98-F-CAM-174

تاثیر شرایط اقلیمی بر تخریب زود هنگام قطعات داغ توربین‌های گازی کنارک

احمد علی اصغری مقدم [۱] – علیرضا کیانی رشید [۲] – غلامعلی رخشانی مهر [۳] – اتابک علیزاده حرفتی [۴]

۱ و ۳ – دفتر تحقیقات و مطالعات اقتصادی ، برق منطقه ای سیستان و بلوچستان
۲ – دانشکده مهندسی ، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۴ – شرکت اطلس توربین پارس(تهران)

ایران

واژه‌های کلیدی: شرایط اقلیمی، نیروگاه گازی کنارک، قطعات مسیر داغ، فیلتراسیون

چکیده

مطالعات انجام شده بر اقلیم منطقه در این تحقیق بر اساس دو روش جمع آوری اطلاعات موجود در منابع معتبر مانند گزارشهای هواشناسی و انجام آزمایش استوار می باشد. بررسی های بعمل آمده حاکی از آن است که عوامل اقلیمی و ورود ناخالصی ها همراه با اتمسفر محیط به واحدهای نیروگاه مهمترین عامل تخریب قطعات می باشد. با توجه به اینکه هوا پرمصرفترین ماده در واحدهای گازی به حساب می آید، اگر دارای مقادیرجزئی ناخالصی مضر باشد آنگاه با گذشت زمان قطعات توربین در معرض میزان قابل توجه ای از این ناخالصی ها قرار خواهند گرفت. سیستم فیلتراسیون کنونی که در نیروگاه کنارک بکار گرفته می شود دارای دو نقیصه مهم است، اول اینکه این فیلترها قابلیت حذف عوامل خورنده موجود در اتمسفر محیط را دارا نمی باشند و دوم آنکه به علت حجم بسیار بالای هوای مصرفی مرطوب، سیستم کنونی کاهش رطوبت به سرعت کارایی خود را از دست می دهد. بنابر این می توان از سیستمهای فیلتراسیون مناسب که علاوه بر نمک خشک قابلیت حذف نمک موجود در اتمسفر را دارا می باشد، استفاده نمود. ولی صرفنظر از تغییر طراحی مواردی دیگر از قبیل استفاده از فیلتر های چندکیسه به جای فیلتر های تک کیسه، تعویض قاب فیلتر جهت کاهش امکان ورود هوای آلوده از فضای مابین فیلترها و همچنین تعویض فیلتر ها در پریودهای زمانی کوتاهتر جهت حذف ذرات ریزتر از ۲ میکرون اقدامات مناسب و مقرون به صرفه ای در کاهش خسارات وارده به توربین های گازی نیروگاه کنارک خواهد بود.

۱. مقدمه

محیط محل استقرار یک توربین گازی از جنبه های مختلف برعملکرد آن تاثیر می گذارد. بخشی از این اثرها به کیفیت هوای ورودی ونقش آن در خسارات وارده به اجزاء مختلف توربین مربوط می شود. بعنوان مثال هوای مصرفی یک توربین گازی GE MS 5001 P در شرایط ISO و بار پایه حدود ۴۳۵۶۰۰ کیلوگرم در هر ساعت می باشد. این هوای مصرفی می تواند حاوی آلاینده هایی نظیر ذرات گرد و غبار، قطرات ریز آب حاوی نمک و بخارهای صنعتی و روغنی باشد که با ورود به توربین منشاء صدماتی نظیر خوردگی داغ و سایش خواهد بود و همچنین در اثر برخورد ذرات خارجی روی قطعات داغ، علاوه بر سایش و خوردگی، باعث فاولینگ پره های کمپرسور و از دست رفتن کیفیت سطحی اولیه می شود که تاثیر قابل توجه ای بر راندمان کاری قطعات خواهد داشت [۱و۲].

قطعات مسیر داغ بطورمداوم در معرض سایش قرار دارند. ذرات سخت و ساینده نظیر ماسه وگرد و غبار به شرطی که دارای انرژی کافی باشند منجر به کنده شدن بخش کوچکی از قطعه می گردند . سرعت سایش به عوامل مختلفی بستگی دارد. از آن جمله می توان به تغییرانرژی جنبشی ذرات دربرخورد با قطعه موردنظر، به تعداد ذرات برخوردکننده در واحد زمان و نیز خواص مکانیکی ذرات و قطعه تحت برخورد اشاره نمود [۱و۳]. معمولا ذرات زیر ۱۰ میکرون باعث سایش نمی شوند، حال آنکه ذرات بالای ۲۰ میکرون، بویژه درمقادیر زیاد، باعث سایش می شوند [۱].

مهمترین و رایج ترین نتیجه فیلتر اسیون ناقص، ورود عناصر خاصی است که پس از ترکیب با گوگرد و یا اکسیژن، حین فرایند احتراق روی سطح قطعات رسوب می کنند. این قطعات عمدتاً شامل نازل ها و پره ها می باشند. چهار عنصر اصلی که در این زمینه از اهمیت زیادی برخوردار هستند عبارتند از: سدیم، پتاسیم، وانادیم وسرب [۱و۳]. این عناصر بصورت سولفات یا اکسید باعث زوال فیلم محافظ روی قطعات شده و باعث اکسید شدن شتاب یافته قطعات می گردند. محیط اطراف توربین گاز بسته به موقعیت جغرافیایی آن می تواند متفاوت باشد. این محدوده می تواند از یک اقلیم تمیز وعاری از آلودگی روستایی تا آب وهوای شهری، صنعتی، دریایی و کویری باشد [۱].

در نواحی صحرایی، وارد شدن گرد وغبار به توربین بویژه درمواقع طوفان گرد وغبار و یا طوفان شن از اهمیت زیادی برخوردار است. غلظت گرد وغبار ورودی در طوفان های شن ممکن است به چند صدم PPM برای دوره های چند ساعته برسد. حال آنکه این میزان در طول سال ممکن است بطور متوسط درحدود یک تا پنج PPM باشد [۱و۳ و۴]. این ذرات هم می توانند باعث سایش، فاولینگ و از بین رفتن صافی سطح پره های ثابت ومتحرک شده وهم اینکه عناصری نظیر سدیم و پتاسیم که نقش مهمی در خوردگی داغ قطعات توربین دارند، می توانند از طریق هوای ورودی وارد توربین شوند.

گرد وغبار موجود در هوا در محل های مختلف بسته به فاکتورهای محلی و صنایع آلاینده موجود در محل دارای ترکیب های شیمیایی مختلفی هستند. معمولا ذرات خورنده از نواحی بیابانی می آیندکه خاک آنها در گذشته بستر دریا بوده است [۱و۳]. در حادترین موارد مقدار سدیم و پتاسیم ممکن است به ۵ درصد وزنی برسد [۳].

