

# بررسی تاثیر شرایط محیطی سواحل استان هرمزگان در سلول های فتوولتائیک و امکان سنجی استفاده از فناوری نانو جهت بهبود عملکرد

غلامرضا نعمتی<sup>۱</sup> - نسترن ریاحی نوری<sup>۲</sup>

۱- مدیر گروه تحقیقات - شرکت توزیع نیروی برق استان هرمزگان

۲- پژوهشگاه نیرو - گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

Nemati2004@gmail.com

بسیارنگران کننده است. شرایط محیطی و ساحلی استان ایجاب مینماید با ورود این فناوری به عرصه تولید انرژیهای پاک، الزامات لازم جهت پایداری تولید برق و نگهداری این نیروگاه ها مورد توجه قرارگیرد. این مقاله باهدف پیش بینی و ارزیابی اولیه عملکرد پانل های خورشیدی در معرض آب و هوای مناطق ساحلی (استان هرمزگان) با آلودگی سنگین نمکی و گردوغبار ساحلی تهیه شده است. اقدامات لازم جهت تبیین مشخصات مورد نیاز برای حفاظت و دوام کارکرد پانل های خورشیدی در معرض و همچنین الزامات تشدید آزمون های مربوطه از اقدامات مورد نیاز در پیگیری و تداوم مطالعات آتی به حساب می آید.

واژه های کلیدی — انرژی خورشیدی، فتوولتائیک، آلودگی نمکی

مقدمه: شناخت جغرافیای طبیعی استان هرمزگان

بخش عمده ای از مساحت استان هرمزگان را مناطق کوهستانی در برگرفته اند. کوههای این منطقه ادامه رشته کوههای زاگرس اند که به تدریج از شمال شرقی به جنوب شرقی امتداد مییابند. ادامه این رشته همراه با کاهش ارتفاع، به تپه ماهورهای آهکی، گچی و شنی منتهی شده و به زمینهای پست ساحلی خلیج فارس و دریای عمان متصل میگردد. این ناحیه پست ساحلی، در اطراف تنگه هرمز وسعت بیشتری یافته است. با توجه به مشخصات اقلیمی و استقرار استان هرمزگان در منطقه فوق حاره ای، گرمی هوا مهمترین پدیده مشهود اقلیمی آن است. استان هرمزگان از مناطق گرم و خشک ایران است و اقلیم آن تحت تاثیر آب و هوای نیمه بیابانی و بیابانی

چکیده — کاربرد سیستم های فتوولتائیک نسبت به دیگر حامل های تجدیدپذیر، در سالهای اخیر رشد فزاینده ای داشته است. پیش بینی های انجام شده برای سال های آتی، بیانگر آن است که تامین سهمی از انرژی الکتریکی مورد نیاز بشر در سال های آتی از سیستم های فتوولتائیک استحصال خواهد شد در حال حاضر بیش از ۸۰٪ از سامانه های PV اجرا شده در جهان مربوط به سامانه های PV متصل به شبکه میباشد. سهولت در بهره برداری، کاهش هزینه های مرتبط با سامانه ی توزیع و الزامات شبکه سراسری، از جمله دلایل این رویکرد می باشد. قرارگیری در کمربند تابش و وسعت کشور موقعیت مناسبی را جهت بهره گیری از سامانه های خورشیدی مهیا نموده است که با استفاده از این موقعیت و بهره گیری مناسب بویژه در استان های مستعد، مناطق جنوبی کشور و جزایر جنوبی، می توان در تامین انرژی کشور نقش ارزنده ای را ایفا نمود. در این میان نیز جزیره هرمز به عنوان یکی از جزایر ۱۴ گانه استان هرمزگان با محوریت تبدیل به یک جزیره پاک، نیازمند توسعه انرژیهای پاک از جمله انرژی خورشیدی میباشد. از این رو پروژه هوشمند سازی شبکه برق جزیره، تبدیل آن به پارک انرژی منطقه و استفاده از سامانه های تجدیدپذیر تامین کننده انرژی الکتریکی، از جمله سامانه های فتوولتائیک، جهت توسعه کاربرد این سامانه ها و تجهیز و توسعه این جزیره می تواند بسیار مهم و حیاتی باشد. با این حال از کارافتادن سیستم های خورشیدی طی چند سال اخیر در مناطق ساحلی و جزایر استان

استاندارد DIN ۵۰۰۱۹ بند 12-2-4 در توصیف شرایط آب و هوایی شدیداً گرم و مرطوب چنین آمده است:

مناطقى که دارای چنین آب و هوایی میباشند نواحى ساحلى حاشیه خلیج فارس و بخشهای جنوبی دریای سرخ را شامل میگردند شرایط اتمسفری این نواحى در میان کلیه شرایط اتمسفری هوای آزاد بر روی زمین کاملاً" منحصر بفرد بوده و کاملاً" شرایط وخیم و آزاردهنده و شدید میباشد. بطوریکه حتى میزان فشار بخار اشباع در این نواحى به میزان 53 میلی بار (رطوبت مطلق 40 گرم در متر مکعب) گزارش گردیده است. نکات ویژه خاص محیطی این مناطق که بایستی در طراحیها مدنظر قرار گیرند بشرح زیر میباشند:

