



# تغییر اقلیم



بسته آموزشی سواد محیط زیستی  
ویژه آموزشگران و تسهیلگران

بنام حضرت داوود جان و



# بسته آموزشی سواد محیط زیستی ویژه آموزش گران و تسهیلگران

---

## تغییر اقلیم

انتشارات زرنوشت

تهران - ۱۳۹۹

---



سرشناسه	:	بهمن پور، هومن، ۱۳۵۶-
عنوان و نام پدیدآور	:	بسته آموزشی سواد محیط زیستی ویژه آموزشگران و تسهیگران؛ تغییر اقلیم/ تدوین محتوا: هومن بهمن پور، امیر مافی، مزدک دربیکی، بهرنگ سلاجقه.
مشخصات نشر	:	تهران: انتشارات زرنوشت، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	:	۲۰۲ ص: ۲۲ × ۲۹ س.م.
شابک	:	دوره: ۸- ۶۸- ۷۴۷۴- ۶۲۲- ۹۷۸- ۷۳- ۲- ۳: ج: ۹۷۸- ۶۲۲- ۷۴۷۴- ۶۲۲- ۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیبای مختصر
یادداشت	:	فهرست‌نویسی کامل این اثر در وبگاه <a href="http://opac.nlai.ir">http://opac.nlai.ir</a> در دسترس است.
شناسه افزوده	:	مافی، امیر، ۱۳۵۶-
شناسه افزوده	:	دربیکی، مزدک، ۱۳۵۷-
شناسه افزوده	:	سلاجقه، بهرنگ، ۱۳۶۱-
شناسه افزوده	:	تهیه شده در معاونت آموزش و مشارکت مردمی سازمان حفاظت محیط زیست.
شناسه افزوده	:	تحت نظارت: مرکز آموزش محیط زیست و تربیت محیط‌بان



### انتشارات زرنوشت

تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، کوچه مهدی‌زاده،

شماره ۲۷، واحد ۱۹

تلفن: ۰۹۰۲۴۸۶۸۹۵۶ - ۶۶۴۳۵۶۳۷ - ۶۶۴۳۵۶۳۷

[www.zarnevsh.com](http://www.zarnevsh.com)

بسته آموزشی سواد محیط زیستی ویژه آموزشگران و تسهیگران

### تغییر اقلیم

تدوین محتوا: هومن بهمن پور، امیر مافی، مزدک دربیکی، بهرنگ سلاجقه

تهیه شده در: معاونت آموزش و مشارکت مردمی سازمان حفاظت محیط زیست

تحت نظارت: مرکز آموزش محیط زیست و تربیت محیط‌بان

ویراستار علمی: آرش یوسفی، فاطمه آرتا

ویراستار ادبی: منیژه خلیلی

امور اجرایی: فهیمه بیدی، محسن خلیفه

طرح روی جلد: محسن خلیفه

«غیر قابل فروش»

• چاپ اول: ۱۳۹۹ • شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه • ناشر: زرنوشت

شابک دوره: ۸- ۶۸- ۷۴۷۴- ۶۲۲- ۹۷۸

شابک جلد سوم: ۲- ۷۳- ۷۴۷۴- ۶۲۲- ۹۷۸

تمامی حقوق و مالکیت این بسته آموزشی متعلق به معاونت آموزش و مشارکت مردمی سازمان حفاظت محیط زیست است و محتوای آموزشی آن در قالب قرارداد آموزشی در اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین تحت نظارت مرکز آموزش محیط زیست و تربیت محیط‌بان تهیه و چاپ و انتشار یافته است.

بدیهی است، هرگونه بهره‌برداری و تجدید چاپ بسته آموزشی مذکور "با اخذ مجوز" از مرکز آموزش محیط زیست و تربیت محیط‌بان سازمان حفاظت محیط زیست امکان‌پذیر خواهد بود و هر شخص حقیقی یا حقوقی که تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اخذ مجوز از مرجع فوق‌الذکر، تکثیر یا تجدید چاپ نماید، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

## تقدیم به استاد فقید؛ دکتر جواد بداق جمالی



حفاظت از عرصه‌های طبیعی و محیط‌زیست میهن عزیزمان مرهون زحمات تلاشگرانی است که سراسر عمر شریف خود را عاشقانه به آموزش و تربیت نسلی آگاه و دوستدار محیط‌زیست سپری نمودند و آثار ارزشمندی را از خود خلق کردند. از این‌رو، مرکز آموزش محیط‌زیست و تربیت محیط‌بان این کتاب را به پاس قدردانی از استاد برجسته کشورمان به شادروان جواد بداق جمالی تقدیم می‌نماید. باشد که توانسته باشیم، گوشه‌ای از خدمات بی‌شائبه آن مرحوم را جبران کنیم.

روحش شاد و راهش پر رهرو باد

### زندگی‌نامه:

جواد بداق جمالی در سال ۱۳۴۴ در شهر مراغه متولد شد. پس از اتمام دوره‌های تحصیلی ابتدایی تا دبیرستان، در سال ۱۳۶۲ در رشته فیزیک کاربردی دانشگاه صنعتی شریف پذیرفته شد و پس از اخذ مدرک کارشناسی، مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۷۱ از دانشگاه تبریز دریافت کرد و از سال ۱۳۷۴ تا سال ۱۳۷۸ در دانشگاه کیوشو کشور ژاپن دکترای فیزیک کاربردی و پس‌ادکترای هواشناسی کاربردی را تحصیل کرد.

عضویت در هیأت علمی آموزشگاه عالی محیط‌زیست سازمان حفاظت محیط‌زیست، رئیس پژوهشکده هواشناسی، رئیس مرکز ملی مطالعات خشکسالی، معاون پژوهشی و آموزشی سازمان هواشناسی کشور، مدیرکل دفتر هوا سازمان حفاظت محیط‌زیست و ... از جمله سمت‌هایی بوده‌اند که این متخصص و صاحب‌نظر حوزه هوا و تغییر اقلیم، عهده‌دار آن بوده است.

تألیف ۴ عنوان کتاب، مقالات علمی گسترده و شرکت فعال در سمینارها، کارگاه‌ها و همایش‌ها بخش دیگری از اقدامات ارزنده این فعال در عرصه محیط‌زیست و هواشناسی است که می‌توان به آن اشاره کرد.

استاد جواد بداق جمالی سرانجام در روز ۵ مرداد ۱۳۹۸ دار فانی را وداع گفت.



## فهرست مطالب

۹	.....سخنی با خوانندگان گرامی
۱۰	.....پیشگفتار
۱۵	.....گفتار اول مفاهیم پایه
۱۷	.....۱-۱. جو زمین (اتمسفِر)
۱۷	.....۱-۱-۱. ترکیب جو
۱۸	.....۱-۱-۲. لایه‌های جو (اتمسفِر)
۲۴	.....۲-۱. آلودگی هوا
۲۵	.....۱-۲-۱. منابع آلودگی هوا
۲۵	.....۲-۲-۱. تقسیم‌بندی آلاینده‌های هوا
۲۷	.....۳-۲-۱. پدیده‌های مرتبط با آلودگی هوا
۳۲	.....۴-۲-۱. اثرات بهداشتی آلودگی هوا
۳۵	.....۳-۱. تغییر اقلیم و عوامل مؤثر بر آن
۳۵	.....۱-۳-۱. اقلیم چیست؟
۳۹	.....۲-۳-۱. طبقه‌بندی اقلیمی
۴۱	.....۳-۳-۱. تغییر اقلیم
۶۷	.....۴-۱. پیامدهای تغییر اقلیم
۶۸	.....۱-۴-۱. بالا آمدن سطح آب دریاها، اقیانوس‌ها و نواحی ساحلی
۷۱	.....۲-۴-۱. آسیب‌های وارد بر بخش انرژی
۷۲	.....۳-۴-۱. آسیب‌های وارد بر منابع آبی
۷۲	.....۴-۴-۱. آسیب‌های وارد بر بخش کشاورزی و به خطر افتادن امنیت غذایی
۷۳	.....۵-۴-۱. پیامدهای بهداشتی و سلامتی برای انسان
۷۴	.....۶-۴-۱. آثار بر تنوع زیستی
۷۵	.....۷-۴-۱. تغییرات آب و هوای منطقه‌ای
۷۷	.....گفتار دوم چالش آموزشی
۷۹	.....۱-۲. تغییر اقلیم در گستره جهانی
۸۷	.....۲-۲. چارچوبی برای آموزش تغییر اقلیم
۹۵	.....۱-۲-۲. دانستنی‌های انرژی
۱۲۷	.....گفتار سوم فعالیت‌ها و تمرین‌ها
۱۸۷	.....معرفی سایت‌های مرجع
۱۸۸	.....منابع مورد استفاده



## سخنی با خوانندگان گرامی

با عنایت به تغییر ساختار تشکیلاتی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر آموزش محیط زیست، به مرکز آموزش محیط زیست و تربیت محیط بان ارتقا یافت و براساس شرح وظایف محوله به آن، موضوع "توسعه سواد محیط زیستی" با هدف افزایش نفوذپذیری موضوعات آن در برنامه‌های کلان آموزشی کشور، با تاکید ویژه در وزارتخانه‌های آموزش و پرورش، علوم، تحقیقات و فناوری در سرلوحه فعالیت‌های این مرکز قرار گرفت.

بدیهی است، حفاظت خردمندانه از عرصه‌های طبیعی میهن عزیزمان، همواره مرهون اذهان آموزش دیده و تربیت نسلی دوستدار محیط زیست است. از این‌رو، روشنگری، آموزش و ترویج فرهنگ محیط زیستی با اولویت ویژه بر توانمندسازی آموزشگران، مربیان و تسهیلگران برای ارایه آموزش‌های صحیح محیط زیستی به آحاد جامعه و نیز تحقق شعار "از مردم، با مردم و برای مردم" با رویکرد جلب مشارکت خردمندانه آن‌ها در امر حفاظت از محیط زیست، شالوده و اساس فعالیت‌های آموزشی معاونت آموزش و مشارکت مردمی سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارد و بر خود ضروری می‌داند که از همه فرصت‌ها، ابزار و بسترهای تبادل اطلاعات برای اجتماعی کردن مسایل محیط زیستی در جامعه بهره‌گیری نماید. بسته آموزشی سواد محیط زیستی با موضوع «تغییر اقلیم»، یکی از موضوعات آموزشی بااهمیت سازمان حفاظت محیط زیست است که لازم است مخاطبان فوق‌الذکر، با روش‌های آموزشی آن آشنا و پیام‌های آن را به فراگیران خود منتقل نمایند.

امید است با تهیه این بسته آموزشی و بهره‌برداری از آن، گامی موثر در توسعه سواد محیط زیستی و نهادینه‌سازی فرهنگ حفاظت از محیط زیست برداشته باشیم.

در پایان، خواهشمند است با ارایه نظرات و پیشنهادهای سازنده برای گسترش سواد محیط زیستی، از طریق تکمیل فرم نظرخواهی که در پیوست درج شده است و ارسال آن به پست الکترونیکی [environmental.literacy@doe.ir](mailto:environmental.literacy@doe.ir) ما را در تحقق این مهم یاری فرمایید.

**مرکز آموزش محیط زیست و تربیت محیط بان**

## پیشگفتار

شکی نیست که امروزه تغییر اقلیم، مسأله‌ای مهم تلقی شده و هم‌اکنون یکی از چالش‌های اصلی بشریت است. در چند دهه گذشته فعالیت‌های انسانی، غلظت اتمسفری گازهای گلخانه‌ای را به بالاترین سطح خود در ۴۲۰ هزار سال گذشته رسانده است. پیش‌بینی‌ها حکایت از آن دارد که با تغییر الگوی‌های آب و هوایی، دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ میلادی، بین ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر و در نتیجه آن سطح آب دریاها تا ۸۸ سانتی‌متر افزایش خواهد یافت.

با استناد به ماده ۶ کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد تغییر اقلیم در زمینه آموزش و تربیت و آگاهی‌های عمومی، این کتاب در نظر دارد با ارایه و انتقال مفاهیم در زمینه تغییر اقلیم به فراگیران از طریق آموزشگران و تسهیلگران به آگاه‌سازی جامعه بپردازد.

از آن‌جا که تغییر اقلیم پدیده‌ای است که ما انسان‌ها تجربه کمی از آن، حداقل در دوران تاریخی داریم، آموزش آن چالش‌های ویژه‌ای را پیش روی آموزشگران قرار می‌دهد. این موضوع پیچیده است، زیرا سیستم‌های کره زمین پیچیده هستند و حتی دانشمندان نیز از نتایج احتمالی بالقوه دخالت ما در این سیستم‌ها مطمئن نیستند. از دیدگاه یک آموزشگر، نامحسوس بودن تغییر اقلیم نیز به همان اندازه دشوار است، زیرا مقیاس جهانی و پیشرفت به ظاهر کند آن، از تغییر اقلیم پدیده‌ای می‌سازد که به آسانی قابل ارائه در کلاس درس نیست. آموزشگران و فراگیران که می‌خواهند در مورد تغییر اقلیم کاری انجام دهند، خود را با ویژگی‌ها و عادت‌های نهادینه شده جامعه صنعتی رودررو می‌بینند که با سوخت‌های فسیلی به وجود آمده و قدرتمند شده است و نیروهای سیاسی از وضع قوانینی که باعث کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود حمایت نمی‌کنند.

با وجود این موانع، ممکن است تدریس تغییر اقلیم به آن سختی که به نظر می‌رسد نباشد. تمام چیزی که لازم است، آغاز کار است. از این‌رو، این بسته آموزشی در نظر دارد به عنوان یک کتاب پایه، به آموزشگران و تسهیلگران کمک کند تا بتوانند به همراه فراگیران تحت آموزش خود، برخی از پرسش‌های اصلی مربوط به تغییر اقلیم را کشف کنند: عوامل آن چیست؟ ممکن است ما انتظار چه چیزی داشته باشیم؟ دولت‌ها در این مورد چه می‌کنند؟ و از همه مهمتر، مدارس و دانش‌آموزان چه کاری می‌توانند انجام دهند؟ در هنگام کار با جوانان، آموزشگران فرصت‌های بسیار زیادی دارند تا این پرسش‌های مهم را بررسی کنند. در حال حاضر، بسیاری از موضوعاتی که بخشی از مطالعات تغییر اقلیم به شمار می‌روند، جزو بیشتر برنامه‌های درسی هستند. همانند موضوعات فن‌آوری، از قبیل سیستم‌های انرژی؛ مطالعات اجتماعی؛ تصمیم‌گیری سیاسی؛ یا موضوعات جغرافیا و علوم مثل سیستم‌های آب و هوایی، فتوسنتز و تجزیه، و سازش گیاهان و جانوران به زیستگاه‌های ویژه و شرایط اقلیمی. علاوه بر این، بسیاری از آموزشگران و فراگیران پیش از این در فعالیت‌هایی که به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خود و مدارس‌شان کمک می‌کند، مشارکت کرده‌اند. مثل کاشت درخت نزدیک ساختمان مدرسه، حفاظت از انرژی و آب، کاهش پسماندها، رفتن به مدرسه به صورت پیاده یا با دوچرخه به جای استفاده از ماشین. تا تلفیق بحث تغییر اقلیم با برنامه‌ها و فعالیت‌های درسی تنها یک قدم کوچک باقی است.

نویسندگان این کتاب، که همگی آموزشگر نیز هستند، برای کمک به آموزشگران و تسهیلگران در یافتن بهترین نقطه



شروع کار، مجموعه متنوعی از فعالیت‌های آموزشی برای تمام سنین را ارائه می‌کند. خوانندگان این کتاب اطلاعات پایه‌ای در مورد اثر گلخانه‌ای و اقلیم همراه با آزمایش‌های ساده‌ای را می‌آموزند که به فراگیران به یافتن مفاهیم کلیدی کمک می‌کند.

### مخاطبان بسته آموزشی

هر چند که مخاطبان بلافصل این کتاب، آموزشگران، تسهیلگران، معلمان و استادانی هستند که به کار آموزش و تربیت اشتغال دارند، ولیکن، مخاطبان نهایی این مجموعه آموزشی جوانان و نوجوانانی هستند که باید علل، راه‌حل‌ها و پیامدهای تغییر اقلیم را بشناسند. مجموعه حاضر، برای معلمان حرفه‌ای تدوین شده است که از جنبه‌های مختلف فرآیند آموزشی تا حدودی آگاهی دارند. بنابراین؛ اگر چه بر کاربرد اصول آموزشی در آموزش تغییر اقلیم طی این مجموعه تاکید می‌شود، اما بحث زمینه‌ای وسیعی در مورد طراحی برنامه درسی، روش‌های تدریس، ارزیابی این روش‌ها، و فرآیندهای یادگیری و یاددهی در این مجموعه وارد نشده است.

### اهداف بسته آموزشی

معلمان، طراحان برنامه‌های درسی، تسهیلگران، استادان و مدرسانی که می‌کوشند تجارب آموزشی ثمربخشی را در مورد مباحث و مسایل تغییر اقلیم ارائه کنند، با چالشی سخت و حساس روبه‌رو می‌شوند. این مجموعه، چارچوب اطلاعات و الگوهای لازم را برای هدایت این آموزگاران در روند آماده‌سازی آن‌ها برای انتقال تجارب و مباحث آموزشی فراهم می‌کند. مجموعه حاضر چنان طراحی شده است که در تامین موارد ذیل موثر باشد:

۱. ارائه اطلاعات پایه و زیربنایی در مورد ابعاد محیط زیستی تغییر اقلیم.

۲. کاربرد اصول آموزش محیط زیستی در آموزش تغییر اقلیم.

۳. ارائه رهنمودهایی برای یاددهی و ارزیابی آموزش تغییر اقلیم.

همچنین؛ تلاش شده است که به استفاده‌کنندگان این مجموعه در موارد ذیل یاری رسانده شود:

۱. آگاهی از عوامل موثر در رفتار انسان درباره مباحث و تغییر اقلیم.

۲. آگاهی از دامنه تاثیر ارزش‌های مورد توجه مردم در ایجاد مسایل تغییر اقلیم و حل آن‌ها.

۳. مهارت در شناسایی ساختار مباحث تغییر اقلیم، تشخیص نیازهای خاص برای حل مشکل و توضیح نقش‌های مناسب در آموزش محیط زیستی.

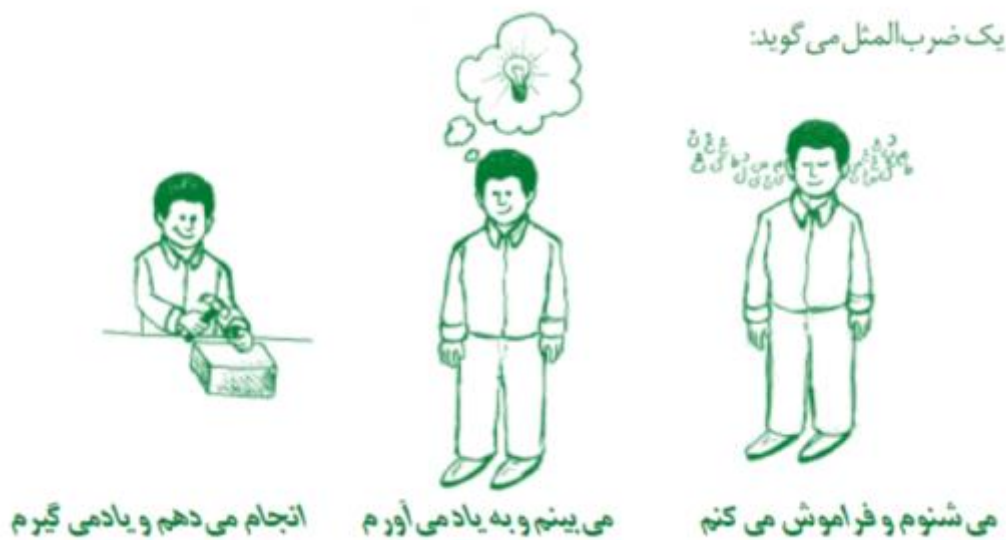
۴. توانایی بیشتر در به کار بستن اصول توصیه شده برای آموزش و ارزیابی در انتخاب، طراحی و یا پذیرش مواد آموزشی تغییر اقلیم.

۵. توانایی در طراحی، برآزنده‌سازی و یا اجرای فعالیت‌های مربوط به تغییر اقلیم در متن برنامه آموزشی خود.

### ساختار بسته آموزشی

این بسته آموزشی با رویکرد علمی و آموزشی طراحی شده است. محتوای تهیه شده براساس منابع علمی جدید و معتبر تدوین و تلاش شده است تا مطالب ارائه شده، علاوه بر برخورداری از جنبه‌های علمی و تخصصی، دارای متنی ساده و روان باشند، تا آموزشگر بتواند با آن ارتباط برقرار نماید. از آن‌جا که هدف اصلی از تهیه این بسته آموزشی، انتقال داده‌ها

و مفاهیم مرتبط با تغییر اقلیم به شکلی کاربردی و ترویجی می‌باشد، ساختار حاضر به دو بخش تقسیم شده است. به نحوی که در گفتار اول، مفاهیم پایه و کلیدی بیان شده است. در گفتار دوم، چالش‌های آموزشی مربوط به تغییر اقلیم تشریح شده‌اند. در گفتار پایانی (سوم)، فعالیت‌ها و تمرین‌هایی در زمینه انتقال آموزه‌ها و کسب تجربه‌های مرتبط با تغییر اقلیم ارائه شده است. در اصل، بار اصلی آموزش محیط زیست در این زمینه خلاصه می‌شود. شایان توجه است که اهداف آموزشی قابل انعطاف است و می‌توان آن‌ها را به ضرورت تغییر داد، اما باید توجه کرد که اهداف تعیین شده قابل دسترس باشند. آموزشگران و تسهیلگران می‌توانند با توجه به دانش، تجربه و سلیقه شخصی، از تمرین‌های مشابه و یا متفاوت دیگری نیز برای انتقال بهتر مفاهیم استفاده نمایند.



فعالیت‌های علمی می‌تواند شامل روش‌های کلی همانند داستان، شعر، بازی، آزمایش، نمایش‌های محلی و عروسکی، ایفای نقش، تهیه وسایل کمک آموزشی، روزنامه دیواری، گرفتن عکس، تحقیق و سایر روش‌های فعال آموزش و یادگیری باشد. فعالیت‌ها نیز مانند اهداف انعطاف‌پذیر است. نمونه فعالیت‌های ارائه شده در این بسته آموزشی، پیشنهادی است و آموزشگر می‌تواند با توجه به شرایط و نیازها و با استفاده از ابتکارات خود و فراگیران در آن تغییراتی ایجاد کند و با فعالیت‌های جدید ابداع کند. اما نباید این نکته را فراموش کرد که فعالیت‌ها برای رسیدن به اهداف است و باید با هم هماهنگ باشند. بدیهی است که امکانات آموزشی، فضا و زمان در دسترس، گروه سنی مخاطبان و سایر عوامل در کیفیت و کمیت آموزش محیط زیستی موثر می‌باشند.

مهم آن است که در پایان فعالیت و تمرین‌های هر مبحث، مطمئن باشید که فراگیران، اطلاعات و مهارت‌های لازم را در زمینه پیام‌های اساسی و اطلاعات پشتیبان مورد نیاز کسب کرده باشند.

### توصیه‌ها:

۱. اهداف و فعالیت‌ها را با توجه به نیازهای جامعه، امکانات، سن، علاقه و توانایی فراگیران انتخاب کنید.
۲. فعالیت‌ها و تمرین‌ها را قبلاً بررسی کنید و با کمک فراگیران، امکانات و تجهیزات مورد نیاز را فراهم کنید.

۳. پیش از شروع فعالیت‌ها و تمرین‌ها، با ذکر چند سوال در مورد موضوع مورد نظر، از میزان آگاهی قبلی فراگیران، مطلع شوید.
۴. در شروع هر فعالیت، فراگیران را به طور روشن و آشکار، با اهداف آشنا کنید.
۵. پس از هر فعالیت و تمرین با ذکر چند سوال، اطمینان حاصل نمایید که فراگیران پیام‌ها و مهارت‌های لازم را دریافت کرده‌اند.
۶. تلاش کنید تا اجرای فعالیت‌ها و تمرین‌ها به نحوی باشد که در فراگیران ایجاد انگیزه کند و علاوه بر کسب دانش، بر رفتار و شیوه زندگی آن‌ها تاثیر بگذارد.
۷. با توجه به زمانی که در اختیار دارید، فعالیت‌ها را اولویت‌بندی کنید و برنامه زمان‌بندی هر یک را تنظیم کنید.
۸. اجازه دهید فعالیت‌ها توسط فراگیران انجام شود تا با آزمایش و خطا به نتیجه برسند و تجربه‌های لازم را کسب کنند.
۹. تلاش کنید فعالیت‌ها به صورت گروهی و با مشارکت تمامی فراگیران انجام شود.
۱۰. هیچگاه به جای فراگیران فکر نکنید. اجازه دهید خودشان پاسخ پرسش‌ها را به کمک تحقیق، تجربه و بحث پیدا کنند.
۱۱. فراگیران نباید فقط مستمع باشند. به آن‌ها فرصت دهید با یکدیگر بحث کنند و به تفاهم برسند، فکر کنند و نظرات خود را بیان کنند.
۱۲. بهتر است نحوه قرار گرفتن در کلاس درس به شکلی باشد که همه یکدیگر را ببینند تا بتوانند به صورت گروهی بحث کنند و فعالیت‌های گوناگون را انجام دهند.
۱۳. خانواده‌ها را نسبت به فعالیت‌های اجتماعی فراگیران توجیه کنید و در جلب مشارکت آن‌ها تلاش کنید.
۱۴. از راه مطالعه و تحقیق با مشکلات و اولویت‌های محیط زیستی جامعه خود آشنا شوید و بر اطلاعات و آگاهی خود بیافزایید.

### محدودیت‌های بسته آموزشی

هدف از تهیه این بسته آموزشی، نگارش یک کتاب درسی جامع در زمینه تغییر اقلیم نبوده است. هر چند که نگارندگان کوشیده‌اند ارکان اساسی آموزش محیط زیستی و نیز تغییر اقلیم را که برای راهنمایی تدوین‌کنندگان برنامه آموزشی و مدرسان لازم است، ارائه کنند تا آنان بتوانند این ارکان را برای اجرای آموزش در موقعیت خاص خود به کار برند. امید است که هر استفاده‌کننده از این مجموعه به تلاش برای افزودن بر اطلاعات اساسی ارائه شده ادامه دهد.

همچنین؛ مولفان اثر حاضر، مدعی ارائه دورنمایی بی‌نقص از مباحث تغییر اقلیم در جهان نیستند. مسائلی که ما امروزه، در زمینه تغییر اقلیم و گرمایش جهانی با آن‌ها روبه‌رو هستیم، پیچیده و وابسته به معیارهای ارزشی است. این مجموعه آموزشی نقشه راهنمایی برای حفاظت از پیامدهای تغییر اقلیم نیست، بلکه شرح فرآیندهای آموزشی است که مخاطبان را برای مواجهه با پرسش‌های مشکل اجتماعی و محیط زیستی مربوط به مباحث تغییر اقلیم آماده کند.



# گفتار اول

## مفاهیم پایه

- ❖ جو زمین (اتمسفر)
- ❖ آلودگی هوا
- ❖ تغییر اقلیم و عوامل موثر بر آن
- ❖ پیامدهای تغییر اقلیم





## ۱-۱. جو زمین (اتمسفِر)

### ۱-۱-۱. ترکیب جو

واژه اتمسفر از ترکیب دو واژه یونانی Atoms به معنی بخار و Spharia به معنی کره، مشتق شده و به لایه نازک هوایی که کره زمین را در بر گرفته است، اطلاق می‌شود. جو زمین، ترکیبی گازی در اطراف کره زمین است که تا ارتفاع هزاران کیلومتر اطراف آن پراکنده شده است. زمین و ساکنان آن در اقیانوسی از هوا شناور هستند. هوا به صورت لایه‌ای به ضخامت ۶۰ تا ۱۰۰ کیلومتر دور زمین را فرا گرفته است. به این لایه هوا، اتمسفر گویند. این مخلوط دارای ترکیب نسبتاً پایدار و ثابتی است که در نزدیکی سطح زمین و محل زندگی انسان‌ها، تغییرات اجزای آن در حالت طبیعی بسیار کم و در حد چند هزارم درصد می‌باشد. تنها استثنای مربوط به این امر، بخار آب است که دامنه تغییرات آن از تقریباً صفر تا چهار درصد حجمی هوا می‌رسد. ترکیب عناصر اصلی هوای خشک در سطح دریا در جدول ذیل آرایه شده است. نیتروژن و اکسیژن به تنهایی بیش از ۹۹٪ حجم هوا را به خود اختصاص داده‌اند. گاز بسیار مهم و حیاتی کربن دی‌اکسید که کاهش یا افزایش آن، زندگی در کره زمین را تهدید می‌کند، تنها حدود ۰/۰۳٪ از حجم هوا را تشکیل می‌دهد. گازهای دیگر نیز به مقدار اندک و متغیری در جو وجود دارند که هیدروکربن‌های مختلف، ازن، منواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، هیدروژن، آمونیاک، پراکسید هیدروژن، هالوژن‌ها، رادون، دی‌اکسید گوگرد، سولفید هیدروژن؛ سولفیدهای آلی و مرکابتان‌ها از آن جمله‌اند.

جدول ۱: ترکیب طبیعی جو زمین بر فراز اقیانوس و نزدیکی قطب جنوب

غلظت (ppm <sup>۱</sup> )	درصد حجمی	نام ترکیب
۷۸۰۴۰۰	۷۸/۰۴	نیتروژن
۲۰۹۴۶۰	۲۰/۹۴۶	اکسیژن
۹۳۴۰	۰/۹۳۴	آرگون
۳۲۱	۰/۰۳۲۱	کربن دی‌اکسید
۱۸	۰/۰۰۱۸۲	نئون
۵/۲	۰/۰۰۰۵۲	هلیوم
۱/۲	۰/۰۰۰۱۲۵	متان
۱/۱	۰/۰۰۰۱۱	کریپتون
۰/۲	۰/۰۰۰۰۲۵	منو اکسید نیتروژن
۰/۵	۰/۰۰۰۰۵	هیدروژن
۰/۱	۰/۰۰۰۰۱	منواکسید کربن
۰/۰۸	۰/۰۰۰۰۰۸۷	گزنون
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۱	دی‌اکسید نیتروژن
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	دی‌اکسید گوگرد



## ۱-۱-۲. لایه‌های جو (اتمسفر)

اتمسفر زمین در شعاع‌های درونی‌تر، ضخیم‌تر است و هرچه از زمین فاصله می‌گیریم و به فضای بیرونی نزدیک‌تر می‌شویم، شروع به نازک‌تر شدن می‌کند. اتمسفر از پنج لایه تشکیل شده، که هر لایه نقش مهمی در حفظ حیات در زمین دارد. خارجی‌ترین لایه، مرز بین زمین و فضای خارجی را مشخص می‌کند.

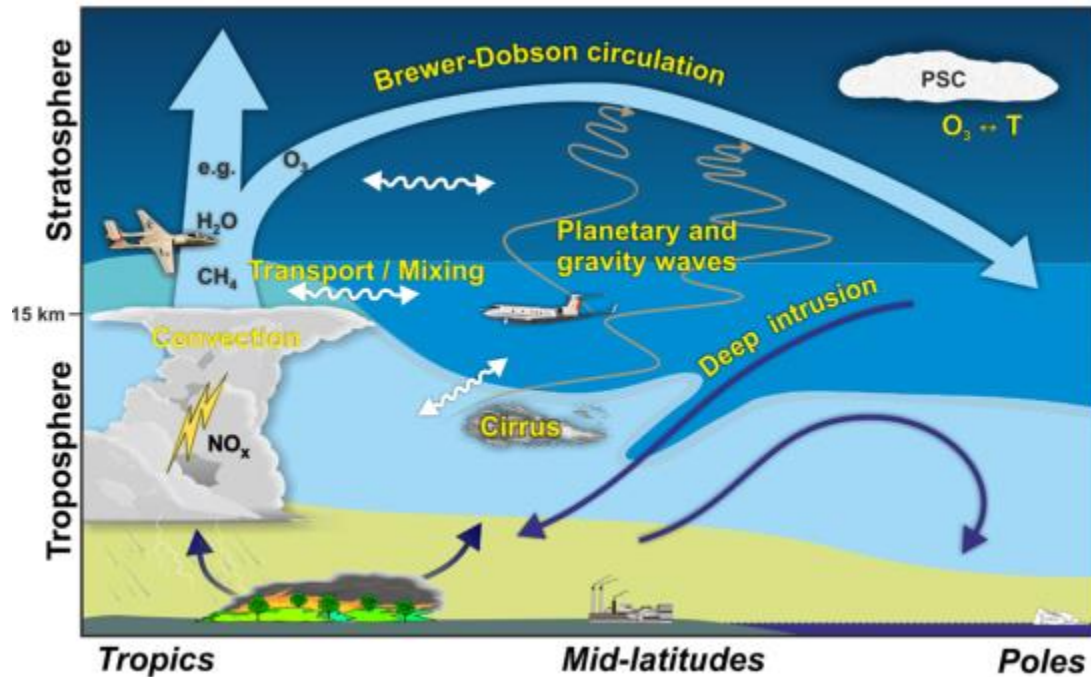


شکل ۱: ترتیب لایه‌های پنجگانه اتمسفر

نسبت گازها و درجه حرارت آن‌ها در هر یک از لایه‌ها با دیگر لایه‌ها متفاوت است. بنابراین، ساختار ترکیبات هر یک از لایه‌ها با دیگری متفاوت است. ترکیب هر یک از لایه‌ها تحت تأثیر خواص آن است که منجر به پدیده‌های مختلف جوی می‌شود. برای درک تمام پیچیدگی‌های جو نیاز به اندازه‌گیری از عمق آن وجود دارد که امکان انجام اندازه‌گیری‌ها به صورت مستقیم وجود نداشته و تنها راهی که می‌توان از آن بهره گرفت، استفاده از فناوری سنسجش از راه دور است. سنسجش از راه دور ماهواره‌ای، به یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های مشاهده جو جهانی تبدیل شده است. در ادامه، لایه‌ها به ترتیب و از پایین به بالا معرفی می‌شوند.

### ۱- تروپوسفر (Troposphere)

تروپوسفر از کلمه یونانی Tropos یا تروپوس به معنی "ترکیب کردن" اقتباس شده است. تروپوسفر، پایین‌ترین لایه اتمسفر است که خود از لایه‌های کوچک‌تری تشکیل شده است. این لایه در مناطق استوا گسترده‌تر و در مناطق قطبی رقیق‌تر و نازک‌تر می‌باشد. 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. این لایه دارای یک ترکیب شیمیایی نسبتاً یکنواخت است، به جز در مورد درصد بخار آب که با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.



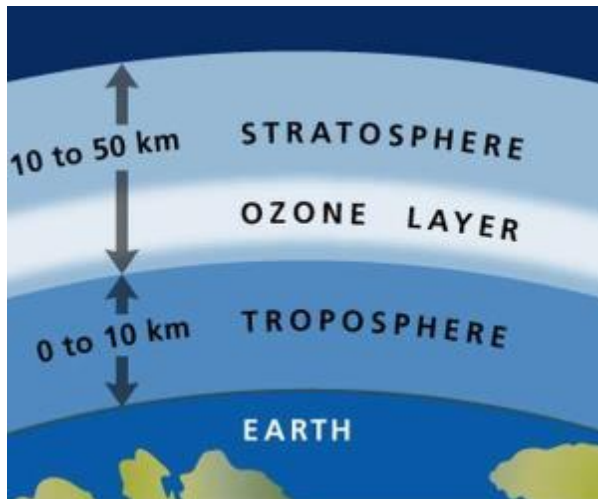
شکل ۲: شماتیک پدیده‌های جوی در لایه تروپوسفر

غلظت بخار آب در مناطق قطبی نسبت به مناطق استوایی ۰.۴٪ کمتر است. ۹۹٪ درصد بخارات آب جو زمین در لایه تروپوسفر قرار دارد. منبع حرارتی لایه تروپوسفر انرژی تابشی سطح زمین است. از این رو، با افزایش ارتفاع با کاهش دما مواجه خواهیم بود. بخار آب با جذب انرژی خورشیدی و تابش‌های حرارتی، نقش مهمی در تنظیم آب و هوای کره زمین دارد. حرارت انرژی خورشیدی، غلظت هوا را کاهش می‌دهد و دما را بالا می‌برد. در روندی که مخالف با هوای اطراف است، هوا با صرف انرژی خورشیدی، غلظت هوا را کاهش می‌دهد و دما را بالا می‌برد. در روندی که مخالف با هوای اطراف است، هوا با صرف انرژی، باعث کاهش دما می‌شود. که این کاهش دما سبب می‌شود که محتوای بخار هوا متراکم‌تر شده و توده‌های هوایی شکل بگیرد. 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. تروپوسفر ۸۰ درصد از جرم کل اتمسفر را شامل می‌شود. علاوه بر بخار آب، نیتروژن با ۷۸ درصد، اکسیژن با ۲۱ درصد، مقدار کمی آرگون و ازن هیدروژنی نیز در این لایه حضور دارند. هوایی که ما تنفس می‌کنیم از تروپوسفر است. مه - دود نیز بخشی از تروپوسفر شده است. دود و آلاینده‌ها به همراه مه، مه - دود (Smog) را در این لایه تشکیل داده‌اند.

## ۲- استراتوسفر (Stratosphere)

استراتوسفر از کلمه لاتین/استراتوس به معنی "گسترش یافته"، به دست آمده است. لایه استراتوسفر بر روی لایه تروپوسفر قرار دارد و ضخامت متوسط آن حدود ۲۳ کیلومتر است. استراتوسفر در خط استوا از فاصله ۱۶ کیلومتری شروع می‌شود و در نزدیکی مناطق قطبی این عدد به ۸ کیلومتر کاهش می‌یابد. در ۳ کیلومتر اول استراتوسفر، دمای هوا ثابت است، اما در قسمت‌های بالاتر دمای هوا با ارتفاع افزایش می‌یابد. در استراتوسفر به ندرت ابر تشکیل می‌شود و تنها در شرایط

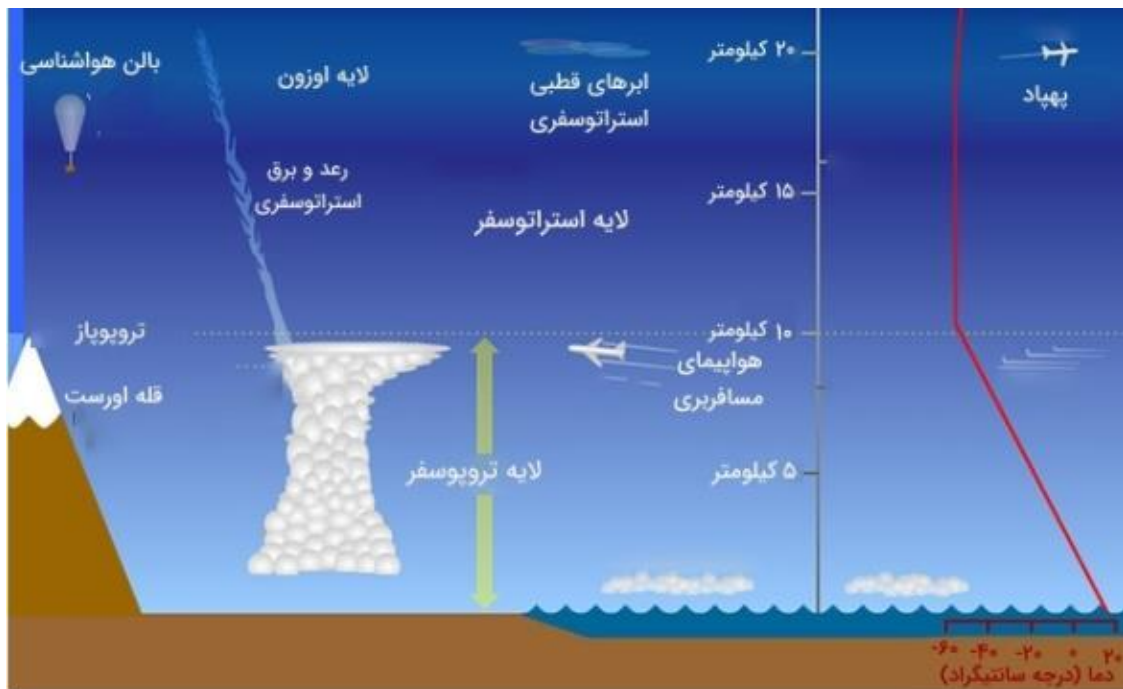
ویژه‌ای ممکن است ابرهای کوهستانی به نام ابرهای مرواریدی در ارتفاع ۲۱ تا ۲۹ کیلومتری از سطح زمین ظاهر شوند که علت وجود آن‌ها حرکات موجی شکل هوا از سوی موانع می‌باشد.



شکل ۳: موقعیت لایه ازن در اتمسفر

از دیگر ویژگی‌های مهم استراتوسفر، وجود ازن در این لایه است که به‌خصوص در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری سطح زمین بر اثر واکنش‌های مختلف فتوشیمیایی ایجاد می‌شود. مقدار ازن در این لایه معمولاً روند فصلی دارد و حداکثر آن در بهار و حداقل آن در پاییز مشاهده می‌شود.

مرز بین تروپوسفر و استراتوسفر، با عنوان تروپوپوز نامیده می‌شود. به عبارت دیگر محلی است که در آن کاهش دمای اتمسفر متوقف شده و از آن نقطه به بالا شاهد افزایش دمای اتمسفر خواهیم بود. رابطه دما و ارتفاع در استراتوسفر، مخالف آن چیزی است که در تروپوسفر وجود دارد. درجه حرارت در این لایه با افزایش ارتفاع، کاهش می‌یابد، و این به دلیل کاهش جریان همرفتی و ترکیباتی است که در این لایه وجود دارد و این باعث می‌شود که استراتوسفر جوی پایدار داشته باشد. وجود غلظت بالای مولکول‌های ازن نیز باعث این موضوع می‌شود. بیشتر هواپیماهای جت در استراتوسفر پرواز می‌کنند، و از روبه‌رو شدن با مشکلات پرواز در تروپوسفر خودداری می‌کنند. با توجه به جریان همرفتی کمی که در این لایه وجود دارد، هر چیزی که در آن وارد می‌شود، می‌تواند به مدت طولانی در آن گرفتار شود و معلق بماند. این اتفاق برای کلروفلوروکربن‌ها (CFCs)، ذرات معلق، گازهایی که به واسطه شهاب‌سنگ‌ها و فوران‌های آتشفشانی که وارد استراتوسفر می‌شوند، رخ می‌دهد.



شکل ۴: موقعیت شماتیک لایه‌های تروپوسفر و استراتوسفر

با توجه به این که در این لایه رطوبت کمی وجود دارد، ابرهای کمتری نیز در آن تشکیل می‌شود. در شرایط دمایی بسیار سرد، در طول زمستان‌های قطبی، در این لایه ابر تشکیل می‌شود. این ابرها با عنوان ابرهای استراتوسفری قطبی (PSCs) یا ابرهای رنگین‌تاب شناخته می‌شوند و در دماهای کمتر از  $-78$  درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند. ابر رنگین‌تاب یا ابر استراتوسفری قطبی، ابری در زمستان است که در ارتفاع  $15000$  تا  $25000$  متری وجود دارد. این ابر در گرگ و میش شهری وقتی که خورشید میان  $1$  تا  $6$  درجه زیر افق است، به بهترین صورت دیده می‌شود. این ابر در ایجاد حفره لایه ازن نقش دارد و لایه ازن را تخریب می‌کند. این ابرها نور خورشید را به زمین انعکاس می‌دهند و به نظر رنگی می‌آیند. وقتی لایه‌های ابر نازک باشند و از قطره‌هایی با اندازه یکسان تشکیل شده باشند، پراش نور باعث می‌شود که این ابرها، رنگی مانند رنگین کمان داشته باشند، اما به دلیل ارتفاع زیاد و پراکندگی، رنگ قرمز آن‌ها بیشتر به چشم می‌آید. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که ابر، تازه در حال شکل گرفتن است. در نتیجه قطرات آب تشکیل دهنده ابر، اندازه تقریباً یکسانی دارند. این ابرها از لحاظ ترکیب‌های شیمیایی متفاوت‌اند. آن‌هایی که حاوی آب، نیتریک و اسید سولفوریک هستند، مسئول تخریب لایه ازن در مناطق قطبی می‌باشند. آن‌ها به دلیل موضع خنک‌کنندگی لایه‌های پایین استراتوسفر که فقط دارای آب یخ زده است، تشکیل می‌شوند و فقط در مناطق قطب شمال دیده شده‌اند.

مرز بین استراتوسفر و مزوسفر با عنوان *استر/توپوز* نامیده می‌شود. دما در استراتوپوز به حداکثر مقدار خود می‌رسد. استراتوپوز در  $55$  کیلومتری بالای سطح زمین قرار گرفته است.

### ۳- مزوسفر (Mesosphere)

مزوسفر از کلمه یونانی *مزوز* به معنای "متوسط" مشتق شده است. در بالای لایه گرم ازن، لایه مزوسفر قرار دارد که دما در آن متناسب با افزایش ارتفاع با آهنگ  $0/3$  سانتی‌گراد به ازای هر  $100$  متر کاهش می‌یابد، به طوری که دما در مرز

فوقانی آن در ارتفاع ۸۰ تا ۹۰ کیلومتری به ۸۰- درجه سانتی گراد می‌رسد و نتیجه این دمای پایین، انجماد بخار آب ناچیز موجود در این لایه است که باعث به وجود آمدن ابرهای شب‌تاب می‌شوند. این ابرها در تابستان و در عرض‌های بالا دیده می‌شوند. مزوسفر سردترین لایه اتمسفر تلقی می‌شود. این لایه از ۵۰ کیلومتری تا ۸۰ الی ۸۵ کیلومتری امتداد یافته است. دمای هوا در این لایه با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. بسیاری از شهاب سنگ‌ها و تکه‌سنگ‌ها قبل از این که وارد جو زمین شوند، در این لایه می‌سوزند. این موضوع به خاطر ترکیبات این لایه است که شهاب سنگ‌ها را می‌سوزاند و بخار می‌کند. مزوسفر دارای یک لایه سدیمی است که پنج کیلومتر عمق دارد و از اتم‌های سدیم یونیزه نشده تشکیل شده است. این لایه، نور ساطع می‌کند و به روشنایی شب کمک می‌کند.

در این لایه، دمای هوا با افزایش ارتفاع، کاهش می‌یابد. بالاترین نقطه مزوسفر که با عنوان مزوپاز شناخته می‌شود، سردترین نقطه اتمسفر زمین می‌باشد. دمای این لایه کمتر از ۹۰- درجه سانتی‌گراد است. کاهش حرارت خورشیدی و انتشار کربن دی‌اکسید منجر به این چنین نزول دمایی در این لایه شده است. این لایه همچنین تلاطم‌های جزر و مدی گرانثی، امواج سیاره‌ای و نیز بادهای ناحیه‌ای را از خود بروز می‌دهد. امواج سیاره‌ای و امواج گرانثی تولید شده در لایه‌های پایین‌تر، به سمت مزوسفر انتشار می‌یابند و در آن از بین می‌روند. هوای بسیار کمی در مزوسفر وجود دارد، چرا که اتم‌ها و مولکول‌های گازی در این لایه برهم کنش خیلی کمی با هم دارند. هوا در این لایه به قدری کم است که نمی‌تواند پیش رانش مورد نیاز برای پرواز یک هواپیما را تأمین کند، به همین سبب برای هواپیماها جای مناسبی نیست. فضا از این لایه نازک شروع می‌شود.

#### ۴- ترموسفر (Thermosphere)

ترموسفر از کلمه یونانی ترمو به معنای "گرما" مشتق شده است. این لایه از فاصله حدود ۸۵ کیلومتری سطح زمین شروع شده و تا فاصله ۶۴۰ کیلومتری ادامه دارد. دمای هوا در مناطق پایینی این لایه با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد، و از نقطه‌ای به بعد ثابت باقی می‌ماند. تغییرات کوچک در انرژی، می‌تواند باعث تغییرات بزرگ و شدیدی در این لایه شود. درجه حرارت در این لایه می‌تواند تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و حتی بیشتر از آن نیز، برسد. این لایه، داغ‌ترین لایه اتمسفر زمین می‌باشد. اکسیژن موجود در این لایه اشعه‌های خورشیدی را جذب می‌کند و باعث افزایش درجه حرارت این لایه می‌شود. ترموسفر در طول روز نسبت به شب داغ‌تر است. این لایه بیش‌تر حرارت خورشید را جذب می‌کند. بعضی اوقات هوا منبسط شده و باعث افزایش ارتفاع مناطق بالاتر ترموسفر می‌شود. هوا در این لایه بسیار نازک است، به همین سبب ذرات گازی به سختی با هم برخورد می‌کنند. اشعه‌های پرنرژی فرابنفش و فوتون‌های مادون قرمز، مولکول‌های گازی را می‌شکنند. بنابراین، هوا در ترموسفر بالایی شامل اکسیژن اتمی، نیتروژن اتمی و هلیوم می‌باشد. آن‌ها همچنین قسمتی از الکترون‌های ذرات گازی را جدا کرده و تولید یون‌هایی با بارهای الکتریکی زیاد می‌کنند. این یون‌های باردار و برخوردشان با گازهای با بار الکتریکی خنثی، موجب ایجاد یک سری جریان‌های الکتریکی در برخی از قسمت‌های ترموسفر می‌شود.