توربین های گازی در مناطق ساحلی و مجاور دریا دارای مسائل ویژه ای درخصوص آلودگی هوای ورودی می باشند، زیرا نمک موجود در آب دریا می تواند بدلیل عملکرد باد و امواج به مقدار زیادی وارد هوای ورودی شودکه خود باعث تشدید خوردگی داغ اجزای توربین می شود. غلظت عناصر آلاینده، بویژه سدیم تابع پارامترهای مختلفی نظیر ارتفاع امواج، سرعت باد، دما، رطوبت وتاریخچه قبلی هوای محلی ونیز فاصله نقطه مورد بررسی تا خط ساحلی می باشد [۳ و ۵].

نمک موجود در هوای مجاور دریا می تواند از دو منبع، یعنی قطرات ریزی که از ترکیدن حباب های آب دریا متصاعد می شوند و یا پاشش قطرات درشت آب بوسیله امواج، تامین

شود. این دو عامل تاحدود زیادی قابل تفکیک هستند. برای این منظور می توان میزان نمک ذرات آب معلق در هوا را که درآنها اثر پاشش نقش داشته با میزان نمک ذراتی که فاقد این اثر بوده اند مقایسه کرد [۱].

جهت حذف آلاینده محیطی از سیستم های فیلتراسیون که به دو نوع فیلترهای مکانیکی وا لکترواستاتیکی تقسیم می شوند، استفاده می شود [۲]. فیلترهای مکانیکی گرد وغبار را روی واسطه جمع آوری که ماده سازنده فیلتر است جذب واز هوا جدا می کنند. مکانیزم های ربایش ذرات روی این صافی ها ممکن است بصورت گیر افتادن، برخورد مستقیم، ا ثر انتشاری یا صاف کردن به انجام برسد. مکانیزم فیلترهای الکترواستاتیک بصورتی است که در هنگام عبورهوا حاوی ذرات در آنها بار الکتریکی ایجاد می کنند که این ذرات بار دار شده روی جمع کننده هایی با بار مخالف در یک میدان الکترو استاتیکی جمع می شوند، این جمع آورنده ها معمولا بصورت صفحه هایی موازی هستند که هوا از میان آنها عبور می کند [۳ و۴].

جهت حذف ذرات حتی با اندازه کوچکتر از میکرون از فیلترهای با بازدهی بالا استفاده می شود. برای این فیلترها از موادی نظیر فایبرگلاس بعنوان واسطه جمع آوری برای رسیدن به بازدهی مطلوب استفاده می شود. این فیلترها معمولا به شکل پانل های مستطیلی یا کاتریج های استوانه ای می باشند [۱] .

انواع دیگر فیلترها شامل فیلترهای خود تمیز شونده و فیلترهای اینرسیایی نیز جهت مصارف خاص مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین جهت دستیابی به اهداف متعدد فیلترهایی بصورت پکیج قابل ساخت و بکار گیری می باشد.

۲. روش تحقیق

نظر به اهمیت تاثیر پارامترهای جوی در تخریب های ایجاد شده وکارکرد توربین، اطلاعات هواشناسی از ایستگاه سینوپتیک چابهار طی سالهای ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ میلادی جمع آوری گردید. این اطلاعات شامل رطوبت نسبی هوا، تعداد روزهای طوفانی، متوسط سرعت وجهت غالب باد، تعداد روزهای غبار آلود، میانگین دمای متوسط روزانه ومتوسط حداکثر وحداقل دما می باشد. همچنین میانگین جهت باد غالب و سرعت آن و نیز متوسط تعداد روزهای غبار آلود در دماهای مختلف سال طی دوره فوق تهیه شد[۶]. همچنین بمنظور بررسی علل زوال قطعات و کسب سایر مشخصات به محل اثر گذاری یا بطور دقیق تر محل های رسوب گذاری مراجعه شده و نمونه برداری صورت گرفت. این محل ها عبارتند از: خاک محیط، گرد و غبار بدام افتاده در فیلتر،گرد و غبار موجود بر روی پره های کمپرسور و رسوبات جمع شده روی حفره شنک پره ها و ... که این نمونه ها بوسیله استریومیکروسکوپ، میکروسکوپ الکترونی SEM، آنالیز شیمیایی ICP، آنالیز عنصری EDX و آنالیز به روش پراش اشعه ایکس XRD مورد آزمایش قرار گرفت. سپس بررسی های لازم درخصوص سیستم فیلتراسیون هوا و نحوه عملکرد اجزای مختلف این سیستم در واحدهای فریم ۵ آلستوم نیروگاه گازی کنارک مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت به تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از بررسی های فوق پرداخته شد و راهکارهای مناسب جهت بهبود وضعیت کنونی ارائه گردید.

۳. نتایج و بحث

نیروگاه گازی کنارک در ضلع غربی خلیج چابهار درجنوب شرقی ایران واقع می باشد. شکل۱ موقعیت استقرار این نیروگاه را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود توربین ها در فاصله کمی از ساحل واقع شده است. بنابراین بطور جدی تحت تاثیر اتمسفر دریایی قرار دارند. آب وهوای این ناحیه گرم و مرطوب می باشد. همچنین این نیروگاه از شمال وغرب به مناطق بیابانی و کویری محدود می شود که می توانند به نوبه خود منشا گرد و غبار وآلاینده های ناشی از آن باشد. در جدول ۱ مشخصات اتمسفر منطقه ارائه شده است. همچنین در جدول ۲ میانگین جهت باد غالب وسرعت آن و نیز متوسط تعداد روزهای غبار آلود در ماه های مختلف سال طی دوره فوق ارائه شده است.

باتوجه به جدول۱، داده های هواشناسی حاکی از آن است که اختلاف بین حداقل وحداکثر دمای منطقه به حدود ۱۲ درجه سانتی گراد می رسد و در بررسی های بعمل آمده مشخص گردید دمای محیط باعث تغییر دمای قطعات ثابت و محفظه احتراق به میزان ۷ تا ۱۰ درجه ونیز تغییر نامحسوس دمای قطعات متحرک می گردد. با توجه به دمای بسیار بالای کاری این قطعات کاملا" مشخص است که این میزان تغییرات دمایی، اثری بر مکانیزم های تخریب بویژه خوردگی داغ قطعات ندارد.

باتوجه به جدول۱ و بررسی های بعمل آمده تاثیر رطوبت نسبی بر دمای قطعات بسیار اندک می باشد ولی نقش رطوبت نسبی را باید در موضوع دیگری جستجو نمود. مقادیر بالا ی رطوبت نسبی که دراین منطقه بطور متوسط ۷۳ درصد می باشد[۶] باعث محلول ماندن ذرات ریز نمک در قطرات ریز آب در مجاور دریا می گردد که با وزش باد باعث انتقال این قطرات به سمت خشکی شده و در صورت عدم استفاده از سیستم فیلتراسیون مناسب، این قطرات از فیلتر وارد توربین می شوند که در نتیجه نمک موجود در آنها باعث تشدید خوردگی داغ می گردد.