1- حداکثر دمای مطلق بالاتر از 40 درجه سانتیگراد (شرایط کار غیر عادی) و دوام آن در چندین ماه گرم سال

۲- متوسط دمای ماهیانه بالاتر از 30 درجه سانتیگراد در ماههای گرم (شرایط کار غیر عادی)

۳- متوسط دمای روزانه بالاتر از 35 درجه سانتیگراد در ماههای گرم (شرایط کار غیر عادی)

۴- متوسط دمای سالیانه بیش از 20 درجه سانتیگراد (شرایط کار غیر عادی)

۵- تابش شدید خورشید در این مناطق و بالا بودن تعداد ساعات آفتابی و افزایش دمای سطحی اجسام در زیر تابش نور خورشید (سنجش دمای سطح 82 درجه سانتیگراد بررئی عایقهای چینی و 95 درجه سانتیگراد بر روی بدنه های فلزی) و بالا بودن میزان اشعه ماوراء بنفش

۶- میزان بارش باران سالیانه کم ولیکن بصورت ناکهانی و بالا بودن میزان بارش حداکثر روزانه

۷- وزش بادهای شدید (شرایط کار غیر عادی)

۸- شرایط شرحی هوا که در حدود 8 تا 11 ماه از سال در این مناطق حاکم است (بوئزه در مناطق بوشهر - هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان) و بالا بودن دمای نقطه شبنم در این مناطق و وقوع مکرر ۹- ۹- پدیده کندانسین در طول سال در این مناطق

۱۰- رطوبت نسبی و مطلق بالای محیط در این مناطق و قرار گرفتن در کلاسهای شدید خوردگی C ۴ و C ۵

۱۱- تابش شدید خورشید در این مناطق و بالا بودن تعداد ساعات آفتابی و افزایش دمای سطحی اجسام در زیر تابش نور خورشید (سنجش دمای سطح 82 درجه سانتیگراد بررئی عایقهای چینی و 95 درجه سانتیگراد بر روی بدنه های فلزی) و بالا بودن میزان اشعه ماوراء بنفش

۱۲- میزان بارش باران سالیانه کم ولیکن بصورت ناکهانی و بالا بودن میزان بارش حداکثر روزانه

قرار دارد. هوای نوار ساحلی در تابستانها، بسیار گرم و مرطوب است و گاهی نیز دمای آن از پنجاه و دو درجه سانتیگراد تجاوز میکند. دمای متوسط سالانه این منطقه در حدود بیست و هفت درجه سانتیگراد است. از ویژگیهای آب و هوایی استان هرمزگان، یک فصل طولانی گرم و یک فصل کوتاه خنک است. فصل گرم همراه با هوای شرجی نه ماه به درازا میکشد. فصل گرما از اوایل اسفندماه شروع میشود؛ هوا رفته رفته رو به گرمی میرود تا این که گرما در تیر و مرداد به اوج خود میرسد. فصل خنک آن همراه با خشکی نسبی هوا، در حدود سه ماه طول میکشد. این فصل از اوایل آذرماه شروع میشود و تحت تأثیر تودههای هوای خنک غربی قرار میگردد. دمای هوای این استان، در سردترین شهبای سال، به ندرت به صفر درجه میرسد و در روزهای زمستانی، دمای آن معمولاً از ده درجه سانتیگراد بالای صفر پایبتر نمآید. اصولاً آب و هوای این استان همانند آب و هوای نواحی بیابانی است و میزان بارشهای جوی آن نیز فوق العاده اندک میباشد. در این منطقه، در حدود نه ماه از سال، بارندگی مهمی صورت نمیگیرد و قسمت عمده بارندگی آن نیز در یک یا دو نوبت به وقوع مپیوندد. در همان موارد اندک هم، بارندگی آن اغلب مانند بارانهای بهاری سیل آسا است و خسارات فراوانی به بار میآورد. میزان رطوبت نسبی در سواحل خلیج فارس عمدتاً بالا است و بین بیست تا صد در صد نوسان دارد [۱].