در ارتفاعات بالاتر، ذرات باردار با اتم‌ها و مولکول‌ها برخورد می‌کنند، و آن‌ها را به حالات انرژی بالاتری می‌برند. اتم‌ها و مولکول‌های تحریک شده، این انرژی را به صورت نور ساطع می‌کنند، که به صورت شفق‌های رنگارنگ قابل رؤیت است. شفق قطبی به عنوان چراغ‌های شمالی و جنوبی نیز نامیده می‌شود.



شکل ۵: شفق قطبی

شفق قطبی یک پدیده جالب است که در ترموسفر اتفاق می‌افتد.

### - یونوسفر

بخشی از اتمسفر زمین، که توسط اشعه‌های خورشیدی یونیزه شده را یونوسفر می‌نامیم. همان‌طوری که دانشمندان می‌گویند، یونوسفر به عنوان گستره‌ای از ترموسفر محسوب می‌شود و نمی‌توان آن را به عنوان جزء جدایی از لایه‌های اتمسفر زمین به حساب آورد. درجه حرارت هوا در این لایه با افزایش ارتفاع، بیشتر می‌شود. یونوسفر حدود ۰/۱ درصد از جرم کل اتمسفر را تشکیل می‌دهد. یونوسفر لایه داخلی مگنتوسفر، یا به بیان ساده‌تر، حوزه نفوذ نیروی مغناطیسی / گرانشی زمین را تشکیل می‌دهد. حتی یونوسفر نیز شفق قطبی را تجربه می‌کند.

### ۵- اگزوسفر (Exosphere)

اگزوسفر از کلمه یونانی *اگزو* به معنای "بیرونی یا خارجی" به دست آمده است. شرایط موجود در یونوسفر، در این لایه نیز حاکم است؛ بدین معنی که گازها در این لایه همچنان قابلیت هدایت الکتریکی خود را حفظ می‌کنند. سرعت ذرات در این لایه بسیار زیاد است و در مواردی به ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه می‌رسد. اگزوسفر لایه گذار جو به فضای کیهانی به شمار می‌آید که بخش فوقانی آن را در ارتفاع بیش از سه هزار کیلومتری از سطح زمین برآورد کرده‌اند.

این لایه همان جایی است که اتمسفر زمین با فضای بیرونی تلاقی می‌کند. این لایه محل اجتماع ذرات آزاد متحرکی است که احتمالاً از لایه مگنتوسفر (لایه بیرونی ترموسفر) وارد این لایه شده‌اند. این لایه از ارتفاعات ۱۰۰۰ - ۵۰۰ کیلومتر الی ۱۰۰۰۰ کیلومتر را در بر می‌گیرد. اگزوسفر بالاترین محدوده و مرز اتمسفر می‌باشد. این لایه جایی است که در آن اتم‌ها و مولکول‌ها به فضا فرار می‌کنند. اتمسفر در این لایه بسیار رقیق می‌شود. این لایه شامل هیدروژن، کربن دی‌اکسید و اکسیژن اتمی می‌شود و همچنین اثراتی از هلیوم نیز در آن به چشم می‌خورد. هوا در این لایه به قدری رقیق است که می‌توان آن را با جو خالص در فضا مقایسه کرد.



شکل ۶: لایه‌های اتمسفر و پدیده‌ها و رویدادهای مرتبط با هر یک

## ۱-۲. آلودگی هوا

برای آلودگی هوا تعاریف متعددی از سوی سازمان‌ها و مجامع علمی و بین‌المللی ارائه شده است. از جمله، آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده<sup>۱</sup>، آلودگی هوا را این چنین بیان می‌دارد:

«آلودگی هوا وجود یک یا چند آلوده کننده و یا ترکیب در هوای آزاد<sup>۲</sup> و یا هوای داخل<sup>۳</sup> با کمیت‌ها، ویژگی‌ها و زمان ماند معین است، به طوری که برای زندگی انسان، گیاهان یا حیوانات و برای اموال مضر باشند و یا به‌طور غیرقابل قبولی مخل استفاده راحت از زندگی گردد».

تعریف دیگری از آلودگی هوا که از سوی سازمان حفاظت محیط زیست ایران ارائه شده و در مجامع علمی داخل کشور مورد استفاده می‌باشد، عبارت است «از وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز و یا تشعشع پرتوزا و غیرپرتوزا در هوا به تعداد و در مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و دیگر جانداران به خطر اندازد و یا به آثار باستانی و اموال خسارت وارد آورد».

1- US Environmental Protection Agency

2- Outdoor air

3- Indoor air



## ۱-۲-۱. منابع آلودگی هوا

آلوده‌کننده‌های هوا از منابع مختلف طبیعی و مصنوعی یا ناشی از دخالت انسان وارد هوا می‌شوند. به طور کلی منابع آلوده کننده هوا عبارتند از:

### الف) منابع طبیعی:

- توفان‌های شن و ماسه روان، توفان‌های گرد و غبار که سبب انتشار ذرات معلق می‌شوند.
- فعالیت آتشفشان‌ها که در نتیجه آن‌ها گازهای آلوده کننده نظیر  $SO_2$  و  $H_2S$  و متان و ... وارد هوا می‌شوند و مواد مذاب از داخل زمین به خارج پرتاب می‌شوند.
- آتش‌سوزی خودبه‌خودی جنگل‌ها که در نتیجه آن مقادیر زیاد مواد آلوده‌کننده همانند دود هیدروکربن سوخته، اکسیدهای نیتروژن و خاکستر ایجاد می‌شوند.
- اقیانوس‌ها که با ایجاد ذرات معلق باعث ایجاد آلودگی هوا می‌شوند.
- چشمه‌های معدنی آب گرم که با ایجاد گازهای سولفور سبب آلودگی هوا می‌شوند.
- شهاب سنگ‌ها که سالانه باعث انتقال ۲۰۰۰ تن گرد و غبار به جو زمین می‌شوند.

### ب) منابع مصنوعی:

صنایع با دو روش سبب آلودگی می‌شوند: در اثر فرآیندهای مختلف و مصرف سوخت‌های فسیلی.

## ۱-۲-۲. تقسیم‌بندی آلاینده‌های هوا

آلاینده‌های هوا را براساس چند دیدگاه گوناگون می‌توان تقسیم‌بندی کرد.

- از نظر منشاء آلودگی
- از نظر حالات فیزیکی آلاینده
- از نظر شیمیایی
- از نظر فیزیولوژیکی
- از نظر فرم آلودگی

### الف) تقسیم‌بندی از نظر منشاء آلودگی

این منشاء می‌تواند طبیعی و مصنوعی باشد. آلاینده‌های طبیعی نظیر ذرات و خاکستر آتشفشان و گازهای ناشی از آن، فساد مواد آلی و اجساد حیوانات و بقایای تنه درختان که تحت تاثیر باکتری‌ها تولید فساد می‌کنند. آلاینده‌های مصنوعی از طریق انسان تولید و به فضا فرستاده می‌شوند که این آلاینده‌ها می‌تواند آلی یا صنعتی باشند. آلاینده‌های صنعتی یا ثابت‌اند یا متحرک. منابع ثابت مانند کارخانجات که از نظر اهمیت به ترتیب عبارتند از: نیروگاه، پتروشیمی، کارخانجات مواد شیمیایی و تولید مصالح ساختمانی.

### ب) تقسیم‌بندی از نظر حالات فیزیکی آلاینده

در این تقسیم‌بندی، آلاینده‌ها در دو گروه گازها و بخارات و گروه آئروسول‌ها (ذرات معلق) مجزا می‌شوند. آئروسول‌ها خود به دو گروه ذرات جامد و ذرات مایع تقسیم‌بندی می‌شوند.

- آئروسول‌ها: پراکندگی ذرات میکروسکوپی جامد یا مایع در محیط گازی مانند دود و میست.
- غبار: ذرات جامد که از مواد کلوئید بزرگتر بوده و قادرند موقتاً در هوا و یا گاز دیگری به صورت معلق در آیند این ذرات تمایلی به چسبندگی ندارند.
- قطره: ذره کوچک مایع دارای اندازه و وزن مخصوصی که در شرایط سکون سقوط کند، اما ممکن است در شرایط توربولانس به صورت معلق باقی بماند.
- خاکستر فرار: ذرات بسیار کوچک خاکستر که در اثر احتراق مواد سوختنی وارد جریان گاز دودکش می‌شود.
- فیوم: ذرات جامدی هستند که در اثر تراکم حالت گازی و معمولاً بعد از تبخیر مواد ذوب شده و توام با یک واکنش شیمیایی مانند اکسیداسیون تولید می‌شوند.

### پ) تقسیم‌بندی از نظر شیمیایی

در این گونه تقسیم‌بندی، آلاینده‌ها به دو گروه مواد آلی و مواد معدنی تقسیم می‌شوند. ترکیبات آلی حاوی کربن و هیدروژن هستند و بسیاری از آن‌ها دارای عناصری مانند اکسیژن، نیتروژن، فسفر و گوگرد می‌باشند.

### ت) تقسیم‌بندی از نظر فیزیولوژیکی

در این تقسیم‌بندی، هفت گروه آلاینده قرار می‌گیرد:

- تحریک کننده‌ها
- خفه کننده‌ها
- سموم فلزی
- مواد آلرژیک
- مواد بیماری‌زای غیر فلزی
- سموم سیستمیک
- مواد مخدر یا بی‌هوش کننده و ...

### ث) تقسیم‌بندی از نظر فرم آلودگی

آلاینده‌های هوا براساس نحوه شکل‌گیری و فرم به دو دسته تقسیم می‌شوند: آلاینده‌های اولیه و ثانویه.

- آلاینده‌های اولیه؛ آلاینده‌هایی هستند که مستقیماً نشأت گرفته از منابع آلودگی هستند و به صورت مستقیم وارد اتمسفر شده و با همان ترکیبی که وارد هوا شده‌اند در هوا حضور داشته و قابل اندازه‌گیری می‌باشند. همانند: منواکسید کربن، هیدروکربن‌ها، اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، گرد و غبار و ...
- آلاینده‌های ثانویه؛ آلاینده‌هایی است که در اثر برهم‌کنش عوامل محیطی مانند نور خورشید، رطوبت و واکنش‌های فتوشیمیایی، هیدرولیز و اکسیداسیون بر روی آلاینده‌های اولیه تولید می‌شوند و به‌طور کلی منشاء

این آلاینده‌ها، آلاینده‌های اولیه‌ای هستند که وارد اتمسفر می‌شوند. این آلاینده‌ها شامل ازن، پراکسی استیل نیترات، اسیدسولفوریک و اسید نیتریک هستند که از آلاینده‌های اولیه نظیر ترکیبات هیدروکربنی، دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن (NOx) حاصل می‌شوند.

### ۱-۲-۳. پدیده‌های مرتبط با آلودگی هوا

#### الف) بارش‌های اسیدی

یکی از جدی‌ترین مشکلات محیط زیستی که امروزه بسیاری از مناطق دنیا با آن روبه‌رو هستند، باران اسیدی<sup>۱</sup> است که به نزولات آسمانی اطلاق می‌شود که قدرت اسیدی آن به‌طور قابل توجهی بیش از باران طبیعی (pH کمتر از ۵/۶) است. آلاینده‌هایی نظیر اکسیدهای کربن، گوگرد و نیتروژن که به واسطه حمل و نقل، نیروگاه‌ها، صنایع، سوزاندن زباله‌ها و موارد دیگر سالانه میلیون‌ها تن از آن‌ها وارد جو می‌شود، با بخار آب واکنش داده و تولید اسید می‌نماید. باران‌های اسیدی بر سلامتی انسان‌ها تاثیرگذار بوده و نیز سبب آلودگی منابع آبی، کاهش حاصلخیزی خاک، آسیب به گیاهان و مزارع و باغات، خسارت به آبریان و مراکز پرورش و تولید ماهی، تخریب اموال و ساختمان‌ها و ... می‌شود.



شکل ۸: تخریب جنگل‌ها به علت بارش باران اسیدی



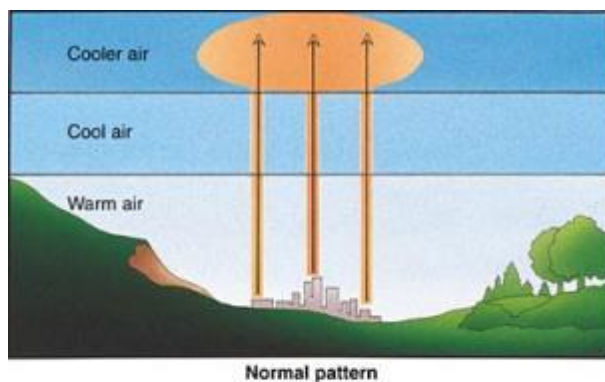
شکل ۷: اثر باران اسیدی بر تندیس‌ها و سردیس‌ها در شهرها



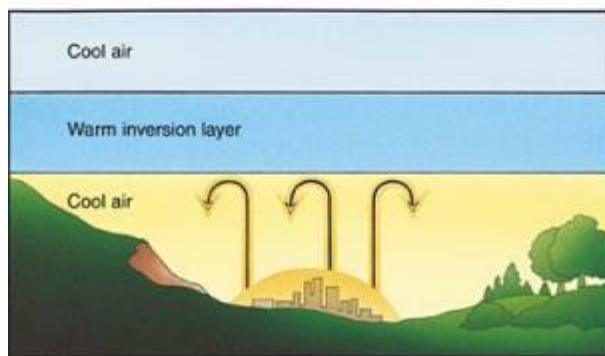
شکل ۹: تخریب مجسمه منسوب به حضرت مریم در بازه زمانی ۱۹۰۸ (سمت چپ) و ۱۹۶۸ (سمت راست) توسط باران اسیدی

## ب) وارونگی هوا<sup>۱</sup>

معمولاً در لایه پایین جو، درجه حرارت هوا با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد، بنابراین، طبیعی است که یک حرکت صعودی هوا به وجود می‌آید و آلودگی‌ها را با خود به طبقات بالای جو برده و از محل تنفس دور می‌سازد. اما در بعضی شرایط جغرافیایی خاص (مانند احاطه شدن یک شهر به وسیله کوه‌ها) یک لایه هوای گرم، همچون سقف شیشه‌ای که بالای شهر را پوشانده باشد، هوای سرد پایین را محبوس می‌کند و مانع از بالا رفتن و دور شدن آلودگی از سطح شهر می‌شود. در این حالت جریان هوا برعکس شده و باعث پایداری بیشتر هوا و تراکم گازهای آلاینده تا حد بسیار خطرناک می‌شود که به این حالت وارونگی جوی اطلاق می‌شود. در حالت عادی، با افزایش ارتفاع از سطح زمین، دمای هوا کاهش می‌یابد و هوای مجاور سطح زمین گرم‌تر و بنابراین، سبک‌تر از قشرهای بالایی می‌شود. که این امر سبب حرکت صعودی و جابه‌جایی هوا می‌شود. اما گاهی وضعیت برعکس می‌شود، بدین صورت که در قشرهای مجاور سطح زمین، با افزایش ارتفاع، دما هم افزایش می‌یابد. در چنین مواردی به علت سردتر و سنگین‌تر بودن هوای پایین، حرکت صعودی و جابه‌جایی هوا وجود ندارد و هوا به حالت سکون در می‌آید. این حالت را وارونگی گویند. که معمولاً در شب‌های آرام و بدون ابر زمستان اتفاق می‌افتد. اواخر پاییز و اوایل زمستان این پدیده تشدید می‌شود.



Normal pattern



Thermal inversion

شکل ۱۰: نمایی شماتیک از پدیده وارونگی هوا در یک منطقه شهری

زمانی که پدیده وارونگی جوی اتفاق می‌افتد، هوا به شدت آلوده و نامناسب می‌شود. زیرا هنگامی که هوای گرم در حالت صعود و حرکت به طرف بالا قرار دارد، ذرات، گرد و غبار و آلاینده‌ها را با خود به ارتفاع بالاتر می‌برد و از سطح زمین دور می‌کند، در ارتفاعات، سرعت باد بیشتر است و هوای آلوده منتقل می‌شود. اما در هنگامی که پدیده وارونگی اتفاق می‌افتد، چون هوای سطح زمین سردتر از هوای بالاتر است، بنابراین جابه‌جایی رخ نداده و در نتیجه هوای آلوده، گرد و غبار و ذرات آلاینده نمی‌توانند جابه‌جا و منتقل شوند، در این صورت به علت پایین بودن سرعت باد در سطح زمین، آلودگی ساکن باقی می‌ماند.

## پ) پدیده ریزگرد

ریزگردها مدتی است که به دغدغه‌ای همگانی در سطح بین‌المللی تبدیل شده‌اند. ریزگرد پدیده‌ای اتمسفریک است و مجموعه‌ای است از گرد و غبار، دود و دیگر ذره‌های خشک معلق در هوا که باعث کدر شدن آسمان می‌شوند. خاستگاه ریزگرد آلاینده‌های صنعتی، آمدوشد خودروها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، گسترش بیابان‌ها، شخم زدن زمین در آب‌وهوای خشک و ... است. ریزگرد اغلب زمانی رخ می‌دهد که ذرات گردوغبار و دود در هوای خشک افزایش یابد. در تحقیقات دانشمندان دانشگاه کلمبیا، مشخص شد که ریزگردها می‌توانند از دو جنبه بر روی کیفیت نور خورشید و اشعه‌های آن تاثیر بگذارند. از یک سو، با پراکنده کردن و جذب نور خورشید و از سوی دیگر، با تغییر خواص و مشخصه‌های نوری ابرها که نقش بسیار پررنگی در تعیین وضعیت اقلیمی مناطق مختلف دارند. وجود عنصر آهن در ریزگردها سبب می‌شود مواد مغذی موجود در اقیانوس‌ها با نقصان جدی مواجه شده و ترکیب زیستی آن‌ها را دگرگون کند. رشد بی‌رویه جلبک‌ها و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها در اثر این تغییرات میزان کربن دی‌اکسید موجود در آب را به میزان چشمگیری افزایش می‌دهد و این موضوع می‌تواند سبب مرگ بسیاری از آبزیان شود.

طی حدود ده سال گذشته تهدیدی جدید و آنی از آن سوی مرزهای غربی ایران شروع شده که در خارج از منطقه چندان شناخته شده نیست و عامل آن ذرات کوچک گرد و خاک و غبار می‌باشد. گرد و غبار یا ریزگرد توده‌ای از ذرات جامد ریز غبار و گاه دود و ... است که در جو پخش شده و دید افقی را میان ۱ تا ۲ کیلومتر محدود می‌کند و برای بیماران تنفسی بسیار زیان‌آور است.

سرچشمه اصلی ریزگرد در ایران، جریان‌های خشک هوا و ناپایداری جوی در صحراهای عربستان، عراق، کویت، اردن و سوریه و حتی بخشی از صحرای آفریقا و نیز عدم توجه به محیط زیست و مبارزه با بیابان‌گستری در عراق می‌باشد که باعث خشک‌شدن بسیاری از تالاب‌های عراق و ایجاد نواحی غبارساز شده است.



در گذشته، سه کشور ایران، عراق، و عربستان به‌صورت مشترک هزینه‌های مالچ‌پاشی این زمین‌ها را تأمین می‌کردند و تمام زمین‌ها در فصل خاصی از سال مالچ‌پاشی می‌شدند. مالچ، نوعی فرآورده چسبنده نفتی است که برای تثبیت شن‌های روان در بیابان‌ها استفاده می‌شود. جنگ عراق و تغییر رویه دولت‌ها، در دهه ۲۰۰۰ میلادی، سبب فراموشی این کار و در نتیجه افزایش ریزگرد در استان‌های غربی و جنوب غربی ایران و در برخی مواقع، در سراسر ایران شد. در چند مورد، وقوع ریزگرد به همراه آلاینده‌های هوای شهری، سبب اثرات بهداشتی فراوان برای شهروندان شده است.





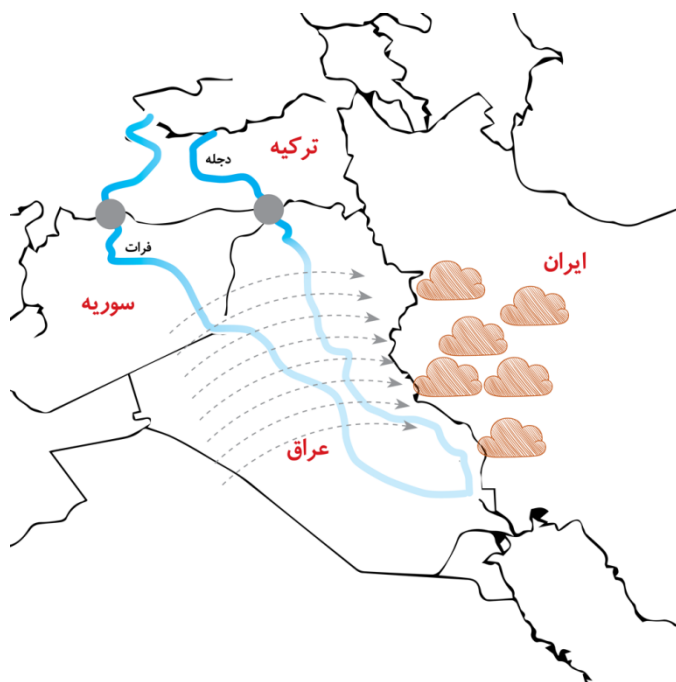
گاپ (GAP<sup>۱</sup>) پروژه عظیمی مشتمل بر ۲۲ سد بزرگ و کوچک و ۱۴ طرح برقآبی روی رودخانه‌های دجله و فرات در منطقه شرقی ترکیه است که ۹ استان و ۱۰ درصد خاک این کشور را شامل می‌شود. در طرح اولیه این پروژه، اجرای کشت آبی در ۱/۸ تا ۲ میلیون هکتار از اراضی ترکیه و تولید سالانه ۷۵۰۰ مگاوات انرژی برق پیش‌بینی شده است.

از سال ۲۰۰۸ میلادی تاکنون و با بهره‌برداری از این پروژه‌ها و همچنین تغییرات اقلیمی و افزایش تبخیر، ۱۱۴ میلیارد مترمکعب از آب حوضه آبریز بین‌النهرین (میان رودان) در کشور عراق کاهش یافته که به اندازه تقریبی کل آب تجدیدپذیر ایران است و دومین کاهش آب در یک حوضه آبریز پس از کشور هندوستان در جهان محسوب می‌شود. ۳۵ میلیارد مترمکعب از کاهش حجم آورد رودخانه‌های دجله و فرات به دلیل سدسازی‌های پروژه گاپ بوده است، اما بقیه این کاهش به دلیل حفر چاه‌های عمیق در حوضه آبریز بین‌النهرین (۶۰ درصد)، کاهش نزولات جوی (۲۰ درصد) و تبخیر آب ناشی از افزایش دما (۲۰ درصد) بوده است.



شکل ۱۱: نمایی از پروژه سدسازی گسترده در کشور ترکیه که امروزه به عنوان یکی از دلایل بروز خشکسالی و تولید ریزگرد در منطقه بین‌النهرین شناخته می‌شود.

رودخانه فرات نیز با سرچشمه گرفتن از ترکیه، وارد سوریه و عراق شده و این دو کشور را مشروب می‌کند. ترکیه با ساخت سد «آتاتورک» (بزرگترین سد خاورمیانه و نهمین سد بزرگ جهان) با حجم تنظیمی ۳۷ میلیارد مترمکعب (تقریباً به اندازه حجم تنظیمی همه سدهای موجود در ایران) در سال‌های گذشته، دریافتی سالیانه آب سوریه و عراق را که پیش از این سالیانه ۳۳ میلیارد متر مکعب بود به ۹ میلیارد مترمکعب کاهش داده است. از سوی دیگر، سد ایلسیو با گنجایش ۴۳ میلیارد مترمکعب و ظرفیتی معادل سه برابر بزرگ‌ترین سد ایران یعنی کرخه است. حجم ورودی آب رودخانه دجله به عراق سالیانه ۲۱ میلیارد مترمکعب بود، اما با ساخت سد «ایلسیو» در ترکیه، حجم ورودی آب به عراق به حدود سالیانه ۹ میلیارد مترمکعب کاهش یافت.



در سال‌های گذشته کشور سوریه نیز با ساخت سدهای متعدد بر روی رودخانه فرات، از حجم آب ورودی این رودخانه به عراق کاسته است. بر اساس تحلیل‌های کارشناسان، تا سال ۲۰۴۵ میلادی ۶۰ درصد به تقاضای آب شیرین در خاورمیانه افزوده می‌شود؛ این در حالی است که به دلیل تغییرات اقلیمی و کمبود آب، ۱۰ درصد از منابع موجود آب شیرین در این منطقه کاهش می‌یابد؛ موضوعی که می‌تواند حتی منجر به بروز درگیری‌های منطقه‌ای شود.

علاوه بر عوامل تاثیرگذار با منشأ خارجی، خشکسالی، کاهش بارندگی و اندک بودن میزان رطوبت هوا، فقدان پوشش گیاهی مناسب، تخریب مناطق جنگلی و مراتع کشور، بهره‌برداری بی‌رویه و روزافزون از منابع آب زیرزمینی و کاهش میزان رطوبت خاک‌ها و خشک شدن تالاب‌ها در کشور، باعث تشدید این پدیده در ایران شده است. از جمله تالاب هورالعظیم که بزرگترین تالاب استان خوزستان و نیز یکی از بزرگترین تالاب‌های ایران است که در مرز ایران و عراق واقع شده و حدود یک سوم آن در کشورمان و دو سوم آن در کشور عراق قرار دارد. عمق اصلی این تالاب به سمت کشور عراق است که حقایق‌های آن از رودخانه فرات و همچنین از رودخانه‌های ایران تامین می‌شود. امروزه، استان‌هایی نظیر سیستان و بلوچستان و کرمان نیز با این مشکل دست به گریبان هستند. در شرایط فعلی، بیش از ۲۰ استان به ویژه استان‌های غرب و جنوب غرب کشور به‌طور جدی با این پدیده درگیر می‌باشند که در برخی از موارد دامنه گسترده‌ای از کشور حتی تا دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز و شهر تهران را هم تحت تاثیر قرار می‌دهد.



## ۱-۲-۴. اثرات بهداشتی آلودگی هوا

### - منواکسید کربن

گازی است بی‌رنگ و بی‌بو ولیکن بسیار سمی. منبع اصلی تولید این گاز اتومبیل‌ها هستند. گاز منواکسید کربن در هوای آزاد و به مقدار کم، زندگی بیماران قلبی و ریوی را به خطر می‌اندازد و در افراد سالم باعث سردرد، سرگیجه، خستگی زیاد و تحریک اعصاب می‌شود. استنشاق این گاز در محیط‌های بسته و سقف‌دار باعث خفگی و مرگ می‌شود. این گاز در اثر احتراق سوخت‌های کربن‌دار تحت شرایط نامناسب به وجود می‌آید. منواکسید کربن ۲۰۰ برابر سریع‌تر از اکسیژن با هموگلوبین خون ترکیب شده و تولید کربوکسی هموگلوبین می‌کند. این گاز نه تنها با اتصال به هموگلوبین مانع چسبیدن اکسیژن به آن می‌شود، بلکه از آزاد شدن اکسیژن از اکسی هموگلوبین باقی‌مانده نیز جلوگیری می‌کند.

به این ترتیب بافت‌های بدن با کمبود اکسیژن روبه‌رو شده و اعضای حیاتی به‌ویژه قلب آسیب می‌بیند، گذشته از این منواکسید کربن خود، به طور مستقیم نیز به سلول‌های قلب آسیب رسانده و به روند تنگی عروق سرعت می‌بخشد. مطالعات نشان می‌دهد که بیش از ۷۰ درصد از منواکسید کربن منتشر شده در هوا در جریان عملیات حمل و نقل و حرکت خودروها تولید می‌شود. بر این اساس تغییرات ساعتی غلظت منواکسید کربن در هوای شهر تعیین‌کننده الگوی ترافیکی شهر است. مطالعات شهری نشان می‌دهد که غلظت این گاز در ساعات اولیه صبح و ساعات پایانی روز از حداکثر مقدار خود برخوردار است.

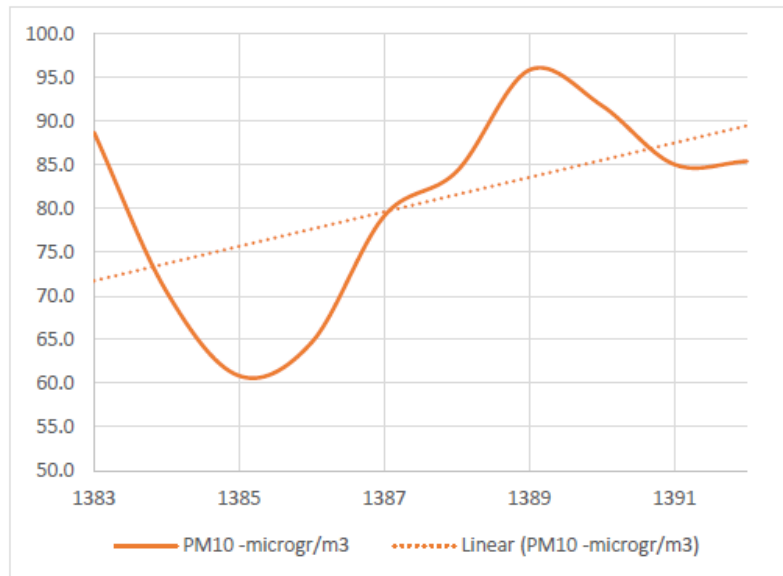
جدول ۲: عوارض ناشی از مونواکسید کربن در غلظت‌های مختلف

اثرات	زمان	غلظت مونواکسید کربن بر حسب جزء در میلیون (ppm)
عکس‌العمل مرکز اعصاب	۲۰ دقیقه	۵
کاهش تیزبینی و تیزهوشی	۸ ساعت	۳۰
سر درد خفیف	۲ - ۴ ساعت	۱۰۰
احساس فشار در پیشانی یا سر درد جزئی	۲ - ۴ ساعت	۲۰۰
سر درد شدید، ضعف و تهوع	۲ - ۴ ساعت	۵۰۰
تیرگی دید یا امکان بیهوشی، ضربان شدید قلب با تشنج‌های متناوب	۲ - ۳ ساعت	۱۰۰۰
مرگ	۲ - ۱ ساعت	۲۰۰۰

### - گردوغبار و ذرات معلق

به طور کلی، وقوع توفان‌های گردوغبار یک پدیده طبیعی در کمربند شمال آفریقا تا شرق آسیاست که کشور ایران هم در امتداد همین کمربند قرار دارد. نکته قابل توجه افزایش تعداد و شدت توفان‌های گردوغبار طی سال‌های اخیر است. نمودار زیر، بیانگر غلظت ذرات معلق PM<sub>10</sub> در تهران است که مجموع غلظت این نوع ذرات ناشی از فعالیت‌های انسان‌ساز و طبیعی است. با توجه به تغییرات آلاینده منواکسید کربن می‌توان نتیجه گرفت که از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۹۲ و حتی تا

به امروز، شاهد بروز پدیده گردوغبار بوده‌ایم.



شکل ۱۲: نمودار غلظت ذرات معلق (PM<sub>10</sub>) در تهران

### – اشعه ماورای بنفش (UV)

اشعه ماورای بنفش یک بخش طبیعی اما خطرناک از انرژی خورشید است. لایه ازن که در ارتفاع ۳۰ کیلومتری بالای زمین در لایه استراتوسفر قرار دارد، از ورود بخش عمده‌ای از این اشعه به زمین جلوگیری می‌کند. کاهش چشمگیر لایه ازن برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۸۰ بر فراز قطب جنوب مشاهده شد. از آن زمان دانشمندان کاهش‌های فصلی بارزی از لایه ازن را در قطب جنوب تأیید کرده‌اند. تخریب لایه ازن موجب تشدید نگرانی‌ها در خصوص سلامت و اثرات محیط زیستی ناشی از افزایش اشعه ماورای بنفش شده است. این اشعه سبب بسیاری از مشکلات مختلف بهداشتی می‌باشد. از جمله سرطان پوست و آب مروارید. احتمالاً افزایش اشعه ماورای بنفش سبب بسیاری از مشکلات محیط زیستی شامل کاهش جهانی جمعیت دوزیستان و سفید شدن صخره‌های مرجانی می‌باشد. خطرات بهداشتی و محیط زیستی ناشی از این اشعه عبارتند از:

- در مناطقی از جهان که تخریب لایه ازن اتفاق افتاده است، افزایش اشعه ماورای بنفش گیاهان و جانوران خشکی و آبی را در معرض خطر قرار می‌دهد.
- افزایش اشعه ماورای بنفش در خشکی احتمالاً سبب کاهش جمعیت و تغییر شکل اندام قورباغه‌ها و سایر دوزیستان می‌شود. همچنین بر روی برخی گیاهان و به طور مشخص محصولات کشاورزی آسیب می‌رساند. وارد آمدن خسارت بر محصولات توسط این اشعه می‌تواند بر رشد و چرخه غذایی آن‌ها اثر گذارد. همچنین توانایی گیاهان را برای مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها کاهش می‌دهد. صدمه دیدن محصولات کشاورزی، گیاهان و درختان که تأمین کننده غذا و پناهگاه برای بسیاری از جانوران محسوب می‌شوند، سبب می‌شود سایر گونه‌ها و حتی اکوسیستم‌ها نیز تحت تأثیر واقع شوند.
- افزایش اشعه ماورای بنفش در دریا سبب صدمه دیدن علف‌های دریایی، مرجان‌ها، گیاهان میکروسکوپی و

پلانکتون‌ها می‌شود. بسیاری از این جانداران در زمره منابع غذایی مهم هستند. پلانکتون در انتهای زنجیره غذایی دریا قرار دارد و مورد تغذیه جمع کثیری از موجودات دریایی از ستاره دریایی تا نهنگ‌ها قرار می‌گیرد. همچنین احتمالاً این اشعه سبب رنگ پریدگی و مرگ صخره‌های رنگارنگ مرجانی می‌شود.

- به علاوه در مناطقی که آلودگی هوا زیاد است، افزایش اشعه ماورای بنفش می‌تواند کیفیت هوا را بدتر کند. افزایش اشعه ماورای بنفش سبب افزایش واکنش اکسیدهای نیتروژن توسط ترکیبات آلی فرار (تولید ثانویه آگروز خودرو، انتشارات صنعتی و حلال‌های شیمیایی) و افزایش تولید ازن سطحی می‌شود. قرار گرفتن انسان در معرض ازن سطحی سبب بروز بسیاری از مشکلات بهداشتی می‌شود.
- اثرات منفی اشعه ماورای بنفش بر گیاهان و حیات وحش به صورت یکسان نیست. برخی محصولات کشاورزی در برابر این اشعه مقاوم‌تر از بقیه هستند و برخی موجودات دریایی قادرند مقداری از آسیب‌های ناشی از اشعه را در شب جبران نمایند. از سویی دیگر، در مناطق متأثر از مشکلات محیط زیستی افزوده از قبیل آلودگی، ممکن است اثرات ماورای بنفش مضرتر باشد.

### - اکسیدهای نیتروژن (NO<sub>x</sub>)

دی‌اکسید نیتروژن که بیشتر از سایر اکسیدهای نیتروژن در هوا منتشر می‌شود، گازی است قهوه‌ای رنگ و بدبو که به وسیله وسایل نقلیه موتوری و کارخانجاتی که از موتورهای درون‌سوز استفاده می‌کنند وارد هوا می‌شود. این گاز باعث تحریک چشم‌ها و قسمت‌های عمقی ریه‌ها شده و موجب بروز خستگی مفرط و افزایش موارد بیماری می‌شود. علاوه بر این، به گیاهان نیز صدمات زیادی وارد می‌کند. هفت گونه اکسید برای نیتروژن شناسایی شده است. در بین اکسیدهای مذکور دو اکسید NO و NO<sub>2</sub> از نظر آلودگی حائز اهمیت هستند.

تقریباً تمام اکسیدهای ازت که در هوا پراکنده می‌شود، از نوع منواکسید نیتروژن است. این گاز با غلظت‌هایی که در اتمسفر وجود دارد اثر شناخته شده‌ای بر سلامتی انسان ندارد. لیکن، با اکسید شدن NO به NO<sub>2</sub> و ترکیب با هیدروکربن‌ها در مجاورت نور خورشید زمینه تشکیل مه‌دود فتوشیمیایی فراهم می‌شود. علاوه بر این دی‌اکسید نیتروژن در ترکیب با هیدروکسیل رادیکالی (OH<sup>0</sup>) منجر به تولید اسید نیتریک می‌شود که در نهایت به صورت باران‌های اسیدی بر سطح زمین می‌بارد. هنوز اثر مستقیم و منفرد دی‌اکسید نیتروژن بر سلامتی انسان مشخص نشده است. تنها اثر شناخته شده آن در غلظت‌های بسیار زیادتر از حالت طبیعی، عمل به صورت یک عامل محرک حاد است، به طوری که کودکان و افراد مسنی که در تماس دائم با محیط‌های آلوده به دی‌اکسید نیتروژن باشند، از احتمال زیادتر ابتلا به بیماری برونشیت برخوردار هستند. دی‌اکسید نیتروژن، علاوه بر تأثیرات غیر مستقیم انسان، گیاهان، ساختمان‌ها و فلزات را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد، به طوری که در هنگام بارش باران‌های اسیدی خساراتی به مزارع و نمای ساختمان‌ها وارد شده و در فلزات خوردگی ایجاد می‌کند.

### - اکسیدهای گوگرد (SO<sub>x</sub>)

دی‌اکسید گوگرد که بیشتر از دیگر اکسیدهای گوگرد در هوا منتشر می‌شود، گازی است بی‌رنگ و بدبو که باعث تحریک

مجاری تنفسی به خصوص حلق، بینی و حنجره شده و ایجاد برونشیت‌های مزمن، آسم و آمفیزم می‌کند. منبع اصلی تولید این گاز، احتراق گازوئیل و مازوت در منازل، کارخانجات و وسایل نقلیه موتوری است. دی‌اکسید گوگرد وقتی با بخار آب موجود در هوا ترکیب می‌شود تبدیل به اسید شده و بارش آن به صورت باران اسیدی، باعث خوردگی فلزات، سنگ و پارچه می‌شود. این گاز نیز همچون دی‌اکسیدنیترژن بر گیاهان اثر گذاشته و باعث از بین رفتن آن‌ها می‌شود. بیش از ۸۰ درصد از اکسیدهای گوگرد به دست بشر در جریان احتراق سوخت‌های فسیلی از منابع ثابت آلوده کننده تولید می‌شود. از این مقدار سهم نیروگاه‌های برق در حدود ۸۵ درصد و سهم خودروها تنها ۲ درصد است. پالایشگاه‌های نفت، کارخانه‌های ذوب مس و کارخانه‌های سیمان نیز از جمله منابع غیر احتراقی تولید اکسیدهای گوگرد به شمار می‌روند.

دی اکسید گوگرد حتی در غلظت‌های بسیار کم (۰/۲ ppm) موجب ایجاد واکنش‌هایی در مغز می‌شود. تنفس هوایی که حاوی مقادیر کمتر از ۱ ppm از این گاز باشد، در مدت ده دقیقه، موجب افزایش ضربان قلب و سرعت حرکات تنفسی می‌شود و اگر غلظت آن اندکی بیشتر شود (۱-۸ ppm) ظرفیت جاری تنفسی را کاهش می‌دهد و گلو و مجاری تنفسی خشک می‌شود. افزایش میزان دی‌اکسید گوگرد، در هوای مناطق شهری و مسکونی، موجب بیماری‌های تنفسی، برونشیت و سرطان ریه شده و در غلظت‌های بالاتر سبب مرگ و میر می‌شود. همچنین دی‌اکسید گوگرد سبب می‌شود که سنتز DNA مختل شده و از رشد برخی از گلبول‌های سفید خون جلوگیری کرده و در نتیجه به سیستم دفاعی بدن آسیب وارد می‌سازد.

## ۱-۳. تغییر اقلیم و عوامل مؤثر بر آن

### ۱-۳-۱. اقلیم چیست؟

اقلیم، وضعیت معمول جوی هر منطقه در مدت زمان طولانی است. هر چند که ممکن است وضعیت هوای یک منطقه هر روز تغییر کند، اما اقلیم آن کمابیش ثابت می‌ماند. به طور مثال؛ مناطق معتدل، تابستان گرم و خشک و زمستان سرد و پربارش دارند، هر چند که امکان دارد گاهی فقط یک‌بار در سال، باران ببارد و سایر روزهای سال هوا خشک باشد. اقلیم به شرایط آب و هوایی یک منطقه جغرافیایی نظیر دما، رطوبت، فشار اتمسفر، باد، بارش و سایر مشخصه‌های هواشناسی در مدت زمانی نسبتاً طولانی نسبت داده می‌شود. یکی از اساسی‌ترین عوامل در ساختار سیاره زمین، اقلیم است که بدون شک طبیعت، انسان و تمامی مظاهر حیات در سطح گسترده‌ای متاثر از شرایط اقلیمی می‌باشند. براین اساس، اقلیم هر سرزمین عامل بسیار مهم در تقسیم جغرافیای زیستی به شمار می‌رود و به همین دلیل انسان اولیه در پی دستیابی به آب و غذا و به حکم ضرورت، هر جا اقلیم مناسبی یافته، اقامت گزیده و اجتماعات اولیه خود را پایه‌ریزی کرده است. ریشه این اصطلاح که در زبان عربی اقلیم گفته می‌شود، کلمه یونانی کلیما (Clima) است که تقریباً در تمام زبان‌ها از همین ریشه اقتباس شده است. دو قرن بعد از میلاد مسیح، بطلمیوس از روی مدت طولانی‌ترین روز سال هر ناحیه کره زمین، آب و هوا را طبقه‌بندی کرد و نام اقلیم را به نواحی مجاور هم اطلاق کرد که توسط مدارات از یکدیگر جدا شده‌اند، پهنای هر اقلیم به صورتی بود که اختلاف مدت طولانی‌ترین روز سال دو مدار فوقانی و تحتانی آن نیم‌ساعت

می‌شد. براین اساس، در دنیای شناخته شده قدیم، هفت اقلیم تشخیص داده شد که به اسامی شهرهای مهم آن زمان اقلیم مروه، اسکندریه، روم، رودس و ... نامیده می‌شدند.

تقسیمات اقلیمی مزبور، به همان صورت همراه با حکمت قدیم یونان در دنیای قدیم بسط یافت و به نظر می‌رسد که اصطلاح (هفت شهر) و (هفت اقلیم) که در ادبیات و حکمت ایران قدیم آمده است، از طبقه‌بندی بطلمیوس اقتباس شده است. در لغت‌نامه دهخدا، اقلیم به عنوان معنی خمیدگی و انحنای و انحراف و اصطلاحاً به معنی تمایل و انحراف ناحیه‌ای از زمین نسبت به آفتاب توضیح داده شده است، در فرهنگ عمید نیز، اقلیم کلمه‌ای است یونانی و مملکت، کشور، ناحیه و قطعه‌ای است از عالم که از لحاظ آب و هوا و سایر اوضاع و احوال طبیعی از منطقه و قطعه دیگر جدا شده باشد، پیشینیان تمامی خشکی‌های جهان را به هفت قسمت تقسیم کرده و هر قسمت را اقلیم نامیده‌اند.

درحقیقت، اقلیم حالت متوسط کمیت‌های مشخص کننده وضع هوا صرف‌نظر از لحظه وقوع آن‌هاست و به عبارت دیگر، اقلیم تابع مکان است ولی به زمان بستگی ندارد. بر طبق فرهنگ هواشناسی بین‌المللی هرگاه از اقلیم یک ناحیه سخن گفته می‌شود، منظور مجموعه شرایط جوی در منطقه است که تغییر شرایط جوی مشخصه هر ناحیه همراه با تغییرات زمانی اقلیم آن ناحیه را تشکیل می‌دهد.

### ۱-۳-۱-۱. اقلیم‌شناسی چیست؟

اقلیم‌شناسی علمی است که آب و هوا و خصوصیات دیگر جو را مورد مطالعه قرار می‌دهد. هدف اقلیم‌شناسی کشف و تبیین رفتار طبیعی اتمسفر و بهره‌برداری آن در جهت منافع انسان و شناسایی استعدادها و توان‌های اقلیم‌های مختلف برای زندگی انسان است.

اقلیم فاکتور بسیار مهمی از محیط زیست طبیعی بشر می‌باشد. در واقع، می‌توان گفت اقلیم‌شناسی علمی است برای بیان و شرح طبیعت اقلیم و بیان این موضوع که چگونه طبیعت هر منطقه‌ای با منطقه دیگر متفاوت است و این تفاوت‌ها می‌تواند چه تاثیری بر روی جنبه‌های مختلف زندگی انسان داشته باشد.

تقریباً تمام فعالیت‌های بشری برای تداوم چرخه زندگی به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تاثیر هوا و اقلیم است. غذایی که می‌خورید، آبی که می‌نوشید و یا در امور گوناگون مورد استفاده قرار می‌دهید، لباسی که برای مقابله با نوع خاصی از شرایط جوی بر تن می‌کنید، خانه و مسکنی که در آن سکونت دارید، کارهایی که روزانه در تلاش معاش انجام می‌دهید، و یا حتی تمام نیرویی که به کمک آن‌ها ادامه حیات می‌دهید و به‌طور کلی تندرستی و عدم آن، همه و همه تحت سلطه و اقتدار آب و هوای قلمرو زیست شماس است.

اقلیم‌شناسی در محدوده مطالعه به قسمت‌های ذیل تقسیم می‌شود:

- بزرگ اقلیم‌شناسی<sup>۲</sup>: به بررسی اقلیم در سطح کره زمین می‌پردازد.
- متوسط اقلیم‌شناسی<sup>۳</sup>: به بررسی اقلیم در سطح یک محدوده در حد ناحیه یا یک شهر می‌پردازد.

1 - Climatology

2 - Macro climatology

3 - Mezo climatology

■ ریز اقلیم‌شناسی<sup>۱</sup>: به بررسی اقلیم در سطح یک مزرعه یا یک ساختمان می‌پردازد. از زمان باستان تاکنون، به موازات پیشرفت علوم، شناخت هر چه بیشتر موضوع هوا و اقلیم هم توسعه می‌یابد. فیلسوفان یونانی علاقه زیادی به هواشناسی و اقلیم نشان می‌دادند. تقسیم‌بندی جهان به پنج منطقه اقلیمی، یعنی مناطق سرد و منجمد شمال و جنوب، مناطق معتدل شمال و جنوب و منطقه گرم (مناطق اقلیمی جهان)، به پارومنیس<sup>۲</sup> یونانی نسبت داده می‌شود که در پنج قرن پیش از میلاد مسیح می‌زیسته است. زمانی که مشاهده، حدس، گمان و خرافات در توسعه و پیشرفت هواشناسی و اقلیم‌شناسی نقش بازی می‌کردند، تا به آغاز قرن هفدهم طول کشید. در این هنگام اختراع ادوات هواشناسی و ثبت دیدبانی‌ها به یاری این علوم آمده و توضیحات دقیق‌تر اقلیمی را در دسترس قرار داده و آنالیز علمی پدیده‌های هوا را ممکن ساختند.

### ۱-۳-۱. عوامل موثر بر اقلیم

تغییرات اقلیمی فراوانی که از محلی به محل دیگر روی می‌دهند، همان‌طور که به وسیله ترکیب‌های مختلف مراحل جوی تعیین می‌گردند، سبب تولید انواع متعدد اقلیم‌های مربوطه هم می‌شوند. منطقه‌ای از سطح زمین که اثرات ترکیب شده فاکتورهای اقلیمی بر آن، موجب برقراری شرایط اقلیمی نسبتاً همگنی می‌گردند، یعنی یک نوع اقلیم، اصطلاحاً منطقه اقلیمی نامیده می‌شود. برای آن که بتوان توضیحات مربوطه را تسهیل نموده و مناطق اقلیمی را بر روی نقشه آورد، لازم است که انواع اقلیم را تشخیص داده و طبقه‌بندی کرد.