یکی از نکات مهم و سوال انگیز، طراحی ومکان یابی محل استقرار توربین ها می باشد چرا که جهت قرارگیری ورودی هوای آنها رو به دریا و در جهت باد غالب قرارگرفته است و با توجه به داده های جدول۲ و پارامترهایی همچون رطوبت نسبی بالا، نزدیکی توربین ها به دریا، جهت باد غالب که درطی ۸ ماه از سال از سمت دریا به سمت خشکی بوده و سرعت باد که حدود ۱۶ کیلومتر بر ساعت می باشد و همچنین عدم فضای سبز مناسب، می توان بطور تقریبی دریافت که غلظت نمک های حاوی عناصر خورنده نظیر سدیم و پتاسیم با منشاء دریایی در هوای ورودی به توربین در حدود PPM ۰/۰۱ می باشد. این میزان نسبت به حد مجاز آلاینده های بسیار بالا است[۴] .

همچنین در مدت ۴ ماه باقی مانده سال جهت باد غالب از سمت مناطق کویری شمال غربی منطقه به سمت توربین ها می باشد. باتوجه به جدول۲ و بررسی تعداد روزهای غبار آلود مشخص میگردد که حجم بالای گرد و غبار در منطقه را خواهیم داشت. این مسئله روی عملکرد سیستم فیلتراسیون نیز اثر می گذارد ودر مواقعی که ازمقدار معینی فراتر رود با باز شدن ورودی هوای اضطراری، حجم بالایی از گرد و غبار وآلاینده ها وارد توربین شده وخسارات عمده ای به قطعات توربین وارد می نماید.

در مرحله بعدی جهت بررسی تاثیرات شرایط اقلیمی برمیزان تخریب قطعات داغ توربین ضمن استفاده از اطلاعات هواشناسی، برای کسب سایر مشخصات نمونه هایی از خاک محیط،گرد و غبار بدام افتاده در فیلتر،گرد و غبار موجود بر روی پره های کمپرسور و رسوب های جمع شده روی حفره شنگ پره ها، نمونه هایی با دستورالعمل های خاص از جمله استفاده از پاکت های کوچک درب دار وتمیز که قبلا مشخصات محل نمونه برداری بر روی آن نوشته شده و درب پاکتها کاملا قابل بسته شدن بوده است به انجام رسیده و همچنین میزان رسوب های جمع آوری هر پاکت حداقل ۵۰ گرم و درنمونه گیری از خاک محل، جمع آوری نمونه از نقاط مختلف محل نیروگاه انجام شده است. نمونه گیری از گرد و غبار کمپر سور، با تراشیدن ملایم از روی پره ها، و نمونه گیری از گرد و غبار روی فیلتر نیز پس از جدا کردن یک تکه پارچه از روی فیلتر و تکاندن آن در محل مناسب صورت گرفت. در انتخاب نوع آزمایش با توجه به عدم وجود استاندارد در این زمینه، روشهای بکار گرفته شده توسط سازندگان معتبر فیلتر مورد استفاده قرار گرفت[۴]. جدول۳ تعداد، محل وتاریخ نمونه برداری های انجام شده جهت آزمایش های استرویومیکروسکوپ، SEM، EDX، ICP و XRD را نشان می دهد و شکل۲ تصاویر استریومیکروسکوپ برخی نمونه های ذکر شده در جدول۳ را نشان می دهد. بررسی بوسیله استریومیکروسکوپ به منظور ارزیابی دانه بندی کلی رسوبات و مقایسه آنها با یکدیگر انجام گرفت، همان گونه که انتظار می رود خاک محیط دامنه وسیعی از اندازه ذرات را در برمی گیرد و ابعاد آن متشکل از ذراتی با

بیش از ۵۰ میکرون که امکان ورود آنها به فیلتر وجود ندارد و ذاراتی با ابعاد ۲۰ الی ۵۰ میکرون که بطور مستقل وجود دارند وهمچنین ذرات کوچکتر از ۱۵ میکرون که اغلب به ذرات بزرگتر چسبیده اند و کمتر بصورت مستقل هستند و امکان عبور آنها از فیلتر وجود دارد، دیده می شود. در نمونه های گرفته شده از فیلتر واحد۳ نیز ذرات تقریبا یکدست ودر یک محدوده ابعادی بین ۴ الی ۱۰ میکرون دیده می شود ولی مشکل بزرگی که در بررسی این نمونه ها بوسیله استریو میکروسکوپ وجود دارد چسبیدن ذرات به یکدیگر و تفکیک ناپذیری آنها می باشد همچنین در این شکل الیاف فیلتر واحد ۳ نیز مورد بررسی قرار گرفت. بررسی وضعیت الیاف فیلتر نیز حاکی از آن است که قطر تقریبی الیاف ۵۰ میکرون می باشد و الیاف بوسیله چسب به هم متصل شده اند و با مقایسهٔ اندازه ذرات گرد و غبار گرفته شده از فیلتر و ابعاد روزنه های فیلتر روشن است که امکان عبور بخشی از این ذرات از فیلتر وجود دارد.