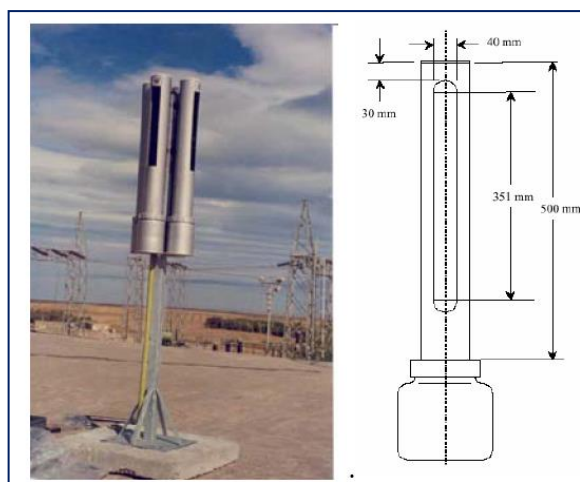
## ۱. شناخت گروه اقلیمی نوار ساحلی خلیج

### فارس و دریای عمان

این گروه اقلیمی بصورت نوارباریک 5 الی 60 کیلومتر در سواحل شمالی دریای عمان و خلیج فارس امتداد یافته است. تنوع عرض جغرافیایی و ارتفاع در این پهنه اقلیمی بسیار کم است. جزیره خارک با عرض جغرافیایی حدود 29 درجه و ارتفاع 3 متر شمالی ترین و کوتاهترین و چابهار با عرض جغرافیایی 25 درجه و 30 دقیقه جنوبی ترین ایستگاه این اقلیم بشمار میروند. در این پهنه اقلیمی ترکیب سه عامل مهم اقلیمی یعنی ارتفاع کم، عرض جغرافیایی پائین و نزدیکی به دریا باعث پدید آمدن شرایطی بسیار گرم و مرطوب شده است که از وخیم ترین و آزاردهنده ترین اقلیم های جهان محسوب میشود. ترکیب دما و رطوبت هوادر چندین ماه از سال شرایط شرجی را در این اقلیم بوجود می آورد. بهنگام تابستان در سواحل خلیج فارس، هوای مجاور سطح زمین کاملاً" گرم و مرطوب میشود ولی بعلت عدم صعود هوا حتی قطره ای باران هم نمیباشد. ازدیگر بوئزه گیهای این مناطق وقوع طوفانهای گردوغبار به میزان زیاد در طول سال است. میباشد. مطابق با

روش برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ توسط یک مرکز تحقیقاتی در آفریقای جنوبی بنام **ESKOM** برای اندازه گیری شدت آلودگی محیط بر روی ایزولاسیون بکار گرفته شد. دستگاه دارای ۴ محفظه استوانه ای شکل جمع آوری کننده آلودگی است که هر کدام در راستای یکی از چهار جهت اصلی (شمال - جنوب - شرق و غرب) قرار دارد. (تصویر ۱)

آلودگی در چهار طرف از جنس P.V.C مقاوم که در قسمت پایین محفظه استوانه ای شکل نصب شده جمع میشود. مشخصات ابعادی دستگاه و یک نمونه آن در شکل نشان داده شده است. ارتفاع تقریبی نصب دستگاه ۳ متر و دور از درختان و یا موانعی که ممکن است بر روی جریان طبیعی هوا تاثیر گذارند نصب میگردد. دستگاهها بمدت یکسال در معرض آلودگی محیط قرار گرفته و برداشت آلودگی حسب دوره های مشخص شده انجام میشود.



تصویر ۱- دستگاه اندازه گیری جهت دار آلودگی محیط DDG

## ۲.۲. نحوه برداشت آلودگی

شکافهای محفظه استوانه ای شکل که ظروف جمع کننده آلودگی بآنها متصل هستند توسط مقدار کمی آب مقطر اسپری میشوند تا هرگونه آلودگی باقیمانده در هر محفظه استوانه ای شکل شسته شده بداخل ظرف مربوطه اش وارد شود. چهار ظرف جمع کننده آلودگی از محفظه استوانه ای شکل جدا میشود. هدایت آب مقطر اندازه گیری شده سپس آب مقطر رابه هریک از ظروف اضافه کرده تا حجم کل آب داخل ظرف به ۵۰۰ میلی لیتر برسد. هدایت الکتریکی و حجم محلول آلودگی اندازه گیری میشود. فاصله زمانی بین دو برداشت متوالی ۳۰ روزه است. تعداد روزهای بین دو برداشت ثبت میگردد. آلودگی توسط پارچه نظیف و بادقت از سطح رویی وزیری مقره

وزش بادهای شدید (شرایط کار غیر عادی)

۱۳- تعداد دفعات وقوع بالای طوفانهای گرد و خاک در این نواحی و مسائل آلودگی ناشی از آن

۱۴- نزدیکی به دریا و آلودگی نمکی و پاشش آب به تاسیسات ساحلی

۱۵- بالا بودن سطح آب ها ی زیرزمینی و وجود خاکهای محتوی کلروسولفات در این مناطق (خاکهای خورنده)

۱۶- وجود منابع عظیم نفت و گاز نیز گنبد های نمکی و مسئله آلودگیهای کربنی و نمکی

۱۷- بالا بودن میزان فشار بخار آب اشباع محیط از حد 1/8 کیلو پاسکال جهت تجهیزات داخلی در طول چندین ماه از سال (شرایط کار غیر عادی)

