کوچکترین غلظت برابر با  $2/0 \mu\text{g.L}^{-1}$  انتخاب شد. لازم به‌ذکر است که عدد ثابت واریانس کمتر از ۴٪ به‌دست آمده است.

### ۴-۲. آنالیز توده هوای باران‌زا در بندرعباس

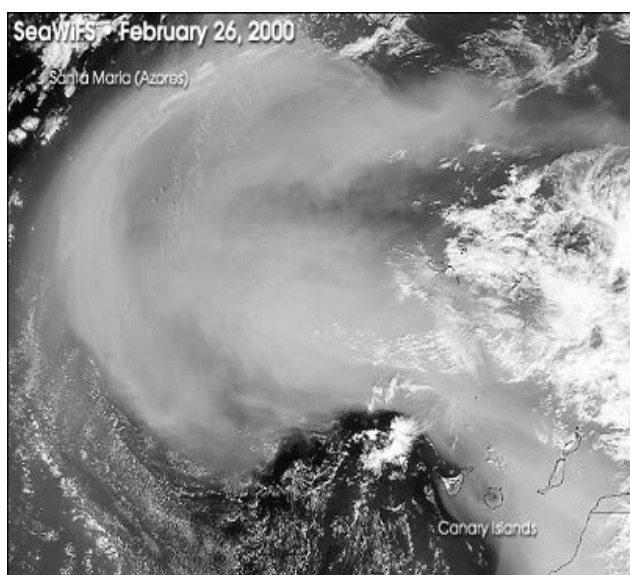
به‌منظور نقد و بررسی اعداد و ارقامی که از اندازه‌گیری اتمسفری به‌دست آمده، توده‌ی هوای مورد نظر در یک دوره‌ی زمانی به روش مدل‌سازی مدارهای معکوس (Back Trajectory) مورد بررسی قرار گرفت. جهت مطالعه حرکت جریان هوا با استفاده از مدارهای معکوس سه روز گذشته به‌صورت سه بعدی (3D)، کاملاً می‌توان با محاسبات لازم به تفسیر آن پرداخت (Martin et al., 1987). در روزهای بارانی ثبت شده در شهر بندرعباس ( $26^{\circ}56' \text{E}$  و  $17^{\circ}27' \text{N}$ ) با فشاری به اندازه‌های ۱۰۰۰ hPa و ۹۰۰ و ۸۵۰ و ۷۰۰ و ۵۰۰ توده‌ی هوای که به بندرعباس رسیده است، طبق مدل کامپیوتری ECMWF CRAY C90/UNICOS مورد بررسی قرار گرفت. فواصل طول و عرض جغرافیایی شبکه برابر با  $1/875$  درجه بوده و در هر ۱۵ دقیقه یک بار محل جدید مدل تغییر کرد (Kallberg, 1984).

### ۳. نتایج و بحث

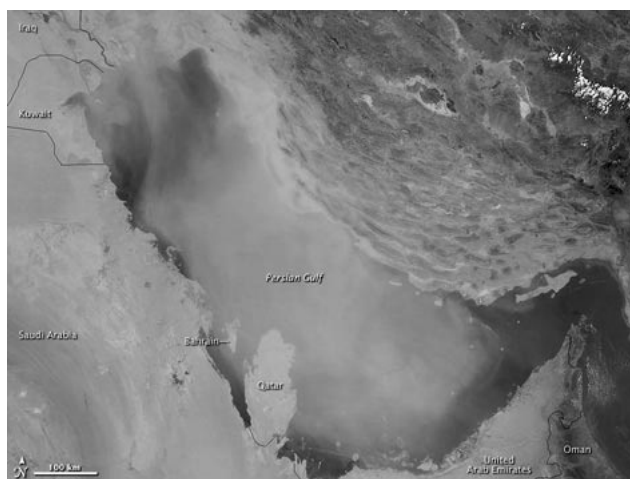
#### ۱-۳. داده‌های ریزش باران

نمونه‌های جمع‌آوری شده باران از ایستگاه ۲ در مقایسه با میزان ۱۴ ساله باران باریده شده شهر بندرعباس (۲۰۰۷-۱۹۹۴)

خاورمیانه و مناطق خشک شبه‌جزیره عربستان تشخیص داده شده است.