در هواشناسی، معمولاً شرایط حال حاضر آب و هوا مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ در حالی که در اقلیم‌شناسی مشخصه‌های بلندمدت آب و هوا مورد توجه است. اقلیم تا آن‌جا که با آسایش انسان رابطه برقرار می‌کند، نتیجه عواملی همچون تابش آفتاب، دمای هوا، رطوبت هوا، وزش باد و میزان بارندگی است.

#### الف) تابش آفتاب

تابش اشعه خورشید به سطح زمین باعث ایجاد گرمای طبیعی می‌شود.

#### ب) دمای هوا

میزان گرما و سرمای سطح زمین عامل اصلی تعیین کننده درجه حرارت هوای بالای آن است. هوا عبور دهنده تمامی طیف‌های نور خورشید بوده و در اثر دریافت اشعه خورشید دمای آن به طور مستقیم افزوده نمی‌شود. اما لایه‌های هوا به وسیله تماس با سطح زمین که در اثر دریافت اشعه خورشید گرم شده‌اند، گرم می‌شوند و سپس لایه‌های گرم شده هوا، گرمای خود را به وسیله جابه‌جایی به لایه‌های دیگر منتقل می‌کنند. جریان هوا و باد نیز باعث تماس بیشتر توده‌های عظیم هوا با سطح زمین شده و بدین طریق باعث گرمی هوا می‌شود. عکس این مطلب در زمستان و شب رخ می‌دهد. بدین ترتیب که هوا در اثر تماس با سطح زمین گرمای خود را از دست می‌دهد و سرد می‌شود. در نتیجه، میزان تغییرات روزانه و سالانه درجه حرارت هوا به تغییرات درجه حرارت سطح مورد تماس آن بستگی دارد.

1 - Micro climatology

2 - Parmenides

با توجه به این که سطح دریاها بسیار آهسته‌تر از سطح زمین تحت تأثیر آفتاب گرم می‌شوند، بنابراین؛ میانگین درجه حرارت هوای بالای خشکی‌ها در تابستان بالاتر و در زمستان پایین‌تر از میانگین درجه حرارت هوای بالای دریاهاست. ارتفاع از سطح دریا نیز تعیین کننده درجه حرارت هوا می‌باشد و در یک عرض جغرافیایی مشخص، مناطقی که در ارتفاع بیشتری قرار دارند سردتر از مناطق پایین‌تر هستند

### پ) رطوبت هوا

منظور از رطوبت هوا مقدار آبی است که به شکل بخار در هوا وجود دارد، که این بخار از طریق تبخیر آب سطح اقیانوس‌ها و دریاها و همچنین سطوح مرطوبی چون گیاهان وارد هوا می‌شود. هر چه هوا گرم‌تر باشد، بخار آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد. به عنوان مثال، ظرفیت پذیرش بخار آب در هوایی که دمای آن ۱۸ درجه سانتی‌گراد است، سه برابر هوایی است که دمای آن ۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین با کم شدن ارتفاع تراکم بخار آب در هوا زیاد می‌شود.

هوای بدون بخار آب را هوای خشک می‌گویند. این نوع هوا در جو وجود ندارد، حتی در جو روی بیابان‌ها و عرض‌های بالا. هوای خشک به علاوه رطوبت را هوای مرطوب می‌گویند. تبخیر که عامل مرطوب ساختن هوای خشک است، از سطح اقیانوس‌ها و آب‌های سطحی و تعرق، منبع رطوبت هوا، ایجاد ابرها و بارندگی است. حداکثر بخار آب موجود در جو ۳-۴ درصد است. بخار آب موجود در جو در متعادل نگه داشتن درجه حرارت جو کره زمین نقش عمده‌ای دارد. زیرا بخار آب امواج تشعشعی با طول موج بلند را جذب می‌نماید. پس اگر در جو مقدار بخار آب کم باشد، اختلاف درجه حرارت بسیار زیاد می‌شود. پس بحث در مورد متغیرهای هوای مرطوب از جمله رطوبت نسبی حائز اهمیت است.

### ت) باد

باد، به حرکت جریان هوا گفته می‌شود، یا به‌طور کلی‌تر به حرکت جریان گاز در اتمسفر گفته می‌شود. بادها عموماً براساس درجه قدرتشان، سرعت، نوع نیرویی که موجب به وجود آوردنش است و محل جغرافیایی که رخ می‌دهند و یا اثر می‌گذارند، دسته‌بندی می‌شوند.

### ث) باران

باران آبی است که پس از سرد شدن بخارهای جوی به وجود آمده و بر زمین می‌ریزد. وقتی هوای گرم به بالای آسمان صعود می‌کند، بخار آب را هم همراه خودش به بالا به داخل آسمان می‌برد. در بالای آسمان، بخار آب سرد می‌شود و قطره‌های آب دور ذرات ریز گرد و غبار موجود در هوا تشکیل می‌شود. مقداری از بخار آب هم به شکل کریستال‌های ریز یخ منجمد می‌شود که قطرات آب سرد شده را جذب می‌کند. قطرات به شکل کریستال‌های یخ، منجمد می‌شود و کریستال‌های بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهد که آن‌ها را برف‌ریزه می‌نامند. زمانی که برف‌ریزه‌ها سنگین می‌شوند، پایین می‌افتند. برف‌ریزه‌ها در مسیرشان رو به پایین با هوای گرم‌تر برخورد می‌کنند و ذوب می‌شوند و به صورت قطرات باران در می‌آیند.

## ۱-۳-۲. طبقه‌بندی اقلیمی

از آن‌جا که توزیع جهانی انواع اقلیم به‌طور اصلی نتیجه رژیم‌های گرما و رطوبت می‌باشد، ممکن است که اقلیم را در گروه‌های وسیعی طبقه‌بندی نمود که بر پایه اثرات هم‌بستگی داخلی گرما و رطوبت بر توده‌های هوا که آن‌ها هم به نوبه خود بر اقلیم‌های نواحی مختلف حکومت می‌نمایند، تقسیم کرد. انواع اقلیمی که بدین ترتیب معرفی می‌شوند، به ترتیب عبارتند از:

- اقلیم‌هایی که تحت نفوذ توده‌های هوای استوائی و حاره‌ای هستند.
  - اقلیم‌هایی که تحت نفوذ توده‌های هوای حاره‌ای و قطبی قرار دارند.
  - اقلیم‌هایی که تحت تسلط توده‌های هوای قطبی و منجمده واقع شده‌اند.
  - اقلیم‌های سرزمین‌های مرتفع که دارای خصوصیات مشخصی ناشی از اثرات ارتفاع از سطح دریا می‌باشند.
- زیرتقسیمات این چهار گروه اصلی انواع اقلیمی را تعیین می‌کنند که بر پایه توزیع منطقه‌ای عناصر اقلیمی، به‌ویژه درجه حرارت و نزولات جوی و تغییرات فصلی آن‌ها قرار دارند. اقلیم به‌طور کلی به ۵ دسته تقسیم می‌شود:

۱. اقلیم‌های حاره‌ای<sup>۱</sup>

۲. اقلیم‌های خشک<sup>۲</sup>

۳. اقلیم‌های معتدل گرم<sup>۳</sup>

۴. اقلیم‌های جنگلی سرد برفی<sup>۴</sup>

۵. اقلیم‌های قطبی<sup>۵</sup>

تنوع آب و هوا و اقلیم در ایران به دلیل ویژگی‌های متنوعی است که از آن میان می‌توان به گستردگی عرض جغرافیایی، امتداد کوهستان‌ها، تغییرات چشم‌گیر ارتفاعات و بالاخره موقعیت سرزمین نسبت به دریاها و گستره‌های آبی مجاور یا دور اشاره کرد. ایران جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود که از نظر شرایط اقلیمی و آب و هوا به دو گروه عمده خشک و مرطوب قابل تقسیم‌بندی است.

البته، تقسیم‌بندی‌های متعددی برای اقلیم ایران ارایه شده است. از جمله رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به تقسیم‌بندی چهارگانه اقلیمی اشاره کرد.

### ۱- اقلیم معتدل و مرطوب

سواحل دریای خزر دارای آب و هوای معتدل و بارندگی فراوان، رطوبت زیاد هوا و اعتدال درجه حرارت می‌باشد. دمای هوا در روزهای تابستان معمولاً بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شب‌ها بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد و در زمستان معمولاً بالای صفر است. بارش در تابستان نیز اغلب به صورت رگبار می‌باشد. شهرهای رشت، بندر انزلی، بابل و گرگان در این منطقه قرار دارند.

1 - Tropical rain climate

2 - Dry

3 - Warm temperate rainy climates

4 - Cold snow forest climate

5 - Polar



## ۲- اقلیم سرد

کوهستان‌های غربی که دامنه‌های غربی رشته کوه‌های مرکزی ایران را شامل می‌شوند، با توجه با این که میانگین دمای هوا در گرم‌ترین ماه سال در آن‌ها بیش از ۱۰ و میانگین حداقل دمای هوا در سردترین ماه کمتر از ۳- درجه سانتی‌گراد است. در این اقلیم زمستان‌ها طولانی، سرد و سخت بوده و چندین ماه از سال زمین پوشیده از یخ است. میزان بارندگی در تابستان کم و در زمستان زیاد است. فصل بهار کوتاه است و زمستان و تابستان را از هم جدا می‌کند. شهرهای تبریز، ارومیه، سنندج و همدان در این اقلیم قرار دارند.

## ۳- اقلیم گرم و خشک

در این اقلیم که بیشتر مناطق نیمه استوایی را شامل می‌شود، به دلیل وزش باد هوا بسیار خشک است. تابش مستقیم آفتاب در این مناطق شدید است. آسمان این مناطق، در بیشتر مواقع سال بدون ابر است، ولی معمولاً بعد از ظهرها در اثر گرم شدن و حرکت لایه‌های هوای نزدیک به زمین، مه و توفان گرد و غبار پدید می‌آید. رطوبت کم و نبودن ابر در آسمان باعث می‌شود دامنه تغییرات دمای هوا در این مناطق بسیار زیاد شود. در تابستان، تابش آفتاب در طول روز سطح زمین را تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌کند. در حالی که در هنگام شب به ۱۵ درجه سانتی‌گراد یا پایین‌تر می‌رسد. زمستان‌ها سخت و سرد و تابستان‌ها گرم و خشک است. این اقلیم شامل منطقه بیابانی و نیمه‌بیابانی می‌شود.

### - منطقه نیمه‌بیابانی

دامنه‌ها و کوهپایه‌های ارتفاعات شمالی، غربی و جنوبی از رطوبت بادهای مرطوبی که از فراز آن‌ها می‌گذرد تا حدودی استفاده می‌کنند. البته هر چه از غرب به شرق نزدیک می‌شویم، اثر بادهای مرطوب کاهش و خشکی هوا افزایش می‌یابد.

### - منطقه بیابانی

چاله‌های پست مرکزی، شرقی و جنوب شرقی ایران دارای آب و هوای خشک بیابانی است. اختلاف زیاد درجه حرارت هوای تابستان و زمستان، همچنین اختلاف زیاد درجه حرارت هوای شب و روز از ویژگی‌های مناطق نیمه‌بیابانی است. منطقه دشت لوت، کمترین میزان رطوبت نسبی در ایران را دارد که به احتمال قریب به یقین، گرم‌ترین منطقه آن نیز محسوب می‌شود. تهران، مشهد، اصفهان و شیراز از جمله مناطق نیمه‌بیابانی و شهرهایی چون زاهدان و یزد از جمله مناطق بیابانی محسوب می‌شوند.

## ۴- اقلیم گرم و مرطوب

سواحل جنوبی ایران که به وسیله رشته کوه‌های زاگرس از فلات مرکزی جدا شده‌اند، تابستان‌های بسیار گرم و مرطوب و زمستان‌های معتدل دارند. در این مناطق حداکثر دمای هوا در تابستان به ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر رطوبت نسبی آن به ۷۰ درصد می‌رسد. در این اقلیم رطوبت هوا در تمام فصل‌های سال بالاست و به همین دلیل اختلاف درجه حرارت هوا در شب و روز و در فصل‌های مختلف کم است. در این مناطق تابش آفتاب زیاد است. شهرهای بندرعباس، جاسک، آبادان و اهواز دارای آب و هوای گرم و مرطوب هستند. به طور کلی میزان بارندگی در سواحل خلیج فارس

منظم تر از سواحل دریای عمان است. سواحل دریای عمان تحت تأثیر بادهای موسمی اقیانوس هند قرار دارند و دارای باران‌های نامنظم و خشکسالی‌های فراوان هستند.

### ۱-۳-۳. تغییر اقلیم

هنگامی که ما راجع به تغییر اقلیم به عنوان یک رویداد فعلی صحبت می‌کنیم، فراموش می‌کنیم که سیستم‌های زمینی حاکم بر اقلیم هیچگاه ثابت نیستند. ۴۵ میلیون سال پیش قطب شمال آن قدر گرم بود که سرخ چوب<sup>۱</sup> و سرو<sup>۲</sup> بتوانند با ارتفاع ۳۰ متر و قطر ۱ متر در آن رشد کنند. در حدود ۱۸ هزار سال قبل، بیشتر بخش‌های کانادا و شمال آمریکا از یخ پوشیده بود و تقریباً در تمام نقاط آمریکای شمالی، از زمان عقب‌نشینی یخچال‌ها که هوا گرم‌تر از امروز بود، یک دوره وجود داشته است. در واقع، به نظر می‌رسد تغییر اقلیم قانون است نه استثنا. البته تفاوت در این است که اقلیم ما و فعالیت‌های انسانی است که باعث می‌شود این تغییرات سرعت بگیرد.

در تلاش برای تعیین میزان تأثیرگذاری انسان و پیش‌بینی پیامدهای آن، اقلیم‌شناسان غالباً سوالاتی درباره شرایط گذشته مطرح می‌کنند. به عنوان مثال، یک سوال مفید این است: در گذشته، وقتی سطح کربن دی‌اکسید موجود در جو زمین زیاد بود، گرمای زمین چقدر بود؟ یا در گذشته وقتی زمین گرم بود (به همان اندازه‌ای که ما فکر می‌کنیم در آینده گرم خواهد شد)، سطح آب دریاها چقدر بود؟ شناخت گذشته می‌تواند به ما درک چیزهایی که در حال حاضر اتفاق می‌افتد و پیش‌بینی (و آمادگی در برابر) پیامدهای آتی کمک کند. برای فراگیری که تلاش می‌کنند علم ناشناخته تغییر اقلیم را درک کنند، مفید است بدانند چگونه دانشمندان اطلاعات گذشته زمین را به دست می‌آورند و تفسیر می‌کنند.

### ۱-۳-۳-۱. چگونه گذشته اقلیم را می‌شناسیم؟

اگر همه ما مجبور بودیم تنها به خواندن دماسنج اکتفا کنیم، دانش ما از اقلیم زمین فقط به حدود سال ۱۸۶۰ میلادی می‌رسید. یعنی زمانی که هواشناسان و دریانوردان شروع به اندازه‌گیری سیستماتیک دما در سراسر جهان کردند. خوشبختانه ثبت دما تنها یادگار اقلیم گذشته نیست. تمامی موجودات زنده تا حدی به محدوده شرایط اقلیمی مشخصی وابسته هستند و با مشاهده شواهد باقی‌مانده از آن‌ها چیزهای زیادی از گذشته مشخص شده است. سه منبع مهم اطلاعاتی عبارتند از هسته‌های رسوبی، حلقه‌های درختان، و هسته‌های یخچال‌ها.

#### الف) هسته‌های رسوبی

رسوبات گلی موجود در اعماق اقیانوس‌ها و دریاچه‌ها حاوی ذرات خاک و خاکستر، فسیل‌های باقی‌مانده از موجودات آب‌زی و مواد گیاهی است که طی هزاران سال، لایه به لایه روی هم انباشته شده‌اند. با وارد کردن لوله‌های خالی به درون این رسوبات، دانشمندان هسته‌ها یا استوانه‌های دراز گل را استخراج می‌کنند که می‌توان آن را مانند خط زمان خواند. هر لایه کلیدی برای اقلیم محلی زمان انباشته شدن رسوبات است. به عنوان مثال، گرده‌های فسیل شده در رسوبات

1 - Redwood

2 - Cedars

۵۰۰۰ ساله یک دریاچه، شاهدهی بر انواع و فراوانی گیاهانی است که در آن اطراف زندگی می‌کردند. با نگاهی به مراتع حاضر و جوامع این گیاهان می‌توانیم اقلیم آن زمان را حدس بزنیم. دیگر سرنخ‌ها را می‌توان با آنالیز نوع یا ایزوتوپ اکسیژن موجود در پوسته‌های کربنات کلسیمی موجودات دریایی دفن شده در رسوبات اقیانوسی یافت. در دوران یخچالی شدن، یعنی زمانی که نسبت زیادی از بارندگی سالانه به جای برگشت به چرخه دریا، در سطح زمین به شکل یخ‌زده باقی می‌ماند، یک ایزوتوپ سبک‌تر اکسیژن (اکسیژن ۱۶) در صفحات یخی تجمع می‌یافت. در همین حال آب دریا از اکسیژن سنگین‌تر (اکسیژن ۱۸) غنی شد که این حالت در پوسته‌های حاوی اکسیژن موجودات دریایی آن زمان نیز اتفاق افتاد.



شکل ۱۳: متخصصان گیاه‌شناسی باستانی یک هسته رسوبی را از دریاچه واگنر در نزدیکی اکسبریج اونتاریو استخراج می‌کنند. گرده‌های فسیلی حفظ شده در لایه‌های این گل موجود در عمق دریاچه، شواهد تغییرات در جوامع گیاهی و شرایط اقلیمی را از زمان عقب‌نشینی یخچال‌ها در اختیار می‌گذارد.

## ب) حلقه‌های درختان

قدیمی‌ترین درخت زنده روی زمین کاج زبره<sup>۱</sup> است که در کوهستان سفید<sup>۲</sup> شرق کالیفرنیا رشد می‌کند و تخمین می‌زنند یکی از آن‌ها بیش از ۴۹۰۰ سال عمر داشته باشد. با شمارش و اندازه‌گیری عرض حلقه‌های درختان، دانشمندان به اصطلاح دیرینه‌شناس، تغییرات رشد سالانه در طول هزاران سال را دنبال می‌کنند. سپس می‌توانند ارتباط این تغییرات با شرایط محیط‌زیستی که آن‌ها در آن رشد کردند را مشخص کنند.

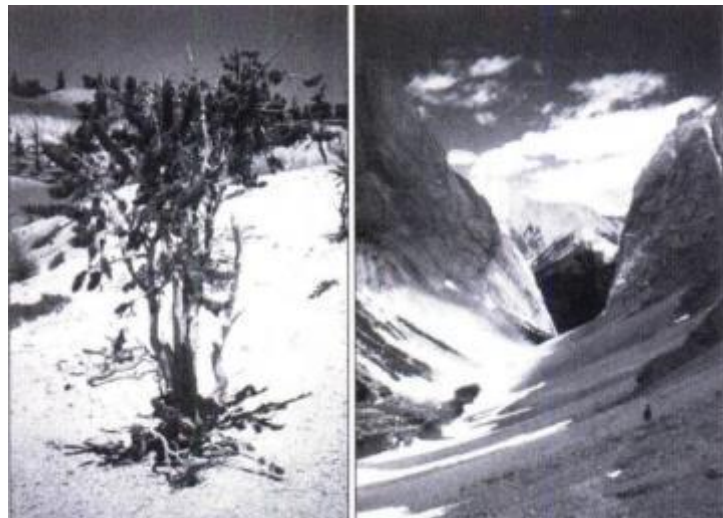
اجازه دهید فراگیران قطعات بریده شده درخت (اصطلاحاً کلوچه‌های درختی) را آزمایش و سن درخت را هنگام بریده شدن، مشخص و تغییرات عرض حلقه‌ها را بررسی کنند. حلقه‌های پهن‌تر نشان دهنده سالی است که در آن شرایط اقلیمی برای آن گونه بهینه بوده است. اگر زمان و مکان قطع درخت را می‌دانید، سعی کنید ارتباط بین الگوهای عرض حلقه‌ها با داده‌های هواشناسی در مورد دمای سالانه و بارندگی در طول زمان حیات درخت را پیدا کنید.

1 - Pinus longaeva

2 - White Mountains

شکل ۱۴: چپ: کاج زبره در جنوب کالیفرنیا که حلقه‌های سالانه این درختان قدیمی تاریخچه الگوهای دمایی و بارندگی در طول هزاران سال را بازگو می‌کنند.

شکل راست: بالا آمدن رشته کوه‌ها می‌تواند اقلیم را به واسطه تاثیر بر الگوهای باد و بارش تغییر دهد.



### پ) یخچال‌ها

هسته‌های یخی استخراج شده از یخچال‌های گرینلند<sup>۱</sup> و قطب اطلاعاتی درباره تغییر اقلیم و نیز غلظت گازهای زمان‌های گذشته فراهم می‌کنند. دانشمندان با آنالیز نسبت ایزوتوپ‌های متفاوت اکسیژن و هیدروژن در یخ، می‌توانند دمای زمان تشکیل آن را تعیین کنند و با آنالیز حباب‌های «هوای فسیل شده» آن، غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفری آن زمان را می‌سنجند. اطلاعات مفید دیگری نیز از ناخالصی‌های موجود در یخ به دست می‌آید: به طور مثال، لایه‌های خاکستر و گرد و غبار ممکن است نشان دهنده فعالیت‌های آتشفشانی و بادهای زیاد باشند.

### ۱-۳-۲. چه چیزی باعث تغییر اقلیم می‌شود؟

هنوز چیزهای زیادی باید درباره تاثیر متقابل پیچیده نیروهای زیستی که منجر به تغییرات عمده اقلیم می‌شوند یاد گرفت. موارد ذیل برخی از عوامل احتمالی در این فرآیندهای بلندمدت هستند.

#### ❖ موقعیت زمین

موقعیت زمین نسبت به خورشید، توزیع تابش خورشیدی در زمین و در فصل‌های مختلف را تعیین می‌کند. در سال ۱۹۴۱ دانشمند صربستانی به نام میلانکوویچ<sup>۲</sup> این تغییرات فصلی را مطالعه و این فرضیه را مطرح کرد که سه تغییر چرخه‌ای بسیار بلندمدت در موقعیت زمین وجود دارد که تاثیر اصلی را بر اقلیم دارند. نخستین چرخه میلانکوویچ، تغییر شکل مدار زمین است که در حوض خورشیدی (نزدیک‌ترین نقطه سال)، زمین را از خورشید دورتر نگه می‌دارد و منجر به اقلیم سردتر می‌شود. دومین چرخه از مدت زمان حدود ۴۱۰۰۰ سال، تغییر انحراف محور زمین از ۲۲ درجه به ۲۵ درجه است (در حال حاضر ۲۳/۵ درجه است). وقتی این انحراف بیشتر باشد، مناطق قطبی در تابستان انرژی تابشی بیشتر و در زمستان کمتر دریافت می‌کنند که باعث تغییرات دمایی فصلی شدیدی می‌شود. آخرین چرخه ۲۱۰۰۰ ساله است که هر ۵۸ سال یک‌بار حوض خورشیدی را یک روز جلو می‌اندازد. در حال حاضر زمین در ۴ ژانویه (۱۴ دی ماه) نزدیک‌ترین

1 - Greenland

2 - Milankovitch

موقعیت به خورشید را دارد، اما ۱۰۵۰۰ سال پیش حدود ۴ جولای (۱۳ تیر) در این موقعیت قرار داشت. احتمالاً زمستان‌های شمالی سردتر و تابستان‌ها گرم‌تر بوده است. تصور می‌شود این گرمای تابستانی شدیدتر عامل احتمالی ذوب شدن صفحات یخی بزرگ در آمریکای شمالی باشد.

### ❖ حرکت تکتونیکی

صفحات تکتونیکی زمین همیشه در حرکت هستند. اگر چه بیشتر ما زمانی از آن‌ها آگاه می‌شویم که زمین لرزه پدید می‌آید. حال اگر دوباره به شکل قاره‌های زمین نگاه کنیم، می‌توانیم آن‌ها را به صورت قطعات یک پازل غول‌پیکر تصور کنیم که شکسته و از هم جدا شده‌اند. این دقیقاً همان چیزی است که تصور می‌شود حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش اتفاق افتاده است. یعنی زمانی که یک ابرقاره به نام پانگه‌آ<sup>۱</sup> «کل زمین» از هم جدا شد. ممکن است بازچینش بعدی توده‌های زمین، اقلیم را تغییر داده باشند که این کار به وسیله تغییر مسیر جریان‌های اقیانوسی که گرما را در سراسر زمین توزیع می‌کردند رخ داده است. به طور مشابه، برآمدگی رشته کوه‌های زمین، الگوی دما و بارندگی را به واسطه تغییر حرکت باد، تغییر می‌دهد.

### ❖ تغییر پوشش برفی و یخی

پوشش برفی و یخی وسیع، اثر خنک‌کننده‌ای دارد که نه تنها به دلیل سرد بودن یخ است، بلکه انرژی خورشید را به جای جذب کردن، بیشتر بازتاب می‌دهد. در عوض، به دنبال سرد شدن، تجمع برف و یخ بیشتری وجود دارد که باعث می‌شود حتی انرژی خورشیدی بیشتری بازتابانده شود که باز به نوبه خود منجر به سرد شدن بیشتر می‌شود. این اثر، بازخورد مثبت<sup>۲</sup> نام دارد و طی زمان می‌تواند تغییر اقلیم را سرعت بخشد. یک حلقه بازخورد مثبت مشابهی در طول فرآیند گرمایش اتفاق می‌افتد. زمانی که برف و یخ ذوب می‌شود، سطوح خاک جدید در معرض تابش، تابش بیشتری را جذب و به صورت گرما رها می‌کنند. این گرما به نوبه خود منجر به ذوب شدن بیشتر می‌شود.

### ❖ فعالیت‌های آتشفشانی

فوران آتشفشانی مقادیر هنگفتی ذرات ریز و گازهای گوگردی (که تشکیل آئروسول‌های گوگردی می‌دهند) را در جو پخش می‌کند. این ذرات و آئروسول‌ها با بازتاب نور ورودی به فضا، زمین را از تابش خورشید محافظت می‌کند. بنابراین، بیشتر فوران‌های آتشفشانی اثر خنک‌کننده کوتاه‌مدتی در سطح زمین دارند. در هر صورت، فوران‌های بسیار زیاد ممکن است اثر بازخورد مثبتی را آغاز کنند که می‌تواند روند سرمایشی پدید آمده را تقویت کند.

### ❖ تغییر غلظت گازهای گلخانه‌ای

سنتز حباب‌های هوای موجود در هسته‌های یخی رابطه قوی میان دما و کربن دی‌اکسید اتمسفری در طول ۴۲۰ هزار سال گذشته را مشخص کرده است، اما نمی‌تواند سازوکار نوسانات گذشته را توضیح دهد. ممکن است یک مدل دمایی نشان دهد که در طول دوره‌های گرم‌تر، میزان کربن دی‌اکسید افزایش می‌یابد، چرا که نرخ تنفس گیاهان و باکتری‌های خاک زیاد می‌شود. مدل اتمسفری ممکن است نشان دهد که غلظت زیاد کربن دی‌اکسید با افزایش اثر گلخانه‌ای طبیعی منجر به

1 - Pangaea

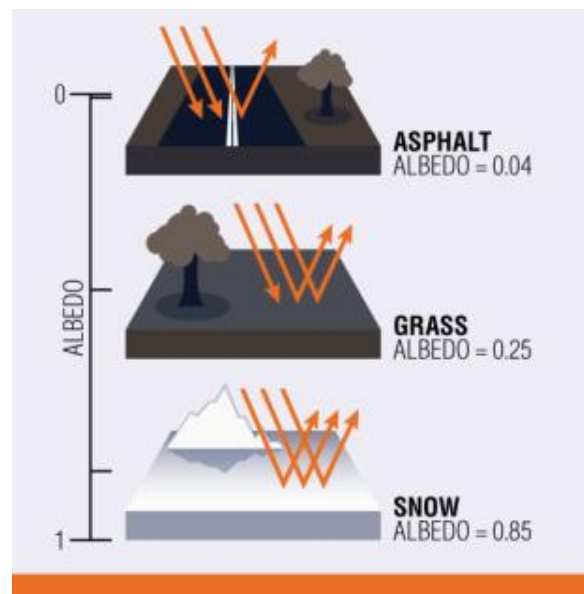
2 - Positive Feedback

گرمایش می‌شود. در حالی که ممکن است ما هرگز به این گونه سوالات درباره گذشته پاسخ ندهیم (از قبیل سوال معروف، اول مرغ بود یا تخم‌مرغ؟)، بیش از پیش مشخص است که فعالیت‌های انسانی که گازهای گلخانه‌ای را زیاد می‌کنند (به ویژه سوزاندن سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی)، مسئول تغییر اقلیم مشاهده شده و پیش‌بینی شده فعلی هستند.

### ❖ تغییر در ضریب انعکاس زمین (آلبدو)

سپیدایی یا آلبدو، به معنی درصد بازتاب نور از سطح یک جسم است. مقادیر این کمیت می‌تواند از صفر (تاریک مطلق) تا یک (روشن مطلق) تغییر پیدا کند. آلبدو را گاه با درصد و گاه با یک عدد اعشاری کوچک‌تر از یک نشان می‌دهند. دمای یک سیاره عملاً تحت تأثیر میزان انعکاس انرژی خورشیدی، موسوم به آلبدوی سیاره، و اثرات گازهای گلخانه‌ای است. فعالیت‌های مختلف بشری همانند استفاده بی‌رویه از جنگل‌ها و قطع درختان جنگلی، تبدیل چمنزارها به مزارع، تبدیل روستاها به شهرها، ایجاد دریاچه‌های مصنوعی جدید و حتی استفاده گسترده از جمع‌کننده‌های خورشیدی چهره زمین را تغییر داده و باعث افزایش ضریب بازتابی زمین شده است که در نتیجه نسبت به گذشته کسر بیشتری از انرژی خورشید به فضا باز تابیده می‌شود.

در طی فصل تابستان، در کنار فرآیند جذب پرتو فرابنفش و مادون قرمز در هر منطقه سقف، ساختمان‌ها، خیابان‌ها و سطوح تیره رنگ گرما را جذب کرده و آن را به هوا گسیل می‌کنند. با توجه به آن که اکثر سقف‌ها در شهرها تیره‌رنگ هستند، گرمای گسیل شده از سوی خورشید را جذب کرده و در خود نگاه می‌دارند. این پدیده باعث افزایش دمای مناطق مسکونی از ۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد شده و به نام پدیده جزیره گرمایی شناخته می‌شود که نه تنها باعث افزایش مصرف انرژی برای خنک کردن ساختمان‌ها می‌شود، بلکه باعث ایجاد آلودگی در جو از جمله تولید گاز ازن و افزایش ترکیبات زیان‌بار گوگردی و دیگر آلاینده‌های آسیب‌رسان در سطح زمین نیز می‌شود.

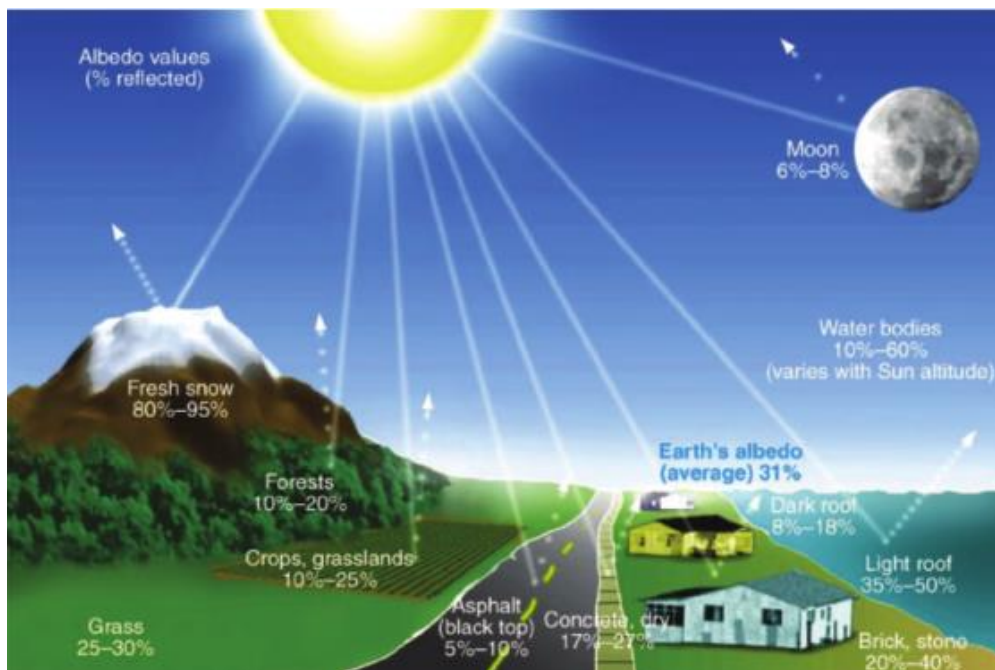


شکل ۱۵: سپیدایی متفاوت سطوح گوناگون

توضیح شکل: سپیدایی آسفالت برابر با ۰/۰۴؛ سپیدایی پوشش علفی برابر با ۰/۲۵؛ سپیدایی برف تازه برابر با ۰/۸۵ است.

آلبدوی سیاره زمین ۰/۳۷ است، بدین معنی که ۳۷٪ انرژی خورشیدی را سریعاً منعکس می‌کند؛ بنابراین؛ ۶۳٪ آن را جذب می‌نماید. آلبدوی سیاره زهره حدود ۰/۷۰ است (مقدار ذکر شده در منابع از ۰/۶۵ تا ۰/۸۵ متغیر است)، در نتیجه تنها

۳۰٪ انرژی خورشیدی توسط سیاره زهره جذب می‌شود. اما جو زهره که از کربن دی‌اکسید تشکیل شده به قدری غلیظ است که دمای سطح آن به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالا می‌رود. مریخ آلدویی برابر با ۰/۱۵ دارد، از این‌رو، بیشتر انرژی خورشیدی را جذب می‌کند، اما جو رقیق کربن دی‌اکسید مریخ (حدود ۰/۰۱ زمین) نمی‌تواند گرمای زیادی را به دام اندازد؛ بدین دلیل هم‌اکنون سطح مریخ برای بقای گونه‌های حیات بر پایه آب/کربن بیش از حد سرد است. با این وجود، در گذشته، زمانی که آتشفشان‌های عظیم مقادیر گسترده‌ای گاز (شامل بخار آب، کربن دی‌اکسید و متان) را در جو منتشر می‌کردند، دمای آن به میزان قابل توجهی بالاتر بوده و احتمالاً امکان پا گرفتن حیات در آنجا وجود داشته‌است.



شکل ۱۶: ضریب انعکاس زمین (آلبدو) در سطوح و پوشش‌های گوناگون

### ۱-۳-۳-۳. اثر گلخانه‌ای و پیامدهای آن

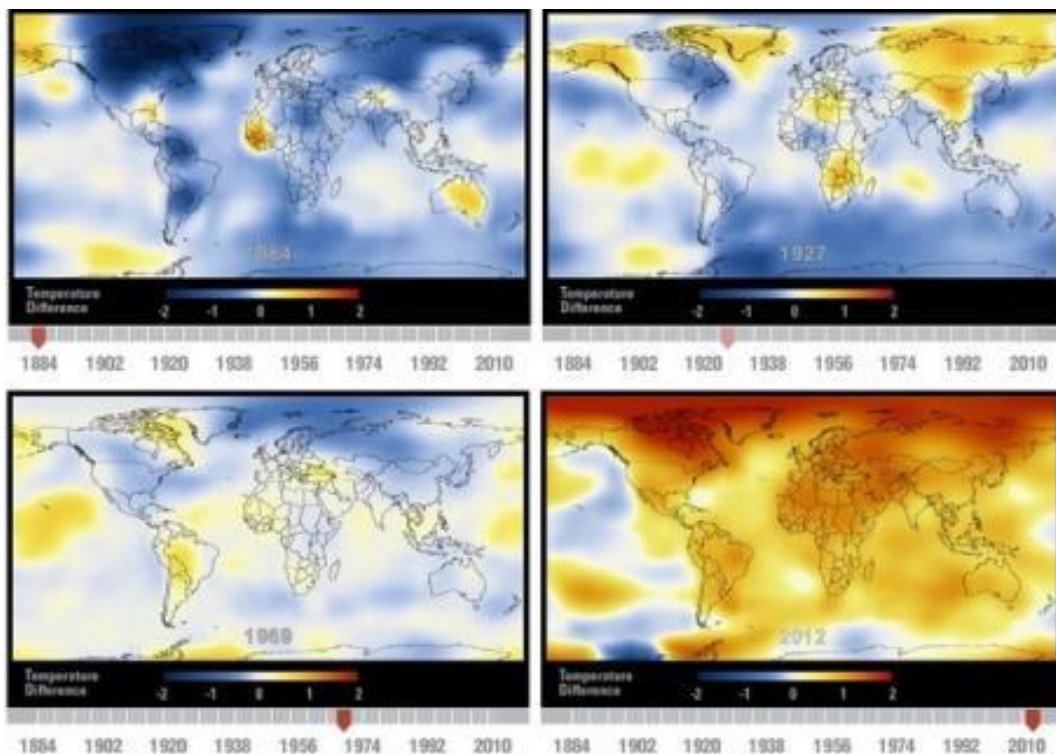
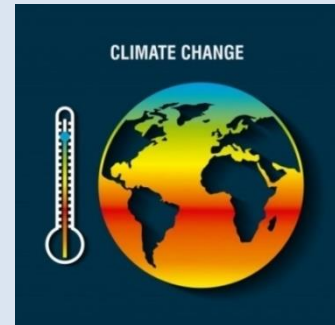
با آغاز انقلاب صنعتی در سال ۱۷۶۰ میلادی و رشد روزافزون دانش بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی همانند زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید موادی مانند کربن دی‌اکسید و بخار آب در جو شده است. همچنین، جمعیت کره زمین نیز روزبه‌روز افزایش پیدا کرده که این عامل نیز پیامدهای گوناگونی به همراه داشته است. این تغییرات همگی باعث آن شده است که شرایط آب و هوایی و جو زمین نیز مانند دیگر قسمت‌های کره زمین از آسیب‌های انسان در امان نمانده و دستخوش دگرگونی‌هایی شود. پدیده تغییر اقلیم که عمدتاً مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو است، از نمونه‌های بارز در این زمینه است. علت اصلی این پدیده، رهائش بیش از حد گازهای گلخانه‌ای در جو است که خود باعث به وجود آمدن بسیاری از مشکلات کنونی همانند گرم شدن تدریجی آب و هوا، بالا آمدن سطح آب دریاها و بارش رگبارهای سیل‌آسا در برخی از مناطق کره زمین است.

**تغییر اقلیم:** به هرگونه تغییر معنی‌دار در معیارهای اقلیمی اشاره دارد که برای یک دوره طولانی ادامه دارند. به عبارت دیگر، تغییر اقلیم شامل تغییرات جدی در دما، بارش یا الگوهای باد است که در طی چندین دهه یا بیشتر ایجاد می‌شوند.



اثر گلخانه‌ای<sup>۱</sup> و احتمال تغییرات اقلیمی<sup>۲</sup> از جمله مسائل مهم محیط زیستی جهان هستند. در طی قرن گذشته، دمای متوسط کره زمین ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. مطالعات صورت گرفته توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA<sup>۳</sup>) بیانگر آن است که در پایان قرن حاضر، دمای کره زمین ۱/۱۳۳ تا ۶/۴۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. تغییرات ایجاد شده در جو، سبب تغییر الگوهای آب و هوا در سطح کره زمین و پیدایش انواع توفان‌ها و گردبادهای بی‌سابقه می‌شود که هر سال، خسارت‌های زیادی در نقاط گوناگون جهان بر جای می‌گذارد.

برخی دیگر از مدل‌های آب و هوایی، پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۱۰۰ میلادی دمای کره زمین ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. این پیش‌بینی بیان‌کننده این مطلب است که تغییر اقلیم در طول قرن حاضر و قرن آینده بیشتر از تغییرات آن در طول یک‌صد قرن گذشته خواهد بود.



شکل ۱۷: نمایی شماتیک از میانگین دمای سطحی کره زمین در ۴ دوره زمانی متفاوت

(توضیح شکل: رنگ آبی تیره، نشانگر مناطقی است که از دمای میانگین خنک‌تر بوده‌اند و رنگ نارنجی، نشانگر مناطقی است که از دمای

میانگین گرم‌تر بوده‌اند)

- 1- Green house effect
- 2- Climate change
- 3- Environmental Protection Agency



تأثیرات تغییر اقلیم جهانی بر جامعه بشری بسیار زیاد و متنوع است. در ایالات متحده، نواحی جنوبی و غربی که در آن‌ها جمعیت با سرعت بالایی افزایش می‌یابد، توفان‌های ساحلی و خشکسالی‌های جدی و همچنین آلودگی هوا و موج‌های گرما را تجربه می‌کنند. مکان‌هایی همانند کالیفرنیا و صحرای جنوب غربی هم اکنون شاهد خشکسالی‌های شدید هستند و مدل‌ها پیش‌بینی می‌کنند که اقلیم این منطقه در سال‌های آینده گرم‌تر و خشک‌تر خواهد شد. کمبود آب ممکن است افزایش پیدا کند، به ویژه در شهرهایی که به سرعت در حال رشد هستند و اقلیم خشک را تجربه می‌کنند. همانند فونیکس و لاس‌وگاس<sup>۱</sup>. تأثیر دیگری که اقلیم گرم‌تر و خشک‌تر در غرب ایالات متحده سبب شده است، افزایش خطر آتش‌سوزی است که در منطقه موتین‌وست<sup>۲</sup> با دامنه بیشتری در حال وقوع است.

در مقیاس جهانی، تغییر اقلیم بر کشاورزی و تامین غذا و همچنین تهیه و کیفیت آب و سلامت انسان تأثیر می‌گذارد. افزایش دما؛ خشکسالی و تنش گرمایی را بیشتر می‌کند که در مقابل، بازده محصولات و بهره‌وری دام را کم می‌کند. حوزه‌های خشکسالی بیشتر شده در حالی که میزان آب منابع پر بازده قبلی، کم می‌شود. علاوه بر این، تقاضا برای آب بیشتر می‌شود، زیرا جمعیت جهانی رو به رشد است و در نتیجه تنش تامین آب در مناطق خشک‌تر دنیا بیشتر خواهد شد.

### دمای زمین در دست ۵۸ کشور جهان!

براساس گزارش مؤسسه ژرمن وچ که چندسالی است وضعیت گرمایش جهانی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای کشورها را دیده‌بانی می‌کند، در حال حاضر ۵۸ کشور جهان حدود ۸۶ درصد از سهم انتشار کربن دی‌اکسید جهان که اصلی‌ترین علت گرمایش زمین است، به خود اختصاص داده‌اند که ۱۰ کشور چین، امریکا، هند، روسیه، برزیل، ژاپن، اندونزی، آلمان، کره جنوبی و کانادا به ترتیب بزرگ‌ترین تولیدکننده‌های گاز گلخانه‌ای معرفی شده‌اند. بر اساس این گزارش، ایران از رتبه دهم تولید کربن دی‌اکسید جهان در سال ۲۰۱۴ اکنون به رتبه یازدهم ارتقا یافته است.



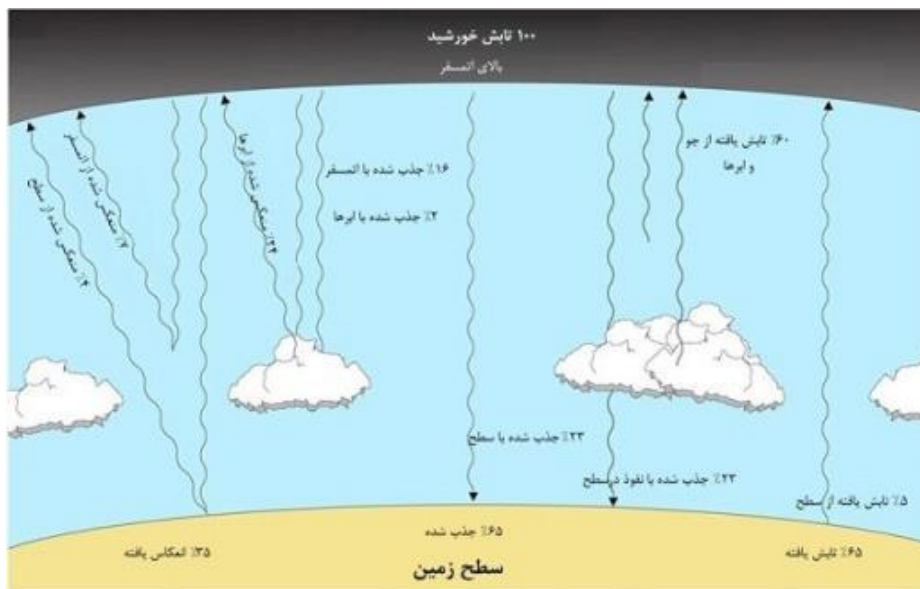
### الف) اثر گلخانه‌ای چیست؟

اگر به طرز کار و عملکرد گلخانه آشنا باشیم، درک پدیده اثر گلخانه‌ای آسان خواهد بود. چنانچه در گلخانه‌ای نشسته باشید، تابش نور خورشید را که از میان شیشه‌های گلخانه عبور می‌کند، حس خواهید کرد. شما گرم شدن هوا و زمین گلخانه را حس می‌کنید، گرمایی که سبب رشد گیاهان می‌شود. در این میان شیشه دو کار انجام می‌دهد: اول این که به نور خورشید اجازه عبور می‌دهد و دوم از فرار گرما جلوگیری می‌کند. پس در واقع، گلخانه وسیله‌ای برای جذب گرما است. کره زمین نیز شبیه به گلخانه‌ای است که جو آن عملکردی مانند شیشه دارد، یعنی به نور خورشید اجازه

1- Phoenix and Las Vegas

2- Mountain West

عبور می‌دهد ولی از فرار گرما جلوگیری می‌کند. حدود نیمی از انرژی تابشی خورشید پس از برخورد با سطوح بازتابنده مثل ذرات موجود در اتمسفر یا برفی که سطح زمین را پوشانده است، به فضا بر می‌گردد. باقی مانده انرژی در سطح زمین جذب و به صورت اشعه مادون قرمز (فروسرخ) یا گرما و انرژی آزاد می‌شود. زمانی که این حرارت به سمت بالا بر می‌گردد، مقداری از آن به فضا رها و بقیه به وسیله گازهایی همانند بخار آب، دی‌اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان که در جو به صورت طبیعی وجود دارند، جذب و به زمین برگردانده می‌شوند. این اثر طبیعی «گلخانه‌ای» چیزی است که سطح زمین را به اندازه کافی گرم می‌سازد تا زندگی ادامه یابد. بدون گازهای گلخانه‌ای، میانگین دمای زمین ۱۸- درجه سانتی‌گراد می‌شود. شکل ذیل، راه‌های تابش خورشیدی و همچنین، نحوه و میزان بازتابش این انرژی از سطح زمین و اتمسفر را نشان می‌دهد.



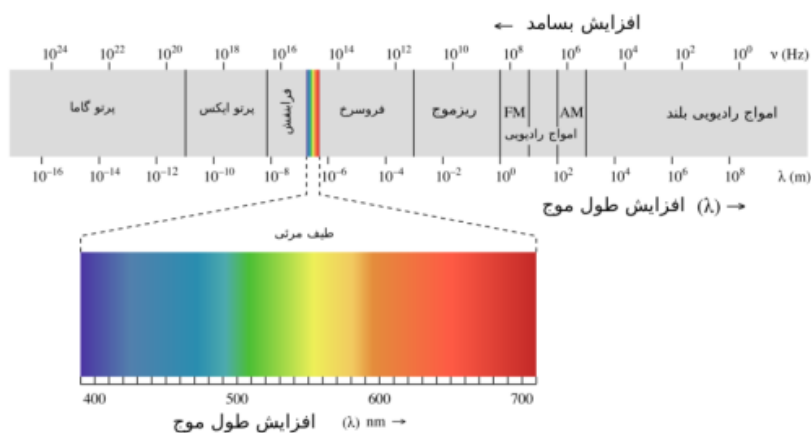
شکل ۱۸: روش‌ها و میزان دریافت و بازتابش نور خورشید در اتمسفر و سطح کره زمین

برای توصیف عملکرد و اثر پدیده گلخانه‌ای باید موازنه انرژی میان زمین و فضا بررسی شود. در شکل بعدی، این موازنه انرژی نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، تابش‌های خورشیدی پس از عبور از فضا به جو زمین رسیده و بخش بیشتر آن توسط زمین جذب می‌شود. جذب این انرژی توسط زمین باعث گرم شدن کره زمین خواهد شد که این امر باعث تابش امواجی از طرف زمین به فضا می‌شود.