## ۲. اندازه گیری میزان نمک جمعیتی بر روی

### سطوح تجهیزات

در یک پروژه میدانی شرکت توزیع نیروی برق استان با همکاری پژوهشگاه نیرو و با حمایت شرکت توانیر با نصب ۲۰ ایستگاه برداشت آلودگی در مناطق مختلف استان اقدام به تعیین حداکثر میزان آلودگی بر اساس روشهای **ESDD** و **NSDD** شد و نتایج حاصله بطور اختصار ذیلا آورده شده است. یکی از روشهای تعیین میزان آلودگی روش چگالی نمک معادل نشسته بر سطح مقره مطابق با استاندارد **IEC 60507** میباشد. در این روش آلودگی نشسته بر مقره بطور کامل از سطح زیرین رویی مقره جمع آوری میشود و در یک حجم معین آب با هدایت الکتریکی مشخص - ترجیحا " آب مقطر - حل میشود. هدایت الکتریکی محلول آلودگی حاصل توسط هدایت سنج اندازه گیری شده و با اعمال ضرایب تصحیح شرایط محیطی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و روابط و فرمولهای استاندارد میزان سختی محلول آلودگی (**ESDD**) بر واحد سطح مقره بدست می آید. جهت تعیین میزان مواد حل نشدنی نشسته بر سطح مقره بر حسب میلی گرم (**NSDD**) در آزمایشگاه محلول آلودگی جمع آوری شده از مقره را از فیلتر عبور داده و نسبت تفاضل وزن فیلتر قبل و بعد از عبور محلول آلودگی رابه سطح مقره بدست می آوریم. [۲]

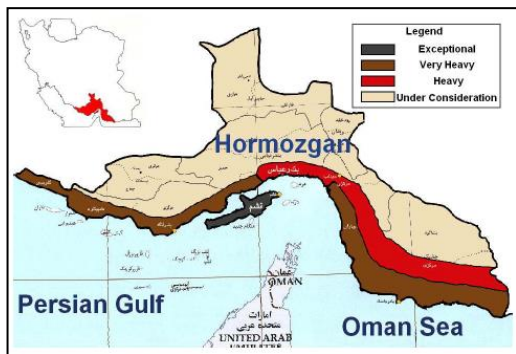
## ۲.۱. روش اندازه گیری جهت دار و دستگاههای اندازه

### گیری و ملزومات

روش اندازه گیری جهت دار آلودگی در کشور انگلستان برای اولین بار بمنظور اندازه گیری آلودگی ناشی از غبار و گرد و خاک توسعه یافته است. این

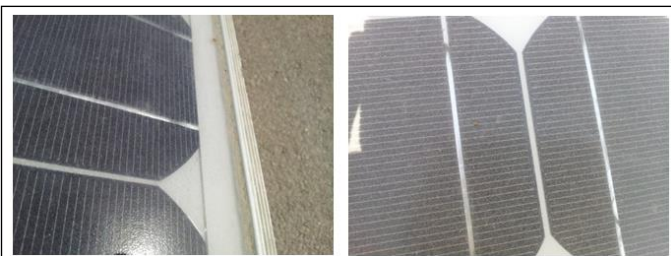
## ۳،۲. نتایج اندازه گیری ESDD ایستگاههای استان هرمزگان

در نمودار ارائه شده نتایج اندازه گیری ESDD مربوط به استان هرمزگان طی چهار دوره برداشت آورده شده است (منحنی ۱) همانطور که ملاحظه میشود ایستگاه ۷۲ واقع در جزیره قشم با مقدار ۱،۳۸ میلیگرم بر سانتی متر مربع بیشترین میزان آلودگی اندازه گیری شده را دارا میباشد. که بلحاظ طبقه بندی جزء مناطق ویژه تلقی میگردد. سایر مناطق نیز بویژه ایستگاههای واقع در بندر شناس - کوهستک - بوستان و توانیر بندرعباس دارای شرایط فوق سنگین بلحاظ سطح آلودگی میباشد. در تصویر نقشه پهنه بندی آلودگی استان آمده است.



## ۳. تاثیر پذیری پانل های خورشیدی تحت تاثیر تجمیع آلودگی سنگین نمکی

بمنظور اندازه گیری میزان نمک تجمعی و تاثیر پذیری پانل های خورشیدی تحت تاثیر آلودگی سنگین نمکی اقدام به نصب یک مدل پانل ایرانی دارای استاندارد IEC ۶۱۷۰۱ موضوع آزمون خوردگی مه نمک پانل فتوولتائیک با شماره استاندارد ملی ۱۳۰۷-۱ با شیب بندی مناسب برای استحصال انرژی خورشیدی گردید. پس از یک ماه تست و اندازه گیری میزان نمک تجمعی، مشخص شد که میزان نمک بر روی سطح شیب دار پانل ها در حدود ۲ میکرون (تصویر ۳) و روی سطح فریم انتهائی معادل یک سانتیمتر میباشد.