شکل ۳ تصاویر گرفته شده به کمک میکروسکوپ الکترونی را نشان می دهد. این آزمایش به منظور مطالعه دقیقتر توزیع، شکل و اندازه این رسوبات انجام گردید که از بررسی این آزمایش می توان نتیجه گرفت که سیستم فیلتراسیون تاحدود زیادی در حذف ذرات بالای ۵ میکرون موفق عمل کرده است. اما با این وجود حضور ذرات ریزگرد وغبار که از فیلتر عبور کرده و وارد کمپرسور شده اند، می توان به عنوان یک عامل تاثیرگذار در تخریب و زوال قطعات توربین مورد توجه قرارگیرد. همچنین رسوبات گرفته شده از پره های ردیف اول نشان دهنده ریز شدن ذرات رسوب نسبت به رسوب قطعات نزدیکتر به فیلتر می باشد. در مرحله بعدی جهت تعیین نوع و میزان عناصر ورودی به توربین که باعث خوردگی داغ قطعات می شود از محل های مشخص شده در جدول۳ آزمایش تجزیه عنصری به روش EDX بعمل آمد که باتوجه به نقش عناصری نظیر K و Na در خوردگی داغ، میزان این عناصر در محل های مختلف در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان دهنده آن است که مجموع میزان سدیم و پتاسیم موجود در خاک محیط بالا و حدود۵/۳ درصد می باشد درحالیکه مجموع این دوعنصر در گرد و غبار روی فیلتر بین ۵/۸ درصد تا ۹ درصد متغییر می باشد دراین میان غلظت پتاسیم در تمام موارد درخاک محیط وگرد و غبار فیلترهای مختلف یکسان وحدود ۳/۲ درصد تا ۳/۷ درصد می باشد اما تفاوت قابل ملاحظه ای درغلظت سدیم درتمام موارد در خاک محیط وگرد و غبار فیلترهای واحدها به چشم می خورد. از سوی دیگر نتایج آنالیزهای انجام شده به روش ICP که یک روش دقیق آنالیز می باشد و اساس آن بر مبنای شدت پراکنش عناصر مختلف در دمای بالا می باشد. نشان از افزایش قابل توجه میزان سدیم (و نیز پتاسیم) در گرد و غبار گرفته شده از فیلتر به سمت ردیف های آخر کمپرسور می باشد. نتایج حاصله در جدول ۵ مشاهده می شود. شکل های ۴ و۵ نتایج آنالیز XRD مربوط به خاک محیط وگردوغبار گرفته شده از فیلتر واحد۳ را نشان می د هد حضور پررنگ NaCl درگرد و غبار روی فیلتر باتوجه به این که این ترکیب در خاک محیط به میزان قابل ملاحظه ای یافت نگردید نشان دهنده وجود منشاء دیگری برای حضور این ترکیب بسیار مهم (از نقطه نظر موضوع خوردگی داغ) درمحیط می باشد. با توجه به مواردی همچون فاصله ناچیز این توربین ها از دریا، جهت غالب باد، جهت قرارگیری توربین ها و... به نظر می رسد. که منشاء اصلی ورود NaCl ورودی به توربین، اتمسفر حاوی این ترکیب می باشد که از سمت دریا بوسیله باد به خشکی منتقل شده وهمراه هوا وارد سیستم فیلتراسیون توربین می گردند ونظر به اینکه سیستم های فیلتراسیون معمولی قادر به حذف این شکل از نمک ورودی نمی باشند. بخش عمده آن باعبور از فیلتر وارد توربین می گردد که با توجه به میزان بالای آن خوردگی داغ قطعات توربین را بدنبال خواهد داشت. مطالعات بعمل آمده حاکی از آن است که در چنین مواردی می بایست از سیستمی که علاوه بر جذب نمکهای خشک، قابلیت حذف نمک محلول در آب را دارا باشد، استفاده نمود. این سیستم باید در اولین مرحله از فیلتر قرارگرفته ومتشکل از یک مجموعه فیلترهایی باشد که بصورت افقی و مجزا از هم در

آن جای گرفته اند و جریان هوا بصورت عمودی به این فیلترها وارد شده و از نازل های مخصوص عبور نماید که با عبور از این نازلها، قطرات کوچک نمک بار دار شده و با این عمل قطرات بزرگتر، پس از اتصال قطرات کوچک تشکیل گردد. سپس قطرات نمک و آب بواسطه تغییر چگالی در مسیرهای مشخص و از پیش تعیین شده حرکت نمایند. قطرات بزرگ نمک در قسمت نازل رطوبتی تجزیه شده و میزان رطوبت آن کاهش می یابد، سپس در مرحله بعد با عبور از اجزای دیگر فیلتر که خصوصیت تصفیه سازی دارند ذرات نمک جذب خواهد شد [۷]. تهیه چنین سیستمی هزینه های قابل توجه ای در بر خواهد داشت اما در مقایسه با میزان تخریب بسیار سریع قطعات توربین که معمولا" بیش از دو برابر تخریب قطعات در مناطق غیر آلوده می باشد و همچنین هزینه و خسارات ناشی از اورهال های زیاد واحدها در این منطقه می تواند بسیار مقرون به صرفه باشد.

همچنین بررسی های بعمل آمده در مورد سیستم فیلتراسیون کنونی نیروگاه مشخص می نماید قابلیت این سیستم در برابر قطرات ریز آب معلق درهوا و آلاینده های گازی که فاقد ذرات جامد می باشند و نیز آن دسته از ذرات جامد که ریزتر از دانه بندی الیاف فیلتر هستند، محدود می باشد. بدلیل حجم بالای آلاینده ها، فیلترهای این مجموعه باید بیشتر تعویض شوند. چنانچه فیلترها بیش از حد مجاز کثیف شوند، از یک طرف هوای خنک کاری ژنراتور کاهش می یابد وگرم می شود و از طرف دیگر افت فشار هوای خروجی از فیلتر پس از به حداکثر رسیدن افت مجاز، بسرعت افزایش می یابد که این اختلاف فشار موجب تورفتگی پیش فیلتر و فیلترشده و ممکن است موجب از هم پاشیدن فیلتر و ورود به قسمتهای ژنراتور گردد. در سیستم فیلتراسیون واحدهای نیروگاه گازی کنارک از فیلترهای تک کیسه استفاده می شود و همچنین قاب این فیلتر ها نیز کارایی مناسبی نداشته و امکان ورود هوای آلوده از فضای مابین فیلترها وجود دارد. با توجه به شرایط منطقه و موارد فوق اتخاذ تصمیم مناسب در این خصوص الزامی است.

۴. نتیجه گیری

– باتوجه به فاصله ناچیز توربین های گازی نیروگاه کنارک از دریا و رو به دریا بودن جهت قرارگیری ورودی هوای این واحدها و بررسی جهت باد غالب که در طی ۸ ماه از سال از سمت دریا به سمت خشکی می باشد قرارگیری این توربین ها در موقعیت کنونی نیاز به تامل دارد و می توان انتظار داشت که حجم قابل ملاحظه ای از قطرات ریز آب حاوی نمک از سمت دریا وارد ورودی هوای توربین گردد.

– درمیان ذرات ریزی که وارد سیستم فیلتراسیون توربین های نیروگاه کنارک می گردند. ذرات بسیار ریز می توانند با عبور از فیلتر وارد بخش کمپرسور و به تبع آن وارد مسیر گاز داغ توربین گردند، این ذرات بسیار ریز شدیداً غنی از سدیم و پتاسیم بوده و می توانند باعث بروز خوردگی داغ در قطعات توربین گردند.

– میزان سدیم و پتاسیم در گرد و غبار گرفته شده از فیلتر به سمت ردیف های آخر کمپرسور افزایش قابل توجه ای نشان می دهد.

– سیستم فیلتراسیون معمولی که درحال حاضر بر روی این واحدها نصب می باشد دارای دو نقیصه مهم است اول اینکه این فیلترها قابلیت حذف نمک محلول در آب را دارا نمی باشند و دوم آنکه به علت حجم بسیار بالای هوای مصرفی مرطوب سیستم کاهش رطوبت که از مواد جاذب رطوبت مانند سیلیکا ژل استفاده می کند به سرعت کارایی خود را از دست می دهد.