شکل ۱۹: موازنه انرژی میان زمین و فضا

بر اساس قوانین فیزیکی، طول موج تابش‌های تولید شده از زمین با پرتوهای رسیده به سطح آن متفاوت است. این بدان معنا است که مثلاً اگر زمین تابش‌های مرئی را دریافت می‌کند، هنگام تابش خود، پرتوهای گوناگونی تولید می‌کند که بسامد آن‌ها با بسامد پرتوهای مرئی متفاوت است. زمین پس از گرم شدن، تابش‌های فرسرخ از خود منتشر می‌کند. بخشی از این تابش‌های فرسرخ از جو عبور کرده و بخشی دیگر به وسیله گازهای گلخانه‌ای موجود در جو جذب شده و مجدداً توسط همین گازها به سطح زمین بازتابیده می‌شوند. شکل ذیل، گستره امواج الکترومغناطیسی همراه با طول موج و بسامد آن‌ها را نشان می‌دهد.

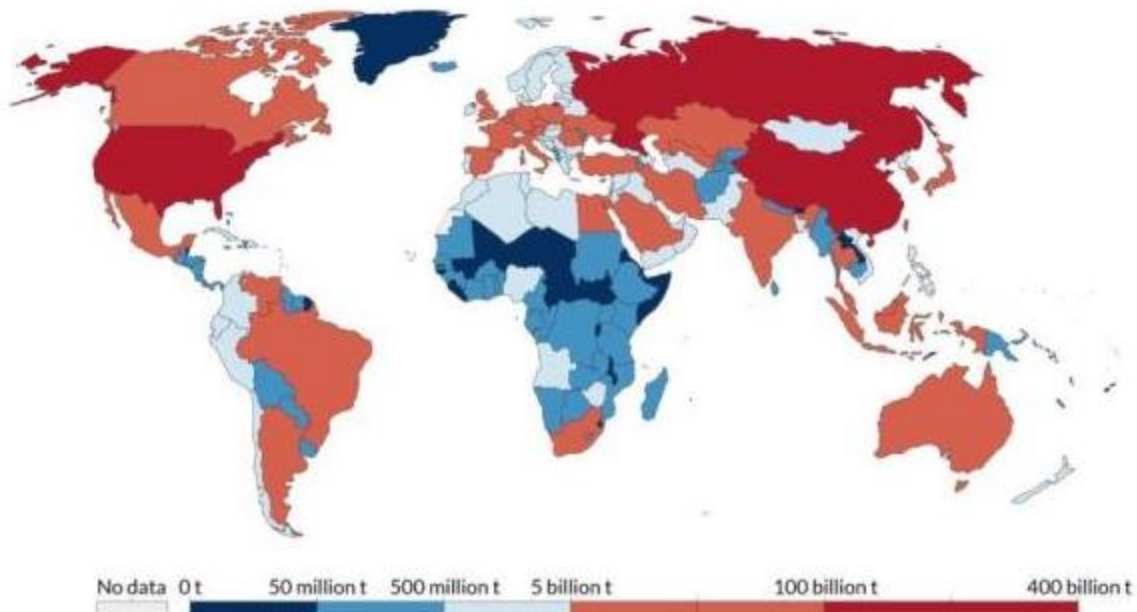


شکل ۲۰: گستره امواج الکترومغناطیسی به همراه طول موج و بسامد آن‌ها

در حقیقت، گازهای گلخانه‌ای که نسبت به نور مرئی شفاف هستند، با تغییر طول موج پرتوها، به صورت نیمه‌شفاف عمل کرده و تمام تابش‌های فرسرخ منتشر شده از سطح زمین را از خود عبور نمی‌دهند و دوباره مقداری از آن‌ها را به زمین باز می‌گردانند. گازهای گلخانه‌ای مهم عبارتند از:

- بخار آب ( $H_2O$ )
- کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ )
- اکسید نیتروژن ( $N_2O$ )
- متان ( $CH_4$ )
- ازن جو پایین ( $O_3$ )
- کلرو فلئورو کربن‌ها (CFCs)

تا زمانی که انرژی ورودی به سیستم با خروجی آن متعادل می‌شود، میانگین دما نسبتاً پایدار است. اما افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، پتانسیل برهم زدن این تعادل را دارد. چرا که مقدار گرمایی که نزدیک سطح زمین محبوس می‌شود را افزایش می‌دهد.



شکل ۲۱: کشورهای توسعه یافته عامل اصلی تغییر اقلیم جهانی هستند.  
توضیح شکل: میزان انتشار و تجمع گاز گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید تا سال ۲۰۱۷ میلادی

در بیش از ۱۰۰۰۰ سال گذشته، غلظت فراوان‌ترین گاز گلخانه‌ای یعنی دی‌اکسید کربن در حدود ۲۸۰ ppm باقی مانده بود (۲۸۰ مولکول کربن دی‌اکسید در یک میلیون مولکول هوا). در طول آن دوره، میان منابع کربن دی‌اکسید همانند تنفس، تجزیه و آتش‌سوزی جنگل‌ها و فرآیندهایی که آن را از اتمسفر می‌گرفتند، مثل فتوسنتز و جذب به‌وسیله اقیانوس‌ها، تعادل وجود داشت. از زمان آغاز انقلاب صنعتی در سال‌های ۱۷۶۰، انسان‌ها تعادل دی‌اکسید کربن را به دو روش تحت تاثیر قرار دادند. ما مقدار زیادی کربن دی‌اکسید را با سوزاندن سوخت‌های فسیلی غنی از کربن مانند زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی به جو اضافه کرده‌ایم. در همین حال تقریباً نیمی از جنگل‌های دنیا را با قطع درختان آن‌ها از بین برده‌ایم و باعث شده‌ایم کربن ذخیره شده در درختان خارج شود و قابلیت زمین برای جذب کربن دی‌اکسید از طریق فتوسنتز کاهش

یابد. در دهه‌های گذشته تقریباً به طور سالانه ۷ میلیارد تن کربن به واسطه سوزاندن سوخت‌های فسیلی و پاک‌تراشی جنگل‌ها رهاسازی شد. حدود نیمی از این مقدار در اقیانوس‌ها حل یا به وسیله گیاهان جذب شد. نیمی دیگر یعنی حدود ۳/۵ میلیارد تن کربن به اتمسفر اضافه شده و به مدت ۵۰ تا ۲۰۰ سال در آن جا باقی خواهد ماند. تاکنون غلظت جهانی کربن دی‌اکسید، ۳۱ درصد نسبت به سطح پیش از صنعتی شدن افزایش یافته و تخمین زده می‌شود که با مقدار سالانه ۰/۴ درصد افزایش یابد. سطح متان ۱۵۱ درصد و اکسید نیتروژن ۱۷ درصد زیادتر شده است. مؤثرترین گازهای گلخانه‌ای یعنی گروهی از ترکیبات انسان ساخت که شامل کلرو فلورو کربن‌ها (CFCs) هستند، حتی پیش از دهه ۱۹۳۰ وجود نداشتند، اما مسئول حدود ۱۲ درصد افزایش اثر گلخانه‌ای هستند. تمامی این گازهای گلخانه‌ای با گذشت زمان و به وسیله شیمی اتمسفر نابود می‌شوند اما این فرآیند قرن‌ها طول می‌کشد. در این میان، بخار آب و کربن دی‌اکسید، مجموعاً ۹۰ درصد سهم اثر گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهند. میزان انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی، به میزان ۲۶ درصد در حفاصل سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ میلادی افزایش یافته است. انتشار گاز کربن دی‌اکسید، که سه‌چهارم گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد، در همین دوره ۳۱ درصد افزایش یافته است. در ایالات متحده آمریکا، انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط انسان‌ها، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ میلادی، به میزان ۱۴ درصد افزایش یافته است. بنابراین؛ گازهای گلخانه‌ای باعث باقی ماندن کسری از انرژی خورشیدی رسیده به سطح زمین در داخل جو می‌شوند. این تبادل انرژی سبب پایا ماندن دمای زمین در حد مناسبی می‌شود به گونه‌ای که اگر اثر گلخانه‌ای در جو زمین وجود نداشت، دمای کره زمین به طور متوسط ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به زمان حال کمتر می‌شد. چنین کاهش دمایی باعث آن می‌شود که زمین غیرقابل سکونت باشد (مشابه عصر یخبندان). از سوی دیگر، چنانچه میزان گازهای گلخانه‌ای در داخل جو زیادتر از حد متعارف شود، موازنه انرژی زمین به هم خورده و باعث باقی ماندن انرژی بیشتری در داخل جو زمین می‌شود.

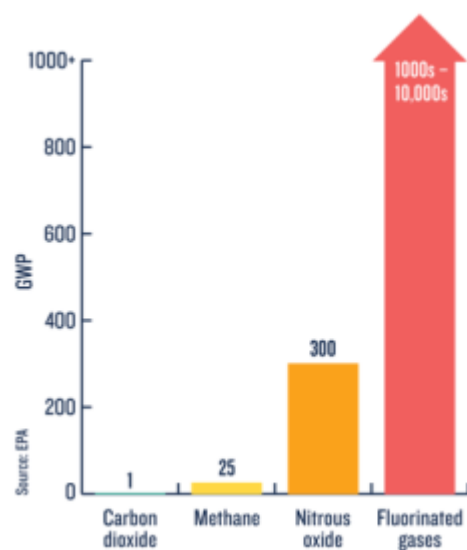
برزیل ۱۰ درصد از کل کربن دی‌اکسید دنیا را تولید می‌کند، زیرا سوزاندن جنگل‌های بارانی را متوقف نکرده است. در آتش‌سوزی جنگل‌های آمازون در سال ۱۹۸۷ پانصد میلیون تن گاز کربن دی‌اکسید وارد جو شد!

این مقدار از تمام گاز تولید شده توسط نیروگاه‌های آمریکا که سالانه مقدار عظیمی برق تولید می‌کند نیز بیشتر است.

جدول ۱: مشخصات گازهای گلخانه‌ای و نقش آن‌ها در افزایش گرمای کره زمین

منابع	حداکثر عمر در اتمسفر (سال)	توان به دام انداختن گرما (در ارتباط با کربن دی‌اکسید)	افزایش از سال ۱۷۵۰ (درصد)	سهم گاز در اثر گلخانه‌ای (درصد)	گاز
تنفس - تجزیه - آتش‌سوزی جنگل - تبخیر اقیانوس‌ها - سوزاندن سوخت‌های فسیلی	۲۰۰-۵۰	۱	۳۱	۵۳	کربن دی‌اکسید
ذخایر زیرزمینی (گاز طبیعی عمدتاً متان است) - تنفس بوسیله تجزیه‌کنندگان بی‌هوازی که در تالاب‌ها، مزارع برنج و سیستم گوارشی حیوانات نشخوارگر وجود دارد - زمین‌های دفن زباله	۱۰	۲۵	۱۵۱	۱۷	متان
میکروب‌هایی که مواد آلی خاک را تجزیه می‌کنند - کودهای ازتی - سوزاندن سوخت‌های فسیلی و چوب	۱۵۰	۲۰۰	۱۷	۵	اکسید نیتروژن
مقدار بسیار کمی از آن در جو به صورت طبیعی وجود دارد - در حضور نور خورشید با ترکیب اکسید نیتروژن و ترکیبات آلی فرار حاصل از آگزور اتومبیل‌ها پدید می‌آید.	هفتگی	۲۰۰۰	۳۶	۱۳	ازن
ترکیبات انسان‌ساخت مورد استفاده در یخچال‌ها، تهویه مطبوع، محصولات فومی، و اسپری‌ها - منبع طبیعی ندارد.	۱۰۰-۶۰	تا ۱۰۰۰۰	در سال ۱۷۵۰ وجود نداشت	۱۲	کلرو فلورو کربن‌ها

توان گرمایش جهانی (GWP) توسط گازهای گلخانه‌ای، نشان می‌دهد که کلرو فلورو کربن‌ها بیش از ۱۰۰۰۰ مرتبه (در ارتباط با کربن دی‌اکسید) توان به دام انداختن گرما را دارند.



در طی ۲۰۰ سال گذشته و به ویژه در ۵۰ سال اخیر، انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت افزایش یافته است. برای نمونه در حال حاضر، نسبت به پیش از انقلاب صنعتی، موجودی گازهای کربن دی‌اکسید و متان در جو به ترتیب ۳۰ و ۱۵۰ درصد افزایش داشته است و در این میان کربن دی‌اکسیدی که از سوختن سوخت‌های فسیلی منتشر می‌شود، اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای انسان‌ساخت به شمار می‌رود.

یکی از مهم‌ترین آثار گرم شدن زمین، تغییر شرایط جوی در سرتاسر جهان است. از زمان به وجود آمدن زمین در حدود چهار میلیارد سال پیش، این سیاره چرخه‌های بسیار زیاد گرم شدن و سرد شدن را از سر گذرانده است. از جمله در ۱۰۰ میلیون سال پیش، در دوران کرتاسه (دوره دوم زمین‌شناسی) میانگین دمای کره زمین حدود ۸ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از امروز بوده است. دایناسورها در دمایی بیش از دمای امروز زمین، زندگی می‌کردند. در دوران یخبندان، در حدود ۱۰۰ هزار سال پیش، متوسط دمای هوا چند درجه از امروز کمتر بوده است. توده‌های یخی که امروز قطب‌ها را پوشانده‌اند، تمام اروپای شمالی، آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی و استرالیا را پوشانده بودند. آخرین یخبندان حدود ۱۰ هزار سال پیش رخ داده است.

گاز گلخانه‌ای که به طور طبیعی تولید می‌شود، به طور طبیعی هم جذب می‌شود. آب دریاها حجم عظیمی از گاز کربن دی‌اکسید موجود در جو را توسط موجودات زنده ذره‌بینی به نام پلانکتون جذب می‌کنند. پلانکتون‌ها در آب‌های سردتر کربن دی‌اکسید بیشتری را جذب می‌کنند. پس با گرم‌تر شدن جهان به خاطر اثر گلخانه‌ای، آب‌ها نیز گرم‌تر شده و جذب کربن دی‌اکسید توسط پلانکتون‌ها به شکل نگران‌کننده‌ای کمتر می‌شود. مراتع و گیاهان به خصوص درختان موجود در جنگل‌های پهناور مناطق گرمسیری (جنگل‌های بارانی) هم مقدار زیادی از کربن دی‌اکسید هوا را جذب می‌کنند، ولیکن این جنگل‌ها نیز به خاطر قطع بی‌رویه و آتش‌سوزی‌های پیاپی در حال نابودی است.

همچنان که با افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای در جو، زمین به سوی یک جهنم پیش می‌رود، سازمان‌های بین‌المللی نیز هشدار می‌دهند که هزینه‌ها و پیامدهای ناشی از گرمایش جهانی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه رو به افزایش است. بر اساس اعلام سازمان ملل، گرم شدن کره زمین تا سال ۲۰۵۰ سالانه حداقل نیم میلیارد دلار برای هر یک از کشورهای در حال توسعه هزینه در بر خواهد داشت، این در حالی است که بیشتر این رقم ۱۰۰ میلیون دلار برای هر سال عنوان شده بود.

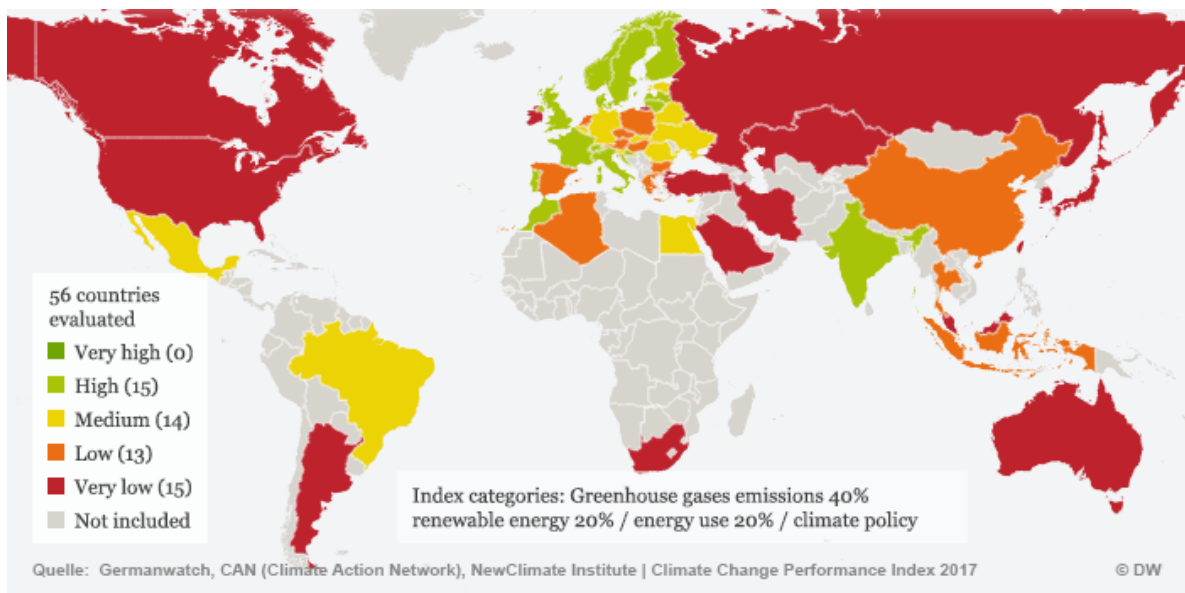




## ایران چهارمین کشور تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای در بین کشورهای در حال توسعه

ایران به عنوان چهارمین کشور در حال توسعه از نظر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شود. از این‌رو، مؤسسه ژرمن وچ، ایران را در ردیف کشورهای با عملکرد «بسیار ضعیف» طبقه‌بندی کرده است.

ایران در حالی رتبه یازدهم جهان در تولید کربن دی‌اکسید و پنجاه و هفتم در کارایی سیاست‌های دولت در مبارزه با تغییر اقلیم را به خود اختصاص داده است که کشور چین با رتبه نخست تولید کربن دی‌اکسید جهان، در گزارش «شاخص عملکرد مبارزه با تغییر اقلیم» بالاتر از ایران و در جایگاه ۴۵ جهان ایستاده است. این در حالی است که ایران تنها ۱/۵۴ درصد از گاز کربن دی‌اکسید جهان را تولید می‌کند، اما چین ۲۳/۴۳ درصد از این آلودگی را تولید می‌کند. شکل ۲۲، براساس شاخص عملکرد تغییر اقلیم (۲۰۱۷) ترسیم شده و نقشه پهنه‌بندی کشورهای جهان از لحاظ ارزیابی عملکرد اقدامات مدیریتی مرتبط با مبارزه تغییر اقلیم را نشان می‌دهد. متأسفانه، جایگاه ایران در گروه کشورهای با عملکرد «بسیار ضعیف» می‌باشد.



شکل ۲۲: ارزیابی عملکرد کشورهای جهان در مورد مبارزه با تغییر اقلیم

(توضیح شکل: رنگ قرمز تیره، نشانگر امتیاز بسیار پایین و رنگ سبز تیره، نشانگر امتیاز بسیار بالا است)

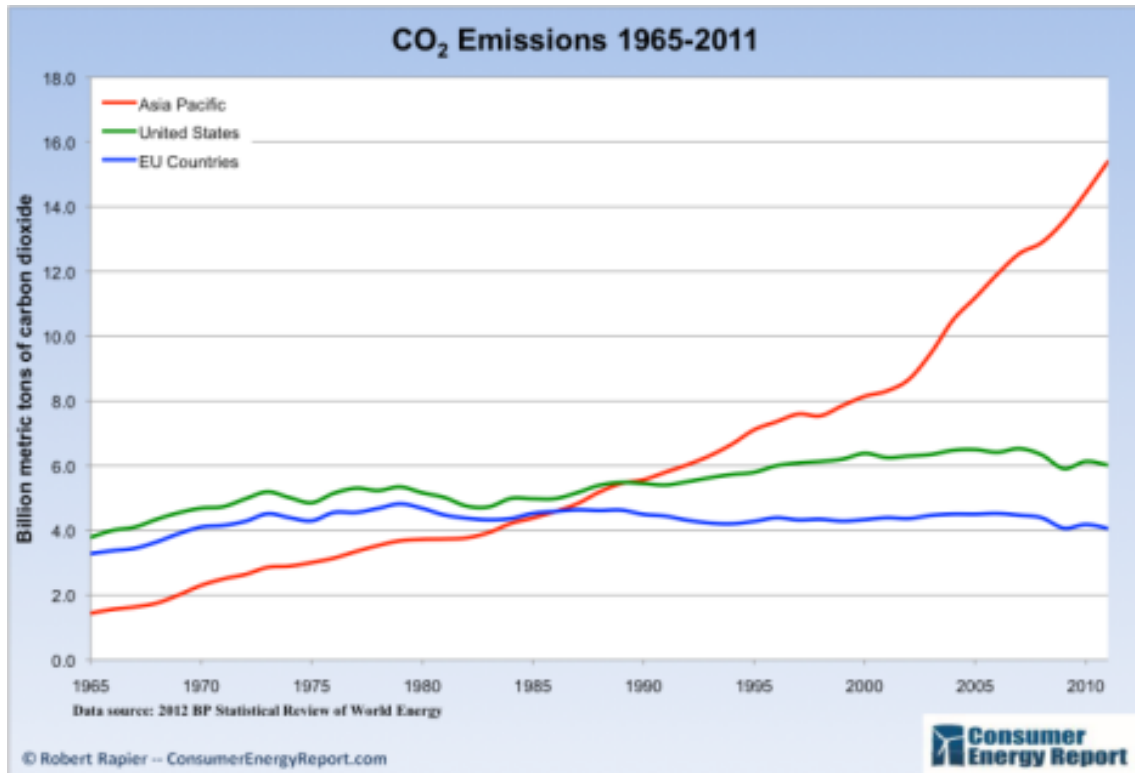


ب) مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای کدامند؟

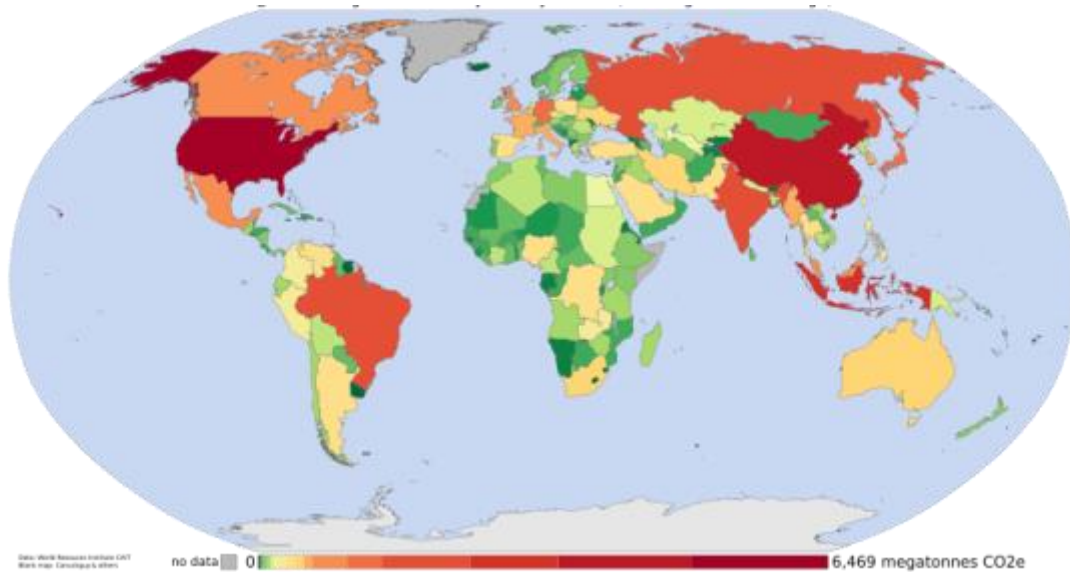
### ❖ کربن دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>)

مطالعات نشان می‌دهد که هر زمان میزان کربن دی‌اکسید افزایش یافته، دمای کره زمین نیز افزایش یافته است و هنگامی که غلظت آن کاهش پیدا کرده، دمای کره زمین نیز کاهش پیدا کرده است. از عمده‌ترین منابع تولید کربن دی‌اکسید، سوختن سوخت‌های فسیلی است. هر ساله حدود ۶ میلیارد تن کربن دی‌اکسید ناشی از فرآیندهای احتراق به جو افزوده می‌شود. چوب برداشت شده از جنگل‌ها چه به صورت مستقیم (همانند مصرف سوخت) و چه به صورت غیرمستقیم (همانند مصرف در فرآیندهای شیمیایی) می‌توانند منبع انتشار این گاز باشند. طول عمر این ترکیب در جو حدود ۵۰ سال است.

بنا به آمارهای سازمان ملل متحد، بخش اعظم تولید و انتشار کربن دی‌اکسید و دیگر گازهای زیانبار جو، مربوط به کشورهای صنعتی و بخش اندکی از آن، سهم کشورهای جهان سوم است. در این راستا، در کمتر از دو قرن، با مصرف سوخت‌های فسیلی و نابود شدن جنگل‌ها، مقدار کل کربن دی‌اکسید در اتمسفر، به میزان ۲۵ درصد بالا رفته است.



شکل ۲۳: میزان انتشار گاز کربن دی‌اکسید در بازه زمانی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۱ (منحنی قرمز رنگ: آسیا و اقیانوسیه؛ سبز رنگ: ایالات متحده آمریکا؛ آبی رنگ: کشورهای اتحادیه اروپا)



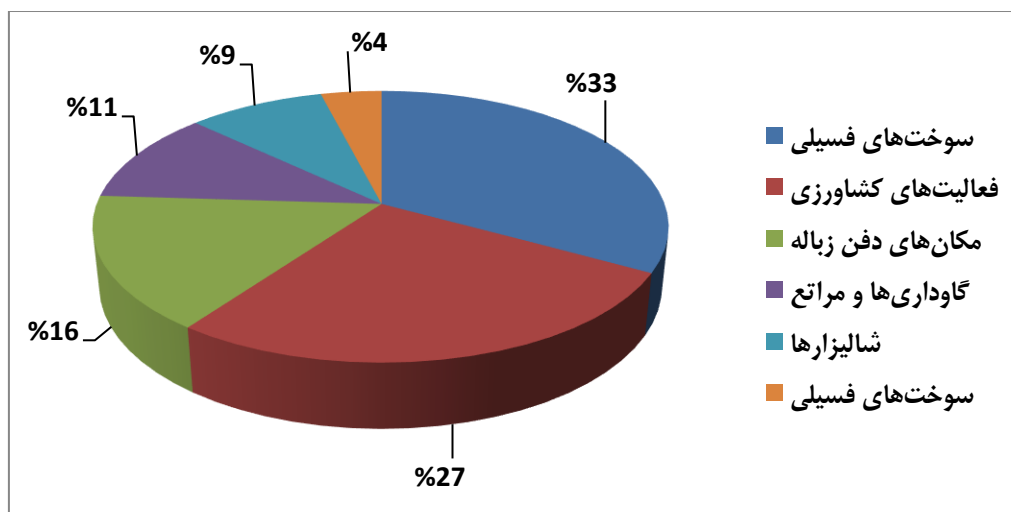
شکل ۲۴: میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO<sub>2</sub>) توسط کشورهای جهان در سال ۲۰۰۰  
توضیح شکل: رنگ سبز تیره، نشانه تولید اندک و رنگ قرمز تیره، نشانه تولید انبوه است (از ۰ تا ۶۴۶۹ مگاتن)

سازمان جهانی هواشناسی (WMO) در گزارش خود اعلام کرد که در سال ۲۰۱۸ میلادی، میانگین غلظت گازهای گلخانه‌ای جهان که محصول جانبی سوخت‌های فسیلی هستند، به ۴۰۷/۸ بخش در میلیون (ppm) رسید. این بدان معنی است که برای هر یک میلیون مولکول گاز موجود در جو حدود ۴۰۸ مولکول کربن دی‌اکسید وجود دارد. در این گزارش قید شده است که آخرین باری که زمین چنین غلظت بالایی از کربن دی‌اکسید را تجربه کرده است، به ۳ تا ۵ میلیون سال قبل بر می‌گردد. در آن زمان دما ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر و سطح دریاها ۱۰ تا ۲۰ متر بالاتر از شرایط فعلی بوده است. نرخ افزایش گاز کربن دی‌اکسید از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ میلادی، مشابه سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۷ بوده و در طول یک دهه گذشته کمی بالاتر از میانگین بوده است. متأسفانه نرخ رشد گاز کربن دی‌اکسید در طولانی‌مدت افزایش خواهد داشت. میانگین رشد این گاز در سه دهه گذشته افزایشی پایدار نشان می‌دهد. بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۵، میانگین افزایش گاز کربن دی‌اکسید ۱/۴۲ بخش در میلیون در هر سال بود و در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ نیز میزان آن سالانه ۲/۰۶ بخش در میلیون افزایش داشته است. این آمارها نشان می‌دهند هنوز کار موثری برای حل این مشکل انجام نشده است.

### ❖ متان (CH<sub>4</sub>)

در سال‌های اخیر، غلظت متان در جو حدود یک درصد در هر سال افزایش داشته است. از دیدگاه مولکولی، مولکول‌های متان تابش فروسرخ را بسیار قوی‌تر از کربن دی‌اکسید جذب می‌کنند (۲۰ تا ۳۰ بار بیشتر)، ولیکن؛ در عوض طول عمر متان در مقایسه با کربن دی‌اکسید بسیار کوتاه‌تر است (به طور میانگین حدود ۱۰ سال در جو). اثر یک مولکول متان در تغییر اقلیم ۳/۷ تا ۴ برابر اثر یک مولکول کربن دی‌اکسید است.

اصلی‌ترین منابع طبیعی تولید متان عبارتند از: تخمیر گوارشی در حیوانات (مانند نشخوارکنندگان)، رهایش متان از تالاب‌ها، دریاچه‌ها، جلگه‌ها و مرداب‌ها. مهم‌ترین منابع انسان‌ساخت متان نیز عبارتند از: شالیزارهای برنج و فعالیت‌های شیمیایی.



شکل ۲۵: سهم فعالیت‌ها و کاربری‌های گوناگون در تولید و انتشار گاز متان

غذای روزمره بیشتر جمعیت جهان، برنج است. با افزایش جمعیت، تعداد شالیزارهایی که برای تغذیه آن‌ها لازم است، افزایش می‌یابد. برای نمونه، روزگاری ۲۰ درصد وسعت کشور کاستاریکا جنگل استوایی بود. اینک فقط ۲ درصد از آن جنگل، باقی مانده و بقیه به شالیزار تبدیل شده است. در آب گل‌آلود و ساکن یک شالیزار، باکتری‌های بی‌هوازی، مواد مرده گیاهی فراوانی برای تغذیه و گل فاقد اکسیژن زیادی برای زندگی در اختیار دارند. آن‌ها در این محیط مقدار بسیار زیادی گاز متان تولید می‌کنند.

برخی دانشمندان، نظیر جورج وودول<sup>۱</sup>، زیست‌شناس موسسه اقیانوس‌شناسی وودز هول<sup>۲</sup> در ماساچوست، اعتقاد دارد که منبع اصلی متان اضافی اتمسفر به مدار شمال‌گان مربوط است. در زیر مناطق بدون درخت و در زیر خاک همیشه منجمدی که یخبندان دائمی نام گرفته است، متان و آب با هم ترکیب شده‌اند و مواد مرکبی موسوم به متان هیدرات تشکیل داده‌اند. متان هیدرات‌ها در گل و لای زیر اقیانوس شمال‌گان (منجمد شمالی) و در ژرفای بخش‌های دریایی آن نیز یافت می‌شوند. تاکنون و احتمالاً تا آینده‌ای پیش‌بینی شده، بیشتر متان هیدرات‌ها زیر منطقه یخبندان دائمی، به شکلی اطمینان‌بخش منجمد بوده و خواهند بود و در دمای کم و فشار زیاد، جایی در اقیانوس، فشرده و محفوظ می‌مانند.

اگر گرم شدن زمین ادامه یابد، ممکن است «یخبندان دائمی» شروع به آب شدن کند. به این ترتیب، دمای اقیانوس زیاد خواهد شد و متان به دام افتاده، شاید به میزان ۶۰۰ میلیون تن در سال، آزاد شود. دانشمندان نگران‌اند که مبادا متان شروع به «بازخورد مثبت» کرده باشد. بازخورد مثبت زمانی رخ می‌دهد که رویدادی آغازگر رویداد دوم شود و سپس دومی، اولی را تشدید کند. مثلاً گرم شدن زمین متان یخبندان دائمی را آزاد می‌سازد و این عامل، گرمای زمین را به نحوی افزایش می‌دهد که موجب آزاد شدن متان بیشتری می‌شود و به همین ترتیب تا به آخر.

از آن‌جا که متان موثرتر از کربن دی‌اکسید حرارت را به دام می‌اندازد، حتی افزایش اندک آن در جو، برخی از دانشمندان را نگران می‌سازد.

1 - George Woodwell

2 - Woods Hole Oceanographic Institute

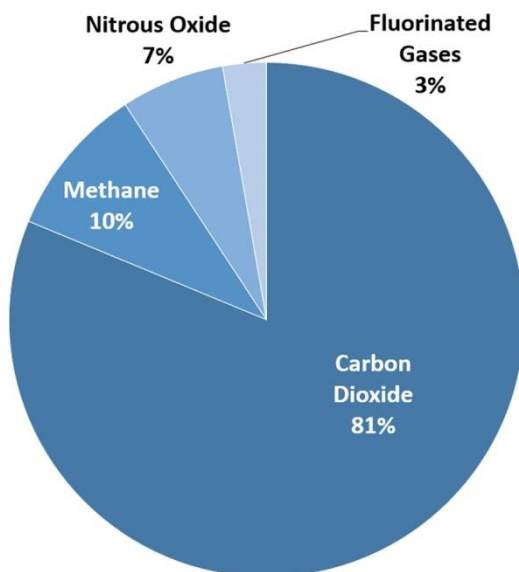


حدود ۲۵٪ از گرمایش جهانی، مربوط به انتشار گاز متان است.



#### ❖ اکسید نیتروژن یا اکسید نیتروز (N<sub>2</sub>O)

اکسید نیتروژن به طور طبیعی و مصنوعی (انسان ساخت) تولید می‌شود. حدود ۷۸ درصد جو از نیتروژن تشکیل شده است. با آن که گیاهان برای تغذیه به نیتروژن احتیاج دارند، نمی‌توانند مستقیماً آن را از راه هوا استفاده کنند. نیتروژن پیش از آن که جذب گیاهان شود، باید با باکتری‌های خاک به آمونیوم و سپس به انواع نیترات‌ها تبدیل شود. طی این فرآیند، باکتری‌ها گاز اکسید نیتروژن آزاد می‌سازند.



گاز آلاینده اکسید نیتروز (N<sub>2</sub>O) در میان سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۸ در حدود ۷ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است. بیشترین میزان مربوط به کربن دی‌اکسید (۸۱٪) و سپس، متان (۱۰٪) بوده است.

عمده‌ترین منابع طبیعی انتشار اکسید نیتروژن، فرآیندهای میکروبی در آب و خاک می‌باشند. خاک‌های تقویت شده با کود و سوختن زیست‌توده و نیز احتراق سوخت‌های فسیلی از دیگر منابع تولید این گاز است. منابع انسان‌ساخت اولیه برای تولید اکسید نیتروژن یا همان اکسید نیتروز، عبارتند از:

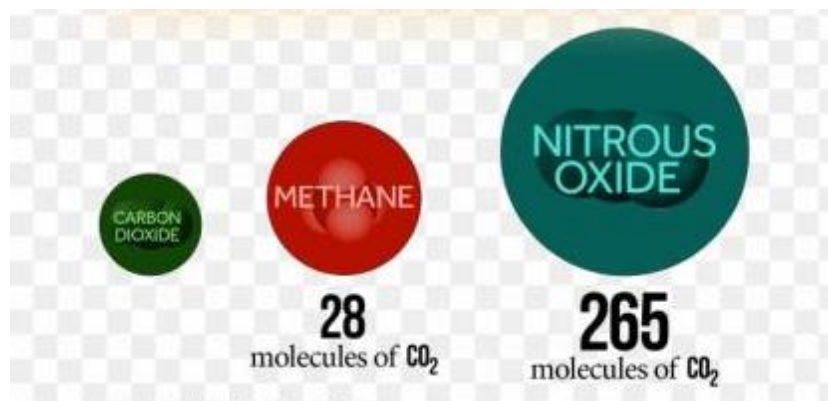
■ **مدیریت خاک زمین‌های زراعی؛** اکسید نیتروز ( $N_2O$ ) به طور طبیعی در خاک‌ها از طریق فرآیند میکروبیولوژیکی و نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون تولید می‌شود. این نرخ تولید طبیعی اکسید نیتروز، امکان افزایش از طریق فعالیت‌ها و اقدامات متعدد و متنوع زراعی را دارد. به طور مثال؛ استفاده از کودهای طبیعی و شیمیایی، کاشت گیاهانی که تثبیت‌کننده نیتروژن هستند، ترویج و کاربرد خاک‌های غنی شده با مواد آلی و کاربرد کود حیوانی در مراتع و مزارع. تمامی این فعالیت‌ها به طور مستقیم، سبب افزایش میزان نیتروژن خاک می‌شوند، که توانایی تولید اکسید نیتروز را دارد. به طور غیرمستقیم نیز نیتروژن توانایی تولید اکسید نیتروز را دارد، به طوری که تجمع و رسوب نیتروژن در خاک سبب می‌شود تا از طریق رواناب‌های سطحی و یا آب‌شویی این نیتروژن وارد خاک‌های دیگر شود.

■ **مدیریت کودهای حیوانی؛** اکسید نیتروز در بخشی از چرخه نیتروژن و در خلال فرآیند نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون از نیتروژن آلی حاصل می‌آید. تولید اکسید نیتروز از کود حیوانی به ترکیب اوره و کود حیوانی و نیز نوع باکتری‌های موجود و همچنین میزان اکسیژن و مایعات موجود، وابسته است. اکسید نیتروز با محیط خشک و نیز شرایط بی‌هوایی (حضور اکسیژن) سازگاری بیشتری دارد.

■ **تصفیه فاضلاب؛** فاضلاب انسانی خانگی، معمولاً با انواع دیگر فاضلاب ترکیب می‌شود. اشتعال سوخت‌های فسیلی از منابع ساکن (کارخانجات) و یا منابع متحرک (اتومبیل‌ها)؛ اکسید نیتروز حاصل واکنشی است که میان اکسیژن و نیتروژن در هنگام سوختن رخ می‌دهد. میزان ماده انتشار یافته، با نوع سوخت، فنآوری و یا دستگاه کنترل آلودگی مورد استفاده، مرتبط است. به طور مثال؛ مبدل‌های شیمیایی، توانایی تغییر در میزان تولید گاز اکسید نیتروز را دارند.

■ **تولید اسیدهای چرب؛** به عنوان یک ماده مهم در ساخت نایلون و نیز به عنوان طعم‌دهنده خوراکی در ساخت برخی از مواد غذایی به کار می‌رود. این کریستال‌های سفید جامد در ساخت الیاف مصنوعی، روکش‌ها و پوشش‌ها، پلاستیک‌ها و فوم‌ها و نیز چرب‌کننده‌های مصنوعی به کار می‌روند. اسید نیتریک که یک ماده غیرآلی است که به عنوان ماده اولیه برای تولید کودهای تجاری مصنوعی استفاده می‌شود. همچنین؛ به عنوان ماده اصلی برای تولید اسیدهای چرب و منفجر شونده به کار می‌رود. همچنین؛ اکسید نیتروز توسط دامنه وسیعی از منابع بیولوژیکی در آب و خاک نیز تولید می‌شود، به‌ویژه فعالیت‌های میکروبی در جنگل‌های مرطوب استوایی.

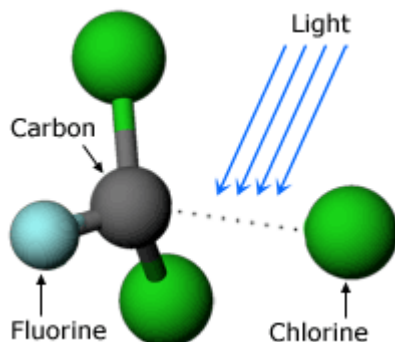
دانشمندان نسبت به افزایش اکسید نیتروژن ابراز نگرانی می‌کنند. تراز اکسید نیتروژن در جو، در صد سال گذشته، ۱۰ درصد افزایش داشته است، افزایش این تراز ۳۰ درصد یا پنج میلیون تن در سال است. اکسید نیتروژن گازی است که ۲۰۰ بار موثرتر از کربن دی‌اکسید حرارت را به دام می‌اندازد.



شکل ۲۶: مقایسه قدرت به داماندازی حرارت توسط اکسید نیتروژن و متان در ارتباط با کربن دی‌اکسید

### ❖ کلروفلوئوروکربن‌ها (CFCs)

کلروفلوئوروکربن‌ها ترکیبات حاوی کلر، فلوئور و کربن هستند. از این ترکیبات در آئروسول‌ها، خنک‌کننده یخچال و تجهیزات تهویه هوا استفاده می‌شود. کلروفلوروکربن‌ها غیرسمی و غیرمنفجره هستند. این ترکیبات دارای کاربردهای صنعتی بسیار متنوعی هستند. این ترکیبات، بسیار خطرناک‌تر از کربن دی‌اکسید و متان هستند، چرا که قدرت به داماندازی حرارت در آن‌ها بسیار بالا است، اما مقدار آن‌ها در اتمسفر بسیار کم است. با این وجود، تلاش‌های گسترده‌ای برای کاهش تولید آن‌ها صورت گرفته و حتی تولید برخی از CFCها ممنوع شده است.



بیشترین مصرف کلروفلوئوروکربن‌ها در مواردی همانند کف‌کننده‌ها، حلال‌ها، سیستم‌های تهویه و سرمایش و عایق‌سازی می‌باشد.

یک مولکول کلروفلورکربن می‌تواند دما را به اندازه ده هزار مولکول کربن دی‌اکسید حبس کند. اما، CFCها از روش‌های دیگری نیز بر اثر گلخانه‌ای تاثیر می‌گذارند.

CFCها تقریباً نابود ناشدنی‌اند. با هیچ فرآیند طبیعی که معمولاً هوا را پاک می‌سازد، از میان نمی‌روند یا برطرف نمی‌شوند. در نتیجه، این امکان وجود دارد که ۱۰۰ تا ۱۲۰ سال در لایه‌های پایین جو باقی بمانند. سرانجام تا استراتوسفر (لایه دوم جو) اوج می‌گیرند و در آن جا به لایه ازن آسیب می‌رسانند. لایه ازن، بخش نازک جو بالایی زمین است که از ازن یا گازی متشکل از اکسیژن ساخته شده است. لایه ازن تابش‌های خطرناک فرابنفش ناشی از خورشید را پالایش و از حیات موجود در زمین حفاظت می‌کند.

وقتی کلروفلورکربن‌ها تا استراتوسفر بالا می‌روند و در معرض تابش‌های فرابنفش قرار می‌گیرند، ازن را به اکسیژن



تجزیه می‌کند. هنگامی که چنین اتفاقی رخ دهد، لایه ازن سست و نازک می‌شود. وقتی لایه ازن به اندازه کافی نازک شود، ممکن است حفره‌هایی در آن به وجود آید. این حفره‌ها و حتی بعضی از مناطق نازک امکان می‌دهند تا مقادیر بالقوه زیان‌آور تابش فرابنفش خورشید به زمین برسد.



شکل ۲۷: لایه‌های اتمسفر و منطقه شکل‌گیری لایه ازن

اوزون یا ازن یا اوزن به انگلیسی (Ozone): به عنوان یک مولکول کمابیش ناپایدار است که ضخامت آن در روز به علت دسترسی مستقیم به نور خورشید، بیشتر از ضخامت آن در طول شب می‌باشد. ازن ( $O_3$ ) از سه اتم اکسیژن (O) تشکیل شده است. به طور میانگین در هر ۱ میلیون مولکول هوا، تنها ۱ تا ۶ مولکول ازن وجود دارد. «دابسون» به عنوان واحد اندازه‌گیری غلظت ازن شناخته می‌شود. شارل فابری و آنری بویسون، دو فیزیک‌دان فرانسوی بودند که در سال ۱۹۱۳ موفق به کشف لایه‌ای ۳ میلی‌متری به نام لایه ازن شدند. ازن گازی در جو می‌باشد که از همه چیز موجود در زمین، در برابر اشعه مضر ماوراء بنفش (UV) خورشید محافظت می‌کند. بدون لایه ازن موجود در جو، زنده ماندن جانداران در کره زمین بسیار دشوار خواهد بود، به گونه‌ای که گیاهان نمی‌توانند در معرض اشعه ماوراء بنفش زندگی و رشد کنند. همچنین پلانکتون‌ها نیز که به عنوان منابع غذایی دریایی به شمار می‌روند، قادر به رشد نخواهند بود. باید بدانید که پرتوهای اشعه فرابنفش را نمی‌توان دید یا احساس کرد، ولی آن‌ها آن قدر قدرتمند هستند که می‌توانند ساختار شیمیایی مولکول‌ها را تغییر داده و باعث بروز بیماری‌هایی همچون سرطان پوست، آب مروارید چشم، آفتاب سوختگی شدید، ضعف و نقص سیستم ایمنی و... در انسان شوند. خوشبختانه اشعه فرابنفش (UV) در لایه بالایی جو زمین توسط لایه ازن استراتوسفر، جذب می‌شود.



**۱۶ سپتامبر؛**  
**روز جهانی ازن**  
**نامگذاری شده است.**

ازن خوب یا بد؟

گاز ازن به عنوان یک آلاینده ثانویه، مطرح است. بدین معنی که زمانی که آلاینده‌های اولیه هوا با یکدیگر ترکیب شوند، واکنشی به وجود می‌آید که نتیجه آن آلاینده‌های ثانویه است. با توجه به محل قرارگیری ازن در بالا یا پایین جو زمین، می‌تواند هم خوب و هم بد باشد.

اگر گاز ازن در لایه بالایی جو زمین، یعنی استراتوسفر باشد، به عنوان لایه محافظتی در برابر تشعشعات مضر خورشید محسوب می‌شود که همه ما آن را با نام لایه ازن می‌شناسیم.

چنانچه همین گاز در لایه پایینی جو زمین، یعنی تروپوسفر باشد، به عنوان یک آلاینده محسوب می‌شود و می‌تواند تأثیرات زیانباری بر سلامت تمامی موجودات کره زمین داشته باشد.

لایه ازن را چه عواملی از بین می‌برند؟

۱- CFCها

گازهایی که در سطح زمین بی‌خطر بوده ولی در جو زمین با تابش پرتوی فرابنفش تبدیل به گازهای کلردار شده و خطرناک محسوب می‌شوند. میزان ماندگاری این گازها در استراتوسفر بیش از صد سال است. مثال: گازهای به کار برده شده در یخچال‌ها

۲- هالون‌ها

هالون‌ها نیز همانند گازهای کلردار خطرناک بوده و ممکن است تا چندین سال در جو زمین باقی بمانند و باعث منهدم شدن لایه ازن شوند. مثال: گازهای موجود در مواد اطفاء حریق

۳- حلال‌ها

صنایع خشک‌شویی، فلزی و الکترونیک (برای پاک کردن بردهای الکترونیک) به عنوان پاک‌کننده و چربی‌زدا کاربرد دارند.

۴- متیل بروماید

از متیل بروماید در صنعت کشاورزی به عنوان آفت‌کش و ضدعفونی‌کننده بهره می‌گیرند.

۵- گازهای گلخانه‌ای

افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای رابطه مستقیمی با نازک‌تر شدن لایه ازن دارد. مثال: دی‌اکسید نیتروژن، کربن دی‌اکسید، متان

۶- گرمایش زمین

پژوهشگران هشدار داده‌اند که با گرمایش جهانی، ترمیم حفره لایه ازن تا سال ۲۰۸۰ به طول خواهد انجامید. (ترمیم حفره لایه ازن قرار بود تا سال ۲۰۵۰ انجام شود).