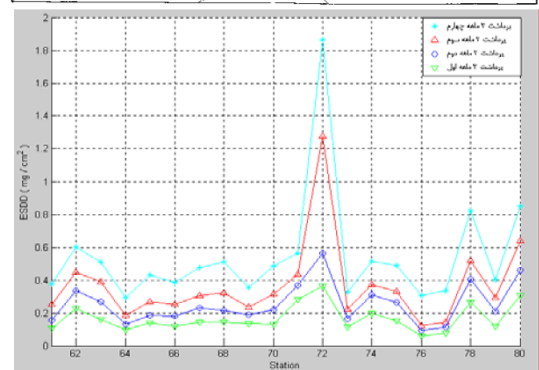
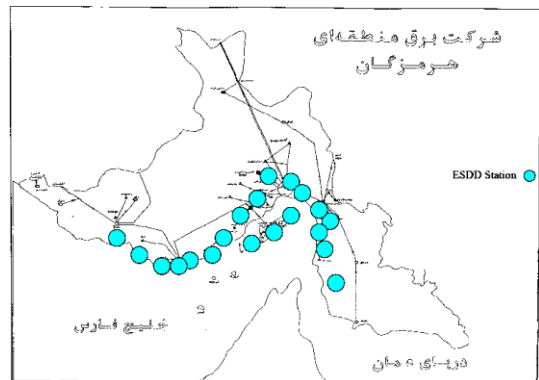


آزمون برداشت میشود. آلودگی برداشت شده در حجم مشخصی آب مقطر حل شده و بهم زده میشود. هدایت الکتریکی محلول آلوده توسط هدایت سنج اندازه گیری شده و با اعمال ضریب تصحیح به دایت الکتریکی دردمای ۲۰ درجه سانتیگراد تبدیل میشود. سختی محلول آلودگی بدست آمده و ESDD با توجه به حجم محلول شستشو - سطح مفره و سختی محلول آلودگی و مطابق با استاندارد IEC ۶۰۵۰۷ و IEC ۶۰۸۱۵ تعیین میگردد.

شماره ایستگاه	دوره برداشت	اولین برداشت	دومین برداشت	سومین برداشت	چهارمین برداشت
۱	-	-	-	-	-
۲	یکساله	-	-	-	S8
۳	۹ ماهه	-	-	S5	-
۴	۶ ماهه	-	S3	-	S7
۵	۳ ماهه	S1	S2	S4	S6
۶	-	-	-	-	-

جدول (۱): زمانبندی برداشت اندازه گیری ایستگاهها

بمنظور شمولیت اندازه گیری در کل استان تعداد ایستگاهها ۲۰ نقطه جغرافیائی بوده که پراکندگی و توزیع آن در تصویر ۲ نشان داده شده است. بطور کلی ایستگاههای برداشت به چهار منطقه عمده نواحی تحت پوشش انجام پذیرفته است حوزه بندرعباس (۶ ایستگاه) - بندر لنگه (۷ ایستگاه) - میناب (۴ ایستگاه [۲]) و جزیره قشم (۳ ایستگاه) تقسیم شده اند. عملیات برداشت آلودگی در ایستگاههای مذکور در چهار دوره برداشت سه ماهه در طول یکسال انجام شده است.



## تصویر ۳- میزان نمک تجمیعی بر روی پانل ایرانی

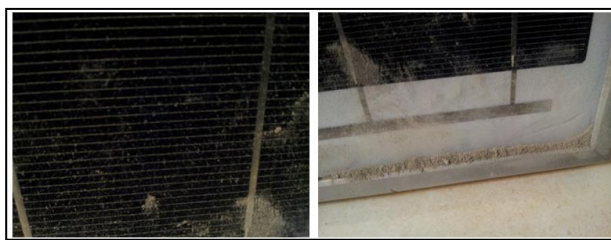
ملاحظات دارا بودن پوشش ضد خوردگی مقاوم برای قاب این پانل ها میباشد. چراکه در صورت شستشوی دوره ای پانل ها برای زدودن آلودگی، بدلیل شرایط الکترولیتی حادث شده در مناطق ساحلی و وجود املاح اسیدی خورنده، خوردگی فزاینده ای برای قاب پانل های آلومینیومی بوقوع می پیوندد. خوردگی مواد تحت این شرایط خاص بدلیل محیط مرطوب می تواند باعث ایجاد آسیب های جدی گردد. در سال های اخیر، پوشش های مقاوم به خوردگی به دلیل بازده مناسب و سادگی مورد توجه زیادی در صنعت قرار گرفته اند. پوشش های نانوکامپوزیت حداقل متشکل از دو فاز هستند، یک فاز نانو و یک فاز زمینه. مطالعات نشان داده است که یک پوشش نانوکامپوزیت رزین - سیلیکا دارای خاصیت مقاومت خوردگی است که با استفاده از نانو ذرات سیلیکای اصلاح شده به طور قابل توجهی بهبود یافته است. علاوه بر این نانو ذرات سیلیس فرآیند پخت پوشش را بهبود می بخشد. نانو ذرات سیلیس موجود در پوشش آبریز بوده و سبب کاهش نفوذ آب در ساختار پوشش می شوند. در محیط های آبی چنین ساختاری سبب کاهش جذب آب پوشش و افزایش مقاومت به خوردگی آن می شود. بطور معمول غلظت پوشش نانو ۵ درصد و بلحاظ مورفولوژی کروی بوده اندازه ذرات نانو کمتر از ۳۰ نانومتر میباشد. از طرف دیگر پوشش های نانو با یونهای بازدارنده خوردگی ابداع شده است که اثر حفاظت بسیار خوبی از خود نشان می دهد. این پوشش ها با استفاده از تکنیک Layer-by-Layer assembly یا electrostatic self assembly ساخته می شود. در این پوشش های نانوکامپوزیتی لایه لایه، یونهای بازدارنده خوردگی قرار داده می شود تا بتواند با نفوذ به سطح فلز پایه آنها را در برابر خوردگی محافظت کند و لایه انتهایی یک لایه سدکننده سیلیکاتی است. این پوشش ها نیز حفاظت خوردگی خوبی در محیط های آبی نشان می دهد.