– جهت بهبود عملکرد سیستم فیلتراسیون بهتر است از سیستم های مناسب که علاوه بر نمک خشک قابلیت حذف نمک محلول در آب را دارا می باشد استفاده نمود. ولی صرف نظر از تغییر طراحی مواردی دیگر از قبیل استفاده از فیلترهای چندکیسه به جای فیلترهای تک کیسه، تعویض قاب فیلتر جهت کاهش امکان ورود هوای آلوده از فضای مابین فیلترها وهمچنین تعویض در پریودهای زمانی کوتاهتر جهت حذف ذرات ریزتر از ۲ میکرون و ایجاد فضای سبز مناسب اقدامات مقرون به صرفه ای در جهت کاهش خسارات وارده به توربین خواهد بود.

مراجع و منابع

1- R.L.Loud & A.A.Slaterpryce, " Gas Turbine Inlet Air Treatment ", GE Report No. GER – 3419 A , 1991

2 – A . Lauin, " GE MS6001 Heavey- Daty Gas Turbine " General Electric Co. 1984 pp. 3-4

۳ – پروژه " طراحی، ساخت یا بهینه سازی فیلترهای توربینهای گازی با توجه به هوای منطقه استقرار برای ۱۸ نیروگاه گازی کشور در ۷ استان " ،مرکز تحقیقات نیرو ، ۱۳۸۰ – ۱۳۷۹

4 – T . Schroth, " Customized Filter Concepts for Lntoke Air Filteration In Gas Turbines & Turbocompressors " Publication Series Viledon, 1993

۵ – ج . مددنیا و ر . رضایی ساروی ، " توربوماشین " ، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ اول ، ۱۳۶۷ ، صفحات ۲۵ و ۴۰

۶ – اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک چابهار، سازمان هواشناسی جمهوری اسلامی ایران، مرکز پردازش داده ها، در فاصله سالهای ۲۰۰۰ – ۱۹۷۱

7- website : www.donaldson.com

جدول ۱ – اطلاعات هواشناسی منطقه چابهار [۶] .

تعداد روزهای طوفانی	متوسط جهت غالب باد Knot	متوسط جهت غالب باد (درجه)	تعداد روزهای غبار آلود	رطوبت نسبی (٪)	میانگین دمای متوسط روزانه	متوسط حداکثر دما (سانتیگراد)	متوسط حداقل دما (سانتیگراد)	سال
۱	۷/۵	۱۳۵	۳	۶۳	۲۶/۲	۳۰/۷	۲۱/۶	۱۹۷۱
۲	۶/۸	۱۳۵	۶	۶۴	۲۵/۹	۳۰/۴	۲۱/۴	۱۹۷۲
۰	۸/۸	۱۳۵	۲۳	۶۵	۲۶/۱	۳۰/۸	۲۱/۴	۱۹۷۳
۰	۸/۷	۱۳۵	۹	۶۴	۲۶/۸	۳۱/۱	۲۲/۴	۱۹۷۴
۰	۸/۷	۱۳۵	۹	۶۴	۲۶/۸	۳۱/۱	۲۲/۳	۱۹۷۵
–	–	–	–	–	–	–	–	۱۹۷۶
–	۸/۳	۱۳۵	۱۸	–	۲۷/۵	۳۳	۲۱/۹	۱۹۷۷
–	–	–	–	–	–	–	–	۱۹۷۸
–	–	–	–	–	–	–	–	۱۹۷۹
–	–	–	–	–	–	–	–	۱۹۸۰
۴	–	–	۸۳	–	۲۶/۴	۲۳/۶	۲۱/۱	۱۹۸۱
۲۶	۷/۴	۲۲۵	۶۱	۷۶	۲۶/۰	۳۱/۴	۲۱/۷	۱۹۸۲
۱۱	۷/۶	۲۲۵	۶۱	۷۷	۲۵/۸	۳۱/۹	۱۹/۷	۱۹۸۳
–	–	–	–	–	–	–	–	۱۹۸۴
۱	۸/۳	۲۷۰	۴۳	۸۴	۲۵/۶	۲۸/۴	۲۲/۸	۱۹۸۵
۴	۱۰/۸	۱۳۵	۳۹	۸۰	۲۵/۶	۲۸/۵	۲۲/۶	۱۹۸۶
۱	۹/۷	۲۲۵	۱۹	۸۶	۲۵/۵	۲۸/۹	۲۲/۲	۱۹۸۷
۵	۸/۸	۲۷۰	۲۲	۸۶	۲۶/۴	۲۹/۶	۲۳/۱	۱۹۸۸
۱	۹/۷	۲۷۰	۱۸	۷۴	۲۵/۵	۲۸/۷	۲۲/۴	۱۹۸۹
۴	۹/۷	۲۷۰	۱۶	۷۶	۲۶/۱	۲۹/۲	۲۳/۰	۱۹۹۰
۴	۸/۷	۱۳۵	۱۸	۷۹	۲۵/۵	۲۸/۷	۲۲/۴	۱۹۹۱
۸	۸/۹	۲۷۰	۲۰	–	۲۵/۲	۲۸/۴	۲۱/۹	۱۹۹۲
۱	۶/۸	۲۲۵	۲۵	۷۹	۲۶/۵	۲۹/۹	۲۳/۱	۱۹۹۳
۴	۷/۰	۲۲۵	۳۵	۷۵	۲۶/۵	۲۹/۷	۲۳/۳	۱۹۹۴
۱۰	۸/۳	۱۳۵	۲۶	۷۵	۲۶/۵	۲۹/۴	۲۳/۰	۱۹۹۵
۵	۹/۰	۱۳۵	۳۶	۷۱	۲۵/۶	۲۸/۹	۲۲/۴	۱۹۹۶
۲۸	۹/۱	۱۳۵	۴۳	۷۸	۲۵/۸	۲۸/۸	۲۲/۸	۱۹۹۷
۱۹	۹/۱	۱۳۵	۳۹	۷۶	۲۵/۶	۲۸/۸	۲۲/۶	۱۹۹۸

جدول ۲ – تغییرات مشخصه های جوی در ماههای مختلف سال در منطقه چابهار [۶]

ماه	متوسط جهت باد غالب (درجه)	متوسط سرعت باد غالب (نات)	متوسط تعداد روزهای غبار آلود
ژانویه	۲۷۰	۹/۳	۲/۶
فوریه	۲۷۰	۱۰/۳	۲/۹
مارس	۲۷۰	۱۰/۳	۳/۸
آپریل	۲۷۰	۹/۲	۳/۱
مه	۲۲۵	۸/۴	۳/۳
ژوئن	۱۳۵	۸/۴	۲/۸
جولای	۱۳۵	۹/۸	۳/۷
اوت	۱۳۵	۹/۴	۲/۴
سپتامبر	۱۳۵	۸/۶	۰/۸
اکتبر	۲۲۵	۷/۳	۱/۴
نوامبر	۲۲۵	۷/۴	۱/۱
دسامبر	۲۷۰	۸/۱	۱/۹