شکل ۲- مسیر حرکت توده هوا از شمال آفریقا



شکل ۳- مسیر حرکت توده هوا به سوی شهر بندرعباس

در اندازه‌گیری‌های به‌دست آمده، هدایت الکتریکی باران‌های بندرعباس دارای تابع بسیار وسیعی است. میزان هدایت الکتریکی به‌دست آمده برابر با ۰ تا  $1456 \mu S cm^{-1}$  است که بیشترین میزان هدایت الکتریکی زمانی به‌دست آمد که، باران‌های سرخ رنگ به حداکثر میزان خود رسیده بود. در نتیجه‌ی این اندازه‌گیری، علت احتمالی نوسانات متغیر میزان هدایت الکتریکی، محلول بودن بیش از حد مواد جامد در این گونه باران‌ها است. فرایند این عمل بدین صورت است که با خصوصیت جذب بالای یونها از طرف سطح خارجی گرد و غبارها و خصوصیت و مدت زمان جذب

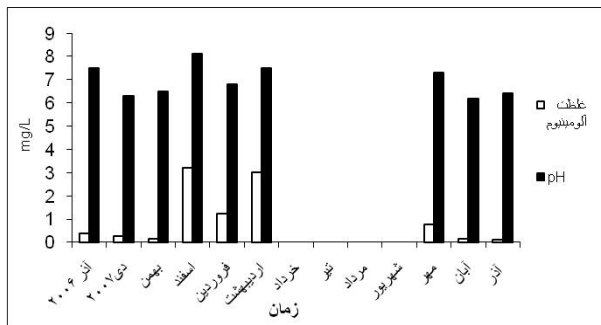
بقیه  $1/3$  این توده از شمال غرب است. توده هوایی که در لایه‌ی مرزی (100,900,850,hPa) در حرکت است کمترین منشأ آن شمال شرق است، در حالی‌که در این لایه بیشترین میزان توده هوا از جنوب غرب سپس از جنوب شرق در حرکت است. این نتایج، با بادهای حاکم در روزهای بارانی که از طرف سازمان هواشناسی (جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی) اعلام گردیده هماهنگی داشته است. میزان انواع توده‌های هوا که در سال ۲۰۰۷ بطرف شهر بندرعباس به‌صورت % در حال حرکت بوده، در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- فرکانس‌های منطقه‌ای توده‌ی هوای شهر بندرعباس در روزهای بارانی

hPa	منطقه 1-NE	منطقه 2-NW	منطقه 3-SW	منطقه 4-SE
1000	%10	%21	%38	%31
900	%10	%27	%31	%32
850	%6	%27	%46	%21
700	%4	%27	%69	%0
500	%2	%36	%62	%0

### ۳-۳. مشاهده باران‌های سرخ رنگ در شهر بندرعباس

از تمامی ۴ ایستگاه نمونه‌برداری باران، میزان pH اندازه‌گیری شده برابر با ۶,۰۷ است. در تحقیق بسیاری از دانشمندان، با افزایش مقدار گرد و غبار به‌دلیل وجود  $CO_2$  در اتمسفری که حتی هیچ‌گونه آلاینده‌ای در آن وجود نداشته باشد میزان pH آب باران همیشه به شکل اسیدی ( $5/6$ ) افزایش می‌یابد (Galloway et al., 1982). در شهر بندرعباس نیز pH ۸ نمونه از نمونه‌های کل کمتر از  $5/6$  به‌دست آمد. باران‌های بندرعباس اصولاً خنثی تا حدی اسیدی ضعیف هستند و علت آن هم وجود گرد و غبارهای معدنی از نوع کالکر ( $CaCO_3$ ) موجود در اتمسفر منطقه است. با حل شدن کالکر، یونهای کربنات و ویا بی‌کربنات خصوصیت تامپون را برای آب باران ایجاد می‌نماید و حالت خنثی آب باران را افزایش می‌دهد. در بخش غربی مدیترانه در منطقه کورسیکا میزان کلسیت خاک صحرا بین  $30\% - 5$  است (Loye-Pilot et al., 1986) در حالی‌که در بخش شرقی مدیترانه در خاک ترکیه در منطقه‌ی اردملی این میزان برابر با  $31\% - 8$  گزارش شده است (Kubilay et al., 1997). تا به کنون محققین گرد و غبارهای سرخ - زرد، سرخ - قهوه ای و سرخی که به شهر بندرعباس منتقل شده است را به‌عنوان منشا داخلی معرفی نموده‌اند، ولی با تحقیقات پژوهشگرانی چون Ozsoy and Saydam, 2000، منشا اصلی این گرد و غبارها از شمال آفریقا،