صنایع مصرف‌کننده عمده گازهای مخرب لایه ازن عبارتند از:

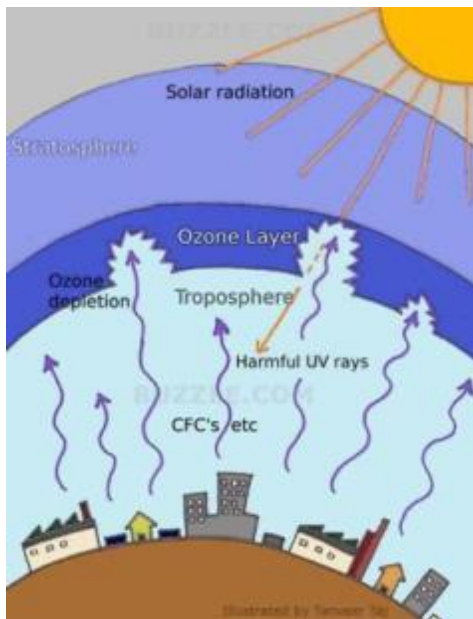
صنایع برودتی، یخچال‌سازی و تولیدکنندگان سیستم‌های سردکننده

صنایع ابر و اسفنج‌سازی و مواد پاک‌کننده

صنایع دفع آفات کشاورزی

تولیدکنندگان سیستم‌های تهویه مطبوع و ...





شکل ۲۸: تخریب ازن در قطب جنوب، هنگامی که نور خورشید در فصل بهار، واکنش‌های شیمیایی را فعال می‌کند، شدت می‌گیرد. این واکنش‌ها روی بلورهای یخ موجود در ابرهای بسیار سرد در ارتفاعات بالا در بالای قطب جنوب رخ می‌دهند.

اشعه ماورای بنفش (UV) پس از گذشت دو قرن در سال ۱۸۰۷ میلادی کشف شد. در سال ۱۸۷۹ به کمک دستگاه‌های نورسنجی مشخص شد که اشعه‌های نور خورشید با طول موج کم‌تر از ۳۰۰ نانومتر به زمین نمی‌رسند و لایه ازن آن‌ها را جذب می‌کند. در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی دکتر دونالد رابستون با استفاده از فسفر میزان اشعه ماورای بنفش (UV) را بر روی موجودات زنده به صورت علائم الکتریکی نشان داد. شناسایی اشعه ماورای بنفش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که این اشعه اثرات مضر بر سلامت موجودات زنده وارد می‌کند.

انرژی خورشید که به سطح زمین می‌رسد تحت عنوان امواج الکترومغناطیس معروف است. طول موج این امواج در محدوده ۴ الی ۴۰۰ نانومتر واقع شده است. این امواج از شکل‌های مختلف انرژی شامل نور مرئی، امواج مادون قرمز، اشعه ماورای بنفش (UV)، اشعه ایکس و غیره... تشکیل شده است. بنابراین، به روشنی مشخص است که این بخش‌ها در بروز پدیده‌های مختلفی از قبیل دیدن (نور مرئی)، گرما (مادون قرمز) و آزمایشات پزشکی (اشعه ایکس) نقش دارند. اشعه ماورای بنفش (UV) دارای طول موج کوتاه‌تر (انرژی بیشتر) و امواج مادون قرمز دارای طول موج بلندتر (انرژی کم‌تر) هستند. طول موج‌های بلندتر از مادون قرمز شامل مایکروویو و امواج رادیویی و طول موج‌های کوتاه‌تر از اشعه ماورای بنفش (UV) شامل اشعه‌های ایکس و گاما می‌باشند.

تقسیم‌بندی اشعه ماورای بنفش (UV) از دیدگاه نفوذ

اشعه ماورای بنفش بخش نامرئی از انرژی خورشید است، که دارای طول موج کوتاه‌تری نسبت به نور مرئی یا آبی است. اشعه ماورای بنفش از سه بخش تشکیل شده است:

الف) UV-A: دارای طول موج بین ۳۱۵-۴۰۰ نانومتر است. این اشعه دارای بلندترین طول موج در طیف اشعه ماورای بنفش (UV) می‌باشد و توان بالایی در تخریب سلول‌ها دارد. این طول موج بدون هیچ تغییری در ازن استراتوسفری به سطح زمین منتقل می‌شود.

ب) UV-B: طول موج این اشعه بین ۲۸۰-۳۱۵ نانومتر است که منطقه ایجاد کننده اریتمای پوستی بوده و بیشتر فعالیت‌های بیولوژیکی و صدمات بالقوه UV در این گستره است. تقریباً ۹۰ درصد ازن جو در استراتوسفر قرار دارد.

لایه ازن با جذب اشعه UV-B خورشید، در واقع همانند یک سپر از رسیدن آن به سطح زمین جلوگیری می‌کند. ازن تنها گاز شناخته شده در جذب UV-B می‌باشد و تخریب آن سبب افزایش میزان عبور این تابش از استراتوسفر می‌شود. افزایش میزان اشعه UV-B در سطح زمین برای حیات موجودات زمینی بسیار خطرناک است، چرا که این اشعه از نظر بیولوژیکی بسیار فعال است.

پ) UV-C: مابین طول موج ۲۸۰-۲۰۰ نانومتر قرار دارد. این محدوده از نور UV خورشید به زمین نمی‌رسد. اشعه UV-A به قسمت‌های عمیق پوست نفوذ می‌کند و سبب پیری زودرس می‌شود در حالی که اشعه UV-B عمدتاً بر قسمت‌های سطحی پوست تاثیرگذار است و موجب سوختگی پوست می‌شود. اشعه ماورای بنفش (UV) به ویژه UV-B، اثرات زیانباری بر محیط زیست دارد. تشعشعات مزبور صدمات زیادی بر سلامتی انسان (پوست، چشم و سیستم ایمنی)، گیاهان (غلات و میوه‌ها) و میکروارگانیسم‌های دریایی (تخریب سلول‌ها، تنوع گونه‌ها، فتوسنتز و زنجیره‌های غذایی) وارد می‌آورد.

برخلاف گیاهان، زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌های دریایی، بدن انسان قادر است تا حدودی خود را در مقابل تشعشعات زیان‌بار UV محافظت کند. این امر خود یکی از دلایلی است که مخاطرات مربوط به گیاهان و میکروارگانیسم‌ها که به طور مستقیم حیات انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (محصولات گیاهی، غلات و فتوسنتز) باید مورد توجه قرار گیرد.

● اثرات اشعه ماورای بنفش بر سلامت انسان:

○ ضایعات پوستی

○ صدمات وارده به چشم

○ اثرات بر سیستم‌های ایمنی بدن انسان

● اثرات محیط زیستی ناشی از افزایش تشعشعات UV

○ اثرات اشعه ماورای بنفش بر ترکیب تروپوسفر و کیفیت هوا (اثر بر غلظت مقدار زیادی از اکسیدان‌های تروپوسفری، اثر بر واکنش‌های شیمیایی، تغییرات در ترکیبات شیمیایی تروپوسفر و ...)

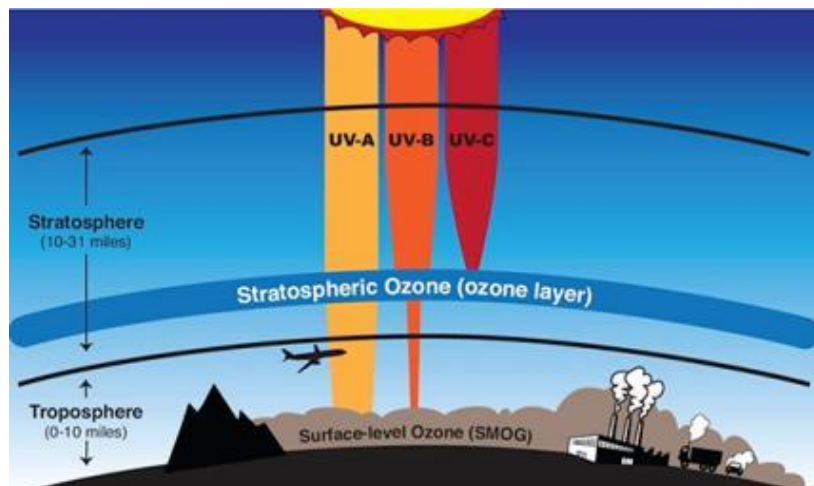
○ اثرات اشعه ماورای بنفش بر مواد (در کشاورزی، اسباب و اثاثیه در محیط باز، مواد ساختمانی، مواد به کار رفته در حمل و نقل، تولیدات نساجی، رنگ‌ها و پوشش‌ها، تولیدات نساجی، محصولات چرمی و غیره ...)

○ اثرات تشعشعات UVB بر گیاهان و محصولات کشاورزی (اختلال در فرآیند فتوسنتز، زمان گل دادن، تجزیه و سیکل مواد مغذی و ...)

○ تاثیر بر موجودات دریایی و اقیانوس‌ها (اثر بر شبکه غذایی دریایی، تقلیل در فیتوپلانکتون‌ها، زئوپلانکتون‌ها و سایر حیوانات آبی)

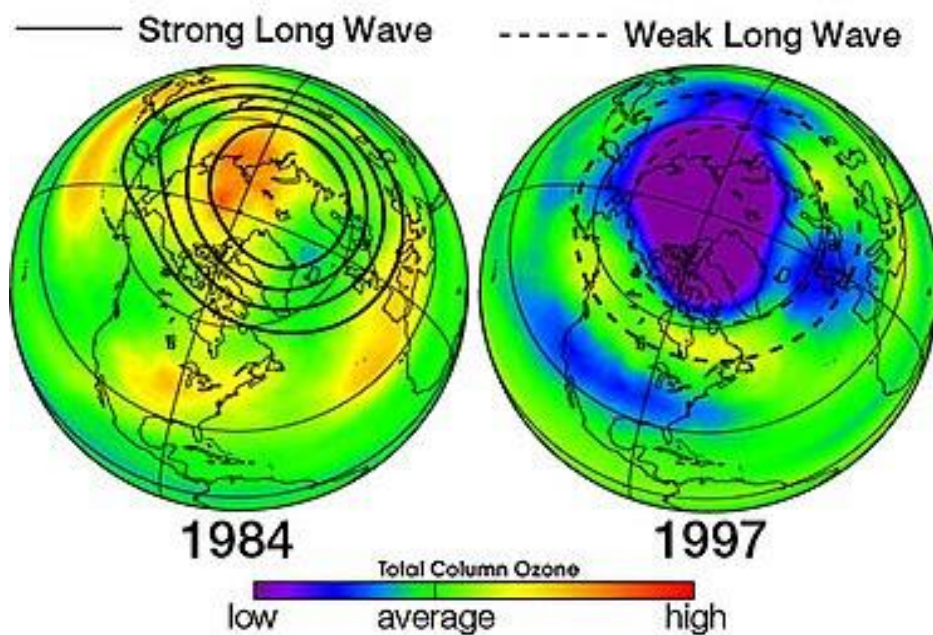
○ اثرات اشعه ماورای بنفش بر حیوانات اهلی (طبق یافته‌های علمی سرطان با یاخته‌های پوسته پوسته شونده در گاو، اسب، گربه، گوسفند، بز و سگ)

○ تهدید منابع غذایی جهانی: بسیاری از محصولات کشاورزی از قبیل گونه‌های مختلفی از منابع اصلی و مهم غذایی از قبیل برنج، در مقابل افزایش اشعه UV از خود تغییرات وسیعی از جمله: کاهش محصول، حساسیت بیشتر به دما، خشکسالی و بیماری‌ها، تغییر در چرخه تولید و تغییر در ترکیبات مغذی را بروز داده‌اند.



شکل (۲۹): نقش لایه ازن در مهار انواع اشعه ماورای بنفش

تابش بسیار زیاد اشعه فرابنفش، همه موجودات زنده را تهدید می‌کند، اما ارتباط این مشکل با اثر گلخانه‌ای، در گیاهان کوچک اقیانوس، موسوم به پلانکتون‌های گیاهی (فیتوپلانکتون‌ها) نهفته است. پلانکتون‌های گیاهی سالانه میلیون‌ها تن کربن دی‌اکسید را جذب می‌کنند. آن‌ها ضمن عمل فتوسنتز (فروغ‌آمایی) این کار را انجام می‌دهند و در این فرآیند، انرژی خورشید را ذخیره می‌سازد. این فرآیند به حفظ تعادل اثر گلخانه‌ای کمک می‌کند. اما ترازهای بیشتر تابش فرابنفش نشت کرده از جو، می‌تواند موجب مرگ اجتماع انبوهی از پلانکتون‌های گیاهی شود که در اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند. بدون این گیاهان کوچک که برای برطرف ساختن کربن دی‌اکسید هوا لازم‌اند، تراز کربن دی‌اکسید به سرعت افزایش می‌یابد.



شکل ۳۰: کاهش ضخامت و غلظت لایه ازن از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۷ میلادی.

توضیح شکل: رنگ آبی - بنفش؛ نشانگر غلظت کمتر و رنگ قرمز - نارنجی؛ نشانگر غلظت بیشتر ازن است.

## ❖ هوا ویژه‌ها<sup>۱</sup>

از دیگر مواد مهمی که انسان‌ها به وسیله آن جو زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهند، انتشار ذرات ریز به نام هواویزه است. دو نوع هواویزه مهم عبارتند از گاز دی‌اکسید گوگرد (محصول جانبی احتراق سوخت‌های فسیلی) و دوده ناشی از سوزاندن گیاهان. دی‌اکسید گوگرد و تری‌اکسید گوگرد، رایج‌ترین ترکیبات اکسیدی گازی مربوط به گوگرد در اتمسفر می‌باشند. اکسیدهای گوگرد در ترکیب با رطوبت هوا، تشکیل باران اسیدی را می‌دهند که اثرات زیانباری بر اکوسیستم‌ها و به ویژه موجودات آبی خواهد داشت.

## ❖ آلودگی حرارتی

در یک مقیاس جهانی، آلودگی حرارتی تنها می‌تواند سهم بسیار کمی در افزایش دمای میانگین کره زمین داشته باشد، چرا که میزان کل تولید انرژی در جهان  $10^4$  گیگا وات است، در حالی که میزان تابش انرژی خورشیدی بر سطح زمین  $10^4 \times 8$  گیگا وات بوده که بسیار بیشتر از رقم بالا است.

در نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها و کارخانجات، دستگاه‌ها بر اثر فعالیت مداوم گرمای زیادی تولید می‌کنند. نیروگاه‌های حرارتی یکی از بزرگ‌ترین صنایع زیربنایی کشور هستند که با تولید حجم زیاد فاضلاب صنعتی با طیف وسیعی از آلاینده‌ها و رهاسازی آن‌ها به محیط از منابع بالقوه و مهم آلوده کننده محیط زیست به حساب می‌آیند.



## ۱-۴. پیامدهای تغییر اقلیم

متداول‌ترین آثار و پیامدهای تغییر اقلیم عبارتند از:

- بالا آمدن سطح آب دریاها، اقیانوس‌ها و نواحی ساحلی
- آسیب‌های وارد بر بخش انرژی
- آسیب‌های وارد بر منابع آبی
- آسیب‌های وارد بر بخش کشاورزی و به خطر افتادن امنیت غذایی
- پیامدهای بهداشتی و سلامتی برای انسان
- آثار بر زندگی جانوران و گیاهان
- تغییرات آب و هوای منطقه‌ای

در ادامه به طور مختصر، به معرفی هر یک از پیامدهای بالا پرداخته می‌شود:

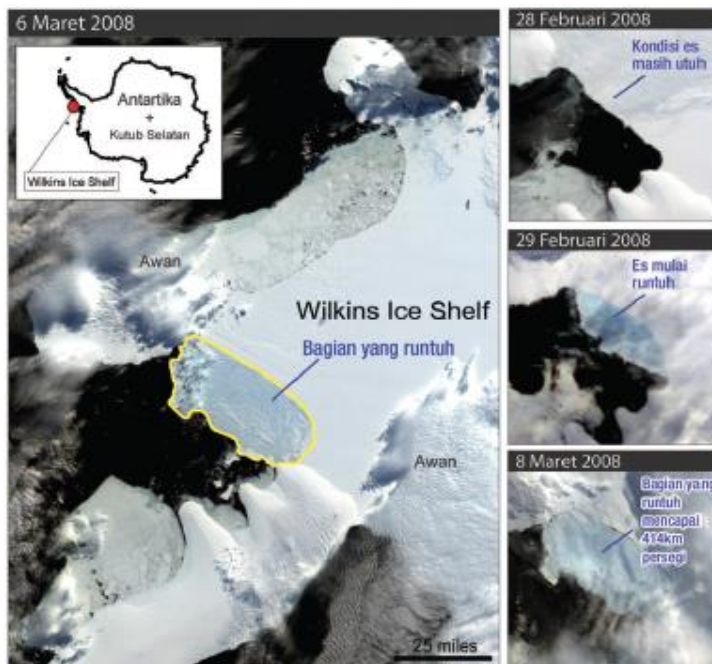


## ۱-۴-۱. بالا آمدن سطح آب دریاها، اقیانوس‌ها و نواحی ساحلی

شاید محسوس‌ترین اثر تغییر اقلیم، بالا آمدن سطح آب دریاها باشد. براساس مطالعات انجام شده تخمین زده می‌شود که گرم شدن جهان به میزان  $1/5$  تا  $4/5$  درجه سانتی‌گراد می‌تواند سطح آب دریاها را در حدود ۲۰ تا ۱۴۰ سانتی‌متر بالا ببرد. در طول ۱۰۰ سال گذشته، سطح آب دریاها به طور متوسط ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر بالا آمده است و این افزایش تنها به دلیل بالا رفتن دمای سطوح پایین جو به میزان  $0/3$  درجه سانتی‌گراد نسبت به سال ۱۸۶۰ میلادی بوده است. کارشناسان پیش‌بینی می‌کنند که اگر تمام گرینلند ذوب شود، سطح آب دریاها ۷ متر بالا خواهد آمد.



ذوب شدن کوه‌های یخی شناور در اقیانوس‌ها از عوامل مهم بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها است. در چند سال گذشته بسیاری از کوه‌های یخی در قطب‌های شمال و جنوب ذوب شده‌اند. پوشش یخی در قطب شمال از اواسط دهه ۱۹۵۰ تا اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی، ۲۵ درصد کاهش یافته است.



شکل ۳۱: ذوب شدن ورقه‌های یخی در قطب جنوب  
توضیح شکل: در ۶ مارچ سال ۲۰۰۸، یک ورقه یخی به مساحت ۴۱۴ کیلومترمربع در دایره قطب جنوب متلاشی شد. قاره جنوب‌گان در قطب جنوب، با نواحی کوهستانی و دریاچه‌های یخی پوشیده شده است. این قاره از قطب شمال قدیمی‌تر است و یخ‌های موجود در آن به ندرت آب می‌شوند. حتی یک لایه یخی وجود دارد که هیچگاه ذوب نشده است.  
به همین دلیل، این ذوب شدن‌ها جدید و نگران‌کننده است!



شکل ۳۲: کاهش سطح یخ‌های قطبی در محدوده گرین‌لند (حداصل ۲۰۱۱-۱۹۷۹)

از جمله اثرات جانبی بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، پیشروی آن در مناطق ساحلی است که به این ترتیب صنایع و تجهیزات ساحلی از قبیل ماهی‌گیری، آبی‌پروری، کشاورزی و همچنین مناطق گردشگری مجاور آن به زیر آب خواهند رفت. در آن صورت، بسیاری از شهرهای ساحلی و حتی بعضی کشورها زیر آب خواهند رفت. برای مثال، یک متر بالا رفتن سطح آب دریا سبب بی‌خانمانی پانزده میلیون نفر از مردم بنگلادش می‌شود و با افزایش دو متر، فرهنگ دو هزار ساله جزایر مالدیو در اقیانوس هند، به طور کامل از بین خواهد رفت.

بر اثر بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، برخی جزایر به زیر آب رفته‌اند. از جمله به موارد ذیل می‌توان اشاره داشت:

اوهاچارا - هندوستان با جمعیت ۱۰ هزار نفر  
 ۱۳ جزیره در خلیج چسایپیک - مریلند آمریکا  
 ۷ جزیره در مانوس - در پاپوا گینه‌نو  
 جزایری در منطقه دلتای نیجریه  
 جزیره بولا - بنگلادش ۳ جزیره مرجانی در کریباتی



یخچال وایت چانک (واشینگتن) در سال ۱۹۷۳



شکل ۳۳: یکی از یخچال‌های موجود در سطح کره زمین که در فاصله ۳ دهه بخش‌های زیادی از آن آب شده است.

یخچال وایت چانک (واشینگتن) در سال ۲۰۰۶

- بنابر اعلام ناسا، بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ میلادی، بیش از ۸ هزار مترمربع از یخچال‌ها در سطح کره زمین از بین رفته‌اند.
- آب شدن یخچال‌ها، ما را با کمبود آب شیرین مواجه می‌کند و در بلندمدت به افزایش آب سطح دریاها کمک می‌کند.
- یخچال‌های طبیعی کشور آرژانتین، که از جمله وسیع‌ترین یخچال‌های آمریکای جنوبی می‌باشند، طی مدت زمانی ۲۰ ساله (از ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۴) کاهش یافته‌اند. برخی از آن‌ها مانند یخچال "اوپساللا"، دومین یخچال طبیعی عظیم آمریکای جنوبی با سرعت ۲۰۰ متر در سال در حال آب شدن هستند.



شکل ۳۴: کلیمانجارو؛ بلندترین قله قاره آفریقا،

توضیح شکل: بخش اعظمی از یخچال‌هایی که نماد این قله زیبا بوده‌اند، در فاصله سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۰ آب شده‌اند.





شکل ۳۵: مقایسه تطبیقی یک منطقه در پارک ملی گلاسیر (مونتانا و آلاسکا) در بازه زمانی ۱۹۱۳-۲۰۱۲



شکل ۳۶: ذوب شدن یخچال‌های طبیعی در پارک ملی گلاسیر (مونتانا و آلاسکا) در گذر زمان

## ۱-۴-۲. آسیب‌های وارد بر بخش انرژی

به طور کلی، در اثر تغییر اقلیم، ظرفیت تولید برق نیروگاه‌ها کاهش خواهد یافت. چرا که افزایش دمای آب باعث کاهش بازدهی فرآیند چگالش<sup>۱</sup> در نیروگاه‌های بخار می‌شود. همچنین طراحی نیروگاه‌های گازی بر پایه متوسط دمای هوای ۳۰

1 - Condensation



درجه سانتی‌گراد می‌باشد که با افزایش دمای هوای محیط، بازدهی آن‌ها نیز کاهش خواهد یافت. براساس مطالعات انجام شده در نیروگاه‌های بخار، با افزایش دمای آب سیستم خنک‌سازی به میزان ۱ درجه سانتی‌گراد، مقدار افت راندمان ۲/۷ درصد خواهد بود. از سوی دیگر، با کاهش بارندگی، غلظت نمک موجود در آب رودخانه‌ها و دریاها نیز افزایش خواهد یافت که در نتیجه برای پایش خوردگی تجهیزات نیروگاهی، هزینه بیشتری در سیستم‌های تصفیه و املاح‌زدایی از آب صرف می‌شود.

در بخش حمل و نقل نیز افزایش دمای هوا باعث افزایش تلفات تبخیری بنزین، افزایش استفاده از وسایل تهویه مطبوع و به پیامد آن نیاز به سرمایه‌گذاری جدید به منظور تجهیز خودروها به سیستم‌های تهویه را به دنبال خواهد داشت.

### ۱-۴-۳. آسیب‌های وارد بر منابع آبی

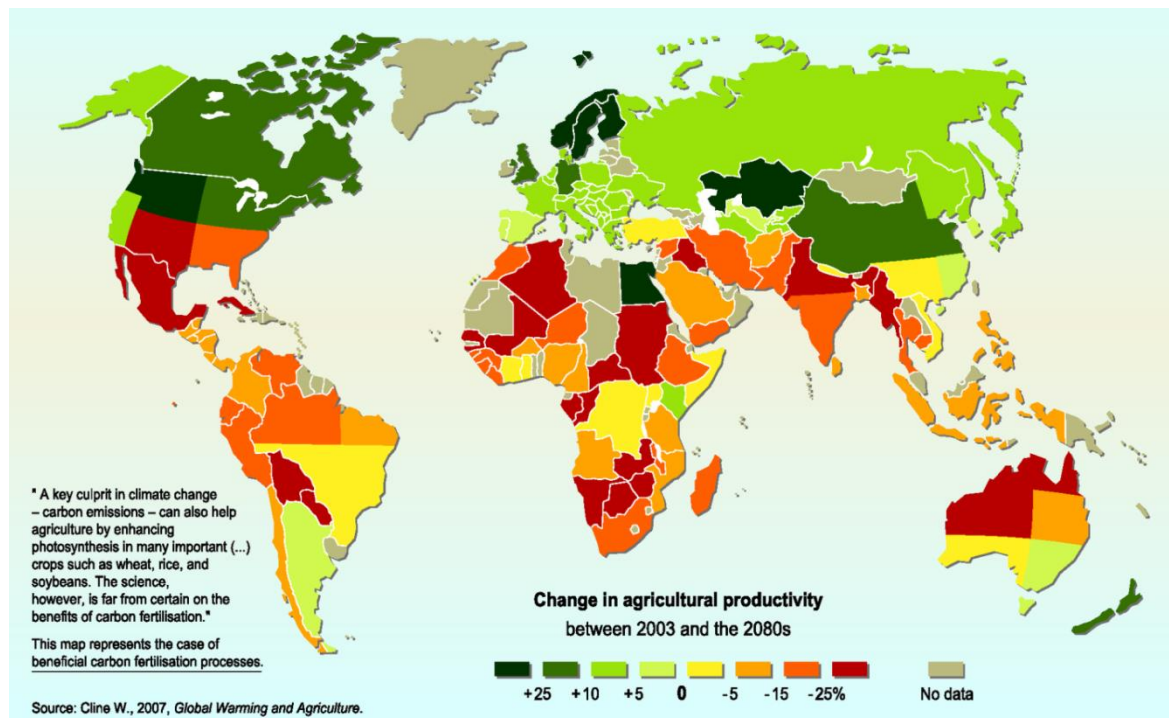
براساس آمارهای موجود، ۶۸ درصد از کل آب مورد بهره‌برداری در ایران از منابع زیرزمینی و بقیه آن از منابع آب‌های سطحی به صورت جدید و سنتی تامین می‌شود. تغییر اقلیم، موجب کاهش بارش برف در زمستان می‌شود که بر الگوی فصلی جریان آب رودخانه‌ها تاثیر می‌گذارد. به این ترتیب تغییر الگوی بارش می‌تواند بر تمامی فعالیت‌هایی که از آب استفاده می‌کنند، پیامدهای منفی داشته باشد. گرم شدن کره زمین، هم بر کیفیت و هم بر کمیت آب تاثیر می‌گذارد که در نهایت هزینه تصفیه آب را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، در اثر بالا رفتن دما، میزان تبخیر در رودخانه‌ها نیز افزایش می‌یابد. براساس تحقیقات انجام شده، چنانچه دمای هوا بین ۲ تا ۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، میزان تبخیر سالانه ۶ تا ۱۲ درصد افزایش خواهد یافت.

کاهش ذخایر آب، فشار مضاعفی بر مردم، کشاورزی و محیط‌زیست وارد می‌کند. هم اکنون ۱/۷ میلیارد نفر در کشورهای زندگی می‌کنند که از نظر منابع آبی در تنگنا به سر می‌برند و انتظار می‌رود این تعداد تا سال ۲۰۲۵ به ۵ میلیارد نفر افزایش یابد.

### ۱-۴-۴. آسیب‌های وارد بر بخش کشاورزی و به خطر افتادن امنیت غذایی

این پدیده می‌تواند بر تولید انواع محصولات باغی و کشاورزی که عمده‌ترین منابع غذایی کشور را تشکیل می‌دهند، آسیب وارد کند. نفوذ پرفشار گرما و تغییر در بادهای موسمی و خاک‌های خشک، ممکن است بازدهی تولید را در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به یک‌سوم کاهش دهد. برخی مناطق نیمه‌خشک گرمسیری و مناطق حاشیه‌ای آن و برخی مناطق گرم و مرطوب و مناطق استوایی، به نظر می‌رسد نسبت به اثر تغییر اقلیم بر تولید مواد غذایی بیشترین حساسیت را داشته باشند.

همان‌طور که در شکل ذیل مشاهده می‌شود، در صورت افزایش دمای کره زمین، در آینده (تا سال ۲۰۸۰ میلادی) برخی نقاط در سطح کره زمین دچار کاهش بازدهی صنعت کشاورزی و برخی دیگر شاهد افزایش راندمان این صنعت خواهند بود. بر این اساس، کشور ایران نیز متأسفانه، حدود ۱۵ درصد افت راندمان محصولات کشاورزی را تجربه خواهد کرد.



شکل ۳۷: مدل سازی پیامدهای تغییر اقلیم بر بازدهی صنعت کشاورزی در نقاط گوناگون جهان تا سال ۲۰۸۰  
توضیح شکل: مناطقی که با رنگ سبز مشخص شده‌اند، افزایش نرخ بازدهی تا حداکثر ۲۵ درصد را تجربه می‌کنند و مناطقی که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند، کاهش نرخ بازدهی تا حداکثر ۲۵ درصد را شاهد خواهند بود.

## ۱-۴-۵. پیامدهای بهداشتی و سلامتی برای انسان

این پدیده می‌تواند سبب شیوع انواع بیماری‌های واگیردار و مسری شود که توانایی تهدید سلامتی انسان‌ها را دارند. برای نمونه، پشه آنوفل ماده به عنوان ناقل بیماری مالاریا در آب و هوای گرم‌تر، تکثیر بسیار بیشتری نسبت به آب و هوای معتدل خواهد داشت. بیماری‌های دیگر مانند تب برفکی و تب زرد نیز با گرمایش شیوع بیشتری خواهند یافت. تغییر اقلیم بر انتقال فصلی و همچنین انتشار بسیاری از بیماری‌ها که توسط پشه‌ها منتقل می‌شود (همانند تب زرد) یا توسط کنه‌ها انتقال می‌یابد (همانند: سندرم ریوی، ویروس هانتا، التهاب مغزی که بر اثر ورود کنه به مغز به وجود می‌آید) تاثیر می‌گذارد. از سوی دیگر، در هوای گرم، سیستم گردش خون برای خنک نگه داشتن دمای بدن فعالیت بیشتری دارد و این امر برای افرادی که ناراحتی قلبی دارند، مشکل ساز خواهد بود. هوای گرم باعث افزایش غلظت گاز ازن در اطراف زمین می‌شود که این امر برای بیماران ریوی مشکل ساز خواهد بود.

با کاهش منابع آب شیرین، در اثر تغییر اقلیم، ذخایر آبی و بهداشت آب نیز تغییر می‌یابند. این موارد به ترتیب دسترسی به آب آشامیدنی و آب مورد نیاز برای شست‌وشو را کاهش می‌دهند و همچنین بر کاهش کارایی سیستم‌های فاضلاب محلی تاثیر می‌گذارند و سبب تجمع بیشتر باکتری‌ها و دیگر موجودات ذره‌بینی در ذخایر آب سرد می‌شوند. کمبود آب، مردم را به استفاده از منابع آب با کیفیت نامطلوب (مانند آب رودخانه‌ها که به طور معمول آلوده هستند)، وادار می‌کند. تمامی این عوامل سبب افزایش شیوع بیماری‌های عفونی و اسهال می‌شوند.

با افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای کشور، معادل ۱۳ میلیارد مترمکعب منابع آبی کشور از طریق تبخیر از دسترس خارج می‌شود و این تهدید بزرگی برای منابع روباز آبی کشور است.



### ۱-۴-۶. آثار بر تنوع زیستی

تغییر اقلیم، آثار مستقیم و غیرمستقیم بر زندگی موجودات زنده دارد که می‌تواند به شدت چرخه زندگی آن‌ها را دچار مشکل کند. گرمایش جهانی، زمان گل‌دهی و رشد گونه‌های گیاهی را دچار تغییر می‌کند. همچنین؛ پرندگان گوناگون، حدود یک یا دو هفته زودتر تخم‌گذاری می‌کنند که این باعث می‌شود سن پرندگان هنگام مهاجرت حدود یک یا دو هفته بیشتر باشد. در چنین شرایطی هنگام بازگشت و یا در طول سفر، احتمال از بین رفتن پرندگان بیشتر شده و جمعیت آن‌ها کمتر می‌شود.



گرمایش جهانی سبب از بین رفتن زیستگاه‌ها و مختل شدن چرخه حیات می‌شود.

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، می‌تواند بر زمان جفت‌گیری و نرخ زادآوری گونه‌های جانوری اثر منفی بگذارد.

با گرم‌تر شدن هوا، پرندگان هنگام مهاجرت به عرض‌های شمالی‌تر رفته و در آنجا ساکن می‌شوند. به این ترتیب پرندگان مسافت بیشتری را نسبت به گذشته در هنگام مهاجرت خود طی می‌کنند، که می‌تواند باعث از بین رفتن گونه‌های ضعیف‌تر آن‌ها شود.

## ۱-۴-۷. تغییرات آب و هوای منطقه‌ای

مطالعات نشان داده است که بیشترین افزایش احتمالی دما در زمستان، در عرض‌های بالای جغرافیایی و در نیم کره شمالی اتفاق خواهد افتاد. به این ترتیب تغییرات منطقه‌ای در این نواحی می‌تواند ۲ تا ۲/۵ برابر سریع‌تر و بیشتر از مقادیر میانگین سالیانه جهانی باشد. تغییر در جهت وزش باد، میزان بارندگی و همچنین بلایای طبیعی همانند توفان، گردباد و سیل از نتایج مستقیم تغییر اقلیم است. افزایش بارندگی در برخی مناطق سبب افزایش حجم سیل‌آب‌ها می‌شود. انتظار می‌رود تغییر اقلیم منجر به افزایش درصد بارندگی‌های شدید و ناگهانی شود که علاوه بر سیل، ریزش کوه، بهمن و فرسایش خاک را نیز به همراه خواهد داشت.



شکل ۳۸: یکی از پیامدهای تغییر اقلیم، وقوع خشکسالی‌های متعدد و طولانی در بسیاری از نقاط کره زمین است.



شکل ۳۹: بارش باران‌های سیل‌آسا و وقوع سیل‌آب‌های مخرب، یکی از پیامدهای تغییر اقلیم می‌باشد.



شکل ۴۰: پیشروی آب دریا و از بین رفتن خط ساحلی و همچنین وارد آمدن خسارت‌های فراوان به تاسیسات و زیرساخت‌ها در اثر پدیده تغییر اقلیم



سینا پرس

# اثرات پدیده گرمایش جهانی

افزایش پدیده گلخانه‌ای که در نهایت به حفظ بیشتر گرما بر روی زمین می‌انجامد



افزایش دمای سطح خشکی‌ها و آبهای جهان

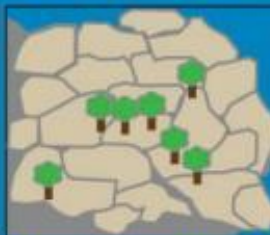


## دلایل گرمایش جهانی

گردبادها و طوفان‌های شدیدتر



بیابان زایی



کاهش پوشش برف و یخ‌های قطبی



افزایش سطح آب دریاها (عقب نشینی خطوط ساحلی)



کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای می‌تواند سبب کاهش قابل توجه پدیده گرمایش جهانی شود.



افزایش روزمره عوامل تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای موجب تشدید اثرات این پدیده می‌شود.



استفاده از انرژی‌های پاک، بازیافت زباله و بهره‌گیری از وسایل حمل و نقل عمومی به تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه کاهش اثرات پدیده گرمایش جهانی می‌انجامد.



## گفتار دوم چالش آموزشی

- ❖ تغییر اقلیم در گستره جهانی
- ❖ چارچوبی برای آموزش تغییر اقلیم





## ۲-۱. تغییر اقلیم در گستره جهانی

تا هنگام بازنشستگی فارغ‌التحصیلان امروزی دبیرستان‌ها، احتمالاً جو زمین سه برابر کربن دی‌اکسید بیشتری نسبت به پیش از انقلاب صنعتی خواهد داشت و میانگین دمای سطح زمین از ۲ تا ۶ درجه سانتی‌گراد بیشتر از میانگین فعلی (و در قطب‌ها بیشتر) خواهد بود. احتمالاً جزایر و سرزمین‌های کم ارتفاع و جوامع محلی به دلیل افزایش سطح دریا در خطر زیر آب رفتن خواهند بود و بلاهای شدید اقلیمی مانند خشکسالی، توفان‌های شدید، آتش‌سوزی جنگل‌ها و سیل به وقایعی روزمره تبدیل می‌شوند.

اما تغییر اقلیم صرفاً مشکل آینده نیست. شواهد واضحی در مورد وقوع آن‌ها در شرایط فعلی وجود دارد. در قرن گذشته، میانگین دمای جهان حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و روند گرمایش در منطقه سیبری، مناطق قطبی کانادا و قطب جنوب بیش از دو برابر شده است. یخچال‌ها در حال عقب‌نشینی هستند، زمین‌های یخ‌زده در حال ذوب شدن هستند، قطعات بزرگ یخی نازک می‌شوند و یخ‌زدگی دیرتر از معمول اتفاق می‌افتد. در اقیانوس قطبی، یخ دریاها در تابستان و پائیز حدود ۴۰ درصد نازک‌تر از چند دهه گذشته شده و دوره بدون یخبندان طولانی‌تر گشته است. میان سال‌های ۱۸۸۵ و ۱۹۹۵ میلادی، متوسط سطح دریا حدود ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر افزایش یافت که به طور عمده به دلیل گسترش گرما بود. پیش‌بینی می‌شود این مقدار تا سال ۲۱۰۰ میلادی، ۵۰ سانتی‌متر زیاد شود و حتی در صورت ثابت ماندن دمای جهانی، قرن‌ها به بالا آمدن ادامه دهد.

همان‌طور که پژوهش‌های فراوان در مورد تغییر اقلیم نشان داده، این موارد، نمایانگر گرم شدن روزافزون زمین است. در اوایل سال ۲۰۰۱، هیات بین‌دولتی تغییرات اقلیم (IPCC)، سومین گزارش ارزیابی خود را بر مبنای تحقیقات بیش از ۲۰۰۰ دانشمند از ۱۳۰ کشور جهان منتشر کرد. خلاصه گزارش این نهاد برای تصمیم‌گیران بیان می‌کند که «بیشتر گرمایش مشاهده شده در طول ۵۰ سال گذشته مربوط به فعالیت‌های انسانی است». این هیات، با توجه به افزایش سریع و بی‌سابقه گازهای گلخانه‌ای، ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی، گزارش می‌دهد که غلظت فعلی اتمسفری کربن دی‌اکسید در ۴۲۰ هزار سال در بالاترین مقدار خود است و احتمالاً در طول ۲۰ میلیون سال گذشته زیاد نشده است.

میان بیشتر دولت‌ها و در واقع بیشتر چرخه صنایع، هیچ شکی وجود ندارد که تغییر اقلیم موضوعی واقعی است و شواهد علمی قدرتمندی وجود دارد که نتیجه‌گیری صورت گرفته توسط کارشناسان را عملاً گریزناپذیر ساخته است. با این وجود، این موضوع، معجزه حاصل از مصالحه‌های سیاسی است که تنها پس از ماه‌ها فشار شدید از سوی کشورهای تولیدکننده نفت پدیدار شد، چرا که این کشورها با این فرضیه که اقلیم به دلیل فعالیت‌های انسانی شروع به تغییر کرده است، مبارزه می‌کردند. فشار سیاسی برای مقاومت در برابر فعالیت‌های مربوط به تغییر اقلیم به شدت رواج دارد و آن‌هایی که درباره خطرات بهداشتی و محیط‌زیستی نگران هستند، بیش از همه با کسانی که به منافع اقتصادی استفاده از سوخت‌های فسیلی علاقه دارند، در تعارض هستند.

آمریکای شمالی نیز از این فشارهای سیاسی در امان نیست. به طور مثال؛ در کانادا پروژه‌های جدید هنگفت نفتی در



منطقه آتاباسکا<sup>۱</sup>، اقتصاد رو به رشد آلبرتا<sup>۲</sup> را هدایت می‌کند. نیوفاندلند<sup>۳</sup> و نواسکوتیا<sup>۴</sup> در همان جهت و با توسعه میدان‌های نفتی و گازی ساحلی حرکت می‌کنند. این گونه رشد محصولات سوخت‌های فسیلی با افزایش مصرف انرژی تکمیل می‌شود. بر مبنای برآورد سرانه، ساکنان آمریکای شمالی به عنوان ولخرج‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در دنیا و تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای، از سایر کشورها مشخص هستند. کانادا و آمریکا با قیمت‌های پائین انرژی، صنایع پرمصرف انرژی، استانداردهای ضعیف کارایی و شهرهایی که رفت و آمد با وسایل نقلیه تک‌سرنشین را تشویق می‌کند، مشخص می‌شوند. در سال ۱۹۹۶، آمریکایی‌ها و کانادایی‌ها به ترتیب رقم حیرت‌آور ۲۴/۷ و ۲۲/۴ تن کربن دی‌اکسید و معادل سرانه آن را تولید کردند که تقریباً ۲ برابر میانگین آلمان و ۸۰ برابر میانگین هند بود.

رهبران کانادا و آمریکا در کنفرانس سازمان ملل درباره محیط‌زیست و توسعه (معروف به نشست ریو<sup>۵</sup>) که در سال ۱۹۹۲ برگزار شد، جزو بیش از ۱۵۰ کشوری بودند که کنوانسیون سازمان ملل درباره تغییر اقلیم را امضا کردند. در این فرآیند تمام شرکت‌کنندگان موافقت کردند تا به سمت و سوی هدف اصلی کنوانسیون حرکت کنند: «تثبیت غلظت گاز گلخانه‌ای در اتمسفر در سطحی که از تداخل آنتروپوژنیک<sup>۶</sup> خطرناک با سیستم اقلیمی پیش‌گیری کنند ... تا در یک چارچوب زمانی کافی بگذارند اکوسیستم‌ها به صورت طبیعی به تغییر اقلیم سازش پیدا کنند، و اطمینان حاصل شود که تولید غذا به خطر نیفتد و توسعه اقتصادی بتواند به شیوه‌ای پایدار پیش رود». کشورهای صنعتی که موافقت‌نامه را امضا کردند، تعهد اضافی و ویژه‌ای مبنی بر تثبیت خروجی سالانه گازهای گلخانه‌ای خود تا سال ۲۰۰۰، براساس سطح سال ۱۹۹۰ را نیز پذیرفتند.

۵ سال بعد و با توجه به دورنمای نگرانی‌های رو به رشد عمومی و گسترش شواهد علمی مربوط به تاثیر انسان بر اقلیم جهانی، سازمان ملل، کنفرانس بین‌المللی دیگری را در کیوتو ژاپن برگزار کرد. یکی از اهداف کنفرانس کیوتو، دیدی فراتر از صرفاً تثبیت انتشار گازهای گلخانه‌ای بود و کاهش مرحله‌ای آغاز شد. دانشمندان تخمین زدند برای کاهش گرمایش اتمسفری، کاهش نهایی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد ضروری است. نمایندگان در کنفرانس کیوتو پس از روزها و شب‌ها مذاکرات فشرده، با کاهش میانگین ۵/۲ درصدی زیر سطح ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۲ موافقت کردند، یعنی نخستین مرحله اندیشمندانه به سمت کاهش بزرگ مقیاسی که دانشمندان آن را ضروری می‌خواندند. همان‌طور که مشخص شده است، پروتکل کیوتو تا زمانی که دولت‌های حداقل ۵۵ کشور آن را تأیید نکنند به جریان نخواهد افتاد و این موارد شامل کشورهای صنعتی است که مسئول ۵۵ درصد انتشار جهانی کربن دی‌اکسید در سال ۱۹۹۰ هستند.

با وجود آن‌که پروتکل کیوتو ملایم‌ترین کاهش گازهای گلخانه‌ای را دارد، اما کشورها و شرکت‌های چندملیتی زیادی که اقتصاد آن‌ها به طور عمده به تولید نفت و زغال‌سنگ وابسته هستند، با این موضوع به شدت مخالفت می‌کنند. در کانادا و آمریکا این مخالفت با کمپین و لابی‌های گسترده آمیخته شده و دولت‌های فدرال را هدف قرار داده تا برای

1 - Athabasca  
2 - Alberta  
3 - Newfoundland  
4 - Nova Scotia  
5 - Rio Earth Summit  
6 - Anthropogenic

پیش‌دستی بر به اصطلاح «مالیات کربن» و «محدودیت قوانین» در مورد محدودیت انتشار تلاش کنند. در نتیجه، طرح‌های ملی کاهش گازهای گلخانه‌ای در هر دو کشور بر اساس ابزارهای داوطلبانه ضعیفی است و هیچ قانونی از سوی دو کشور وضع نشده تا انتشار گازهای گلخانه‌ای را محدود کنند یا استانداردهای کارآمد و سخت‌گیرانه در مورد انرژی را اجباری سازند. تعجب‌آور نیست که انتشار گازهای گلخانه‌ای آمریکای شمالی بدون کاهش، افزایش یافته است. تا سال ۱۹۹۸، علی‌رغم تضمین اولیه از سوی صنایع که روش‌های داوطلبانه این کار را کافی می‌دانستند، انتشار گازها در کانادا ۱۳ درصد بیشتر و در آمریکا ۱۱ درصد بیشتر از سطح سال ۱۹۹۰ بود. بدون خلاقیت‌های جدید عمده در زمینه کاهش انتشار، اتومبیل‌ها و کارخانه‌ها و خانه‌های ما تا سال ۲۰۲۰، حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد گاز گلخانه‌ای و بیش از مقدار مورد توافق در پروتکل کیوتو وارد اتمسفر می‌کنند.

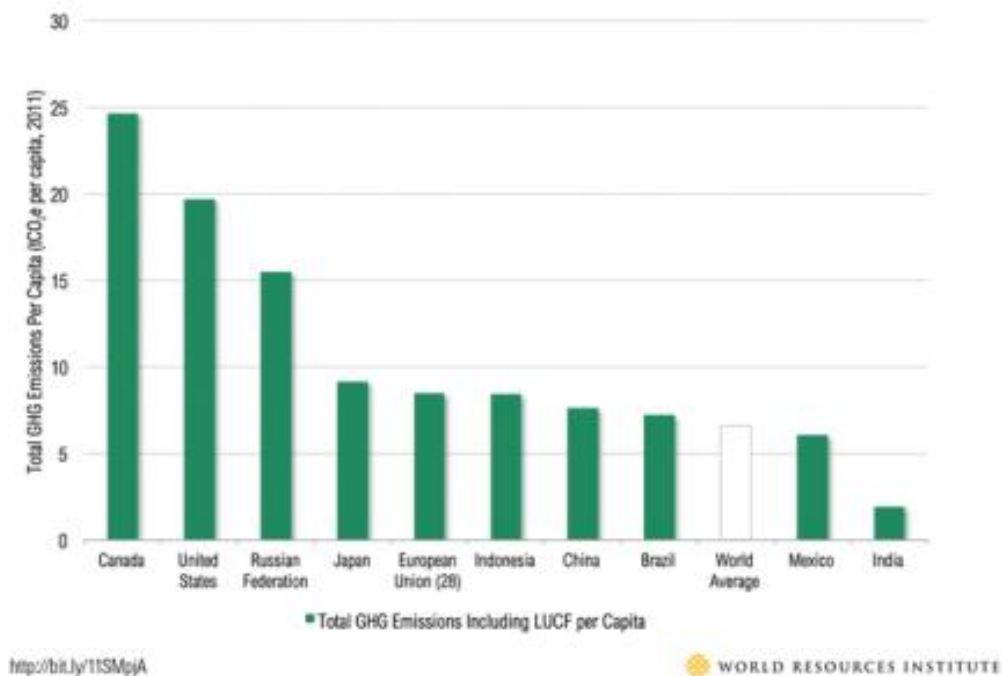
پروتکل کیوتو لبه تیغ است. نه تنها کشورهای صنعتی بزرگ مثل آمریکا، بریتانیا و کانادا در کسب هدف کاهش گازهای گلخانه‌ای که به آن متعهد شده‌اند، احتمالاً شکست می‌خورند، بلکه خود پروتکل هنوز از سوی دولت‌های تمام کشورهای صنعتی تصویب نشده است (کشورهای جزایر کوچک و کشورهای در حال توسعه تنها کشورهایی هستند که این کار را تا تاریخ مشخصی انجام می‌دهند). برای پیچیده‌تر شدن این موضوع، بسیاری از کشورهای امضاکننده پروتکل در بحث‌های مربوط به چنین مسائلی دست و پا می‌زنند. مانند مشروعیت به حساب آوردن جنگل کاری و حفاظت خاک به عنوان تثبیت کربن، و مسئولیت‌پذیری کشورهای در حال توسعه برای کاهش خروجی گازهای گلخانه‌ای جهان<sup>۱</sup>.