## ۵. استفاده از پوشش های هایبریدی

## نانوکامپوزیتی برای آبریزی پانل

یکی از انواع پوشش هایی که امروزه برای ایجاد خاصیت مناسب در شیشه ها مطرح است، پوشش های هایبریدی نانوکامپوزیتی است. این پوشش های نانو کامپوزیتی سبب می شوند که در شیشه دو خاصیت مهم خودپالاندگی (Self Cleaning) و ابرآبریزی (Super hydrophobisity) بوجود آید.

بررسیهای بیشتر نشان داد که علاوه بر ضرورت انجام آزمون مه نمک برای پانل های خورشیدی متاسفانه شرایط آلودگی استانهای جنوبی کشور ایجاب مینماید که شرایط تشدید شده ای برای این آزمون در نظر گرفته شود. (بعنوان نمونه میزان غلظت نمک در آزمون salt-mix حداقل بیش از ۸ درصد لحاظ شود). نحوه آزمون مورد نظر بطور خلاصه در ادامه آورده شده است. از طرف دیگر در مقایسه این پانل با یک پانل ساخت سوئد مشخص شد که میزان تجمیع نمک پانل سوئدی روی سطح شیب دار در حدود ۰,۵ میکرون و در کنار فریم انتهایی فقط ۴ میلی متر بوده است که این مسئله طراحی فریم مناسب برای ممانعت از تجمیع نمک را نشان میدهد. (تصویر ۴-)



تصویر ۴- میزان تجمیع نمک بر روی سطح پانل سوئدی

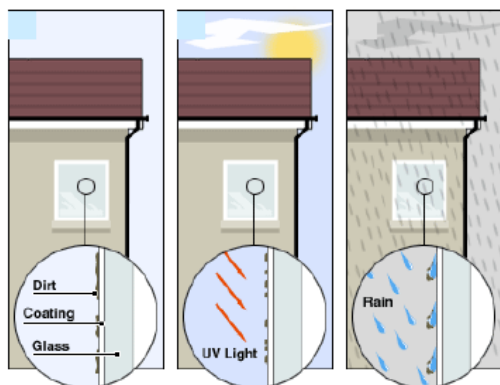
سایر ملاحظات برای جلوگیری از خوردگی در شرایط استان بلحاظ آلودگی و خوردگی بشرح زیر است:

- ساختار استراکچر باید از جنس آلومینیوم گالوانیزه با پوشش گالوانیزه حداقل ۱۲۰ میکرون باشد.
  - کلیه پیچ و مهره ها باید از جنس فولاد ضد زنگ باشد
- بدلیل نیاز به شستشوی دوره ای (حداقل ماهیانه) بمنظور جلوگیری از خوردگی بلحاظ وجود رطوبت بالای ۹۰ درصد در حضور املاح نمکی، بدنه فریم باید از پوشش مقاوم در برابر خوردگی (رنگ های دریایی) و یا پوشش های نانو باشد. در ادامه ضرورت استفاده از فناوری نانو برای فائق آمدن بر مشکلات مطرح شده آورده شده است.

## ۴. ضرورت پوشش دهی ضد خوردگی قاب پانل

همانطور که تشریح شد، شرایط محیطی و آلودگی نمکی مناطق ساحلی جنوب ایران (استان هرمزگان) ایجاب مینماید که ملاحظات خاصی جهت طراحی و نصب و بهره برداری از پانل های خورشیدی مورد استفاده در نیروگاه های تجدید پذیر در نظر گرفته شود. یکی از این

برای این منظور، یک پوشش نازک نانوکریستالی (در حدود ۱۵ نانومتر) بر روی سطح ایجاد می‌شود و قابلیت خود پالاندگی بر روی سطح را برای مدت زمان طولانی ایجاد می‌کند [۵ و ۴]. شکل ۵ چگونگی مکانیزم شرح داده شده را نشان می‌دهد.