شکل ۵ - میزان تغییرات ترکیبات آلومینیومی  $AlI_3$  نسبت به pH

با آنکه حمل گردوغبار در ماههای آذر، دی، اسفند و فروردین زیاد بوده ولی کمترین مقدار آلومینیوم در ماههای آذر و دی به ثبت رسیده است که علت این امر ریزش فراوان باران در این ماهها در بندرعباس است که میزان باران زیاد در این ماهها موجب کاهش میزان آلومینیوم در ماههای نامبرده شده است. این حالت نیز در ماه اردیبهشت مشاهده شده، به طوری که با آن هیچ گونه حرکت گرد و غباری بر روی بندرعباس مشاهده نشده، اما میزان آلومینیوم در حد بالایی ثبت شده است. علت این مسئله نیز به دلیل کمبود مقدار ریزش (4 mm) باران است که غلظت آلومینیوم را افزایش داده است. در طول مدت یکساله نمونه برداری از 4 ایستگاه تحقیقاتی کلاً 38 نمونه بارانی که دارای گرد و غبار سرخ رنگ بوده جمع آوری شده است. از نمونه‌های به دست آمده مشخص شد که تمام این 38 نمونه حاوی گرد و غبارهای صحرائی بوده که به رنگ‌های سرخ، زرد - سرخ و قهوه‌ای است. همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌گردد، مقایسه‌ای بین باران‌های سرخ رنگ و باران‌های معمولی صورت گرفته است.

جدول 2- مقایسه آماری بین نتایج به دست آمده از باران‌های فاقد گرد و غبار در

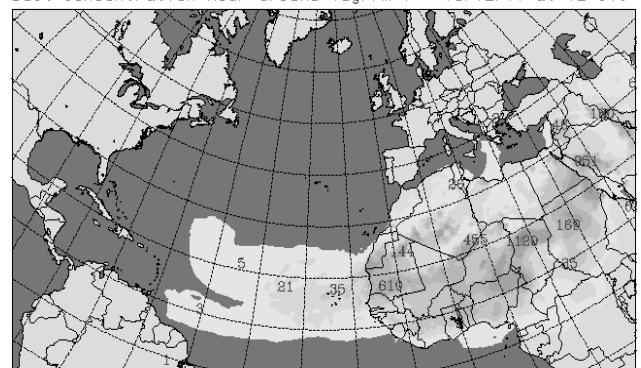
شهر بندرعباس

پارامتر	باران‌های فاقد گردوغبار	باران‌های حاوی گردوغبار
بارش mm	494	107
pH	6.09	7.27
هدایت الکتریکی $\mu mho/cm$	32.0±3.0	211.6±3.5
(%) $AlI_3^p$	4.03x10-3±5.33x10-4	0.039±0.007
(%) $AlI_p$	0.170±0.022	0.93±0.191
(%) $AlI_t$	0.174±0.022	0.932±0.183

همان‌طور که در جدول به نمایش گذاشته شده است، آلومینیوم محلول و معلق جداگانه استخراج شده و در نهایت نتایج آلومینیوم کل ( $AlI_t$ ) جهت ارزشیابی استفاده گشته است. از نتایجی که در جدول 2 مشاهده می‌گردد معدل وزن در واحد حجم مورد