مشخص است که دنیا در جهت اشتباه پیش می‌رود. حتی با فرض فرآیند پیشرفت محدود جهانی به سمت کاهش گازهای گلخانه‌ای از طریق کنوانسیون تغییر اقلیم، تجمع گازهای گلخانه‌ای ادامه خواهد یافت. این بدان معنا است که تغییر اقلیم عمده، اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. برای یک کشور شمالی مانند کانادا که آب شیرین فراوان و منابع طبیعی و جمعیت ثابت دارد، ممکن است تغییر اقلیم به صورت کوتاه‌بینانه‌ای چیز جالبی به نظر برسد. ولی برای اکثریت مردم در سراسر دنیا، تغییر اقلیم می‌تواند عامل نهایی بی‌ثباتی شرایط موجود باشد. آسیب‌پذیرترین کشورها به اثرات اقلیمی آن‌هایی هستند که جمعیت رو به رشد سریع و متراکمی دارند. مخصوصاً در آفریقای نیمه‌صحرائی و مناطق ساحلی استوایی. در بنگلادش که کشوری با تراکم جمعیتی ۹۵۰ نفر در هر کیلومتر مربع است، یک متر افزایش آب سطح دریا می‌تواند ۱۳ میلیون نفر را بی‌خانمان سازد. کشورهای جزیره‌ای، همانند مالدیو، می‌توانند کاملاً غرق شوند.

در سال ۱۹۹۲ ما به سال ۲۰۰۰ به عنوان سالی که گام نخست به سمت کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای و رساندن آن‌ها به سطح ۱۹۹۰ را برداشتیم، نگاه کردیم. وقتی به شکست خود در کسب چنین قدم ملایمی نگاه می‌کنیم، باید کارآیی رویکرد صرفاً داوطلبانه در کاهش گازهای گلخانه‌ای را زیر سوال ببریم. با هر سال عدم فعالیت در تغییر اقلیم، هزینه و مشکل بودن کاهش گازهای گلخانه‌ای به سرعت افزایش می‌یابد.

موفقیت در مدل‌سازی دوباره جوامع و اقتصاد برای غلبه بر تغییر اقلیم تا حدی به این بستگی دارد که ما آموزشگران و تسهیلگران تا چه حد در ایفای نقش خود برای کمک به دانش‌آموزان و فراگیران جدی هستیم تا بدین ترتیب آن‌ها انسان‌هایی باسواد و کارآمد جهانی شوند. برنامه‌های آموزشی با موضوعات علوم، مطالعات اجتماعی، جغرافیا، بهداشت و

سلامت و چندین موضوع دیگر فرصت‌های زیادی در خود دارند تا دانش‌پژوهان را با مساله تغییر اقلیم آشنا سازند. علاوه بر بحث درباره علم، و اثرات و روش‌های بین‌المللی پرداختن به تغییر اقلیم، باید فرصت‌هایی برای یادگیری راجع به منفعت این موضوع برای سلامت انسان و محیط‌زیست نیز وجود داشته باشد. همانند انرژی تجدیدپذیر، کارایی انرژی و کاهش مصرف مواد. از دیدگاه عملی، مدرسه مکان خوبی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است، اما به نظر می‌رسد دولت‌ها و صنایع در جدی گرفتن آن‌ها مشتاق نیستند. مدارس مقدار هنگفتی انرژی و منابع دیگر را مصرف می‌کنند و این در بطن خود، فرصت‌های بسیار زیادی برای حفاظت مطرح می‌کند. مدارس سود افزوده‌ای دارند تا بتوانند استراتژی حفاظتی را با برنامه‌های آموزشی تلفیق کنند که این موضوع باعث ایجاد پیوندهای مهمی بین انتخاب سبک زندگی و آینده زمین می‌شود. به مثابه آموزشگر، این مسئولیت ما است که نسل بعدی را برای واکنش مناسب به چالش‌های آینده زندگی آماده سازیم. به یقین، خطر تغییر اقلیم یکی از این چالش‌ها خواهد بود.



شکل ۴۱: سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط برخی کشورهای جهان



United Nations  
Climate Change

### چارچوب کنوانسیون تغییر اقلیم

کنوانسیون سازمان ملل درباره تغییر اقلیم، موافقت‌نامه‌ای میان کشورها است تا با هم همکاری کنند تا بدین ترتیب انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای کاهش یابد، توسعه پایدار اقتصادی را تشویق کند، و برای کشورهایی که نسبت به اثرات مضر تغییر اقلیم جزو آسیب‌پذیرترین‌ها هستند، امکان همکاری فراهم کند. این موافقت‌نامه بیشترین مسئولیت را به عهده کشورهای صنعتی می‌گذارد، زیرا آن‌ها بزرگ‌ترین تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای هستند. با امضای این کنوانسیون کشورهای توسعه یافته موافقت کردند تا:

- برنامه‌های ملی را برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اجرا و از ذخایر و تثبیت کربن حفاظت کنند (همانند: جنگل، اقیانوس و ...)
- پژوهش و آموزش عمومی درباره تغییر اقلیم را تشویق کنند.
- همکاری مالی و فنی ارائه کنند تا کشورهای در حال توسعه بتوانند به اثرات مضر تغییر اقلیم واکنش و سازش یابند.

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های این کنوانسیون این است که فرآیندی را ترسیم می‌کند که از طریق آن جامعه بین‌المللی می‌تواند در مورد فعالیت‌هایی که باید انجام شود موافقت کرده و به صورت دوره‌ای، لایحه (یا پروتکل‌هایی) در واکنش به اطلاعات جدید درباره اثرات انسان بر اقلیم وضع کند. به عنوان مثال، پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ کاهش بیشتر گازهای گلخانه‌ای را نسبت به آن چه که قبلاً مورد مذاکره قرار گرفته بود در نظر داشت.

نمایندگان ملی که کنوانسیون و پروتکل کیوتو را امضا کردند حمایت خود را از این معاهدات نشان دادند. به هر حال یک کشور تا زمانی که قانونی را در پارلمان ملی خود وضع نکند و این سند مصوب را به سازمان ملل نفرستد، جزو معاهده به حساب نمی‌آید. برای تضمین این که کشورهایی که موافقت‌نامه را امضا کرده‌اند به تنهایی عمل نکنند، این معاهده تا زمانی که توسط تعداد مشخصی از کشورها که انتشار گازهای گلخانه‌ای آن‌ها روی هم رفته نشان دهنده نسبت عمده‌ای از کل جهان باشد، تصویب نشود، از نظر قانونی تعهدآور نیست. این کنوانسیون از سال ۱۹۹۴ به اجرا درآمد و بیش از ۱۸۵ کشور آن را تصویب کرده‌اند.



### موافقت‌نامه پاریس

در دوازدهم دسامبر سال ۲۰۱۵ میلادی، ۱۹۵ کشور در پاریس، پایتخت فرانسه، گرد آمدند تا نخستین قرارداد جهانی در حوزه اقلیم را به نتیجه برسانند. هدف موافقت‌نامه پاریس، جلوگیری از رخ دادن بدترین حالت‌های گرمایش جهانی است. از زمانی که فلسطین به قرارداد اقلیمی سازمان ملل متحد و تعهدنامه پاریس پیوست، تعداد کشورهای متعهد به این قرارداد به ۱۹۶ رسیده است.

در ژوئن ۲۰۱۶، دونالد ترامپ، رئیس‌جمهور ایالات متحده، اعلام کرد که ایالات متحده از قرارداد پاریس خارج خواهد شد. باراک اوباما، رئیس‌جمهور پیشین ایالات متحده، این قرارداد را سال پیش از آن امضا کرده بود. ایالات متحده تنها کشوری است که از معاهده پاریس خارج شده است.

### هدف

کشورها در موافقت‌نامه پاریس توافق کرده‌اند که گرمایش جهانی نسبت به دوران پیش از انقلاب صنعتی، بیش از دو درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا نکند. آن‌ها تلاش خواهند کرد تا افزایش دما در حد ۱٫۵ درجه سانتی‌گراد باقی بماند. هدف‌گذاری پایین‌تر به سبب درخواست کشورهای فقیر و جزیره‌ها بوده که خطر تأثیرات اقلیمی مانند افزایش سطح آب برای آن‌ها بسیار زیاد است.

کارشناسان می‌گویند نگر داشتن افزایش دما زیر دو درجه سانتی‌گراد هدفی بسیار بلندپروازانه است و تنها در صورتی عملی خواهد شد که نشر گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، بلافاصله و به میزان گسترده، کاهش یابد. بر اساس وعده‌های داوطلبانه ملی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کره زمین تا حدود سه درجه سانتی‌گراد گرم‌تر خواهد شد. دانشمندان هشدار داده‌اند که این افزایش دما به معنای سیل‌های مکرر و شدید، خشکسالی و توفان‌های گسترده است.

### مسیر راه

امضاکنندگان قصد دارند انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سریع‌ترین زمان ممکن کاهش دهند. براساس قرارداد پاریس، تا نیمه دوم قرن حاضر، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند تولید انرژی و کشاورزی و جذب گازهای گلخانه‌ای توسط منابع جاذب کربن، مانند جنگل‌ها باید در تعادل باشد. کمیته علمی اقلیمی سازمان ملل متحد می‌گوید نشر گازهای گلخانه‌ای بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۵۰ تا حدود ۴۰-۷۰ درصد کاهش یابد و تا سال ۲۱۰۰ به صفر برسد. تنها در این صورت است که کره زمین بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد گرم نخواهد شد.

## ردیابی پیشرفت

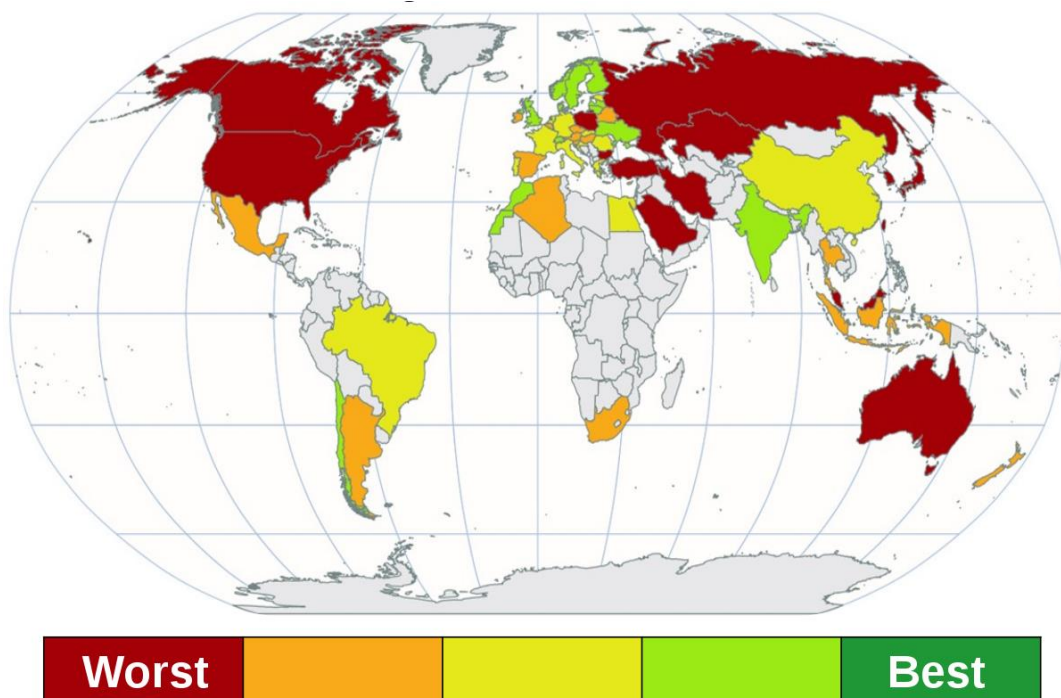
در سال ۲۰۱۸ و پس از آن هر ۵ سال یکبار، کشورها تأثیر کلی تلاش‌های خود را برای جلوگیری از گرمایش جهانی بررسی خواهند کرد. موافقت‌نامه پاریس از کشورها می‌خواهد و آن‌ها را مجبور می‌کند تا تعهدات خود در راستای قطع نشر گازهای گلخانه‌ای را تا سال ۲۰۲۰ و هر پنج سال پس از آن به‌روزرسانی کنند. برخی از کشورها مانند ایالات متحده هدف‌های خود برای محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای را برای سال ۲۰۲۵ و برخی دیگر کشورها برای ۲۰۳۰ تعیین کرده‌اند.

## تأمین مالی

کشورهای ثروتمند موظف هستند برای کشورهای در حال توسعه کمک مالی فراهم کنند تا آن‌ها بتوانند تغییر پرهزینه منابع انرژی را مدیریت و در برابر تأثیرات تغییر اقلیم از خود محافظت کنند. کشورهای حمایتگر هر دو سال یکبار باید سطح مالی کنونی و میزان هدف‌گذاری شده را گزارش دهند. تصمیمی غیر الزام‌آور این معاهده را همراهی می‌کند که بر اساس آن، کمک‌های مالی ۱۰۰ میلیارد دلاری کشورهای ثروتمند تا سال ۲۰۲۰، به‌عنوان کف کمک‌های مالی تعیین شده است و کمک‌های مالی باید از این مقدار بیشتر باشد. این مقدار باید تا سال ۲۰۲۵ به‌روز شود. با توجه به روند فعلی کمک‌های مالی و وام‌های اقلیمی از سمت دولت‌ها، کمک‌های مالی عمومی تا سال ۲۰۲۰ به ۶۷ میلیارد دلار خواهد رسید. ایالات متحده متعهد شده بود که سه میلیارد دلار به صندوق اقلیم سبز بپردازد. از این مقدار یک میلیارد در زمان ریاست جمهوری باراک اوباما پرداخت شده بود. ترامپ اعلام کرده است که به تعهدهای مالی عمل نخواهد کرد.

**کنوانسیون تغییر آب و هوا:** عبارت است از توافق‌نامه چندجانبه بین‌المللی در مورد تغییر آب و هوا که در اجلاس سران زمین در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو برزیل به تصویب رسید. این کنوانسیون در تاریخ ۱۳۷۵/۳/۶ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده و از تاریخ ۱۳۷۵/۳/۱۹ برای جمهوری اسلامی ایران لازم‌الاجرا شده است.

**پروتکل کیوتو:** سند الحاقی به کنوانسیون ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا که در سومین کنفرانس متعاهدین در ۱۱ نوامبر ۱۹۹۷ در شهر کیوتوی ژاپن تصویب شد. این پروتکل در تاریخ ۱۳۸۴/۵/۱ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده و از تاریخ ۱۳۸۴/۸/۳۰ برای جمهوری اسلامی ایران لازم‌الاجرا شده است.



شکل ۴۲: نقشه پهنه‌بندی کشورها براساس عملکرد آن‌ها در خصوص اقدام برای مبارزه با تغییر اقلیم

توضیح شکل: همان‌طور که در راهنمای نقشه مشخص شده است، رنگ سبز متعلق به کشورهایی است که دارای عملکرد خوب و قابل قبولی بوده‌اند و رنگ قرمز متعلق به کشورهایی است که عملکرد قابل قبولی نداشته‌اند.

Rank		Country	Rank		Country	Rank		Country
1.*	-		20.	▼	Croatia	41.	▲	Ireland
2.	-		21.	▲	Brazil	42.	▼	Argentina
3.	-		22.	▼	European Union (28)	43.	▼	Czech Republic
4.	-	Sweden	23.	▲	Germany	44.	▼	Slovenia
5.	▲	Denmark	24.	▼	Romania	45.	▲	Cyprus
6.	▼	Morocco	25.	▼	Portugal	46.	▲	Algeria
7.	▲	United Kingdom	26.	▼	Italy	47.	▼	Hungary
8.	▼	Lithuania	27.	▼	Slovak Republic	48.	▲	Turkey
9.	▲	India	28.	▲	Greece	49.	▼	Bulgaria
10.	▲	Finland	29.	▼	Netherlands	50.	▼	Poland
11.		Chile	30.	▲	China	51.	▼	Japan
12.	-	Norway	31.	▲	Estonia	52.	-	Russian Federation
13.	▲	Luxembourg	32.	▼	Mexico	53.	▼	Malaysia
14.	▼	Malta	33.	▲	Thailand	54.	▼	Kazakhstan
15.	▼	Latvia	34.	▲	Spain	55.	▼	Canada
16.	▼	Switzerland	35.	▼	Belgium	56.	▼	Australia
17.**	▲	Ukraine	36.	▲	South Africa	57.	▲	Islamic Republic of Iran
18.	▲	France	37.	▲	New Zealand	58.	▼	Korea
19.	▲	Egypt	38.	▼	Austria	59.	▼	Chinese Taipei
			39.	▼	Indonesia	60.	-	Saudi Arabia
			40.	▼	Belarus	61.	▼	United States

© Germanwatch 2019

شکل ۴۳: رتبه‌بندی کشورها براساس شاخص عملکرد تغییر اقلیم



## ۲-۲. چارچوبی برای آموزش تغییر اقلیم

فعالیت‌های تمام جوامع مدرن به نحوی جادویی به فناوری بستگی دارد. ما هر روز از انرژی خورشیدی دوردست‌ها که به شکل سوخت فسیلی ذخیره شده است، استفاده می‌کنیم. با این انرژی ذخیره شده می‌توانیم جمعیت فعلی انسان‌ها را حفظ کنیم و فعالیت‌های صنعتی را ادامه دهیم که بیشتر ما به آن وابسته هستیم. هر پرواز جت‌های مدرن نتیجه سوزاندن انرژی خورشیدی در عرض چند ساعت است که هزاران و صدها هزار سال طول کشیده تا از راه فرآیندهای طبیعی تجمع یابند. ولی همان‌طور که قدیمی‌ها می‌گویند، هیچ چیز مثل یک ناهار مفتی نیست. شواهد زیادی مبنی بر این موضوع وجود دارد که محصولات جانبی فناوری و سبک زندگی متکی بر سوخت‌های فسیلی، در حال افزایش اثر گلخانه‌ای اتمسفری طبیعی زمین و تغییر اقلیم سیاره ما است.

تغییر اقلیم موضوعی پیچیده است و پیش از آن که دانش‌آموزان و فراگیران بتوانند آن را به صورت اصولی و مؤثر درک کنند، به اطلاعات و حقایق مفهومی مناسبی نیاز دارد. به علاوه، درک نادرست، فراوان است و گاهی اوقات پوشش رسانه‌ای تاسف‌بار و ضعیف در مورد تغییر اقلیم و حوادث شدید آب و هوایی، این موضوع را تقویت می‌کند. این موضوع برای برگزارکنندگان برنامه‌های آموزشی و مدرسان بسیار مهم است که ابعاد تغییر اقلیم را به عنوان چالش آموزشی تشویق کنند و مسئولانه به آن بپردازند. این طرفداری را نباید به عنوان هواداری از عدم فعالیت یا پرهیز از این موضوع در برنامه‌های مدارس در نظر گرفت. بلکه خلاف آن مدنظر است. آموزش تغییر اقلیم، آزمون بلوغ و پیچیدگی آموزش محیط‌زیست است و آزمونی است که می‌طلبد آموزشگران و برگزارکنندگان برنامه‌های آموزشی بهترین رویکردها را برای تقویت تفکر خلاق و کسب مهارت مفهومی دانش‌آموزان به کار ببرند.

در آموزش محیط زیست، یک اصل مهم وجود دارد که نباید مورد غفلت قرار گیرد. آن اصل اشاره بر این نکته دارد که چیزهای زیادی در محیط زیست وجود دارند که یک کودک باید آن‌ها را بداند. بدین منظور، کتاب‌ها، کلاس‌ها و آموزگاران متعددی مورد نیاز است. این یکی از تفسیرهای ضرب‌المثل معروف «ده آدم لازم است تا یک بچه را بزرگ کنند»<sup>۱</sup> است.

موارد ذیل پنج مفهوم اساسی است که هر برنامه آموزشی مربوط به تغییر اقلیم که به خوبی طرح شده باشد، باید بر آن استوار باشد.

### ۱- تغییر؛ امری ضروری در سیستم‌های طبیعی زمین است.

زمین دائماً در حال تغییر است. تاریخچه زمین‌شناسی شواهد زیادی مبنی بر این موضوع ارائه می‌دهد که تغییرات زیادی در شکل زمین، اقلیم و حیات در گذشته صورت گرفته است. هیچ دلیلی وجود ندارد انتظار داشته باشیم که فرآیندهایی که زمین را شکل می‌دهند به تعویق افتاده باشند. با وجود آن که در حال حاضر انسان‌ها در تغییرات عمده جهانی نقش دارند، ولی مسئول یا کنترل کننده فرآیندهای تغییرات جهانی نیستند.

## ۲- سیستم‌های زمین با تعاملات پیچیده‌ای به هم مربوط هستند.

در حال حاضر ما نسبت به گذشته، تصویر بسیار پیچیده‌تری از زمین به سبب یک سیستم تعاملی، متغیر و تکاملی از سیستم‌ها داریم. یعنی مجموعه‌ای از بخش زنده (زیست کره) و بخش غیرزنده (آب، خاک و هوا). فرآیندهای اقیانوسی اقلیم را تحت تاثیر قرار می‌دهند. حیات در جنگل‌ها بر رودخانه‌ها تاثیر می‌گذارد که به نوبه خود زندگی فراساحل در فلات قاره‌ای و خلیج‌ها و مصب‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. چرخه مواد معدنی و گازها با میکروبی‌های خاک تحت تاثیر قرار می‌گیرند. به طور خلاصه، زمین یک متابولیسم یکپارچه است که در آن، ارتباطات بین عناصر که غالباً مهم و حتی غیرقابل انتظار هستند می‌توانند هنگام آسیب یا تخریب، پیامدهای قدرتمندی داشته باشند.

## ۳- تغییرات جهانی بر تمام زندگی تاثیر دارند.

این واقعیت که زمین یک سیستم یکپارچه است، بدین معنا است که تغییرات جهانی بر تمام زندگی و غالباً به شیوه‌ای غیرقابل انتظار و مبهم تاثیر می‌گذارند. حتی تغییرات اندک و کوچک در اقلیم، جریان‌های اقیانوسی، پوشش جنگلی و پراکنش بیابان می‌تواند گاهی اوقات به طرز قابل توجهی پراکنندگی گونه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. گونه‌های در معرض خطر، می‌توانند به واسطه از دست رفتن زیستگاه‌ها در خطر انقراض قرار گیرند. گونه‌های دیگر ممکن است به قلمروهای جدید حمله‌ور شوند و با گونه‌های بومی رقابت کنند. موجودات انگلی و بیماری‌زا ممکن است به مناطقی که پیش از آن ناشناخته یا کمیاب بودند گسترش یابند. نازک شدن لایه ازن در اتمسفر بالایی می‌تواند منجر به افزایش مقدار تابش فرابنفش در سطح زمین شود که باعث نقص ژنتیکی، سرطان و دیگر آسیب‌های نامحسوس به گیاهان، حیوانات و گونه‌های میکروبی شود. در عین حال که انسان‌ها ممکن است بتوانند روش‌های فنی یا روش‌های دیگری را برای محافظت از خود در برابر این تغییرات به کار برند، ممکن است دیگر شکل‌های حیات که ما به آن‌ها به منزله غذا یا منابع وابسته هستیم، این قدر خوش‌شانس نباشند.

## ۴- تغییرات محلی، منطقه‌ای و جهانی غالباً به هم مربوط هستند.

در حالی که اقلیم زمین، یک سیستم جهانی است، انسان‌ها و دیگر شکل‌های حیات آن را به صورت رویدادهای آب و هوای محلی تجربه می‌کنند. تغییراتی اندک در متوسط دمای جهانی، ممکن است چندان مهم به نظر نرسند، اما می‌توانند به تغییرات عمده در آب و هوای محلی و شرایطی که توسط آب و هوا تحت تاثیر قرار می‌گیرند منجر شوند. بدین ترتیب خشکسالی محلی، سیلاب‌ها، شرایط شدید زمستان یا گرمای شدید تابستان می‌تواند منجر به تغییراتی در اقلیم جهانی شود. یک رویداد مجزا مانند ال‌نینو یا لانینا<sup>۱</sup> در اقیانوس آرام می‌تواند اثرات گسترده مختلفی در سراسر جهان ایجاد کند. ممکن است این اثر در یک منطقه به صورت افزایش بارندگی باشد و در جای دیگر، خشکی، توفان یا تورنادو. برای مردم غالباً درک این موضوع مشکل است که چنین رویدادهای متفاوتی می‌توانند منبع یکسانی داشته باشند و تغییرات جهانی در مناطق مختلف به صورت متفاوتی ظاهر می‌شوند. علاوه بر این در نقاطی که جمعیت انسان‌ها در مناطق شهری وسیع تمرکز یافته و بسیاری از آن‌ها در دشت‌های ساحلی و حوضه‌های رودخانه‌ها قرار دارند، رویدادهای آب و هوایی شدید

می‌تواند بالای طبیعی باشد، در صورتی که همین رویدادها در مناطقی که مردم کمی وجود دارند، مهم به نظر نمی‌رسند.

## ۵- انسان‌ها عامل اصلی تغییرات جهانی شده‌اند.

انسان‌ها تنها بازیگران صحنه تغییرات جهانی نیستند. زمین تاریخی دارد که فراتر از زمان گسترش گونه انسان است و تغییرات جهانی مانند تغییر اقلیم کلان، به صورت مداوم و مدت‌ها پیش از ظهور انسان‌ها اتفاق می‌افتاده‌اند. به هر حال در حال حاضر جمعیت انسان از ۶ میلیارد نفر بیشتر است و استفاده از انرژی، ابزار و منابع همراه با تعداد انسان‌ها، ما را به منزله عامل مهم تغییرات جهانی فعلی به حساب می‌آورد. اسکان انسان، کشاورزی، جنگلداری، معدن‌کاوی و ماهیگیری همگی اثر قابل توجهی بر تنوع زیستی، فرسایش خاک، کیفیت آب و حتی اقلیم محلی و منطقه‌ای دارد. به دلیل آن که ما انسان‌ها توانایی آموختن، استدلال و ارتباط برقرار کردن داریم، باید بتوانیم در برابر مواجهه با شاخص‌های روشنی که ممکن است ما را مسبب این بلایا بدانند، رفتار خود را تغییر دهیم. ما باید بتوانیم ابزار و منابع خود را به شیوه‌ای هوشمندانه به کار بریم تا قادر باشیم به جای جنگ با سیاره‌مان، با آن هماهنگ زندگی کنیم. باید منتظر شد و دید که آیا می‌توانیم به سمت پایداری واقعی تغییر جهت بدهیم یا خیر. به احتمال خیلی زیاد، این موضوع مهم‌ترین چالش پیش روی نوع بشر است.

این پنج مفهوم برای طراحی و اجرای هر گونه برنامه آموزشی در مورد تغییرات جهانی، اهمیت حیاتی دارند؛ چه این برنامه بر تغییر اقلیم، نابودی تنوع زیستی، رشد جمعیت تاکید کند یا بر الگوی بهره‌برداری از منابع و کشاورزی. پژوهش‌های مدرن در علوم ادراکی مشخصاً اهمیت طرح‌های مفهومی برای یادگیری را نشان می‌دهد. بدون چنین چارچوب‌هایی برای تفکر و سازماندهی اطلاعات، دانش‌آموزان با انبوهی از اطلاعات و برنامه‌های آموزشی مواجه می‌شوند که به غیر از در هم پیچیدگی محتوای آن‌ها هیچ چیز دیگر ندارد.

بنابراین، اهمیت زیادی دارد که آموزشگران، مطالب آموزشی زمین را آن گونه که هست نشان دهند. یعنی یک سیاره حیاتی، متغیر و تکاملی. ضرورت دارد که داستان انسان از دیدگاه زمین‌شناسی بررسی شود تا فراگیران دریابند که انسان مدرن چه تصدی کوتاه مدتی بر زمین داشته است. دانش‌آموزان و فراگیران باید درک کنند که چگونه فعالیت انسان، سیستم‌های طبیعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مثل افزایش اثر گلخانه‌ای طبیعی. اما به همان مقدار مهم است که آن‌ها بفهمند برخی از تغییرات در حال وقوع و تغییرات بعدی در کره زمین نه به وسیله مردم اتفاق می‌افتد نه به دخالت ما ارتباط دارد. مشکل پیش‌بینی زلزله مثال خوبی در این مورد است. به نظر می‌رسد فعالیت‌های انسانی ارتباط کمی با فرآیندهای ژئوفیزیکی که باعث حرکات زمین می‌شود، دارند. در حالی که دیدگاه کلی ما از فعالیت زمین‌لرزه‌ها در ۶۰ سال گذشته به واسطه توسعه مفاهیم تکتونیک صفحات تغییر یافته است، اما هنوز مشکل جدی در پیش‌بینی وقوع زلزله داریم، هر چند که می‌توانیم مشخصاً مناطقی که به شدت احتمال وقوع آن‌ها وجود دارد را مشخص کنیم. در عین حال که می‌توانیم در برابر اثرات لرزه‌ها بر ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها مراقبت کنیم و خود را در برابر زلزله‌های عمده‌ای که اتفاق می‌افتند آماده سازیم، هیچ کاری برای متوقف کردن آن‌ها نمی‌توانیم انجام دهیم.

زمانی که فراگیران با حقایقی درباره نیروهای عمده، بلندمدت و جهانی و فرآیندهای تغییر آشنا شدند، این خطر وجود دارد که ممکن است رفتار بی‌توجهی یا کناره‌گیری در پیش گیرند. با این وجود، اگر انسان‌ها این قدر بی‌اهمیت هستند

چرا خود را با این موضوع که باید تمام اثرات به نسبت کم اهمیت خود بر زمین را متعادل سازیم، اذیت کنیم؟ این موضوع نیازمند رویکردهای آموزشی است که در آن، فاکتورهای ریسک و هزینه‌های بلندمدت و منافع، و نیز ایده‌هایی همانند اصول احتیاطی، موضوع بحث و جدل می‌شوند. در حالی که علم می‌تواند ماهیت و عوامل تغییرات جهانی را آشکار سازد، به صورت خودکار تعیین نمی‌کند که چه فعالیت‌هایی را باید در پرتوی این آگاهی و دانش انجام دهیم. به طور مثال، بسیاری از تصمیمات درباره اثرات انسان بر اقلیم جهانی ماهیت سیاسی و اقتصادی دارند و این شکل دانش با علوم یا ریاضیات تفاوت دارد. برای آموزشگران و تسهیلگران، پیچیدگی تغییرات جهانی اقلیم هم یک مشکل و هم یک امتیاز است. چون این موضوع میان رشته‌ای است، بنابراین وسیله مناسبی برای گسترش مهارت مفهومی دانش‌آموزان است: توانایی آن‌ها برای درک و کاربرد شکل‌های مختلف دانش و تفکر و تشخیص چگونگی تفاوت این اشکال. در هر صورت، ماهیت آن پیچیده است و مستلزم همکاری بین آموزشگران در موضوعات مختلف است.

گاهی اوقات بحث منتقدان آموزش اقلیم جهانی این است که باید این موضوع علمی بررسی شود و تنها حقایق علمی که بدون عدم قطعیت شناخته شده‌اند باید مدنظر قرار گیرند. این دیدگاه، موضوع تغییر اقلیم و پتانسیل آموزشی آن را ناقص می‌کند و به فراگیران درک بسیار ضعیفی ارائه می‌دهد. در هر صورت همان‌طور که بسیاری از معلمان می‌دانند، این کار برای یک معلم علوم دشوار است که هنگام بحث درباره شیمی نازک شدن لایه ازن به وسیله کلروفلوروکربن‌ها، به سوالات دانش‌آموزان درباره مشکلات اقتصادی حذف CFC از وسایل کشورهای در حال توسعه پاسخ دهد. بهترین راه برای پرداختن به این پرسش آن است که دانش‌آموزان مطالب را از زبان دیگر متخصصان بشنوند. یعنی یا مستقیم یا از راه کتاب، مقاله، اینترنت، سخنرانان مهمان و روش‌های ساختاری میان رشته‌ای که آموزش تیمی کارآمد را در پیش می‌گیرد.

مساله قطعیت علمی نیز عنصر مهم و غیرقابل چشم‌پوشی در آموزش کارآمد تغییر اقلیم جهانی است. برای فراگیران بسیار مهم است که نه تنها آنچه که درباره تغییر اقلیم شناخته شده است را بیاموزند، بلکه دریابند چگونه این دانش توسعه یافته است و چقدر قابل اطمینان است. این یک ویژگی اساسی آموزش مؤثر علوم است و برای این موضوع یا هر موضوع دیگر که فراگیران به جامعه علمی یا عملی دعوت شوند، باید به آن‌ها اجازه داد که شاهد مشکلات و عدم قطعیت تحقیقات و نیز پیروزی و نتایج آن باشند. باید به آن‌ها اجازه بحث‌هایی را داد که تحقیقات را جذاب و فعال می‌سازد. اطلاعات باید به گونه‌ای نشان داده شود که آن‌ها به این نکته توجه کنند که چه مقدار از اطلاعات، قابل اعتماد، قابل پذیرش و رایج هستند. این مساله قدرت آموزش محیط‌زیست را ضعیف نمی‌کند، بلکه آن را قوی می‌سازد.

در هر صورت، همان‌طور که برخی افراد که پشتیبان ارائه «متوازن» تمام مشکلات و مسائل محیط‌زیست هستند، ما را متقاعد می‌کنند، بحث بر سر آن نیست که همه عقاید و دیدگاه‌ها باید به نحوی ارائه شوند که صحت و گردش یکسانی در میان جامعه دانش‌آموزان داشته باشد. نباید از این واقعیت که بیشتر علوم، تجربی و از لحاظ ماهیت رو به توسعه است استفاده کرد تا همه فعالیت‌ها را تا زمانی که قطعیت مطلق پدید می‌آید به تعویق انداخت.

زمانی توان آموزشی پژوهش‌های تغییر اقلیم مورد بحث را می‌توان گسترش داد که فراگیران مبانی پیشنهادی فعالیت‌ها را ارزش‌یابی کنند و هزینه و سود خطرات ناشی از فعالیت و عدم فعالیت را مدنظر قرار دهند. در جایی که عدم قطعیت

علمی وجود دارد، فراگیران باید تشویق به یافتن دلیل وجود این مشکل شوند: آیا مساله مربوط به تئوری بنیادی است یا داده‌های ناکافی، ابزار ناقص جمع‌آوری داده‌ها یا نبود سرمایه برای پژوهش‌های اساسی؟ در مواردی که در مورد اتخاذ روش‌های پرداختن به اثرات انسان بر اقلیم بحث‌های سیاسی وجود دارد، از فراگیران باید خواست ببینند آیا این تفاوت‌ها از این موضوع نشأت می‌گیرد که هواداران شرایط متفاوت، حقایق مختلف علمی را به کار می‌گیرند، یا با مدل‌های اقتصادی متفاوت استدلال می‌کنند، یا از افکار عمومی استفاده می‌کنند، یا آن که ریشه در فرضیات ایدئولوژیکی متفاوت دارند. کمترین واکنش احتمالی آموزشی به عدم قطعیت و بحث، چشم‌پوشی از آن‌ها است، یا این که تنها مواردی ارائه شود که بحث‌برانگیز نیست. برای فراگیران ضروری است که تفاوت میان بحث‌های علمی، اقتصادی، سیاسی، مذهبی، فلسفی یا دیگر شکل‌ها را بشناسند. این موضوع مخصوصاً زمانی صادق است که تمایل رسانه‌های عمومی مدرن و گفتمان‌های سیاسی این تفاوت‌ها را برطرف کنند. ما باید انواع گزینه‌ها برای فراگیران را در دسترس داشته باشیم که ممکن است شامل موارد ذیل باشد:

- با فرض آن‌که، فعالیت‌های ما هیچ پیامد جدی ندارد و خیلی ساده بگذاریم آن چه که اتفاق می‌افتد، بیافتد.
  - با فرض آن‌که، انسان عامل اصلی تغییرات جهانی است و باید اقداماتی را برای کاهش اثرات یا حذف آن‌هایی که به بیوژئوسفر آسیب می‌زنند، اتخاذ کنیم.
  - با فرض آن‌که، ما شواهد علمی کافی از تغییرات جهانی نداریم و پیش از آن که فعالیت‌های اساسی برای کاهش اثرات انسانی اتخاذ کنیم (به ویژه اگر این فعالیت‌ها پیامدهای اقتصادی جدی و احتمالی داشته باشند)، باید تا زمانی که شواهد علمی قطعی داشته باشیم، منتظر بمانیم.
- پس از این، فراگیران می‌توانند بر مبنای فرضیات متفاوت، یک سناریو میان مدت برای آینده توسعه دهند و فعالیت‌های عملیاتی مختلف را در زمینه شرایط منتخب خود پیشنهاد یا دفاع کنند.
- آموزش محیط زیستی رسمی از سال ۱۹۷۷ تاکنون همچنان توسعه یافته و اهداف آن عملی‌تر شده است. در کنفرانس پاریس (۲۰۱۵)، اهداف آرمانی توسعه پایدار (Sustainable Development Goals)، برای آینده بهتر، تدوین شد. دستورکار جدید سازمان ملل متحد، شامل ۱۷ هدف کلان توسعه پایدار به همراه ۱۶۹ هدف خرد که با یکدیگر منسجم بوده و از هم تفکیک‌ناپذیرند می‌باشد. در بند ۲۵ این دستورکار، تمامی کشورهای عضو متعهد شده‌اند تا آموزش‌های مناسب فراگیر و عادلانه در تمامی سطوح، پیش دبستانی، ابتدایی، راهنمایی، دبیرستان و آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کار و دانش را فراهم نمایند. شکل ۴۴، نمایی شماتیک از اهداف کلان توسعه پایدار را نشان می‌دهد.



شکل ۴۴: اهداف کلان (آرمانی) توسعه پایدار

همان‌طور که در شکل ۴۲، مشخص شده است، هدف شماره ۷ بر «انرژی پاک و قابل دسترس» و هدف شماره ۱۳ بر «اقدام برای اقلیم» تاکید دارند که کاملاً بر مفهوم تغییر اقلیم متمرکز هستند.

**هدف ۷:** تضمین دسترسی به انرژی ارزان قیمت، قابل اعتماد، پایدار و مدرن برای همه (گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌ور و ...)

**هدف ۱۳:** اقدام فوری برای مبارزه با تغییرات آب و هوا و اثرات آن.

در اصل؛ آموزش تغییر اقلیم در برگزیده اهدافی چند از توسعه پایدار می‌باشد. در جدول ذیل، برخی اهداف خرد مرتبط آورده شده است.



جدول ۳: اهداف خرد مرتبط با اهداف کلان توسعه پایدار در بخش تغییر اقلیم

اهداف خرد	هدف کلان
<ul style="list-style-type: none"> <li>ایجاد دسترسی عمومی به خدمات انرژی تجدیدپذیر، مطمئن و نوین تا سال ۲۰۳۰</li> <li>افزایش چشم‌گیر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهانی تا سال ۲۰۳۰</li> <li>افزایش دو برابری نرخ جهانی بهبود بهره‌وری انرژی تا سال ۲۰۳۰</li> <li>افزایش همکاری‌های بین‌المللی با هدف تسهیل دسترسی به پژوهش‌ها و فناوری‌های انرژی پاک، از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر، بهره‌وری انرژی و فناوری سوخت‌های فسیلی پیشرفته و پاک‌تر و افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی و فناوری انرژی‌های پاک تا سال ۲۰۳۰</li> <li>گسترش زیرساخت‌ها و به‌روزرسانی فناوری جهت ارایه خدمات انرژی‌های نو و پایدار برای همگان در کشورهای در حال توسعه، به ویژه کشورهای کمتر توسعه یافته، جزایر کوچک در حال توسعه و کشورهای در حال توسعه محصور در خشکی تا سال ۲۰۳۰، مطابق با برنامه‌های حمایتی تخصصی.</li> </ul>	هدف شماره ۷
<ul style="list-style-type: none"> <li>تقویت تاب‌آوری و و ظرفیت سازگاری در برابر مخاطرات مرتبط با تغییر اقلیم و بلایای طبیعی در تمامی کشورها</li> <li>یکپارچه‌سازی تدابیر مربوط به تغییر اقلیم با سیاست‌ها، راهبردها و برنامه‌ریزی‌های ملی</li> <li>ارتقای سطح آموزش، اطلاع‌رسانی و ظرفیت انسانی و سازمانی در خصوص کاهش تغییر اقلیم، سازگاری، کاهش تاثیرات و هشداردهی زودهنگام</li> </ul>	هدف شماره ۱۳

هر برنامه آموزشی مؤثر که تغییرات جهانی اقلیم را بررسی می‌کند، باید با این واقعیت مواجه شود که بسیاری از فراگیران کمبودهای جدی در تصور بنیادین و دانش خود در زمینه علوم زمین و نیز شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی دارند. به عنوان مثال بررسی تصورات علمی نادرست میان فارغ‌التحصیلان دانشگاهی نشان می‌دهد که حتی بزرگان علوم در بعضی از دانشگاه‌های معتبر غالباً ایده‌های ضعیفی درباره فرآیندهای اساسی مثل فصول، فتوسنتز و روابط آن با چرخه‌های بیوژئوفیزیکی، ترکیب اتمسفر، و نقش انرژی خورشیدی در فعالیت سیستم‌های اصلی زمین دارند. این یافته‌ها دلالت بر این دارد که دانش پیشین فراگیران باید پیش از اجرای برنامه‌ها ارزیابی شود. پژوهش درباره طرح‌های کلی ادراکی و یادگیری، بر قدرتی تاکید دارد که تصورات نادرست در استدلال‌ها اعمال می‌کند. همچنین این پژوهش نشان می‌دهد اگر یادگیری، یک فعالیت سازنده است، گاهی اوقات به تخریب یا عدم یادگیری ساختارهای ادراکی موجود نیز نیاز دارد. این کار معمولاً زمان زیادتر و توجه بیشتری نسبت به برنامه‌های مدرسه نیاز دارد.

یک رویکرد مفید، گسترش برخی آزمون‌ها یا تست‌های ساده از دانش قبلی است که می‌تواند در آغاز درس‌ها به فراگیران ارائه شود. این آزمون‌ها می‌تواند دانش بنیادین واقعی را از طریق سوالات ارزیابی کند. به طور مثال، درباره درصد نسبی گازها در اتمسفر یا منبع وزن به دست آمده در گیاهان از زمان دانه تا بلوغ. برخی از این سوالات می‌تواند شکل انتخاب چندتایی ساده، صحیح یا اشتباه، یا جور کردن داشته باشند. در هر صورت بد نیست از فراگیران خواسته شود که شکل و نمودار بکشند یا در بحث درباره فرآیندهای مختلف مشارکت کنند. همچنین مهم است بدانیم چرا فراگیران به این آزمون‌ها پاسخ اشتباه می‌دهند تا بدین ترتیب استدلال‌های نهفته در این پاسخ‌ها را بررسی کنیم.

برای آن که ارزیابی دانش قبلی فراگیران، مؤثرتر باشد، آن‌ها باید در یک فضای امن و معقول بررسی شوند. هدف این کار طبقه‌بندی یا رتبه‌بندی آن‌ها نیست، بلکه دریافت و درک مفاهیم مختلف در کلاس و وضعیت علمی پایه فراگیران به منظور برنامه‌ریزی کلاس‌های مؤثرتر است. در حالی که ارزیابی دانش پیشین غالباً بر مفاهیم و دانش علمی متمرکز است،

می‌تواند شکل‌های استدلال، ارزش‌ها و رویکردها را نیز بررسی کند. به عنوان مثال، مطالعات کمپتون<sup>۱</sup>، باستر<sup>۲</sup> و هارتلی<sup>۳</sup> در سال ۱۹۹۶ در مورد ارزش‌های محیط‌زیست و فرهنگ آمریکا مشخص کرد که بسیاری از مردم درباره انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس دانش و شناخت خود نسبت به کاهش لایه ازن ناشی از کلرو فلورو کربن‌ها (CFCs) استدلال می‌کنند. به عبارت دیگر استدلال آن‌ها این است که اگر مشکل CFCها به عنوان پیشگام، سردساز و پاک کننده، با تدابیر فنی ساده جایگزینی آن‌ها «درمان می‌شود»، همان کار را می‌توان برای کربن دی‌اکسید انجام داد. اگر معلمان یا طراحان کلاس‌ها از این نوع استدلال آگاه باشند، طرح‌های آن‌ها می‌تواند این ساختارهای مفهومی زمینه‌ای را نیز به حساب آورد. البته ارزیابی کارایی برنامه و یادگیری فراگیران باید بررسی شود تا دانش پایه، مفاهیم و فرآیندهای استدلالی نیز مورد بازنگری قرار گیرد. برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)، چند توصیه ساده و کاربردی را برای آموزش مفاهیم محیط زیستی به آموزشگران ارائه کرده است.

✍ از فضاهای طبیعی و تجهیزات کمک آموزشی برای انتقال آموزه‌ها استفاده کنید. اجازه دهید تا چندین حس (شنوایی، بینایی، بویایی، لامسه) فراگیران درگیر شود.



✍ تنها از زیبایی‌ها و جاذبه‌های محیط زیست برای آن‌ها سخن نگوئید. آن‌ها را با واقعیت‌های طبیعت و محیط زیست آشنا کنید. پیامدهای اقدامات نادرست انسانی و بالای طبیعی را برای آن‌ها توضیح دهید.



✍ به آن‌ها کمک کنید تا تمامی جنبه‌ها و پیامدهای محیط زیستی را دریابند و به آن‌ها اشاره کنند. تلاش کنید تا ذهن آن‌ها از نگاه جزیره‌ای به مسایل و مشکلات محیط زیستی خارج شود.



✍ اهمیت زنجیروار پدیده‌های طبیعی را برای آن‌ها بازگو کنید و کلیت حیات را به روی کره زمین با جزئیات آن شرح دهید.



در پایان، خبرهای خوب و بدی در مورد آموزش‌های تغییرات جهانی وجود دارد. خبر بد این که این موضوع پیچیده و چالش برانگیز است. خبر خوب هم این است که باز هم این موضوع پیچیده و چالش برانگیز است! ما اطمینان داریم که آموزشگران و تسهیلگران بسیاری وجود دارند که مشتاق هستند چالش‌ها را بپذیرند و پژوهشگران و معلمان دیگری هستند که آماده کمک به آنان می‌باشند.

## ۲-۲-۱. دانستنی‌های انرژی

انرژی خورشید منبع اصلی تامین انرژی عالم حیات به شمار می‌رود و در واقع نیروی محرکه جهان هستی است که ضمن انرژی تابشی و گرمایشی، تامین کننده انرژی لازم برای اولین حلقه زنجیره‌های غذایی در کره زمین یعنی گیاهان سبز و در واقع کل اکوسیستم‌ها می‌باشد. اما، از کل تشعشعات رسیده به زمین تنها ۱ تا ۲ درصد آن توسط گیاهان سبز برای فتوسنتز و در نتیجه تامین انرژی مورد نیاز سایر موجودات زنده، مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیاهان سبز در حقیقت انرژی حاصل از نور خورشید را به صورت انرژی شیمیایی در می‌آورند که از طریق تولید مواد قندی، پروتئین و چربی و طی فرآیند خوردن و خورده شدن (گیاهان توسط جانوران گیاه‌خوار و همچنین جانوران گوشت‌خوار) در طول زنجیره‌های غذایی جریان می‌یابد و باعث رشد و بقای تمامی موجودات زنده می‌شود. به طور کلی در این جریان انرژی در اکوسیستم؛

انرژی هرگز نه از بین می‌رود و نه خلق می‌شود، بلکه از صورتی به صورت دیگر تبدیل می‌شود (قانون اول ترمو دینامیک). این تبدیل انرژی از صورتی به صورت دیگر، صد در صد انجام نمی‌شود و همواره مقداری از آن به صورت گرما تلف می‌شود (قانون دوم ترمو دینامیک). یعنی مثلاً هنگامی که یک جانور علف‌خوار گیاهی را برای تامین رشد و بقای خود مصرف می‌کند، نمی‌تواند از تمام انرژی موجود در گیاه استفاده کند و مقداری از آن تلف می‌شود.

انرژی، یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه هر کشور است. تولید انرژی همواره دشوار و پرهزینه است. بخش عمده‌ای از منابع انرژی جهان، صرف تولید الکتریسیته می‌شوند.