جدول ۳ – مشخصات و تعداد نمونه های تهیه شده

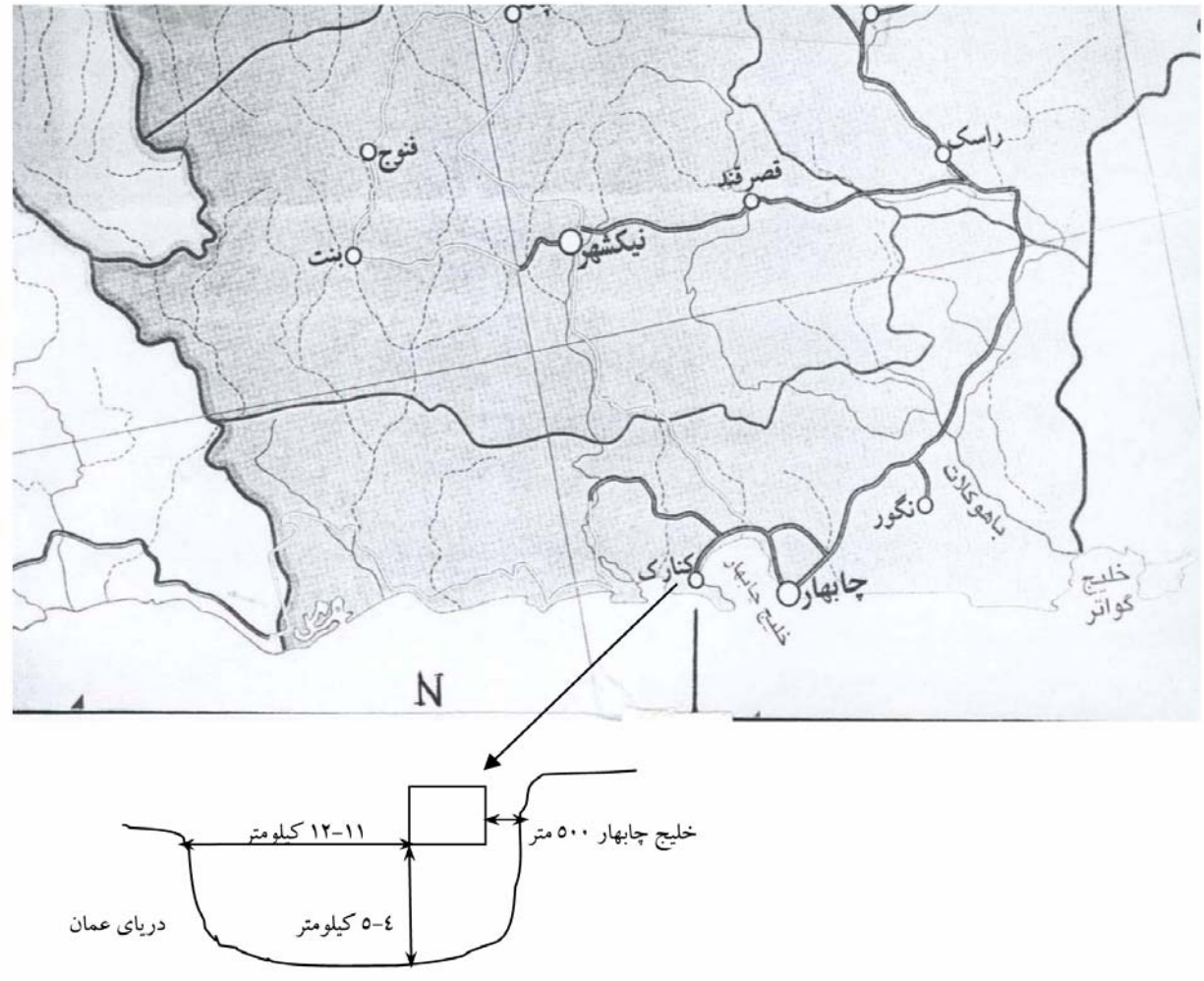
محل نمونه	تاریخ نمونه برداری	تعداد نمونه	روش آزمایش
خاک محیط	آبان ۸۱	۱	استریو میکروسکوپ
گرد وغبار فیلتر واحد ۳		۲	
فیلتر واحد ۳		۱	
خاک محیط	اسفند ۸۰ آبان ۸۱	۱	SEM
گرد وغبار فیلتر واحد ۳		۲	
گرد وغبار فیلتر واحد ۴		۱	
گرد وغبار فیلتر واحد ۵		۲	
رسوب شنک پره ردیف ۱		۱	
غبار کمپرسور واحد ۵		۱	
خاک محیط	اسفند ۸۰ آبان ۸۱	۱	EDX
گرد وغبار فیلتر واحد ۳		۲	
گرد وغبار فیلتر واحد ۴		۱	
گرد وغبار فیلتر واحد ۵		۲	
رسوب شنک پره ردیف ۱		۱	
غبار کمپرسور واحد ۵		۱	
خاک محیط	آبان ۸۱	۱	XRD
گرد وغبار فیلتر واحد ۳		۱	
گرد وغبار فیلتر واحد ۵	اسفند ۸۰	۲	ICP
غبار کمپرسور ردیف ۴-۱		۲	
غبار کمپرسور واحد ۵		۲	

جدول ۴ – در صد وزنی عناصر سدیم و پتاسیم در مقاطع مختلف بر اساس آنالیز EDX

محل نمونه	(%wt) سدیم	(%wt) پتاسیم
خاک محیط	۱/۷۷	۳/۵۶
نمونه ۱گرد و غبار فیلتر واحد ۳	۳/۶۴	۳/۱۹
نمونه ۲ گرد و غبار فیلتر واحد ۳	۵/۳۷	۳/۶۴
یک ذره کوچک گرد و غبار	۳/۶۳	۳/۴۱
نمونه ۱گرد و غبار فیلتر واحد۵	۲/۳۶	۳/۵۲
نمونه ۲گرد و غبار فیلتر واحد۵	۲/۵۴	۳/۷۹
گرد و غبار فیلتر واحد۴	۲/۷۹	۳/۷۷
رسوب حفره شنک پره ردیف ۱ واحد ۳	۳/۱۴	۲/۴۴
رسوب پره های ردیف ۱۴-۱۷ کمپرسور واحد ۵	۶/۳۷	۶/۰۰