(Adsorption-Desorption) بین فازهای مایع و جامد میزان ارزش هدایت الکتریکی افزایش یافت. با اندازه‌گیری میزان گرد و غبار از طریق فیلترهای آزمایش در تاریخ‌های ۲۰۰۶/۱۲/۲۶، ۲۰۰۷/۰۱/۲۲، ۲۰۰۷/۰۴/۲۱، ۲۰۰۷/۰۳/۰۵، ۲۰۰۷/۰۴/۰۲، ۲۰۰۷/۱۲/۲۰، ۲۰۰۷/۰۴/۳۰ میزان بسیار بالای گرد و غبار به شهر بندرعباس حمل شده است. همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است در تاریخ ۲۰۰۶/۱۲/۲۶ توده هوا بیشتر از طرف خاورمیانه و شبه جزیره عربستان و در تاریخ ۲۰۰۷/۰۱/۲۲ این توده هوا از طرف آفریقای شمالی در حرکت بوده است. همان‌طور که در شکل ماهواره‌ای 4 مشاهده می‌گردد ابری از گردوغبار که از شمال آفریقا در حرکت است، نمایش داده شده است. در این دوره که این توده هوا نیز بندرعباس را در بر داشته است و همراه باران نیز نزول پیدا نموده است با بررسی میزان هدایت الکتریکی و pH سه ایستگاه به ترتیب برابر با ۱۱۵۰، ۸۱۲ و  $1456 \mu S cm^{-1}$  و pH سه ایستگاه به ترتیب برابر با ۷/۹۵، ۸/۰۳ و ۸/۰۵ اندازه‌گیری شد.

University of Athens (AM&MFG) SKIRON Forecast  
Dust Concentration Near Ground ( $\mu g/m^3$ ) 13/12/11 at 12 UTC



1-10 10-25 25-50 50-100 100-500 500-1000 >1000

شکل 4- تصاویر ماهواره‌ای از حرکت گرد و غبار

میزان تغییرات ترکیبات آلومینیومی  $AlI_t$  نسبت به pH به صورت نمودار در شکل 5 نمایش داده شده است. همان‌طوری که از شکل 5 مشخص است با افزایش میزان گرد و غبارهای معلق میزان آلومینیوم کل نیز افزایش داشته ولی تاثیر مستقیم بر pH مشاهده نمی‌گردد که علت آن وجود مواد معدنی مختلف در گرد و غبارهای صحرا و عربستان است. در همین راستا می‌توان مشخص نمود که آب باران شهر بندرعباس با دارا بودن انواع مواد معدنی دارای خصوصیتی است که به این گونه باران‌ها خاصیت خشی می‌بخشد.

شمال غربی مدیترانه ۴۴٪ گرد و غبارها همراه با باران و ۵۶٪ به صورت خشک می‌نشینند (Kubilay et al., 2000; Kocak et al., 2005). از نتایج به دست آمده، گرد و غباری که به صورت خشک و مرطوب در سال ۲۰۰۷ وارد بندرعباس شده برابر با  $4/84 \text{ mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}$  است. در حالی که در سال ۲۰۰۰ در شمال شرق مدیترانه‌ای این میزان برابر با  $16/85 \text{ mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}$  به دست آمده است (Saydam, 2000). باران‌های حاوی گرد و غبار دارای مقدار زیاد یون‌های محلول هستند (Avila et al., 1998; Saydam, 2001). باران‌های حاوی گرد و غبار در بوم‌سامانه‌های خشکی و آبی به‌عنوان ماده مغذی دارای پتانسیل بالایی هستند، زیرا در این گونه باران‌ها به لحاظ زیست‌شناختی میزان عناصر کمیاب که مورد نیاز گیاهان و آبزیان هستند، به‌وفور وجود دارند که در تحقیقات بعدی باید خصوصیات بیوژئوشیمیایی خاک‌های کویری در خصوص پتانسیل زیست‌شناختی آن مورد بررسی قرار گیرد.

#### ۴. سپاسگزاری

مولف از همکاری‌های بی‌شائبه مسوولین محترم دانشگاه حاجه تپه ترکیه به جهت تامین هزینه‌های سنگین این تحقیق بین‌المللی و به‌خصوص از پرفسور دکتر جمال سایدام ریاست محترم دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه حاجه تپه و معاونت محترم مرکز پژوهشکده علمی صنعتی ترکیه، سفیر کبیر محترم سفارت جمهوری اسلامی ایران جناب آقای فیروز دولت آبادی و رایزن محترم فرهنگی س.ج.ا.ا. جناب آقای فرهاد پالیزدار نهایت سپاس و قدردانی خود را اعلام می‌نماید.