شکل ۵- مکانیزم فرآیند خود پالاندگی بر روی شیشه‌های پوشش داده شده با نانو پوشش‌ها

## ۵.۲- خاصیت ابر آبگریزی ( Super hydrophobic surface):

همانطور که عنوان گردید، خصوصیت ابرآبگریزی یکی دیگر از خصوصیات مهم و منحصر به فرد در توسعه نانوتکنولوژی محسوب می‌گردد. در صورت حضور چنین پوشش ابرآبگریزی بر روی سطح، سطوح در مقابل آب ایمن شده و در نتیجه آلودگی‌های دیگر که در اثر حضور آب تمایل به حضور بر روی سطح خواهند داشت، از بین می‌روند. ضخامت سطوحی که دارای پوشش ابرآبگریز هستند می‌تواند چندین نانومتر تا ۵۰ میکرون باشد همچنین این پوشش می‌تواند شفاف، کدر، رنگی و یا غیررنگی باشد. در طبیعت سطوحی وجود دارند که دارای خاصیت خودپالاندگی هستند (از جمله برخی از گیاهان). از جمله دانشمندانی که بر روی این پدیده اظهار نظر کردند، Nelumbo بود. وی برای اولین بار گیاهی به نام لوتوس را که دارای چنین خاصیتی بود مورد بررسی قرار داد. این دانشمند ادعا کرد که این گیاه می‌تواند سطحی پاکیزه داشته باشد حتی وقتی این برگ گل در معرض آب گل آلود و کثیف قرار داشته باشد [۴].

قطره آبی که روی سطح برگ گل Lotus وجود دارد، آلودگی و ناپاکی را با خود حمل می‌کند و سطح کاملاً پاکیزه‌ای بر جای می‌گذارد. بیولوژیست‌های انستیتوی Botanical در دانشگاه Bonn، این پدیده را به

پوشش‌های هیبریدی نانوکامپوزیتی (آلی-معدنی) با استفاده از فرآیند سل-ژل ایجاد می‌شوند. فرآیند سل-ژل بر پایه واکنش‌های هیدرولیز و تراکم پیش ماده‌های مولکولی انجام می‌گیرد که باعث ایجاد سل و در نهایت ژل می‌شود و با انجام عملیات گرمایی ژل به لایه نازک تبدیل می‌گردد [۳ و ۴]. بدین ترتیب می‌توان شبکه معدنی را به یک شبکه آلی پیوند زد و پوشش‌های نانوکامپوزیتی شامل شبکه‌های درهم نفوذ کرده اجزای آلی و معدنی را در دماهای معمولی روی سطوح مختلف ایجاد کرد. پوشش‌های نانوکامپوزیتی حاصل خواص منحصر به فرد فیزیکی و مکانیکی دارند. این پوشش‌ها بیشتر در ضخامت‌های بسیار پایین (۱-۳ میکرون) ایجاد می‌گردند و در همین ضخامت کم خواص جالبی را ارائه می‌دهند. پوشش‌های سل-ژل خواص مکانیکی ویژه‌ای نظیر مقاومت در برابر خراش، خودگسی، سایش، آبریزی، ضد بخار گرفتگی و ... دارند.

امروزه استفاده از نوعی پوشش هیبریدی نانوکامپوزیتی بر روی شیشه‌ها جهت افزایش خواصی چون استحکام و ضدآب بودن متداول گردیده است. همانطور که عنوان گردید دو بحث مطرح در دنیای امروز بحث خود پالاندگی و ابرآب گریزی است که در صورت استفاده از پوشش‌هایی با این خصوصیات بر روی سطح شیشه می‌توان به شیشه‌ای با خواص مطلوب دست یافت. در مورد این دو پدیده در ادامه به تفصیل بحث شده است.

## ۵.۱- خاصیت Self Cleaning

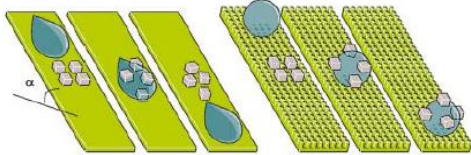
خاصیت خودپالاندگی یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد پوشش‌های جدید هیبریدی نانوکامپوزیتی است. در این پوشش‌ها پس از نشست آلودگی با حضور اولین رطوبت، آلودگی‌ها از سطح زوده می‌شود. به این ترتیب استفاده از این پوشش بر روی سطوحی که در مناطق آلوده و مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌تواند بسیار مثمر ثمر باشد [۲].

مکانیزم فرآیند خود پالاندگی به صورت زیر می‌باشد:

- ۱- اشعه UV منتشر شده از خورشید بر روی نانو پوشش به صورت پیوسته، پیوندهای ارگانیکی (آلی) را می‌شکند و آلودگی را تجزیه می‌کند (فرآیند فوتوکاتالیست)
- ۲- وقتی باران یا آب بر سطح شیشه برخورد کرد، به جای شکل قطره، بطور یکنواخت پهن می‌شوند بر روی سطح نانو پوشش حرکت می‌کند و آلودگی را پاک می‌کند.
- ۳- با عمل فوتوکاتالیستی، نانو پوشش به کار رفته بر روی سطح به طور کامل خشک و تمیز می‌شود و نقاط تر و یا آلودگی بر جای نمی‌گذارد.