جدول ۵ – در صد وزنی عناصر سدیم و پتاسیم در مقاطع مختلف بر اساس آنالیز ICP

محل نمونه	در صد وزنی سدیم	ماکزیموم در صد خطا در تست سدیم	در صد وزنی پتاسیم	ماکزیموم در صد خطا در تست پتاسیم
فیلتر	۹/۵۶۰۲	۰/۹	۰/۲۴۲۹	۰/۵
فیلتر	۹/۴۲۲۹	۰/۹	۰/۲۳۹۳	۰/۵
پره های ردیف ۱ تا ۴ کمپرسور	۱۳/۴۱۸۵۴	۰/۹	۰/۶۴۵۸۸	۰/۷
پره های ردیف ۱ تا ۴ کمپرسور	۱۳/۳۰۳۶	۰/۴	۰/۶۴۳۹۷	۰/۵
پره های ردیف ۱۴ تا ۱۷ کمپرسور	۲۲/۸۴۱۶	۰/۳	۰/۹۹۴۱۹	۰/۲
پره های ردیف ۱۴ تا ۱۷ کمپرسور	۲۳/۳۵۱۶	۰/۴	۰/۹۸۴۵۹۵	۰/۵



شکل ۱ – موقعیت استقرار توربین های گازی نیروگاه کنارک با توجه به نوار ساحلی

بزرگنمایی x ۵ 1 mm

الف – تصویر استریومیکروسکوپ از نمونه خاک محیط

بزرگنمایی x ۳۸ 0/13 mm

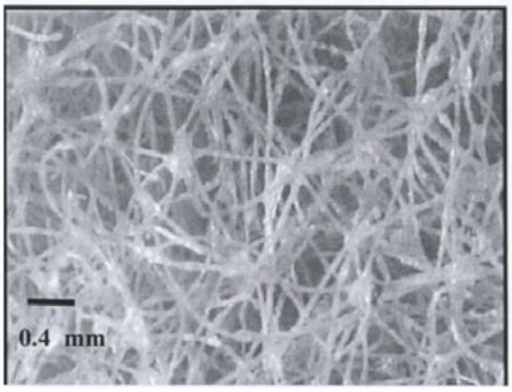
ب – تصویر استریومیکروسکوپ از نمونه خاک محیط

بزرگنمایی x ۵ 1 mm

ج – تصویر استریومیکروسکوپ از نمونه گرد و غبار فیلتر واحد ۳

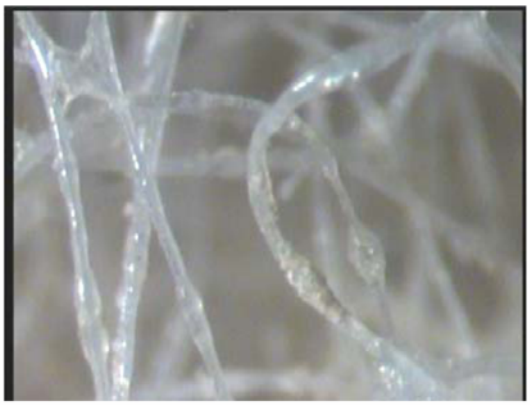
بزرگنمایی x ۳۸ 0/13 mm

د – تصویر استریومیکروسکوپ از نمونه گرد و غبار فیلتر واحد ۳



بزرگنمایی x ۵

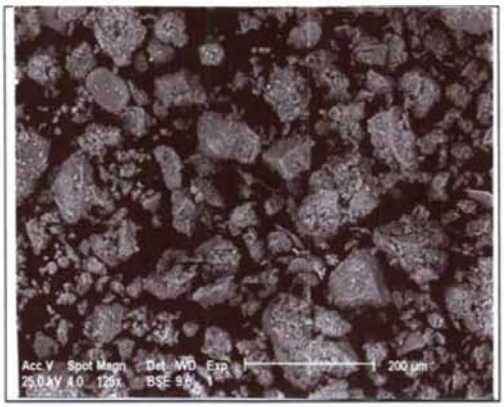
د – تصویر استریومیکروسکوپ از الیاف فیلتر واحد ۳



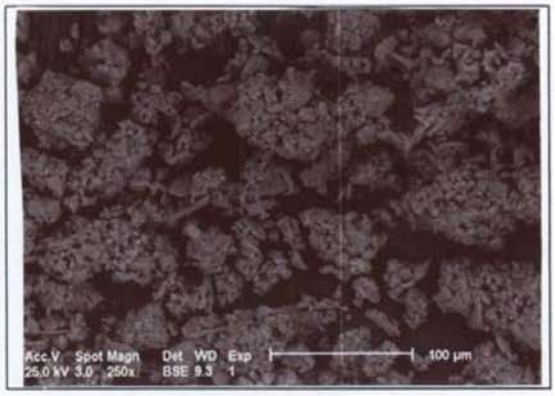
بزرگنمایی x ۳۸ 0/13 mm

و – تصویر استریومیکروسکوپ از الیاف فیلتر واحد ۳

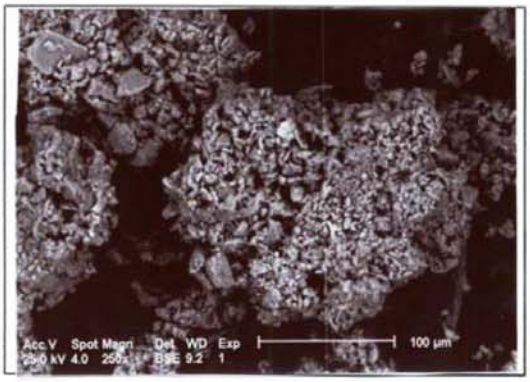
شکل ۲ – تصاویر استریومیکروسکوپ برخی از نمونه های ذکر شده در جدول۳



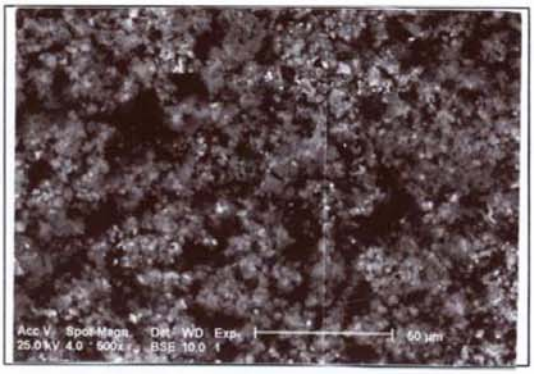
الف – تصویر SEM از نمونه خاک محیط



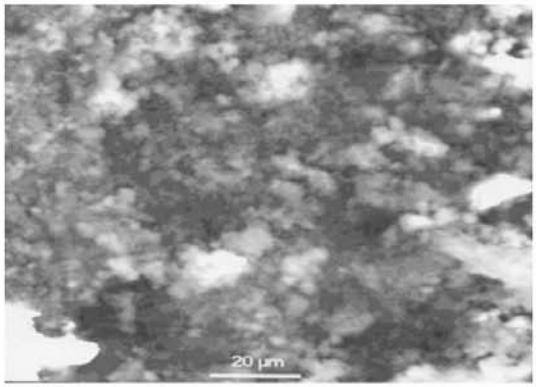
ب – تصویر SEM از گرد و غبار گرفته شده از فیلتر واحد ۳