#### منابع

- Almomani, IF.; Aygun, S. Tuncel, G., 1998. Wet deposition of major ions and trace elements in the Eastern Mediterranean basin. *Journal of Geophysical research*. 103:8287-99.
- Alpert, P.; Neman, BU. and Shay-El, Y., 1990. Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data. *Tellus*, 42A:65-77.
- Anonymous., 2006b. Mersin'de yagmur suyunun kimyasal

استفاده بوده که ارزش انحراف معیار بروش (Galloway et al., 1984) به دست آمده است. اصولاً شکل محلولی فلزات در اتمسفر از حوادث نادر است. البته محلول بودن فلزات در اتمسفر به نوع مواد معلق و به تغییرات pH در فاز مایع هوا بستگی دارد، چنانچه Spokes and Jickells, 1996 نیز بدین نکته اشاره نموده که با کاهش میزان pH یعنی افزایش حالت اسیدی اتمسفر میزان حلالیت فلز آلومینیوم نیز افزایش یافته است (pH: 2.0 حلالیت برابر با  $7/1\% \pm 0/6$  و در pH: 5/5 حلالیت برابر با  $0/9\% \pm 0/4$ ). از نتایج تحقیقی که Ezzati and Gullu, 2004 به دست آمده است، در باران شهر آنکارا که دارای pH برابر با 5/5 بوده، میزان حلالیت آلومینیوم برابر با  $9/8\% \pm 0/98$  به دست آمد. در تحقیقی که Ezzati and Gullu, 2004 انجام داده‌اند میزان محلول بودن آلومینیوم و هدایت الکتریکی در باران آنکارا که حاوی گرد و غبار کویری می‌باشد، به ترتیب 5 برابر و 7 برابر بارانی است که فاقد این گرد و غبار بوده است.

#### ۳-۴. روند نشست گرد و غبار / اتمسفری همراه با باران

روند نشست گرد و غبار به صورت مرطوب طبق فرمول  $F\gamma = C\gamma \cdot P$  محاسبه می‌گردد که در این معادله:  
 $C\gamma$  = میزان عناصر نادر در آب باران  
 $P$  = میزان باران (mm)

روند میزان آلومینیوم موجود در گرد و غبار در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت است که این تفاوت را می‌توان در جدول ۳ مشاهده نمود.

جدول ۳- مقایسه مقدار آلومینیوم ( $\text{mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ ) که در ساختار باران‌های حاوی گردوغبار مشاهده شده است.

منابع	Al	مکان
مطالعه حاضر	۱۷۴/۵	بندرعباس
Saydam 2000	۸۷۰	اردملی
Ormektekin and Cakinakli 2003	۸/۸	اسکندرون
Almomani et al 1998	۹۲/۰	آنتالیا
Ezzati and Gullu 2004	۳/۴	آنکارا
Hu et al 2003	۴۷/۸	سنگاپور
Golomb et al 1996	۲۹/۴	ماساچوست
Takeda et al 2000	۰/۰۹	هیروشیما

تنها منشا آلومینیوم در اتمسفر خاک و گرد و غبار است (Prospero and Nees., 1987; Kubilay et al., 2000). در منطقه‌ی بندرعباس میزان گرد و غباری که همراه با باران می‌نشیند، برابر با  $2/13 \text{ mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}$  به دست آمد که اصولاً در منطقه