شکل ۷- زاویه تماس یک قطره در دو نوع سطح متفاوت

ذرات آلودگی به سطح صاف به صورت بسیار قوی می‌چسبند (شکل ۷ سمت چپ) و قطرات باران ذرات آلودگی را کمی از مکان اولیه آنها تکان می‌دهند. حال اگر سطح زبر باشد (شکل ۷ سمت راست) ذرات آلودگی به طور قوی به قطره می‌چسبند تا به سطح جامد، لذا آلودگی از روی سطح کنده می‌شود و با قطره‌های باران شسته می‌شود.



شکل ۸- نحوه قرار گرفتن قطره آب و چگونگی حرکت آلودگی بر روی سطوح صاف و زبر

شکل ۹ دو شیشه را در دو حالت مختلف نشان می‌دهد در شکل ۹ سمت چپ یک شیشه معمولی که در معرض ریزش باران قرار گرفته است، وجود دارد و در سمت راست شیشه‌ای حاوی پوشش هیبریدی نانوکامپوزیتی می‌باشد. همانگونه که دیده می‌شود تصویر از پشت شیشه سمت راست به وضوح قابل رویت است و در شیشه سمت چپ تصویر بسیار ناواضح می‌باشد [۴].



شکل ۹- شیشه آغشته شده با نانو پوشش (سمت راست) و شیشه معمولی (سمت چپ)

با توجه به مطالب عنوان شده می‌توان بیان نمود که:

- ۱- استفاده از نانو پوشش‌ها بر روی شیشه دو خاصیت مهم خودپالایشی و ابرآبگریزی را برای شیشه به وجود می‌آورد.

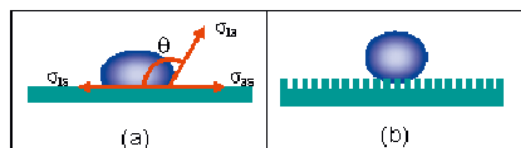
طور دقیق مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. آنها با مشاهده سطح این برگ در زیر میکروسکوپ نوری به این نتیجه رسیدند که یک مورفولوژی خاص بر روی سطح برگ دلیل از بین رفتن آلودگی و آب می‌شود. شکل ۶ برگ گل لوتوس را نشان می‌دهد [۵].



شکل ۶- تصویری از گل لوتوس

مکانیزم فرآیند **super hydrophobisity** به این صورت است که وقتی که یک قطره آب سطح جامد برگ Lotus را لمس می‌کند، هم سطح جامد و هم قطره بوسیله هوا به طور همزمان احاطه می‌شوند در نتیجه سه فاز در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند. یک جامد، یک مایع و یک گاز. واکنش بین این سه باند فازی، شکل قطره را تعیین می‌کند. اینکه قطره چگونه سطح را خیس می‌کند حائز اهمیت است. یکی از راه‌های اندازه‌گیری آن، محاسبه زاویه تماس است. یک شیشه یا لعاب معمولی زاویه تماسی در حدود ۳۰ درجه ایجاد می‌کند. حال اگر سطح آن با یک تفلون پوشش داده شود، این زاویه به ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه می‌رسد. در حالیکه یک سطح با ساختار نانو زاویه تماسی بیش از ۱۶۰ درجه پیدا می‌کند و در نتیجه یک سطح خشن و هیدروفوبیک با آب خیس نمی‌شود.

شکل ۷ زاویه تماس یک قطره را در صورت وجود سطح صاف و در صورت وجود سطح زبر نشان می‌دهد. همانگونه که عنوان گردید در صورتی که سطح دارای زبری در حد نانو باشد میزان تر شونده‌گی به شدت کاهش می‌یابد [۵].



- ۲- خاصیت خودپالایندگی در شیشه‌ها باعث می‌شود که در صورت حضور آلودگی بر روی سطح، در اثر نور ماوراء بنفش تجزیه و با اولین بارندگی، آلودگی پاک گردد.
- ۳- خاصیت ابرآبگریزی در سطح شیشه سبب می‌شود که سطح شیشه همیشه خشک باقی بماند و از نشتن آلودگی‌هایی که معمولاً بر اثر حضور رطوبت در سطح افزایش می‌یابد، جلوگیری گردد.

## منابع

- [۱]- " بررسی تعیین زمان مفید بهره برداری از تجهیزات براساس شاخص های آمارخطا و حوادث ، اثرات شرایط محیطی " ، گزارش نهایی پروژه ، شرکت توزیع نیروی برق استان هرمزگان
- [۲]- مجید رضایی ، " بررسی کارکرد کفره های کامپوزیتی در شرایط محیطی ساحلی ایران : آزمون های میدانی و آزمایشگاهی " ، کنفرانس بین المللی شبکه های برق اروپا، CIRED ۲۰۱۱
- [۳] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [۴] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," J. Name Stand. Abbrev., in press.
- [۵] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].
- [۶] M. Young, The Technical Writer's Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.