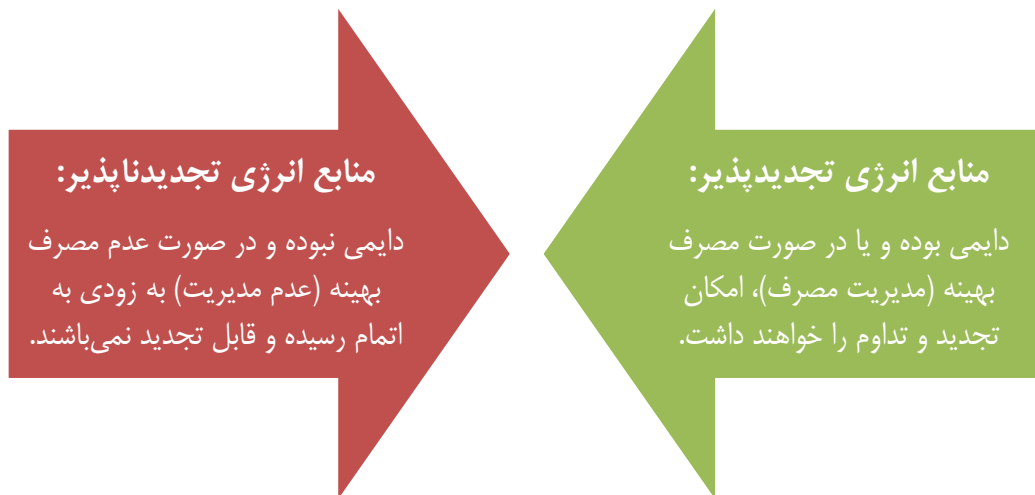
امروزه، اکثر مردم نیرو و انرژی را مترادف با نیروی الکتریسیته می‌دانند. نیروی الکتریسیته نوع مطلوب انرژی در جهان به شمار می‌رود. ما با استفاده از انواع انرژی می‌توانیم الکتریسیته به دست آوریم و سپس آن را از طریق کابل‌های برق به مراکز مورد نیاز انتقال دهیم، قدرت آن را افزایش یا کاهش دهیم یا آن را به انواع انرژی‌های گرمایی، صوتی، نوری و حرکتی که نیاز داریم، تبدیل کنیم.



بیش از نیم میلیون نیروگاه عظیم در سرتاسر جهان وجود دارند که به طور شتابان روز و بی‌وقفه کار می‌کنند تا نیروی الکتریسیته مورد نیاز را تامین کنند.

## ۲-۱-۱-۲. منابع انرژی

در یک تقسیم‌بندی ساده، می‌توان منابع انرژی را به ۲ دسته کلی تقسیم کرد: تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر.



شکل ۴۵: مقایسه مفهومی منابع تولید انرژی در جهان

### الف) منابع انرژی تجدیدناپذیر

حدود دو پنجم (معادل ۳۹ درصد) از نیروی الکتریسیته‌ای که در جهان تولید می‌شود، با استفاده از سوخت زغال‌سنگ به دست می‌آید. حدود ۲۵ درصد نیز با استفاده از سوخت نفت و گاز تولید می‌شود. بنابراین؛ حدود دو سوم از برقی که در جهان مصرف می‌شود، با استفاده از سوخت‌های فسیلی است که محیط زیست را آلوده کرده و باعث گرم‌تر شدن زمین می‌شود.

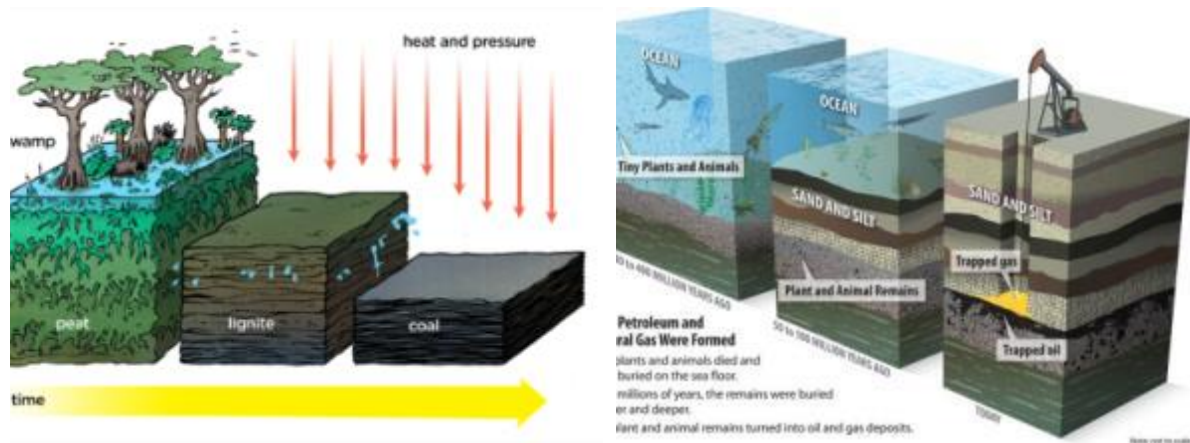
بنزین، گازوئیل و گاز طبیعی نیز سوخت‌های فسیلی هستند که انرژی مورد نیاز خودروها و وسایل حمل و نقل موتوری را تامین می‌کنند که عامل اصلی آلودگی هوا می‌باشند. همچنین فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی به عنوان سوخت در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند.



سوخت‌های فسیلی از بقایای جاندارانی که در زمان‌های بسیار قدیم می‌زیستند و در زیر لایه‌هایی از طبقات سنگ‌های رسوبی دفن شدند، به دست آمده‌اند. زغال‌سنگ از بقایای گیاهانی نظیر سرخس‌ها و گیاهانی از این قبیل و نفت خام نیز



از بقایای جانداران کوچکی که در دریاها می‌زیستند و پس از مردن دفن شده و پوسیده و در زیر لایه‌های متراکم گل و لای متراکم شده‌اند، به دست آمده‌اند. به همین دلیل به این گروه از انرژی‌های غیرقابل تجدید نیز گفته می‌شود.



شکل ۴۶: فرآیند شکل‌گیری نفت و زغال‌سنگ از بقایای جانوری و گیاهی

مدت زمان تشکیل سوخت‌های فسیلی میلیون‌ها سال طول کشیده است، اما طی مدت کمتر از صد و پنجاه سال بیش از نیمی از منابع خام موجود در جهان را مصرف کرده‌ایم. مصرف سوخت‌های فسیلی به سرعت رو به افزایش است و اگر همین روند صعودی ادامه داشته باشد تا پنجاه سال دیگر منابع نفت خام و بلافاصله پس از آن منابع گاز و دویست سال بعد منابع زغال‌سنگ تمام خواهد شد.



### استخراج زغال‌سنگ

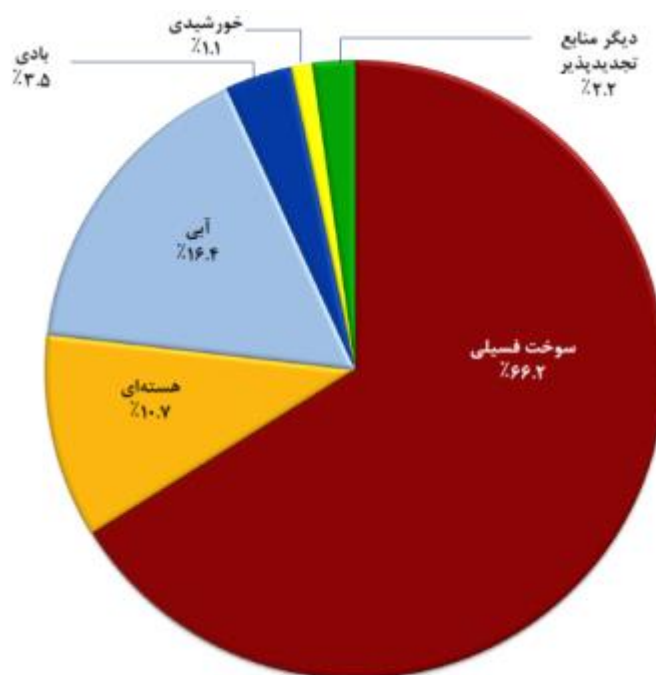
زغال‌سنگ را نخستین بار، در حدود ۳۰۰۰ سال پیش، در چین استخراج کردند. مردم چین زغال‌سنگ را برای ذوب و جداسازی مس به کار بردند. در قرن هیجدهم میلادی، زغال‌سنگ را برای راه‌اندازی ماشین‌های بخار در کارخانه‌ها مورد استفاده قرار دادند. در حال حاضر، در حدود ۴۰ درصد برق جهان با سوزاندن زغال‌سنگ تامین می‌شود.

## گاز طبیعی

گاز طبیعی هم، مانند نفت و زغال سنگ از باقی مانده گیاهان و جانورانی که میلیون ها سال پیش می زیسته اند، تشکیل می شود. گیاهان و جانوران دریایی پس از مرگ شان، در کف اقیانوس رسوب می کنند و در زیر گل ولای و شن ماسه مدفون می شوند. ضخامت این لایه های گل و ماسه، در طول میلیون ها سال، به هزاران متر می رسد. آن ها سرانجام به شکل فسیل در می آیند. گرما و فشار به تدریج این فسیل ها را تبدیل به گاز می کند، که در لایه های سنگ ها محبوس می ماند.



انسان، سوخت های فسیلی را در طول ۲۵۰ سال گذشته، به طور فزاینده ای مصرف کرده است. سوخت فسیلی وقتی می سوزد، گاز کربن دی اکسید تولید می کند. این گاز به همراه سایر گازها، گرمای خورشید را در خود جذب می کنند و در نتیجه دمای سیاره زمین را بالا می برند.



حدود دو سوم الکتریسیته مصرفی جهان با استفاده از سوخت های فسیلی تولید می شود.

شکل ۴۷: سبد تولید برق جهان در سال ۲۰۱۴

## ب) منابع انرژی تجدیدپذیر

نوعی از انرژی می باشند که از منابعی که در زمانی با مقیاس انسانی، به طور پیوسته تولید مجدد می شوند، به وجود می آیند. مانند نور خورشید، باد، جزر و مد، امواج، زمین گرمایی و هیدروژن و بیومس.



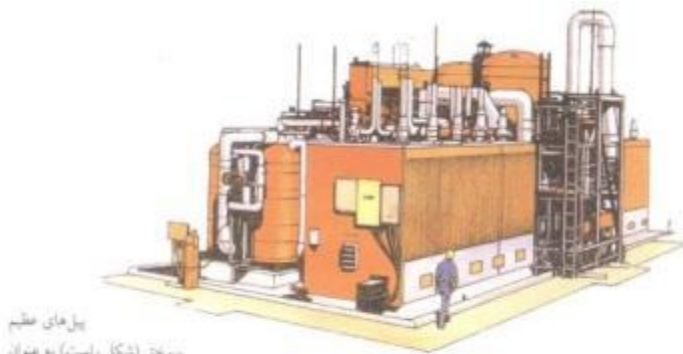


حدود ۱۶ درصد از مصرف نهایی انرژی جهان از منابع تجدیدپذیر تولید می‌شود. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق ۱۹ درصد است.

در حدود ۱۹ درصد (یک‌پنجم) برق جهان از انرژی آب جاری تولید می‌شود. آب در حالتی که در ارتفاع باشد، دارای انرژی است و در صورت افت به پایین انرژی خود را از دست خواهد داد که از آن برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود. این نوع انرژی اصطلاحاً «برق آبی» نامیده می‌شود و یک منبع انرژی بلندمدت و تجدیدپذیر به شمار می‌رود که هوا را نیز آلوده نمی‌کند. ولیکن، مشکلات محیط زیستی دیگری دارد. در این شیوه تولید برق، انرژی حرکتی آب با احداث سد مهار می‌شود. سپس این آب با فشار بسیار زیاد به سمت کانال‌های سد هدایت می‌شود و پره‌های توربین‌ها را به گردش در می‌آورد. حرکت محور توربین‌ها نیز به مولدهای برق (ژنراتور) متصل است که موجب تولید نیروی الکتریسیته می‌شود. با بستن سدها بر روی رودخانه‌ها، حجم عظیمی از آب رودخانه‌ها در پشت سدها جمع می‌شود و از ریختن آن به داخل تالاب‌ها ممانعت می‌شود. در سال‌های اخیر با کاهش بارندگی‌ها و کاهش آب ورودی به تالاب‌ها بسیاری از آن‌ها خشک شده‌اند. از سوی دیگر، رودخانه‌ها و تالاب‌ها زیستگاه گونه‌های متعدد و متنوعی از جانوران و گیاهان می‌باشند که بدین ترتیب خسارات جبران‌ناپذیری به آن‌ها وارد می‌شود. همچنین، با خشک شدن تالاب‌ها و تبدیل شدن آن‌ها به بیابان مشکل ریزگردها هم رخ خواهد داد.

### ❖ پیل‌های هیدروژنی و سوختی

بهترین راه برای ذخیره کردن برق، استفاده از هیدروژن است. هیدروژن با عبور دادن جریان برق از آب آزاد می‌شود و می‌تواند به عنوان سوخت در موتورهای معمولی و یا در پیل‌های سوختی مصرف شود.



پیل‌های عظیم سوختی (شکل راست) به عنوان نیروگاه برق به کار گرفته می‌شوند و بیش از ۲۰۰ کیلووات برق تولید می‌کنند که برای ۱۵۰ خانوار کافی است.

شکل ۴۸: نمایی شماتیک از یک کارخانه مولد برق توسط پیل سوختی؛ پیل‌های سوختی دستگاه‌هایی هستند که هیدروژن را دوباره به برق تبدیل می‌کنند.

این پیل‌ها با ترکیب هیدروژن و اکسیژن در حضور کاتالیزر (کنشگر) برای سرعت بخشیدن به واکنش و الکترولیت (ماده شیمیایی رسانای الکتریسیته) عمل می‌کنند. هیدروژن و اکسیژن ترکیب می‌شوند تا برق و آب تولید کنند.

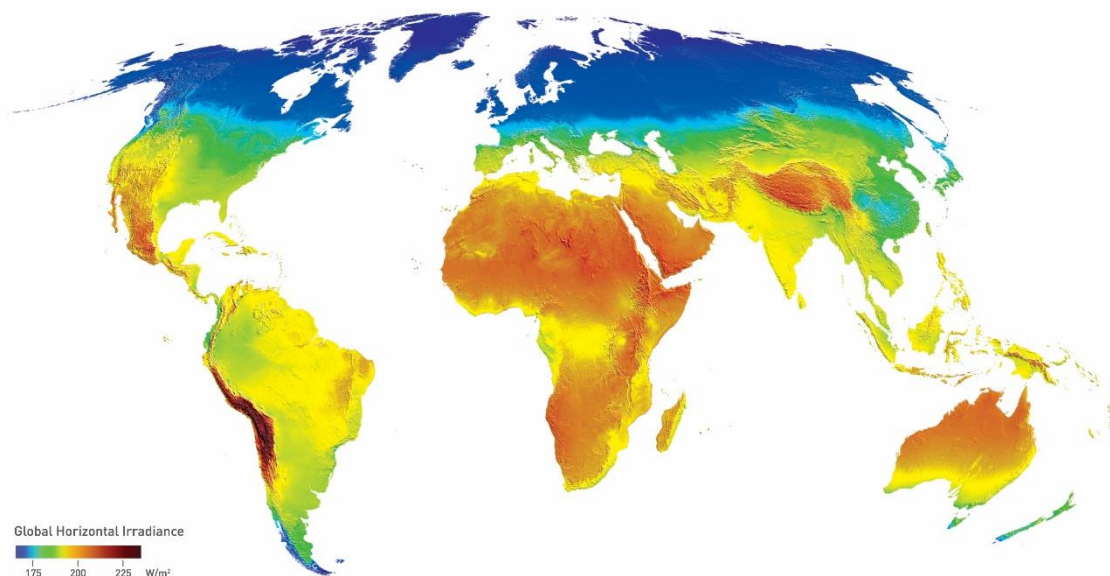


### خودروهای هیدروژنی

هیدروژن، سومین انرژی فراوان به روی سطح زمین است. هیدروژن در موتورهای معمولی هم می‌تواند به جای بنزین بسوزد، و به جای دود، آب از آگروز آن خارج شود. شرکت‌های تویوتا، هیوندای و هوندا پیشگامان تولید این نوع از اتومبیل هستند.

### ❖ انرژی خورشیدی

خورشید حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر از ما دور است. اما منشا تمام منابع انرژی ماست. خورشید ۵ میلیارد سال عمر دارد و شاید تا ۵ میلیارد سال دیگر هم عمر کند. شدت تابش خورشید در خارج جو زمین در هر ثانیه، حدود ۱۳۶۷ ژول در هر مترمربع می‌باشد که در سطح زمین در یک روز صاف و آفتابی به حدود ۱۰۰۰ وات بر مترمربع کاهش می‌یابد. انرژی خورشیدی منحصر به فردترین منبع انرژی تجدیدپذیر در جهان و منبع اصلی تمامی انرژی‌های موجود در زمین است. انسان، همانند گیاهان می‌تواند انرژی خورشیدی را گردآوری کند. سلول‌ها (یاخته‌ها) خورشیدی عملی مشابه با برگ گیاهان انجام می‌دهند و با جذب و ذخیره انرژی خورشیدی، آن را به برق تبدیل می‌کنند.



شکل ۴۹: نقشه جهانی تابش خورشید.

توضیح شکل: طیف رنگ زرد تا قرمز بیانگر بیشترین میزان دریافت انرژی است.

### سلول (یاخته) خورشیدی چیست؟



سلول خورشیدی با جذب نور، ذرات ریزی به نام الکترون آزاد می‌کند. آن‌ها با حرکت خود جریان برق ایجاد می‌کنند. این سلول‌ها معمولاً از سیلیکون ساخته شده‌اند، ماده‌ای که تراشه‌های رایانه‌ای از آن ساخته می‌شود. بهترین سلول خورشیدی، تقریباً یک سوم نور تابیده شده خورشیدی را به برق تبدیل می‌کند. استفاده از آینه‌ها و عدسی‌ها برای تمرکز نور خورشید مقدار برق حاصل را دو برابر می‌کند.

### نیروگاه خورشیدی

انرژی موجود در نور خورشید که در طول یک روز بر ایالات متحده آمریکا می‌تابد، ۲ برابر انرژی مصرفی سالیانه این کشور است. برای مهار این انرژی نیاز به تاسیسات و زیرساخت‌هایی است که نیروگاه خورشیدی را شکل می‌دهند. بزرگ‌ترین نیروگاه خورشیدی جهان با توان ۳۵۴ مگاوات در بیابان موهاوی قرار دارد.



### تولید برق خورشیدی فتوولتائیک



به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیسم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند، پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده‌ها استفاده کند، سیستم فتوولتائیک گویند. الکتریسیته می‌تواند به‌طور مستقیم از انرژی خورشید تولید شود. فتوولتائیک یا به اختصار PV، یکی از انواع سامانه‌های تولید الکتریسیته از نور خورشید است. در این روش با به‌کارگیری سلول خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان‌پذیر می‌شود. سیستم‌های فتوولتائیک یکی از پر مصرف‌ترین کاربردهای انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند. از سری و موازی کردن سلول‌های آفتابی می‌توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک مجموعه از سلول‌های سری و موازی شده پنل (Panel) فتوولتائیک می‌گویند. پنل‌های خورشیدی از نظر جنس گونه‌های مختلفی دارند و از دیدگاه حرکتی ممکن است ثابت یا گردان باشند. نوع گردان روی پایه‌ای ثابت نصب است و با مجهز بودن به ردیاب خورشیدی می‌تواند مسیر خورشید در آسمان را دنبال کند.

### چراغ‌های خیابانی خورشیدی



در مقیاس‌های کوچک هم می‌توان از انرژی خورشیدی برای تولید برق استفاده کرد. در مناطق آفتابی، صفحه‌ای گردآور، در طول روز برق کافی را برای روشن کردن چراغ‌های خیابان در شب گرد می‌آورد و ذخیره می‌کند.



## هواپیما و خودروی خورشیدی

سلول‌های خورشیدی، روی بال و دم هواپیمای نوری، و یا سقف اتومبیل برق کافی را برای حرکت فراهم می‌کنند.

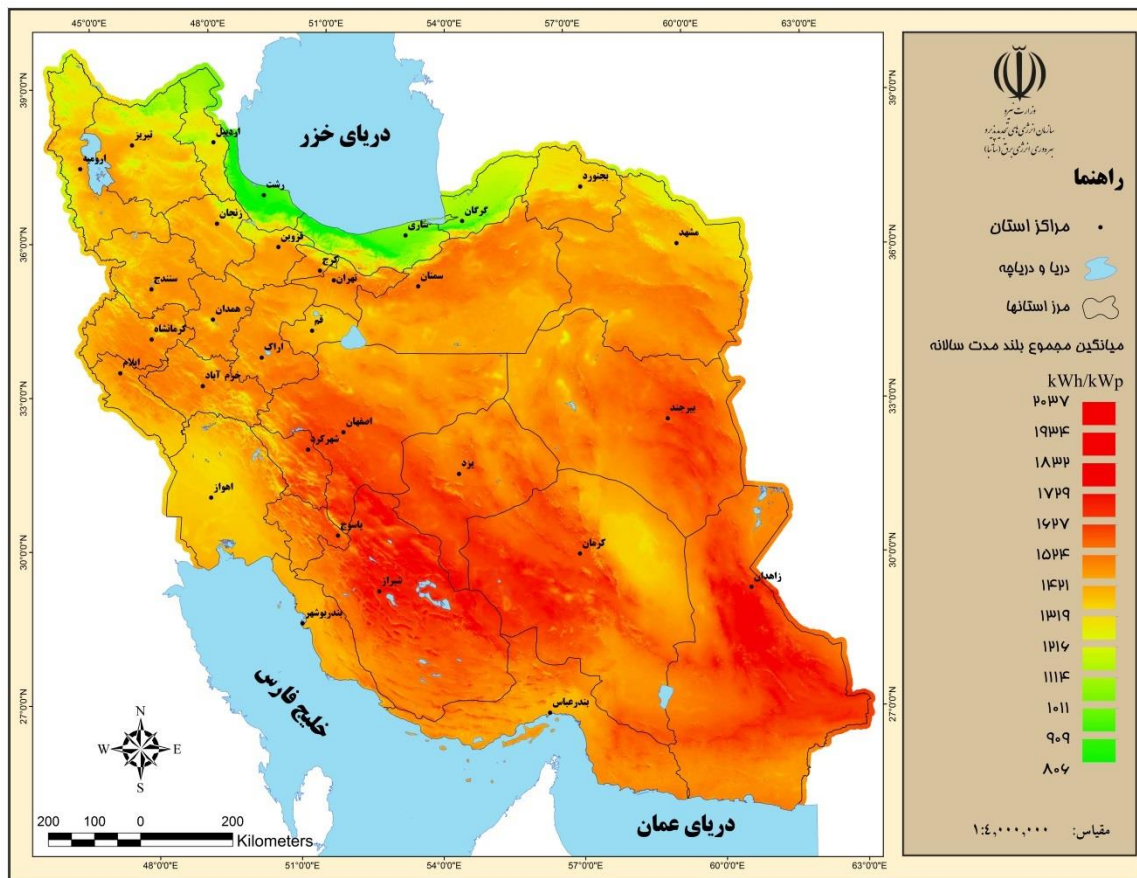


## آب گرم کن و حمام خورشیدی

از انرژی خورشیدی می‌توان برای تولید آب گرم تهیه آب گرم بهداشتی در منازل و اماکن عمومی به خصوص در مکان‌هایی که مشکل سوخت‌رسانی وجود دارد، استفاده کرد. چنانچه ظرفیت این سیستم‌ها افزایش یابد، می‌توان از آن‌ها در حمام‌های خورشیدی نیز استفاده کرد.

## اجاق خورشیدی

دستگاه‌های خوراک‌پز خورشیدی اولین بار به وسیله شخصی بنام نیکلاس ساخته شدند. اجاق او شامل یک جعبه عایق‌بندی شده با صفحه سیاه رنگی بود که قطعات شیشه‌ای درپوش آن را تشکیل می‌داد. پرتو خورشید با عبور از میان این شیشه‌ها وارد جعبه شده و بوسیله سطح سیاه جذب می‌شد. سپس درجه حرارت داخل جعبه را به ۸۸ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌داد. اصول کار اجاق خورشیدی جمع‌آوری پرتوهای مستقیم خورشید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه است. امروزه طرح‌های متنوعی از این سیستم‌ها وجود دارد که این طرح‌ها در مکان‌های مختلفی از جمله آفریقای جنوبی آزمایش شده و به نتایج خوبی نیز رسیده‌اند. استفاده از این اجاق‌ها به ویژه در مناطق شرقی ایران که با مشکل کمبود سوخت مواجه می‌باشند، بسیار مفید خواهد بود.



شکل ۵۰: اطلس میانگین تولید سالانه فتولتاییک در ایران

طبق مطالعاتی که مرکز هوافضای آلمان (DLR) انجام داده است، ایران با وجود ۳۰۰ روز آفتابی از مجموع ۳۶۵ روز سال، و در بیش از دوسوم مساحت خود با متوسط تابش ۵/۴ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در روز، یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی است.

### ❖ انرژی آب

رودها هزاران سال است که پروانه‌های بزرگ آبی را به حرکت در آورده‌اند. انرژی آبی هنوز یکی از بهترین منابع انرژی است. بزرگ‌ترین نیروگاه‌های جهان توربین‌هایی دارند که با نیروی آب به گردش در می‌آیند. از آن‌جا که آب ۸۰۰ مرتبه چگال‌تر از هوا است، حتی از یک جریان آرام آب و یا جزر و مد متوسط می‌توان مقدار قابل توجهی انرژی به دست آورد.



## سدهای برقآبی

سدهای بزرگ، جریان رودخانه را بند می‌آورند. در این سدها آب از تونل‌هایی به سوی توربین‌ها هدایت می‌شود تا برق تولید کنند. برق تولید شده ارزان است، زیرا بدون سوخت تهیه می‌شود.

در سال ۲۰۰۳ میلادی، هیدروالکتریسیته نزدیک به ۷۱۵۰۰۰ مگاوات (معادل ۱۶ تا ۱۹ درصد) از کل انرژی الکتریکی تولیدی جهان را پوشش می‌داده که این نسبت به سرعت در حال گسترش است. همچنین، نیروی برآبی ۶۳ درصد از انرژی الکتریکی تولیدی از منابع تجدیدپذیر را شامل می‌شود. در سال ۲۰۱۰ میلادی، کل انرژی الکتریکی از منابع تجدیدپذیر ۳/۴۲۷/۰۰۰ مگاوات بوده است. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ میلادی، سالیانه به طور متوسط ۳/۱ درصد به تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدپذیر افزوده شود.



انرژی برقآبی، ۹۹ درصد از تولید ملی برق تجدیدپذیر کشور را تشکیل می‌دهد. اما ساخت سد معمولاً بسیار پرهزینه است و برای ایجاد دریاچه‌های ذخیره آب پشت سد زمین‌های وسیعی زیر آب می‌روند. خیلی‌ها باید خانه‌های خود را رها کنند و زمین‌های کشاورزی بسیاری هم از دست می‌رود.

## نیروی جزر و مدی (کشندی)

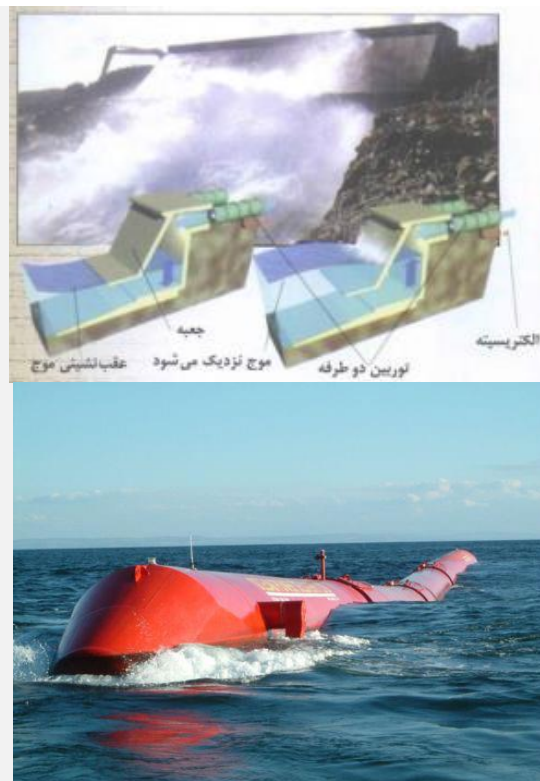
در حالی که زمین در هر شبانه‌روز یک‌بار به دور خود گردش می‌کند، از طرف دیگر، نیرو جاذبه ماه آب‌های دریاها و اقیانوس‌ها را که دوسوم سطح زمین را پوشانده‌اند، به سوی خود می‌کشد که در اثر آن مقداری از آب‌ها در نقاط مختلف جهان جابه‌جا می‌شوند که به آن جزر و مد گفته می‌شود و از نیروی آن می‌توان الکتریسیته به دست آورد.

برای این منظور سدهای جزر و مدی در دهانه رودخانه‌ها ایجاد می‌شود. وقتی سطح آب بالا می‌آید، آب قبل از ورود به مخزن سد از درون توربین‌ها عبور می‌کند و آن‌ها را به گردش در می‌آورد. زمانی هم که سطح آب پایین می‌آید، عکس آن اتفاق می‌افتد و دریچه‌های مخزن باز می‌شوند و آب مجدداً به دریا باز می‌گردد و در حین بازگشت، توربین‌ها را نیز می‌چرخاند. دو سد جزر و مدی مهم در جهان که از آن‌ها نیروی برق به دست می‌آید، یکی در کشور فرانسه در دهانه رودخانه رانس و دیگری در ناحیه نو/اسکوتیا کانادا احداث شده است. با مهار کردن نیروی امواج آب هم می‌توان الکتریسیته به دست آورد که هم‌چون انرژی بادی در مناطقی که امواج بسیار شدید و تقریباً دائمی است، می‌تواند کاربرد داشته باشد.



### انرژی امواج

انرژی موج بر اثر عمل باد روی سطح اقیانوس تولید می‌شوند. کل انرژی موج توزیع شده در زمین در حدود  $5/2 \times 10^6$  مگاوات تخمین زده می‌شود که در حدود انرژی کلی توزیعی جزر و مد است. انرژی موج منبع تجدیدشونده است و معمولاً نسبت به انرژی باد بیشتر قابل تولید است. بر اثر نیروی موج وارد شده، هوای درون محفظه باعث چرخش توربین و حرکت ژنراتور می‌شود.



### ❖ انرژی باد

منشا اکثر انرژی‌های روی زمین، خورشید است. گرمای خورشید برخی قسمت‌های کره زمین را بیشتر از مناطق دیگر گرم می‌کند. هوای گرم بالا می‌رود و جای آن را هوای سرد پر می‌کند و در اثر این جابه‌جایی پدیده باد روی می‌دهد. اولین آسیاب‌های بادی (آسبادها) حدود ۱۴۰۰ سال پیش در آسیا ساخته شدند. اکنون انرژی بادی موقعیت گذشته خود را باز یافته است. در سالیان اخیر و با پیشرفت فناوری در این زمینه، هزینه‌ها کمتر و کارایی این توربین‌ها افزایش یافته است.

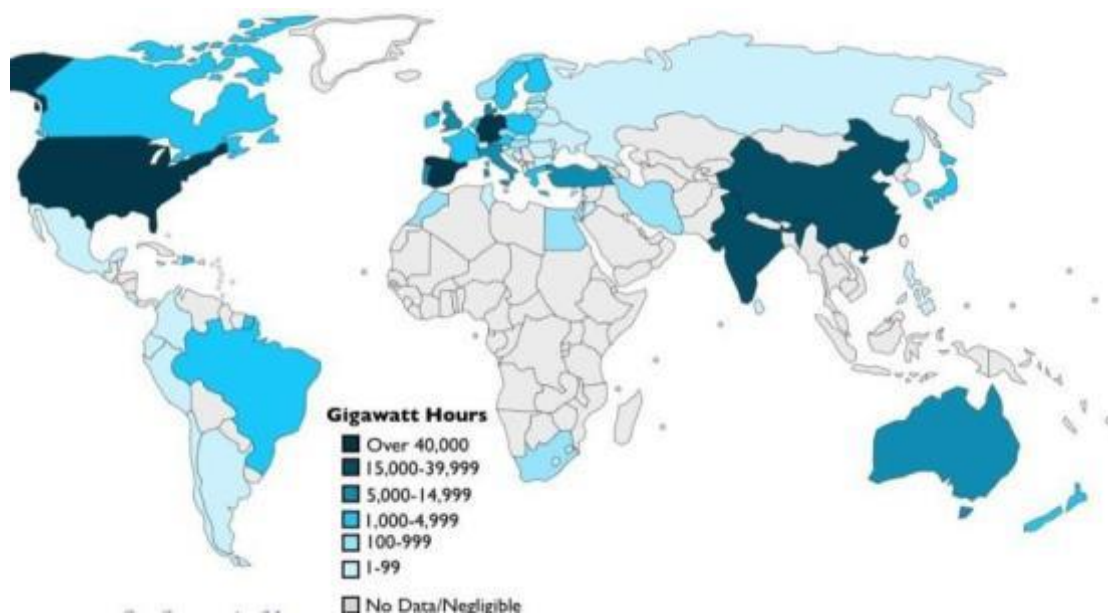


قدیمی‌ترین روش استفاده از انرژی باد، به ایران باستان باز می‌گردد. برای نخستین بار، ایرانیان موفق شدند با استفاده از نیروی باد، دلو (دولاب) یا چرخ چاه را به گردش درآورده و از چاه‌های آب خود، آب را به سطح مزارع برسانند. احتمالاً نخستین ماشین بادی توسط ایرانیان باستان ساخته شده است و یونانیان برای خرد کردن دانه‌ها و مصری‌ها، رومی‌ها و چینی‌ها برای قایقرانی و آبیاری از انرژی باد استفاده کرده‌اند. در قرن ۱۳ میلادی، این فناوری توسط سربازان صلیبی به اروپا برده شد و هلندی‌ها فعالیت زیادی در توسعه دستگاه‌های بادی داشتند، به طوری که در اواسط قرن نوزدهم در حدود ۹ هزار ماشین بادی با هدف‌های گوناگون مورد استفاده قرار می‌گرفته است.

### مزایای استفاده از انرژی باد:

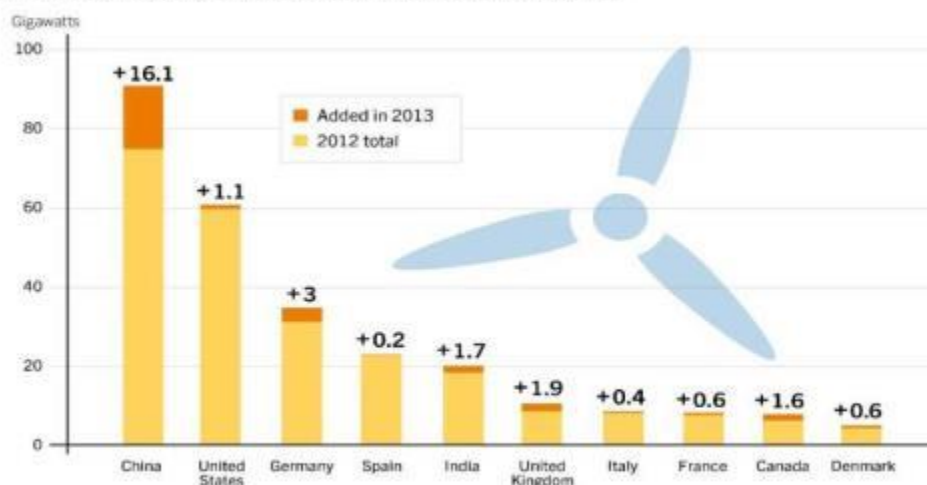
۵. کمتر بودن هزینه‌های جاری و هزینه‌های سرمایه‌گذاری انرژی باد در بلندمدت.
۶. تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی.
۷. قدرت مانور زیاد، جهت بهره‌برداری در هر ظرفیت و اندازه (از چند وات تا چندین مگاوات).
۸. عدم نیاز به آب.
۹. عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب.
۱۰. نداشتن آلودگی محیط زیست نسبت به سوخت‌های فسیلی.

۱. عدم نیاز توربین‌های بادی به سوخت، که در نتیجه از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی می‌کاهد.
۲. رایگان بودن انرژی باد.
۳. توانایی تامین بخشی از تقاضای انرژی برق.
۴. کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد نسبت به انرژی‌های فسیلی.



شکل ۵۱: نقشه پهنه‌بندی کشورهای جهان به لحاظ تولید الکتریسیته توسط انرژی بادی

#### Wind Power Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2013



Additions are net of repowering.

REN21. 2014. *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat).



شکل ۵۲: میزان مصرف انرژی بادی در ۱۰ کشور نخست دنیا در این زمینه



پیش‌بینی می‌شود، در سال ۲۰۳۰، حدود ۱۹ درصد از الکتریسیته جهان توسط نیروی باد تامین شود.



### نیروگاه بادی

مناطقى که بادهای شدید و دایمی دارند، بهترین محل برای کار گذاشتن توربین‌های بادی هستند. ساخت مجموعه‌های بزرگی از توربین‌های بادی در کنار هم نه فقط از نیروی باد این مناطق بهترین بهره‌برداری را می‌کند، بلکه هزینه خطوط انتقال نیروی برق را هم کاهش می‌دهد. در ایران در مناطق بادخیزی همانند رودبار و لوشان (گیلان) و مناطقی از کویر، مزارع بادی ایجاد شده و یادردست ایجاد است.



### باد ساحلی

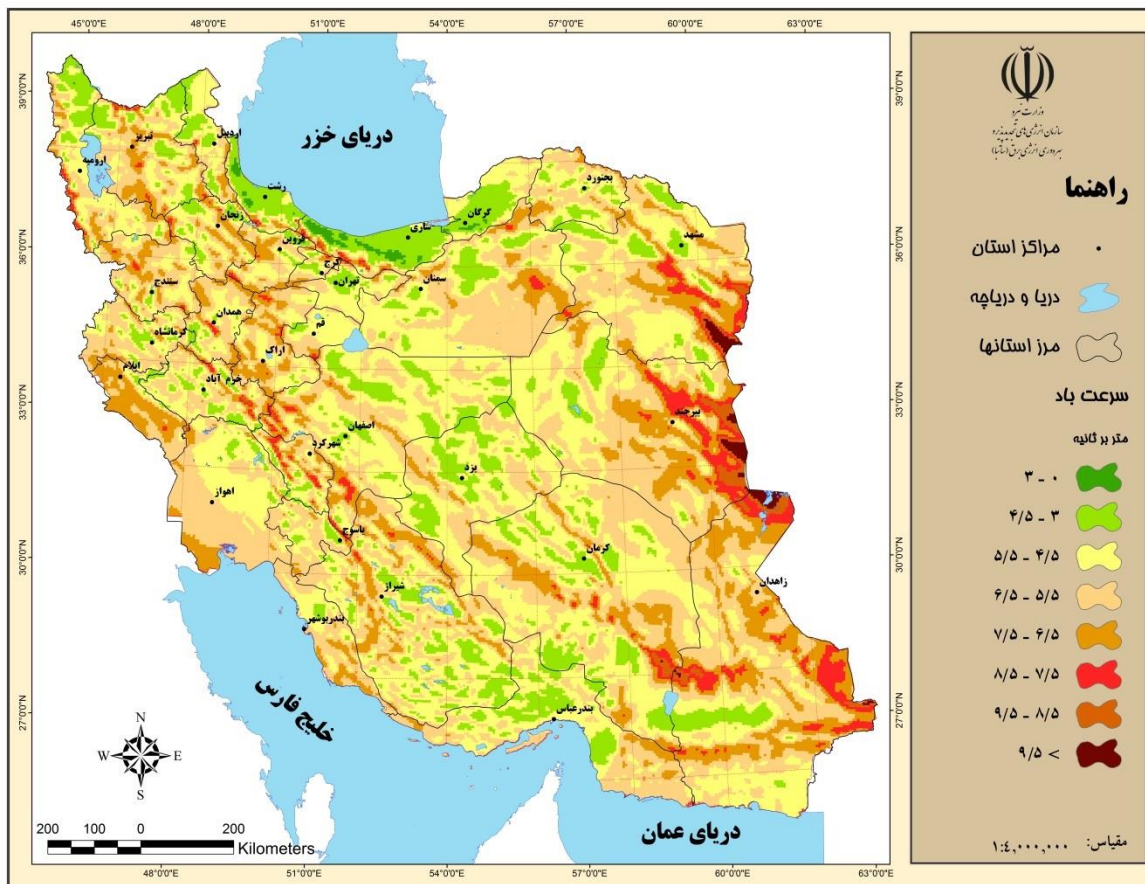
آب‌های کم عمق ساحلی بهترین مکان برای کار گذاشتن توربین‌ها است، چرا که باد در این مناطق معمولاً قوی است. در آنسوینگ دانمارک، یازده توربین نصب شده است که هر یک ۴۵۰ کیلووات برق تولید می‌کنند. ۲۰ درصد برق مصرفی دانمارک توسط باد تامین می‌شود. این توربین‌ها نسبت به توربین‌های روی خشکی انرژی بیشتری تولید می‌کنند، اما هزینه ساخت آن‌ها دو برابر است.

### پتانسیل باد در ایران

محیط کشور ایران ۸۷۳۱ کیلومتر می‌باشد. حدوداً ۹۰ درصد خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع است. بنابراین، ایران کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. بیش از نیمی از مساحت ایران را کوه‌ها و ارتفاعات تشکیل می‌دهند. ارتفاع کوه‌های شمالی، غربی و جنوبی به قدری زیاد است که از تاثیر بادهای دریای خزر، دریای مدیترانه و خلیج فارس در نواحی داخلی ایران جلوگیری می‌کند. به همین سبب، دامنه‌های خارجی این کوه‌ها دارای آب و هوای مرطوب بوده و دامنه‌های داخلی آن خشک است. در رابطه با بادهای ایران می‌توان گفت که ایران با موقعیت جغرافیایی که دارد، در آسیا بین شرق و غرب و نواحی گرم جنوب و معتدل شمالی واقع شده است. ایران در مسیر جریان‌های هوایی ذیل قرار دارد:

- ❖ جریان مرکز فشار آسیای مرکزی در زمستان.
- ❖ جریان مرکز فشار اقیانوس هند در تابستان.
- ❖ جریان غربی از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه مخصوصاً در زمستان.
- ❖ جریان شمال غربی در تابستان.

در خصوص تعیین پتانسیل باد ایران، در مطالعه فاز صفر پروژه (تعیین پتانسیل باد در ایران) که توسط معاونت امور انرژی وزارت نیرو انجام گرفته بود، ۲۶ منطقه کشور در ۴۵ سایت مورد مطالعه قرار گرفته است که بر اساس نتایج این مطالعه، ایران کشوری با باد متوسط می‌باشد که در برخی از مناطق آن باد مناسب و مداوم‌تری برای تولید برق موجود می‌باشد. بر اساس بررسی‌های اولیه انجام شده، توان بالقوه انرژی باد در سایت‌های مطالعه شده حدود ۶۵۰۰ مگاوات برآورد شده است.



شکل ۵۳: اطلس میانگین سالیانه سرعت انرژی باد در ارتفاع ۱۰۰ متر

### ❖ زیست توده (بیوماس)

زیست توده ماده‌ای است که گیاهان در حال رشد تولید می‌کنند. هر سال ده برابر انرژی مورد نیاز انسان‌ها از این انرژی ذخیره می‌شود. چوب (هیضم) مهم‌ترین ذخیره گیاهی است که حدود ۱۵ درصد انرژی جهان را تامین می‌کند. برخی محصولات را می‌توان به عنوان سوخت استفاده کرد.




زباله‌های خانگی نیز که منشا گیاهی دارند، از جمله زیست توده محسوب می‌شوند. منابع بیوماسی که برای تولید انرژی مناسب هستند، طیف وسیعی از مواد را شامل می‌شوند که به‌طور عمده به شش گروه تقسیم‌بندی می‌گردند: ۱- جنگل‌ها و ضایعات جنگلی؛ ۲- محصولات و ضایعات کشاورزی، باغداری و صنایع غذایی؛ ۳- فضولات دامی؛ ۴- فضلاب‌های شهری؛ ۵- فضلاب‌ها، پسماندها و زائدات آلی صنعتی؛ ۶- ضایعات جامد.



## انرژی زیست توده

در آمریکا، چوب و ضایعات چوبی همراه زباله‌های خانگی که در زباله‌سوزهای بزرگ سوزانده می‌شود و تولید گرما می‌کند، بیشترین انرژی زیست توده را تولید می‌کنند. پس از آن، انرژی به دست آمده از محل‌های جمع‌آوری زباله و ضایعات کشاورزی است. گازی مانند متان که از ضایعات گیاهی یا حیوانی تولید می‌شود، زیست گاز یا بیوگاز نامیده می‌شود. در بسیاری از نقاط دنیا این گاز برای آشپزی و ناوایی به کار می‌رود.



**خودرو الکل سوز**

برزیل پیشتاز استفاده از روش‌های مختلف برای تولید الکل به عنوان سوخت از تخمیر گیاهان است. این الکل هم به صورت خالص و هم مخلوط با بنزین به کار می‌رود. از تخمیر نیشکر، الکل (اتانول) به دست می‌آورند که می‌تواند جانشین مناسبی برای بنزین باشد.

## بیوگاز

گاز متان در اثر پوسیدن و تجزیه مواد آلی که «تجزیه بیولوژیکی» نامیده می‌شود، به دست می‌آید که به آن بیوگاز گفته می‌شود.



در مخازن بیوگاز بقایای گیاهان، فضولات حیوانات، ته مانده مواد غذایی و نیز بقایای جاندارانی که زمانی زنده بوده‌اند، ضمن فرآیند تجزیه می‌پوسند و گاز متان آزاد می‌شود. باقی‌مانده این مواد پوسیده شده هم در فواصل منظم زمانی جمع‌آوری شده و به عنوان کود در زمین‌های کشاورزی به مصرف می‌رسد. در مراکز دفن زباله نیز طی فرآیند مشابه‌ای گاز متان تولید می‌شود.

فضولات حیوانات هر چند که جزء مواد زاید به شمار می‌روند، ولی هنوز دارای انرژی هستند و در روستاها به عنوان سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در انگلستان از فضولات مرغداری‌ها و دامداری‌ها به عنوان سوخت نیروگاه استفاده می‌شود.





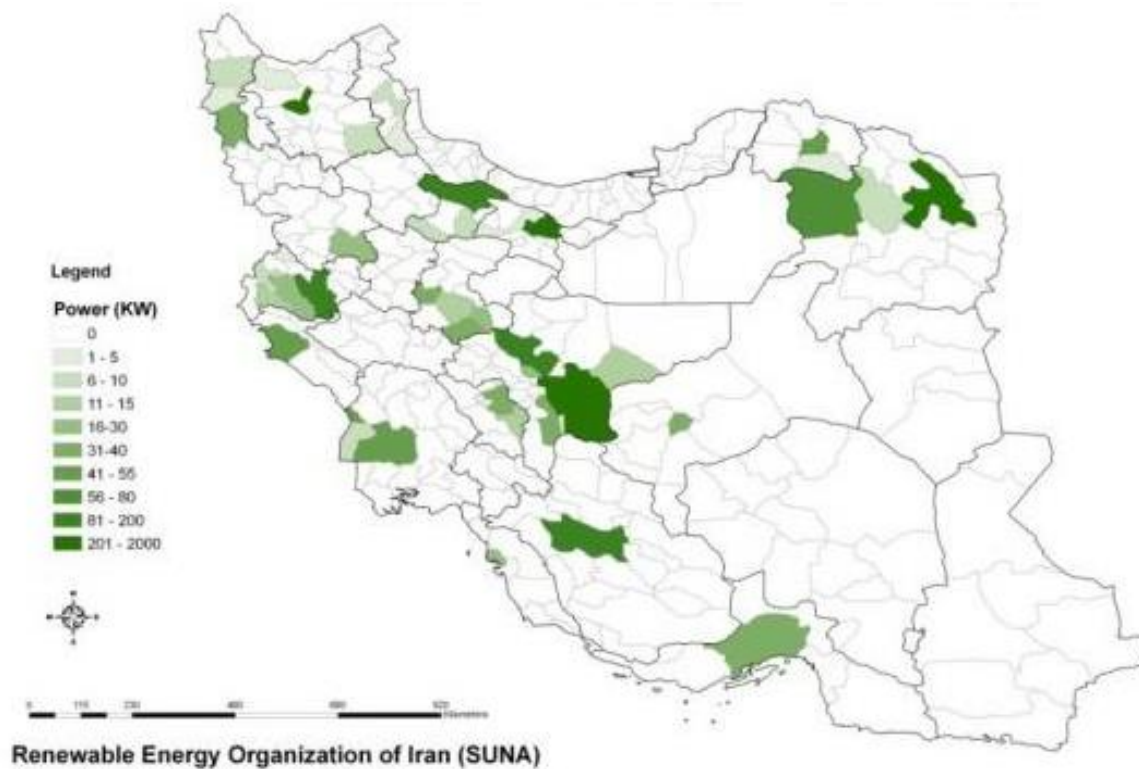
در برخی دیگر از نقاط جهان، نظیر ژاپن نیروگاه‌هایی ایجاد شده که به عنوان سوخت از زباله‌ها استفاده می‌نمایند. البته در این نیروگاه‌ها فرآیندهای بسیار پیشرفته‌ای به کار گرفته می‌شود که سوختن زباله‌ها موجب آلودگی هوا نشود، چرا که در اثر سوزاندن زباله در زباله سوزهای معمولی گازهای بسیار سمی و سرطان‌زای دیوکسین تولید می‌شود که باید پیش از ورود به هوا تصفیه شود. در برزیل از فرآیند تخمیر گیاهانی مثل نیشکر و ذرت سوخت‌هایی از نوع الکل تولید می‌کنند که به راحتی می‌سوزد و به عنوان سوخت اتومبیل نیز به مصرف می‌رسد که البته آلودگی بسیار کمتری ایجاد می‌کند.