- Murphy, KJT.; Sanders, GS.; Corcoran, P., 1993. Defining the chemical character of aerosols from the atmosphere of the Mediterranean Sea and surrounding regions. *Oceanologica Acta*, 16: 231246.
- Dayan, U.; Miller, J., 1989. Meteorological and climatological data from surface and upper air measurements for the assessment of atmospheric transport and deposition of pollutants in the Mediterranean Basin: A review. MAP Technical Reports Sries No: 30. Athens.
- Dulac, F.; Tanre, D.; Bergametti, G.; Buat-Menard, P.; Desbois, M.; Sutton, D., 1992. Assessment of African airborne dust mass over the Western Mediterranean Sea using meteosat data. *Journal of Geophysical Research*. 97(D2): 2489-2506.
- Ezzati, R.; Gullu, G., 2004. A Statistical investigation on effect of Saharan Dust, SO<sub>2</sub> and particulate material on death between 1991- 2001 years in Ankara. Hacettepe University Environmental Engineering Department. 87 p.
- Ezzati, R., 2009. Investigation on the impacts of atmospherly transported of various soils samples on the development of plants. Ph.D. Dissertation. Institute of Technology and Science. Hacettepe University. TURKEY. 137 p.
- Galloway, J.N.; Likens, GE.; Kene, W.C.; Miller, J.M., 1982. The composition of precipitation in remote areas of the world. *Journal of Geophysical Research*. 87: 8771-8786 pp.
- Galloway, J.N.; Likens, G.E.; Hawley, M.E., 1984. Acid Precipitation: Natural versus anthropogenic components. *Science*. 226: 829-831.
- Ganor, E., 1994. The frequency of Saharan dust episodes over Tel Aviv. *Atmospheric Environment*. 28: 2867-2871.
- Golomb, D.; Ryan, D.; Eby, N.; Underhill, J.; Zemba, S., 1996. Atmospheric deposition of toxics onto analiz yolu ile hava kalitesinin belirlenmesi. 102Y144 No'lu proje kesin raporu. TÜBİTAK Mersin.
- Anonymous., 1995. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. UNEP. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No. 63. Monaco Cedex.
- Avila, A., 1996. Time trends in precipitation chemistry at a mountain site in Northeastern Spain for the period 1983-1994. *Atmospheric Environment*. 30(9): 1363-73.
- Avila, A.; Alarcon, M. and Queralt, MI., 1998. The chemical composition of dust transported in red rains its contribution to the biogeochemical cycle of a Holm Oak Forest in Catalonia (Spain). *Atmospheric Environment*. 32 (2):179-191.
- Avila, A.; Penuelas, J., 1999. Increasing frequency of Saharan rains over northeastern Spain and its ecological concequences. *The sciences of the Total Environment* 228:153-156.
- Baeyens, W.; Dehairs, F. and Dedeurwaerder, H., 1990. Wet and dry deposition fluxe above the North Sea. *Atmospheric Environment*. 24A(7):1693-1703.
- Bardouki, H.; Liakakou, H.; Economou, C.; Sciare, J.; Smolik, J.; Zd'mal, V.; Eleftheriadis, K.; Lazaridis, M.; Dye, C.; Mihalopoulos, N., 2003. Chemical composition of ize resolved atmospheric aerosols in the eastern Mediterranean during summer and winter. *Atmospheric environment*. 37(2):195-208.
- Brody, L.R.; Nestor, M.J.R., 1980. Regional forecasting aids for the Mediterranean basin. In: Handbook for forecasters in the Mediterranean, Part 2. Technical Report TR 80-10, Naval Environmental Predication Research Facility, Monterey. California. 1-13 pp.
- Bucher, A., 1989. Fallout of Saharan dust in the NW Mediterranean region. In: Liene M, Sarnthein M (eds), paleoclimatology and paleometeorology, Kluwer, Dordrecht. 565-584 pp.
- Chester, R.; Nimmo, M.; Alarcon, M.; Saydam, C.;