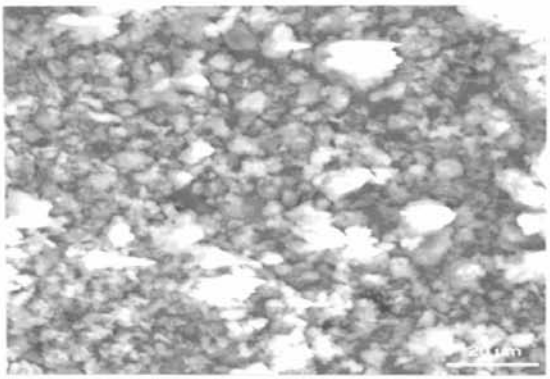
ج – تصویر SEM از گرد و غبار گرفته شده از فیلتر واحد ۳



د – تصویر SEM از نمونه رسوبات گرفته شده از شنک پره ردیف اول واحد ۳

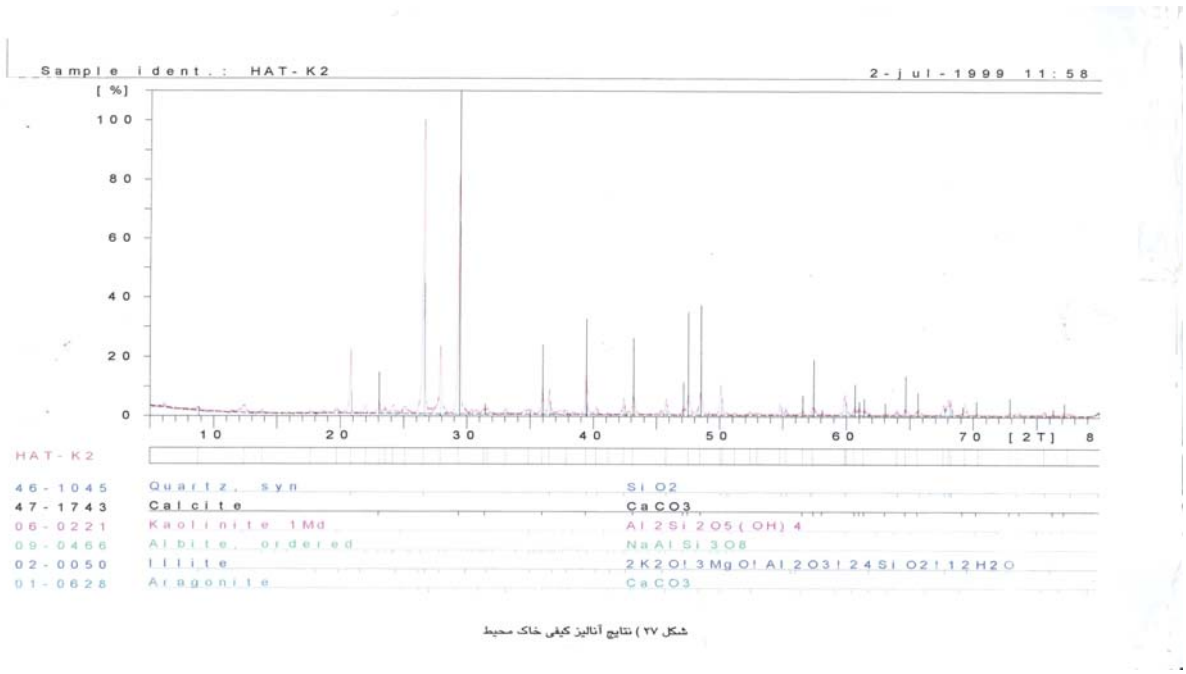


و – تصویر SEM از گرد و غبار گرفته شده از کمپرسور



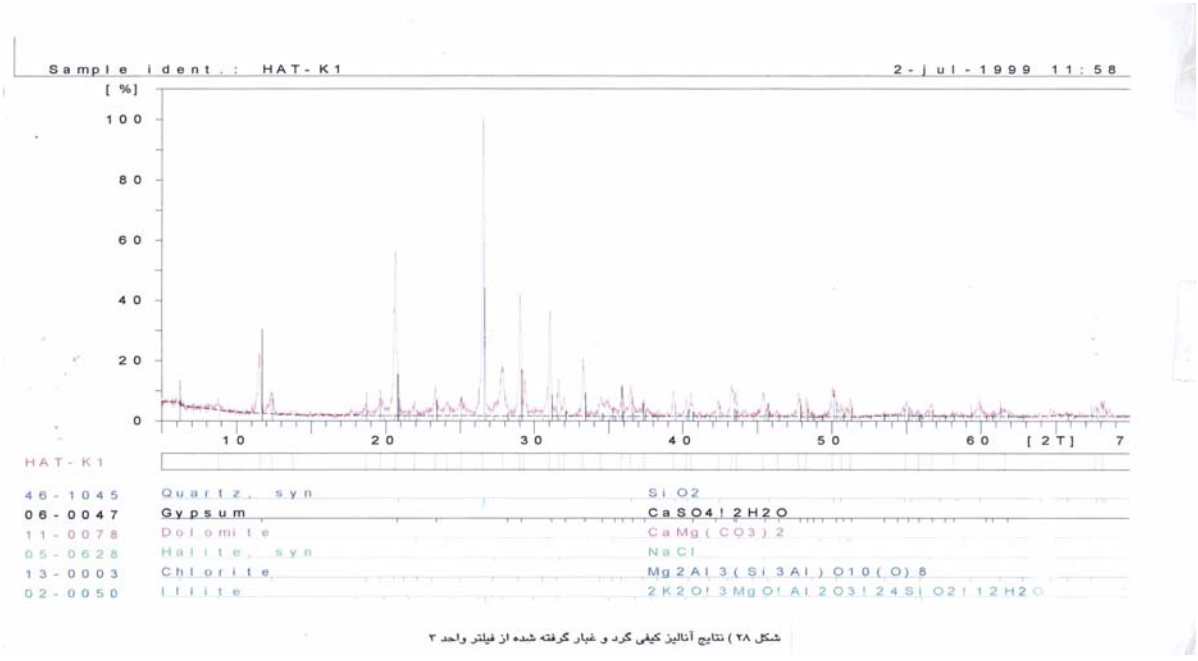
ه – تصویر SEM از گرد و غبار گرفته شده از فیلتر واحد ۵

شکل ۳ – تصاویر SEM برخی از نمونه های ذکر شده در جدول ۳



شکل ۲۷) نتایج آنالیز کیفی خاک محیط

شکل۴ – نتایج آنالیز کیفی خاک محیط به روش XRD



شکل ۲۸) نتایج آنالیز کیفی گرد و غبار گرفته شده از فیلتر واحد ۳

شکل۵ – نتایج آنالیز کیفی گرد و غبار گرفته شده از فیلتر واحد ۳ به روش XRD