- sources in the Levantine Basin of the eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*. 38: 2133-2144.
- Kubilay, N.; Saydam, AC., 1995. Trace elements in atmospheric particulates over the Eastern Mediterranean: concentrations, sources and temporal variability. *Atmospheric Environment*. 29: 2289-300.
- Kubilay, N., 1996. The compositions of atmospheric aerosol over the Eastern Mediterranean; The coupling of geochemical and meteorological parameters, Ph.D. Dissertation. Institute of Marine Sciences. METU. TURKEY. 219 p.
- Kubilay, N.; Saydam, AC.; Yemencioglu, S.; Kelling, G.; Kapur, S.; Karaman, C.; Akca, E., 1997. Seasonal, chemical and mineralogical variability of atmospheric particles in the coastal region of the Northeast Mediterranean. *Catena*. 28: 313-328.
- Kubilay, N.; Nickovic, S.; Moulin C.; Dulac, F., 2000. An illustration of the transport and deposition of mineral dust onto the eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*. 34(8): 1293-1303.
- Loye-Pilot, M.D.; Martin, J.M.; Morelli, K., 1986. Saharan Dust: Influence on the rain acidity and significance for atmospheric input to the Mediterranean. *Nature*. 321: 427-28.
- Martin, D.; Mithieux, C.; Strauss, B., 1987. On the use of synoptic vertical wind componen in a transport trajectory model. *Atmospheric Environment*. 21. 45-52.
- Martin, J.M.; Elbaz-Poulicher, F.; Guieu, C.; Loye-Pilot, M.D.; Han, G., 1989. River versus atmospheric input of material to the Mediterranean Sea: An overview. *Marine chemistry*. 28: 159-182.
- Milliman, J.D.; Jeftic, L.; Setsini, G., 1992. The Mediterranean sea and climate change: An overview In: Jeftic L, Milliman JD, Setsini Arnold G (eds). *Climatic change and Mediterranean*. UNEP. London. 1-14.
- Moulin, C.; Lambert, E.; Dayan, U.; Mason V.; Ramonet, Massachusetts Bay-I. Metals. *Atmospheric Environment*. 31: 1349-1359.
- Guieu, C.; Martin, J.M.; Thomas, A.J.; Elbaz-Poulicher, F., 1991. Atmospheric versus river inputs of metals to the Gulf of Lions. Total concentrations, partitioning and fluxes. *Marine Pollution Bulletin*. 22: 176-183.
- Gulu, G.; Olmez, I.; Tuncel, G., 1998. Atmospheric trace element concentrations over the Eastern Mediterranean Sea: Factors affecting temporal variability. *Journal of Geophysical Research*. 103: 21943-21954.
- Gulu, G.; Olmez, I.; Tuncel, G., 2004 Source apportionment of trace elements in the eastern Mediterranean atmosphere. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 259(1): 163-171.
- Gulu, G.; Dogan, G.; Tuncel, G., 2005. Atmospheric trace element and major ion concentrations over the eastern Mediterranean Sea: Identifications of anthropogenic source regions. *Atmospheric Environment*. 39: 6376-6387.
- Herut, B., 2001. Levels of aerosol trace metals along the Mediterranean coast of Israel (1996-97). *Fresenius Environmental Bulletin*. 10: 89-93.
- Hu, G.P.; Balasubramanian, R.; Wu, C.D., 2003. Chemical characterization of rainwater at Singapore. *Chemosphere*. 51: 747-755.
- Kallberg, P., 1984. Air parcel trajectories from analysed or forecast wind fields. Workshop on Simplified Models for Short-Range Forecasting on the Mesoscale. SMHIR and D Notes No. 37. The Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Sweden.
- Kocak, M.; Kubilay, N.; Mihalopoulos, N., 2004a. Ionic composition of lower tropospheric aerosols at a Northeastern Mediterranean site: Implications regarding sources and long-range transport. *Atmospheric Environment*. 38: 2067-2077.
- Kocak, M.; Nimmo, M.; Herut, B.; Kubilay, N., 2004b. Spatio-temporal aerosol trace metal concentrations and

- solubility of aerosol trace metals in the atmosphere and on mixing into seawater. *Aquatic Geochemistry* 1: 355-374.
- Takeda, K.; Marumoto, K.; Minamikawa, T.; Sakugawa, H.; Fujivara, K., 2000. Tree-year determination of trace metals and the lead isotope ratio in rain and snow depositions collected in Higashi-Hiroshima. *Japan Atmospheric Environment*. 34: 4525-4535.
- Whelpdale, D.M.; Moody, J.L., 1990. Large scale meteorological regimes and transport processes. In: Knap Ah (ed), *The long-range atmospheric transport of natural and contaminantsubstances*. Kluwer academic Publisher. Dordrecht. 3-39 pp.
- M.; Bousquet, P.; Legrand, M.; Balkanski, J.; Guelle, W.; Marticorena, B.; Bergametti, G.; Dulac, F., 1998. Sattelite climatology of African dust transport in the Mediterranean atmosphere. *Journal of Geophysical Research*. 103: 13137-13144.
- Prospero, J.M.; Nees, R.t., 1987. Deposition rate of particulate and dissolved Aluminum derived from Saharan dust in precipitation at Miami. Florida. *Journal of Geophysical Research*. 92: 14723-14731.
- Rudnick, R.L.; Gao, S., 2003. The composition of the continental crust. In: Holland HD, Turekian KK (eds), *Treatise on Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam. 3: 1-64.
- Spokes, L.J.; Jickells, T.D., 1996. Factors controlling the