شکل ۵۴: اطلس منابع زیست‌توده ایران (زیست‌توده جنگلی) (منبع: سازمان انرژی‌های نو ایران، ۱۳۹۹)



شکل ۵۵: اطلس منابع زیست توده ایران (زیست توده فضولات دامی) (منبع: سازمان انرژی های نو ایران، ۱۳۹۹)



شکل ۵۶: اطلس منابع زیست توده ایران (زیست توده لجن فاضلاب شهری) (منبع: سازمان انرژی های نو ایران، ۱۳۹۹)



شکل ۵۷: اطلس منابع زیست توده ایران (زیست توده زراعی) (منبع: سازمان انرژی‌های نو ایران، ۱۳۹۹)

### ❖ زمین گرمایی

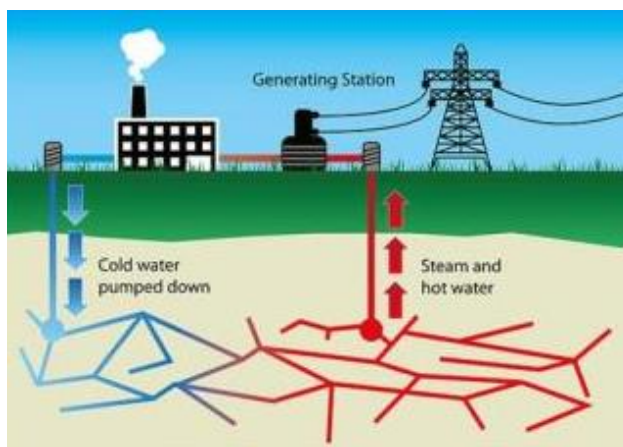
هر چه از سطح زمین پایین تر برویم، مقدار دما با هر ۳۵ متر حفاری در عمق زمین به میزان ۱ درجه سانتی گراد افزایش پیدا می کند. این گرما اصطلاحاً انرژی زمین گرمایی نامیده می شود. این انرژی، بسیار پر قدرت، یکنواخت و پایدار است.



در سال ۱۹۰۴ میلادی برای اولین بار استفاده تجاری از انرژی زمین گرمایی به عنوان یک منبع تولید برق در ایتالیا شروع شد و سپس در سال ۱۹۵۸ نیروگاه زمین گرمایی وایراکی در نیویورک و در دهه ۱۹۶۰ نیروگاهی در منطقه آتشفشانی آب فشان ها در ایالت کالیفرنیا آمریکا ساخته شد که امروزه بزرگ ترین نیروگاه زمین گرمایی به شمار می رود. تا سال ۲۰۰۸ انرژی زمین گرمایی سهمی کمتر از ۱ درصد از تولید کل انرژی الکتریکی جهان را به خود اختصاص داده بود. استخراج گرما از سنگ های داغ بسیار دشوار است. زیرا آب باید با فشار به درون سنگ نفوذ کند و به صورت بخار یا آب داغ بالا بیاید. نمک های محلول در دستگاهها رسوب می کنند و گرمایی کمتر از حد انتظار به دست می آید.



آمریکا، فیلیپین، ایتالیا، مکزیک، اندونزی، ژاپن، نیوزلند و ایسلند کشورهای پیشرو در زمینه استفاده از انرژی زمین گرمایی هستند.



**ایسلند**، تنها کشوری در جهان است که تمام انرژی مورد نیاز خود را از منابع تجدیدپذیر تامین می‌کند. موقعیت کشور ایسلند به نحوی است که در سرتاسر سال به سیستم‌های گرمایشی نیاز است. بنابراین، انرژی زمین گرمایی، زندگی مردم در این جزیره سردسیر را بدون وابستگی به منابع سوخت‌های فسیلی امکان‌پذیر کرده است.

### شکل ۵۸: نیروگاه زمین گرمایی در ایسلند؛

توضیح شکل: یکی از مهم‌ترین نیروگاه‌های این کشور، نیروگاه زمین گرمایی *نسیاوتلیر* است که علاوه بر تولید برق به دلیل نزدیکی به شهر ریکیاویک (مرکز کشور ایسلند)، آب داغ مورد نیاز سیستم گرمایش مرکزی آن را نیز تامین می‌کند. بدین ترتیب، با تولید هم‌زمان برق و گرما، حداکثر استفاده از مخزن زمین گرمایی مربوطه به عمل می‌آید. مخزن این انرژی، زمین‌های اطراف آتشفشان جوان هنگیتل است که دارای حرارت بسیار زیادی هستند. بارندگی‌هایی که در منطقه رخ می‌دهد (میانگین ۳۵۰۰ میلی‌متر در سال) از طریق درزها و شکاف‌ها به درون مخزن آتشفشانی نفوذ کرده و در آنجا گرم می‌شوند. در اطراف محدوده آتشفشانی چاه‌هایی با عمق ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر حفر شده است.



نخستین نیروگاه زمین گرمایی ایران در سال ۱۳۷۴ و با ظرفیت ۱۴۰ مگاوات در مشکین‌شهر اردبیل احداث شد.

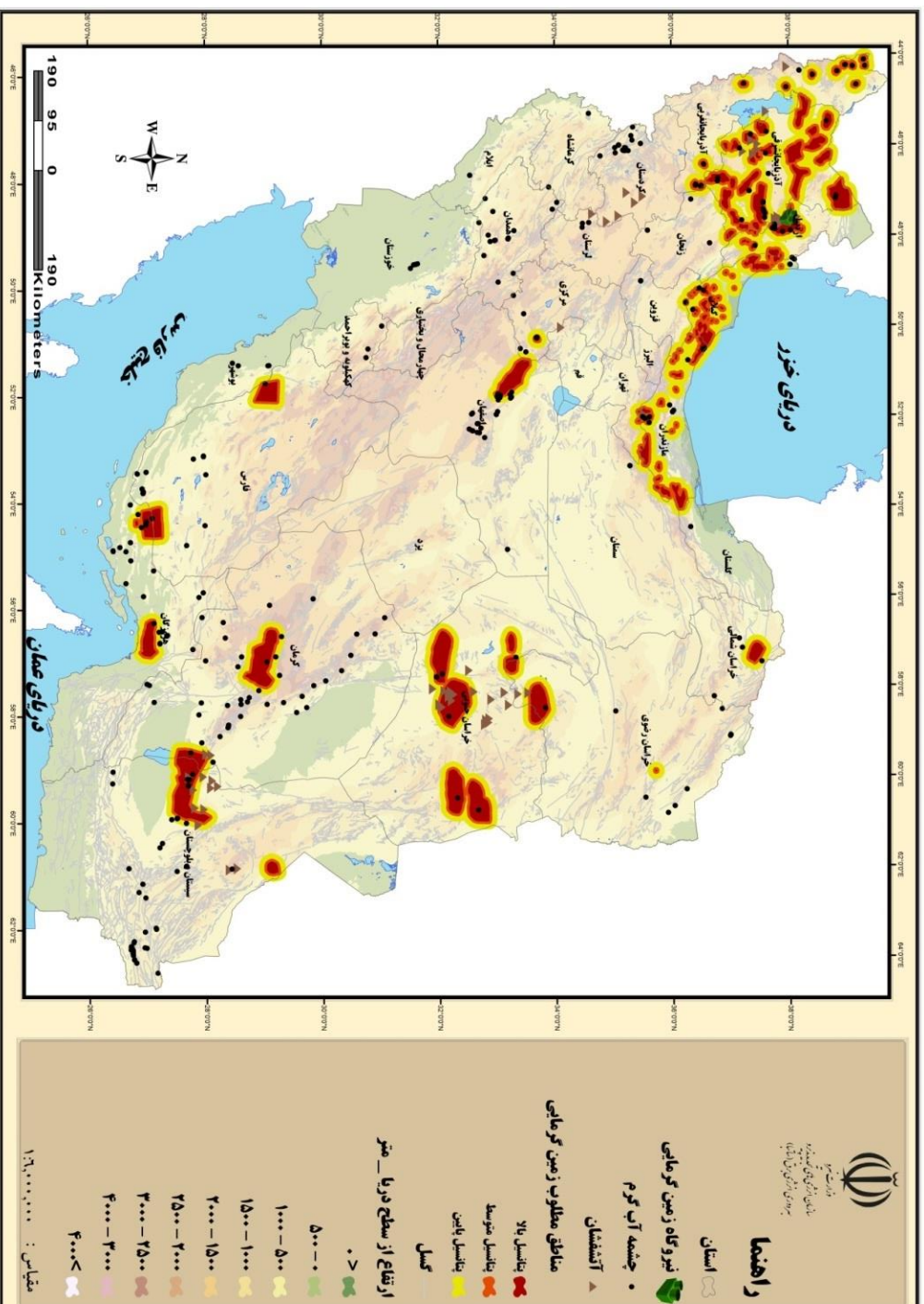


براساس مطالعات دفتر انرژی زمین گرمایی سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)، منطقه مشکین‌شهر بهترین نقطه برای استفاده از ظرفیت انرژی زمین گرمایی در کشور است.

در این نیروگاه آب از طریق لوله به زیر زمین تزریق می‌شود و با گرمای ۲۵۰ تا ۵۰۰ درجه، آب به بخار تبدیل شد و سپس این بخار به سطح زمین آمده و توربین بخار را به گردش در می‌آورد.

با نصب سامانه زمین گرمایی در یک هتل، می‌توان مصرف سوخت فسیلی را به طور کامل حذف کرد و سالانه ۷۳۳ تن از انتشار گاز کربن دی‌اکسید کاست که این رقم معادل جذب کربن دی‌اکسید به وسیله ۶۷ هکتار جنگل است و نصب این سامانه هم کاهش خالص مصرف ۱۵۳ مگاوات ساعت برق در سال را به دنبال دارد.



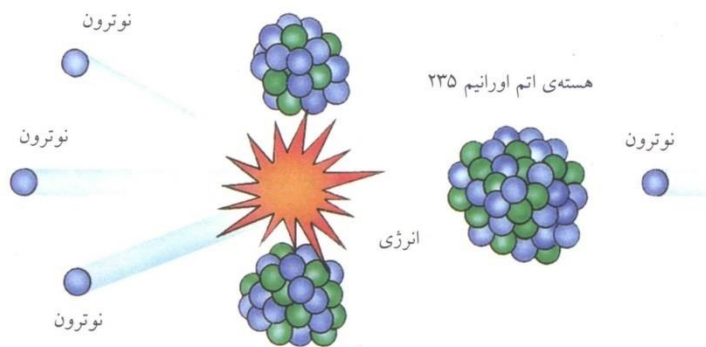


ایران در شمار کشورهای است که دارای ذخایر قابل توجهی برای تولید برق از انرژی زمین گرمایی می باشد و قابلیت تولید برق زمین گرمایی با ظرفیت بیش از ۲۰۰ مگاوات را دارد. مطابق با مطالعات انجام شده در ایران، منطقه مشکین شهر از ظرفیت خوبی برای نصب نیروگاه برخوردار است، این نیروگاه هم اکنون با ظرفیت ۲۰ مگاوات در حال اجراست.

شکل ۵۹: نقشه پتانسیل انرژی زمین گرمایی در ایران

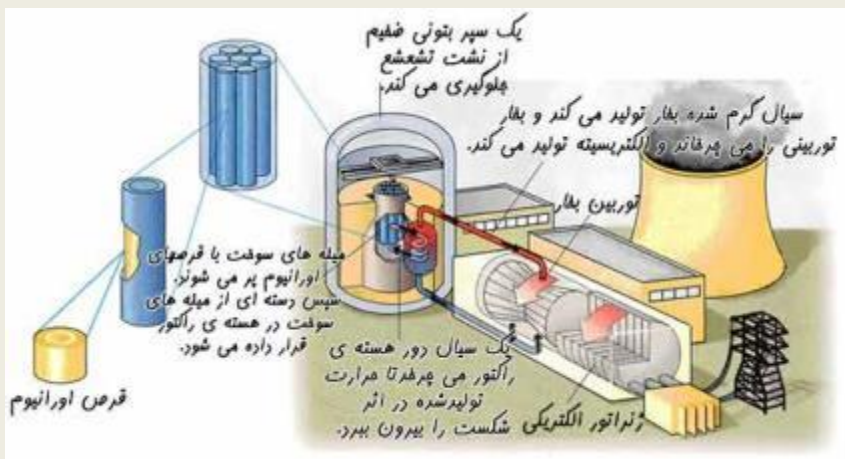
## ❖ انرژی هسته‌ای

انرژی هسته‌ای تنها منبع اصلی انرژی است که به خورشید بستگی ندارد. این انرژی از شکاف اتم‌های عناصری به نام اورانیوم و پلوتونیم تولید می‌شود. این کار انرژی زیادی تولید می‌کند که می‌تواند به مصرف تولید برق برسد. در حدود ۲۰ درصد برق آمریکا و بیش از ۸۰ درصد برق فرانسه از نیروی هسته‌ای تامین می‌شود.



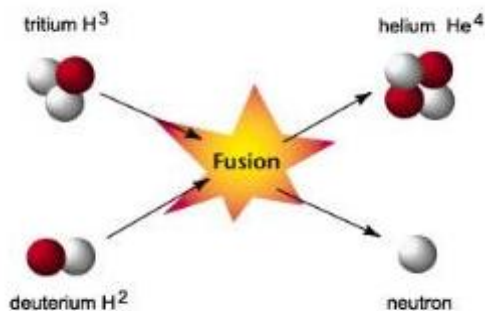
## نیروگاه اتمی

نیروگاه‌های اتمی برای تولید برق از انرژی حاصل از شکافت اتم استفاده می‌کنند. یک نیروگاه اتمی حدود ۱۲۰۰ مگاوات برق تولید می‌کند، یعنی معادل ۱۰۰۰ توربین بزرگ بادی، و شب و روز هم کار می‌کند.



## گداخت یا هم‌جوشی هسته‌ای

یکی از ایده‌های نوین در زمینه استفاده از منابع انرژی جدید، هم‌جوشی هسته‌ای می‌باشد. این مورد عکس انرژی هسته‌ای می‌باشد و به جای آن که یک اتم شکافته شود، دو اتم کوچک با یکدیگر ترکیب می‌شوند. به این کار هم‌جوشی یا گداخت گویند و واکنشی است که در خورشید و ستارگان رخ می‌دهد. سلاح خطرناک بمب هیدروژنی بر این پایه ساخته می‌شود.



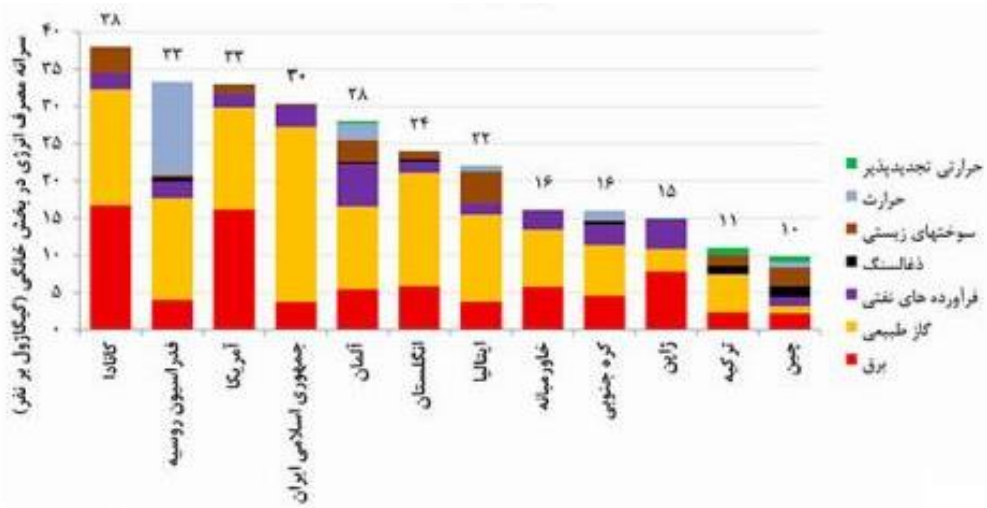
## ۲-۲-۱-۲. مصرف انرژی

شدت مصرف انرژی یکی از شاخص‌های بررسی کارایی مصرف انرژی است.



شکل ۶۰: سرانه مصرف انرژی در جهان در سال ۲۰۰۹

شدت مصرف انرژی در ایران، ۳ برابر میانگین جهانی است. مصرف سرانه انرژی در ایران، به ازای هر نفر بیش از ۵ برابر مصرف سرانه کشوری همانند اندونزی (با ۲۲۵ میلیون نفر جمعیت)، ۲ برابر چین (با یک میلیارد و ۳۰۰ میلیون نفر جمعیت) و ۴ برابر کشور هند (با یک میلیارد و ۱۲۲ میلیون نفر جمعیت) است. بررسی سرانه مصرف انرژی در ایران طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۱ میلادی، نشان از افزایش ۲۵ درصدی در این سال‌ها دارد.



شکل ۶۱: مقایسه سرانه مصرف انرژی بخش خانگی ایران با کشورهای منتخب در سال ۲۰۱۶

## ❖ مصرف برق

امروزه تقریباً اکثر وسایل خانگی با برق کار می‌کنند، مشترکان خانگی با توجه به تعداد آن‌ها و افزایش روزافزون لوازم الکتریکی خانگی سهم قابل توجهی از مصارف برق را به خود اختصاص داده‌اند، متوسط مصرف سرانه برق خانگی در ایران ۲۹۰۰ کیلو وات ساعت است در حالی که متوسط مصرف جهانی ۸۰۰ کیلو وات ساعت است. بدین ترتیب متوسط مصرف سرانه برق خانگی در کشور ما سه برابر متوسط جهانی است. از این‌رو، مصرف بالای برق در کشور باعث شده است که ایران نوزدهمین مصرف‌کننده برق در جهان باشد و با مصرف بیش از ۱۴۵ میلیارد کیلووات برق در زمره ۲۰ کشور پرمصرف برق جهان قرار گیرد، در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف برق مشترکان خانگی ضرورت دارد.

هزینه‌های ناشی از مصرف بی‌رویه و نادرست انرژی در کشور، سالانه ۴۵ میلیارد دلار است. به

علاوه، راندمان نیروگاه‌های کشور ۳۶٪ است.

مصرف بالای برق در کشور باعث شده است که ایران نوزدهمین مصرف‌کننده برق در جهان باشد و با مصرف بیش از ۱۴۵ میلیارد کیلووات برق در زمره ۲۰ کشور **پرمصرف** برق جهان قرار گیرد.

در صورتی که ۱ لامپ ۱۰۰ وات در طول یک سال فقط روزها روشن باشد، مصرف برق آن تقریباً برابر با سوختن ۱۸۰ کیلوگرم زغال‌سنگ است. سوزاندن این مقدار از زغال‌سنگ در حدود ۴۰ کیلوگرم از انواع گازها را تولید می‌کند، که باعث به وجود آمدن گازهای گلخانه‌ای می‌شود. ۳ کیلوگرم از این گازها هم باران اسیدی تولید می‌کنند.

(۱) کاهش ۷۵۰۱۱۳ بشکه نفت در سال و معادل

۳۷۵ میلیارد ریال

(۲) کاهش ۲۵۵۵۰۰ تن کربن دی‌اکسید

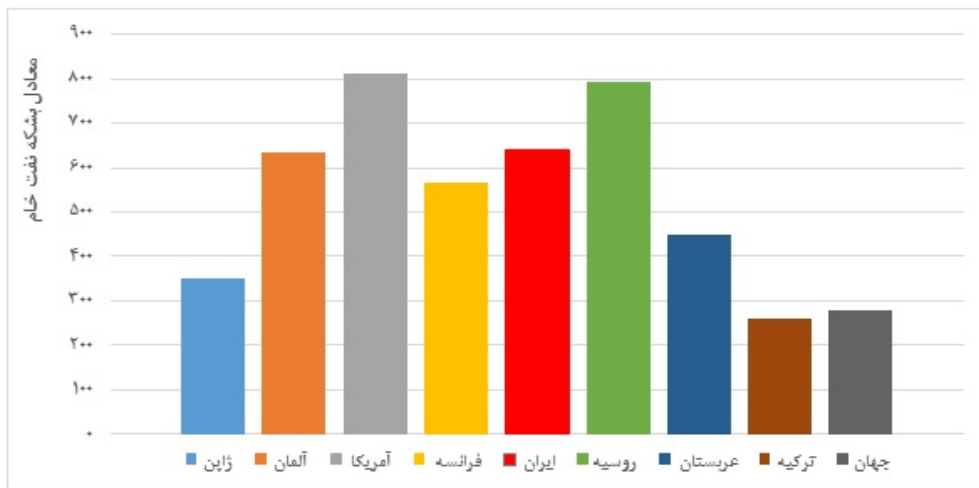
(۳) کاهش ۷۳ میلیارد ریال هزینه مشترکین

اگر هر مشترک برق در شهر تهران (تعداد کل مشترکین برق تهران ۵ میلیون نفر است)، در طی یک سال و در طول روز فقط ۲ ساعت یک لامپ ۱۰۰ وات اضافه را خاموش کند، منافع آن عبارتند از:



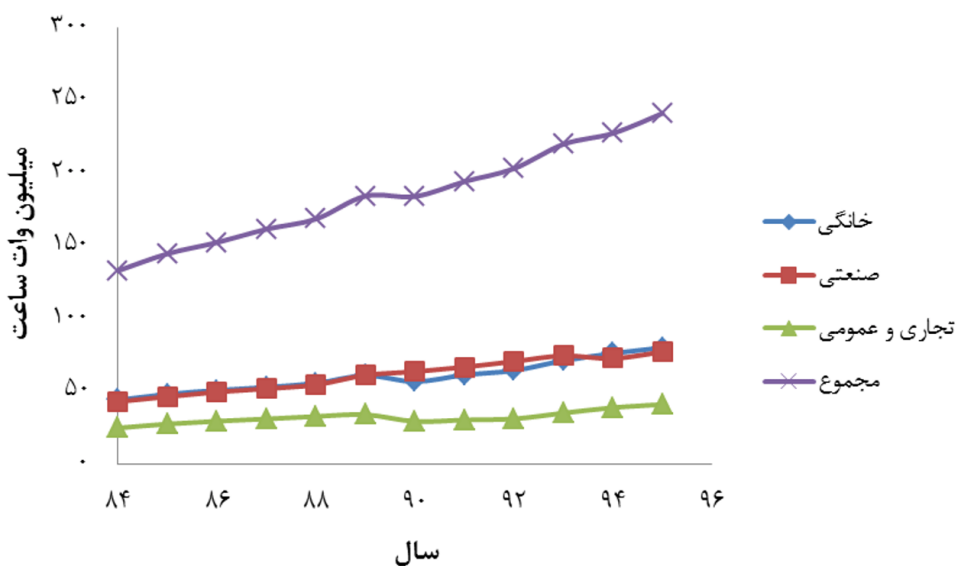
## لامپ‌های کم‌مصرف

در لامپ‌های معمولی (شکل چپ)، سیم‌پیچ درون لامپ گرمای زیاد و هم‌زمان نور تولید می‌کند. لامپ‌های کم‌مصرف (شکل راست)، هیچ‌گونه گرمای اضافی تولید نمی‌کنند و با یک پنجم مصرف برق لامپ‌های معمولی، همان نور را تولید می‌کنند و عمرشان نیز طولانی‌تر است، البته قیمت آن‌ها بالاتر است.



شکل ۶۲: مقایسه نرخ مصرف برق در ایران و کشورهای منتخب

به طور متوسط در هر خانه دست کم روزی ۲۲ مرتبه در یخچال باز می‌شود، یعنی در حدود ۸۰۰۰ مرتبه در سال. این عمل منجر به خروج سرمای درون یخچال و مصرف بیشتر برق می‌شود. درجه حرارت یخچال‌های خانگی باید بین ۳ تا ۶ درجه سانتی‌گراد باشد.



شکل ۶۳: میزان مصرفی برق کشور در بازه زمانی ۱۳۸۴-۹۶

### ❖ مصرف گاز

سرانه مصرف سالانه گاز در ایران ۱۷۰۰ مترمکعب و در جهان ۶۰۰ مترمکعب است؛ یعنی ۳ برابر میانگین جهانی. این سیر صعودی مصرف باعث شده است که ایران بعد از ایالات متحده آمریکا و روسیه در رتبه سوم بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان گاز در جهان محسوب می‌شود.

هم‌اکنون متوسط مصرف گاز در ایران چهار برابر متوسط جهانی و حدود ۱۸ برابر کشور ژاپن است و سرانه مصرف گاز هر ایرانی ۱۰ برابر مردم کشورهای اروپایی است از این‌رو، مصرف گاز در کشور به اندازه کل مصرف نفت در اروپاست.



## ❖ مصرف سوخت

آمارها نشان می‌دهد مصرف فرآورده‌های نفتی در ایران بیش‌تر از متوسط جهانی است. مصرف فرآورده‌های نفتی در جهان طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ میلادی، رشد سالانه ۱/۹ درصدی داشته است. در حالی که رشد مصرف فرآورده‌های نفتی در ایران طی این مدت بیش از ۲ برابر متوسط جهانی بوده است. براساس این گزارش، در سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ میلادی، مصرف فرآورده‌های نفتی در ایران به طور متوسط هر سال ۴/۲ درصد رشد داشته است. از طرفی تحلیل‌ها حاکی است که هر ۱۰ سال یک‌بار، میزان مصرف سوخت در ایران ۲ برابر می‌شود، در حالی که این نرخ رشد در مقیاس جهانی یک تا ۲ درصد بیشتر نیست، تا میزان سوخت مصرفی جهان در حدود هر ۵۰ سال ۲ برابر شود که این نشان از آن دارد که ایران در مقایسه با میانگین جهانی ۴ تا ۵ برابر روند افزایش مصرف سوخت بیشتری دارد. بنابراین؛ می‌شود این‌طور گفت که هم‌اکنون ۹ درصد سوخت جهان در ایران و توسط تنها یک درصد جمعیت جهان مصرف می‌شود.



بنزین یکی از پرطرفدارترین فرآورده نفتی در ایران است که در اقتصاد وابسته به درآمدهای نفتی ایران جایگاه مهمی دارد. سرانه مصرف روزانه بنزین در ایران ۹۰ و در جهان ۱۵ لیتر است؛ یعنی ۶ برابر میانگین جهانی.

## ۲-۱-۳. هدر رفت انرژی

وجود تلفات بسیار زیاد شبکه انتقال و توزیع برق کشور، راندمان بسیار پایین نیروگاه‌های کشور و وجود نیروگاه‌های از رده خارج، حمل و نقل بسیار نامطلوب، تولید خودروهای با تکنولوژی قدیمی و پرمصرف، اشکالات شبکه‌های جاده‌ای بین شهری و درون شهری، ضعف شدید سیستم حمل و نقل ریلی درون شهری، وجود تلفات در شبکه گاز طبیعی، وجود صنایع سنگین انرژی بر با تکنولوژی فرسوده و مصرف بالای انرژی در بخش مصارف خانگی از جمله بخش‌هایی هستند که اتلاف انرژی بسیار زیادی دارند.

بر اساس آمار و ارقام منتشره، در بخش ساختمان و مسکن ایران، متوسط مصرف انرژی به ازای هر مترمربع در ایران ۲/۶ برابر متوسط مصرف در کشورهای صنعتی است که در بعضی از شهرهای کشورمان، این رقم به حدود ۴ برابر می‌رسد. صنعت ساختمان در ایران از صنایع انرژی بر به شمار می‌رود و سهم زیادی را در مصرف انرژی از تولید مصالح ساختمانی تا ساختمان‌سازی دارد. حال آن که به همان میزان که ساختمان‌ها در مصرف انرژی پیش‌رو هستند، در اتلاف انرژی نیز نقش دارند. این نقش آنچنان پررنگ است که راه‌کارهایی که سال‌هاست در بسیاری از کشورها برای جلوگیری از اتلاف انرژی توسط ساختمان جزء قوانین اجباری است، چند سالی است در ایران نیز مورد توجه جدی قرار گرفته است (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان).





بنابر تحقیقات مشخص شده است، دیوارهای جانبی ۳۵ درصد، سقف ۲۵ درصد، کف ۱۵ درصد، درب و پنجره‌ها ۲۵ درصد در اتلاف انرژی سهیم هستند. علاوه بر اجزای مختلف ساختمان عواملی چون نحوه استقرار ساختمان و فرم ساختمان نیز در میزان اتلاف انرژی نقش مؤثری را دارد.

نحوه استقرار و فرم ساختمان از دو طریق می‌تواند اتلاف انرژی را کاهش دهد. یکی جهت تابش خورشید و دیگری جهت وزش باد است. همچنین وجود فضای سبز و درخت در فضای باز هم می‌تواند نسبت به گرما و نیز سرما به صورت بازدارنده عمل نماید.

در واقع ساخت و سازهای نامناسب ساختمان‌ها و نبود فرهنگ استفاده بهینه از انرژی مواردی هستند که ایران را به یکی از بزرگ‌ترین اتلاف‌کننده‌های انرژی در جهان تبدیل کرده است. براساس آخرین آمار، ساختمان‌های قدیمی در کشور بین ۴۰ تا ۶۰ درصد اتلاف انرژی دارند. توجه به وضعیت ساختمان‌ها در جلوگیری از اتلاف انرژی وقتی حائز اهمیت‌تر می‌شود که بدانیم ۵۰ درصد از مصرف گاز طبیعی کشور به بخش ساختمان‌ها مربوط است و سالانه به طور متوسط صد هزار میلیون مترمکعب گاز طبیعی در ایران مصرف می‌شود که از این میزان حدود ۴۶ هزار میلیون مترمکعب گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری عمومی مصرف می‌شود. در سال‌هایی که زمستان سردتری تجربه می‌شود، میزان مصرف حتی تا یک و نیم برابر نیز افزایش می‌یابد. از سوی دیگر آمارها نشان می‌دهد مصرف انرژی در ساختمان‌های ایران ۲/۵ برابر متوسط جهانی است. اما پرسشی که اکنون مطرح می‌شود این است که تا چه اندازه در عمل توانسته‌ایم از مصرف بی‌رویه انرژی در بخش ساختمان جلوگیری کند و سازندگان ساختمان تا چه اندازه استانداردهای لازم را در مراحل مختلف ساخت رعایت می‌کنند؟



در بخش حمل و نقل عمومی نیز، این قاعده استفاده نادرست از منابع سوختی جریانی عادی یافته است. نسبت مصرف سوخت در بین وسایل حمل و نقل ریلی و جاده‌ای در هر دو بخش بار و مسافر نشان می‌دهد که وسایل نقلیه جاده‌ای حدود ۷ برابر در مقیاس‌های مساوی بیشتر از راه‌آهن سوخت مصرف می‌کنند. آمارها نشان می‌دهد در هر ۱۰۰ کیلومتر جابه‌جایی بار توسط کامیون در جاده‌ها ۷ برابر یک قطار باری در همان مقیاس سوخت مصرف می‌شود. این امر با شدت کم‌تری بین اتوبوس و قطار مسافری نیز صادق است. شدت مصرف سوخت وسایل نقلیه شخصی (سواری) نیز به نسبت قطار مسافری زیاد و حدود ۴ برابر است.

بر اساس گزارش، موسسه «مارکت اوراکل» ایران در گذشته و پیش از اجرای طرح هدف‌مندی یارانه‌ها از نظر ارائه بنزین ارزان، سومین کشور و از نظر میزان یارانه پرداختی به این کالا نخستین کشور در میان کشورهای جهان بود. بیش از ۳۶ درصد کل مصرف بنزین خاورمیانه در سال ۲۰۰۷ در ایران مصرف شده است و هر ساله بیش از حدود ۳۰ درصد از بودجه سالانه دولت ایران به یارانه بنزین اختصاص می‌یابد. در حالی که در صورت مصرف استاندارد، ایران می‌تواند یکی از صادرکنندگان بنزین باشد. متوسط مصرف سوخت خودروهای بنزینی در کشورمان حدود ۱۱ لیتر در روز است، در حالی که این رقم در کشورهای دیگر نظیر آلمان و ژاپن ۲/۵، در انگلیس ۳/۵، در فرانسه ۱/۹ و در کانادا ۶/۵ است. این در حالی است که حتی در کشور آمریکا که ماشین‌های با حجم موتور بالا به وفور یافت می‌شود، متوسط مصرف بنزین به ۷/۳ لیتر در روز می‌رسد. علاوه بر این طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، متوسط مصرف بنزین و گازوئیل در پیمایش ۱۰۰ کیلومتر در اتومبیل‌های جدید داخلی بیش از ۲ برابر اتومبیل‌های مشابه در سایر کشورهاست.



شکل ۶۴: هرم حمل و نقل پاک

توضیح شکل: با حرکت به سمت بالا و قاعده هرم، نوع حمل و نقل پاک‌تر و با حرکت به سمت پایین هرم، حمل و نقل آلاینده‌تر می‌شود.



امروزه، تلاش می‌شود تا از روش‌های گوناگون، ردپای کربن در جهان کمتر شود. کربن عمدتاً ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است که در صنایع مختلف و حمل و نقل مصرف می‌شود.

## مثال‌هایی از هدررفت انرژی در خانه و مدرسه

### ❖ مدرسه:

۱. استفاده هم‌زمان از پنجره باز و سیستم گرمایش و سرمایش.
۲. استفاده هم‌زمان از پرده و سیستم روشنایی.
۳. استفاده هم‌زمان از نور آفتاب و سیستم روشنایی.
۴. عدم توجه به خاموش کردن سیستم روشنایی کلاس‌ها در زنگ‌های تفریح و زمان ترک کلاس.
۵. عدم توجه به خاموش کردن سیستم روشنایی مکان‌های عمومی نظیر آمفی تئاتر، کتابخانه، نمازخانه و گاهی سالن غذاخوری در مدارس پس از استفاده.
۶. عدم توجه به خاموش کردن سیستم روشنایی در سرویس‌های بهداشتی مدارس پس از استفاده.
۷. عدم توجه به بسته شدن شیرهای آب گرم در سرویس‌های بهداشتی.
۸. عدم توجه به سیستم گرمایش و سرمایش مدارس، کلاس‌های خیلی گرم و یا بسیار خنک با پنجره‌های باز.
۹. عدم توجه به تفکیک زباله و آموزش آن در مدرسه.

### ❖ خانه:

۱. روشن کردن چراغ اتاق‌ها در هنگام روز و در مواقعی که نور طبیعی کافی وجود دارد.
۲. استفاده نکردن از نور موضعی برای مطالعه و انجام تکالیف.
۳. روشن گذاشتن کامپیوتر و وسایل بازی برقی مانند پلی‌استیشن و ...
۴. عدم توجه به خاموش کردن سیستم روشنایی اتاق‌های اختصاصی در منزل پس از ترک اتاق.
۵. عدم توجه به سیستم گرمایش و سرمایش منزل (استفاده از درجه حرارت زیاد وسیله گرم‌ا و گاهی استفاده از چند وسیله گرم‌ا به‌طور هم‌زمان در زمستان) و استفاده از درجه سرمای بیشتر و روشن کردن هم‌زمان پنکه و کولرهای دستی و وسایل سرمازا در تابستان.
۶. استفاده هم‌زمان از چند منبع روشنایی در یک اتاق، آباژور، چراغ مطالعه، چراغ سقفی.

۷. عدم توجه به پوشش مناسب در هر فصل.
۸. استفاده از چند وسیله برقی به صورت هم‌زمان و متوالی.
۹. عدم توجه به ساعت اوج مصرف برق و استفاده از وسایل برقی پرمصرف در این ساعت.
۱۰. باز و بسته کردن بی‌دلیل درب یخچال و باز گذاشتن طولانی در یخچال به‌منظور انتخاب خوراکی‌ها.
۱۱. باز گذاشتن بی‌رویه دوش آب گرم در هنگام استحمام.

## ۲-۲-۱-۴. صرفه‌جویی

صرفه‌جویی یعنی پیدا کردن روش‌های نوآورانه برای استفاده بهتر از منابع محدود به‌خصوص منابع تجدیدناپذیر. مثلاً اگر شما از یک دودکش فلزی بلندتر برای اتصال بخاری به کانال دودکش اتاق خود استفاده کنید، بخشی از گرمای بخاری پیش از خروج، به هوای اتاق منتقل می‌شود و این یک صرفه‌جویی است. خوب است بدانید صرفه‌جویی می‌تواند یک سرمایه‌گذاری هم باشد. مثلاً خرید شیشه‌های دوجداره به قیمت بالاتر ولی در عوض صرفه‌جویی در پول گاز و انرژی و در نتیجه بازگشت سرمایه.

ما برای کاهش روند تغییر اقلیم مجبور خواهیم بود که انتشار گازهای گلخانه‌ای را از منابع بسیاری کم کنیم، به ویژه انتشار کربن مربوط به مصرف سوخت‌های فسیلی و پاک‌تراشی جنگل‌های بارانی استوایی. در آمریکای شمالی بیشتر تحلیل‌گران موافق هستند که ما باید یارانه‌های مربوط به صنایع نفت، گاز و زغال‌سنگ را حذف و در عین حال کارایی انرژی، فناوری انرژی تجدیدپذیر و توسعه سیستم‌های حمل و نقل عمومی را ترویج کنیم. بسیاری بحث «مالیات کربن» در مورد استفاده از سوخت‌های فسیلی را پیش می‌کشند که فعالیت‌های کارآمدتر منابع را تشویق می‌کند. تحقیقات بیشتر نشان داده است که گام برداشتن به منظور کاهش انتشار کربن، به طور واقعی، توسعه اقتصادی را افزایش می‌دهد. در مطالعه‌ای در سال ۱۹۹۶، باشگاه سی‌یرا<sup>۱</sup> در کانادا نشان داد که تثبیت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کانادا می‌تواند برای ۱/۵ میلیون نفر در سال کار ایجاد کند، یعنی بسیار بیشتر از پتانسیل اشتغال‌زایی گسترش میدان‌های نفتی فعلی در آلبرتای شمالی.

برای کاهش انتشار کربن دی‌اکسید در کوتاه‌مدت، تنها روش مؤثر که کمترین اختلال اقتصادی را داشته باشد، افزایش کارایی استانداردهای اتومبیل‌های جدید است که تقریباً یک دهه است تغییر نکرده‌اند. در سطح انفرادی، کاشت درختان، ترجیح حمل و نقل عمومی و دوچرخه بر اتومبیل‌ها، کارآمد ساختن انرژی در خانه‌ها، استفاده دوباره و بازیافت مواد و استفاده از غذاهای پرورش یافته در سطح محلی، فعالیت‌هایی هستند که هر فردی می‌تواند برای کمک به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در پیش گیرد.

گفتار سوم  
فعالیتها و تمرینها







## فعالیت ۱:

اطمینان پیدا کنید که فراگیران مفاهیم مربوط به انرژی را کاملاً آموخته‌اند.

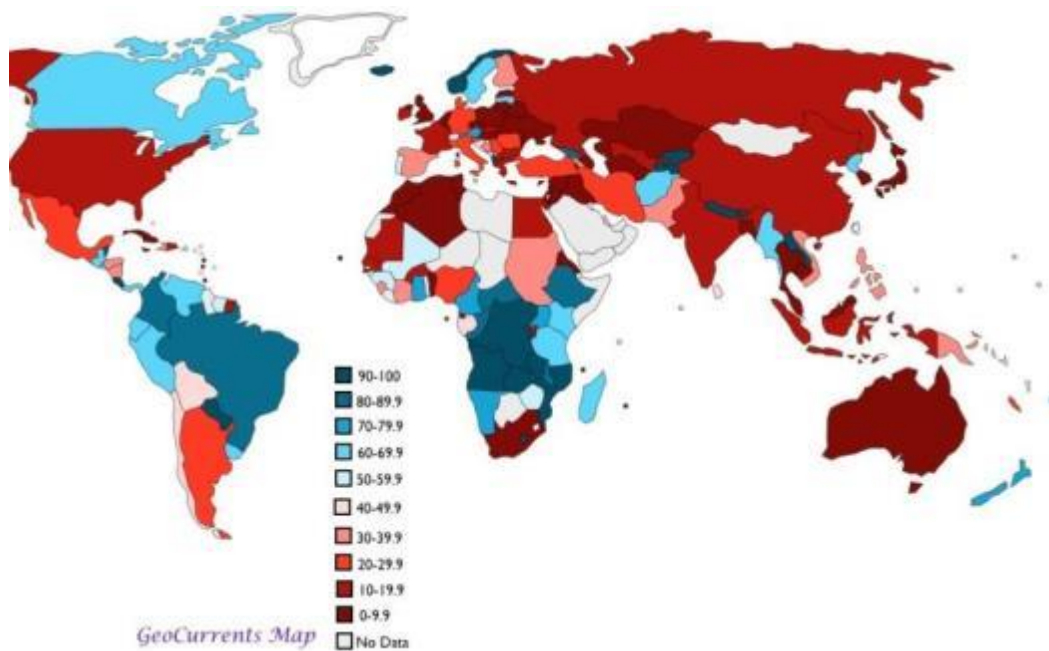
### ◆ تمرین اول:

- از فراگیران بخواهید در مورد موارد ذیل در کلاس گفتگو و بحث کنند. به آن‌ها اجازه جستجوی اینترنتی و یا کنکاش در کتاب‌ها و مجلات را بدهید. فراموش نکنید، آموزش نحوه جستجوی مطالب علمی نیز بخشی از تدریس شما است.
- آیا می‌دانید برتری پیل‌های سوختی و سوخت هیدروژنی چیست؟
- دلیل عدم استفاده گسترده از سوخت‌های هیدروژنی چیست؟
- تفاوت‌های خودروی هیدروژنی و هیبریدی کدامند؟
- مزایا و معایب نیروگاه‌های خورشیدی (مزارع خورشیدی) کدامند؟ چند نیروگاه خورشیدی در کشور می‌شناسید؟
- در مورد کوره خورشیدی چه می‌دانید؟
- انرژی تولید شده با نیروی آب، نسبتاً در دسترس است. با گرمای خورشید آب بخار می‌شود و به صورت باران دوباره به دریاچه‌های پشت سدها بر می‌گردد، پس تجدیدپذیر هم هست. چرا طرح‌های آبی بیشتری اجرا نمی‌شود؟
- آیا می‌دانید نقطه ضعف‌های توربین‌های بادی چیست؟
- کشورهای پیشرو در زمینه استفاده از انرژی باد کدامند؟
- از سوخت زیستی و معایب و مزایای آن چه می‌دانید؟
- در کشورهای فقیر، هیزم مهم‌ترین منبع انرژی برای تولید گرما و پخت و پز است، اما با افزایش جمعیت و مصرف آن‌ها، هیزم هم کمیاب خواهد شد. برای حفظ چوب در کشورهای در حال توسعه چه باید کرد؟
- یکی از مزایای انرژی هسته‌ای آن است که کربن دی‌اکسید تولید نمی‌شود و در نتیجه کمک بزرگی به جلوگیری از گرم شدن کره زمین می‌کند. با این وجود به نظر شما چرا طرفداران محیط زیست با این نوع از انرژی خیلی موافق نیستند؟
- مصرف بهینه انرژی، دقیقاً به چه مواردی اشاره دارد؟

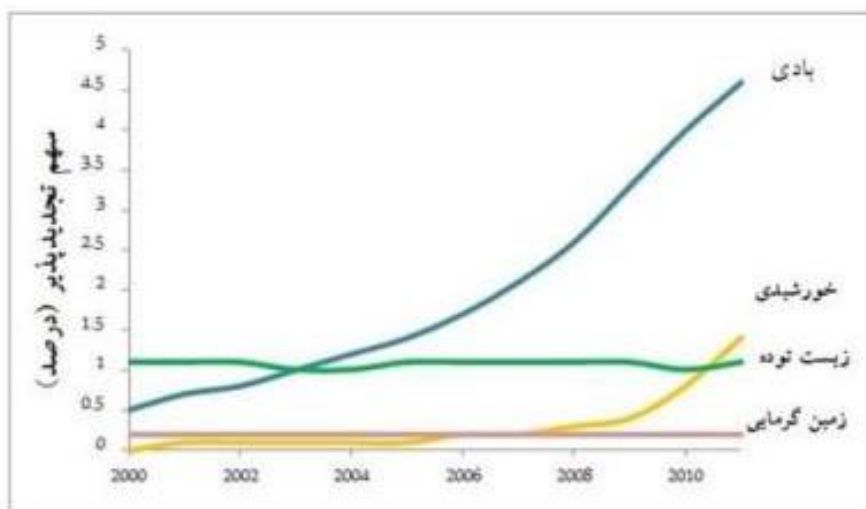
### ◆ تمرین دوم:

از فراگیران بخواهید در مورد شکل‌ها و نمودارهای ذیل در کلاس گفتگو و بحث کنند. به آن‌ها اجازه جستجوی اینترنتی و یا کنکاش در کتاب‌ها و مجلات را بدهید. فراموش نکنید، آموزش نحوه جستجوی مطالب علمی نیز بخشی از تدریس شما است.

– شکل ذیل، نقشه درصد تولید انرژی الکتریکی توسط منابع تجدیدپذیر انرژی را در سطح کشورهای جهان نشان می‌دهد. جایگاه ایران را با سایر کشورهای جهان مقایسه کنید.



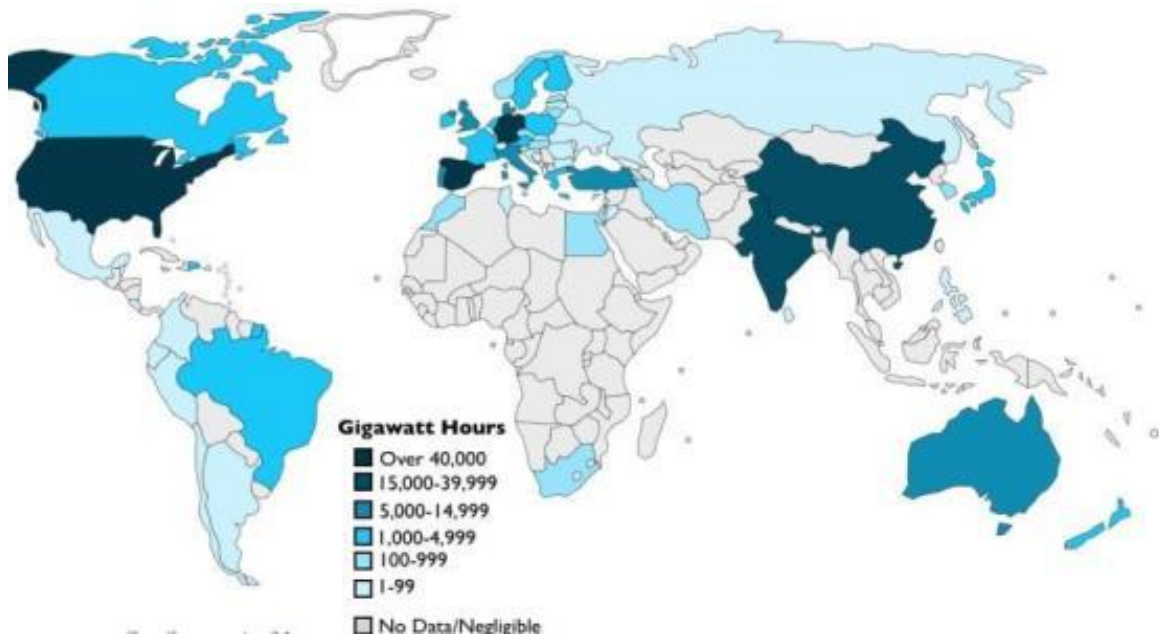
– نمودار ذیل، افزایش سهم نیروگاه‌های تجدیدپذیر از ظرفیت کل نیروگاه‌های جهان را نشان می‌دهد. برداشت خود را به بحث بگذارید.



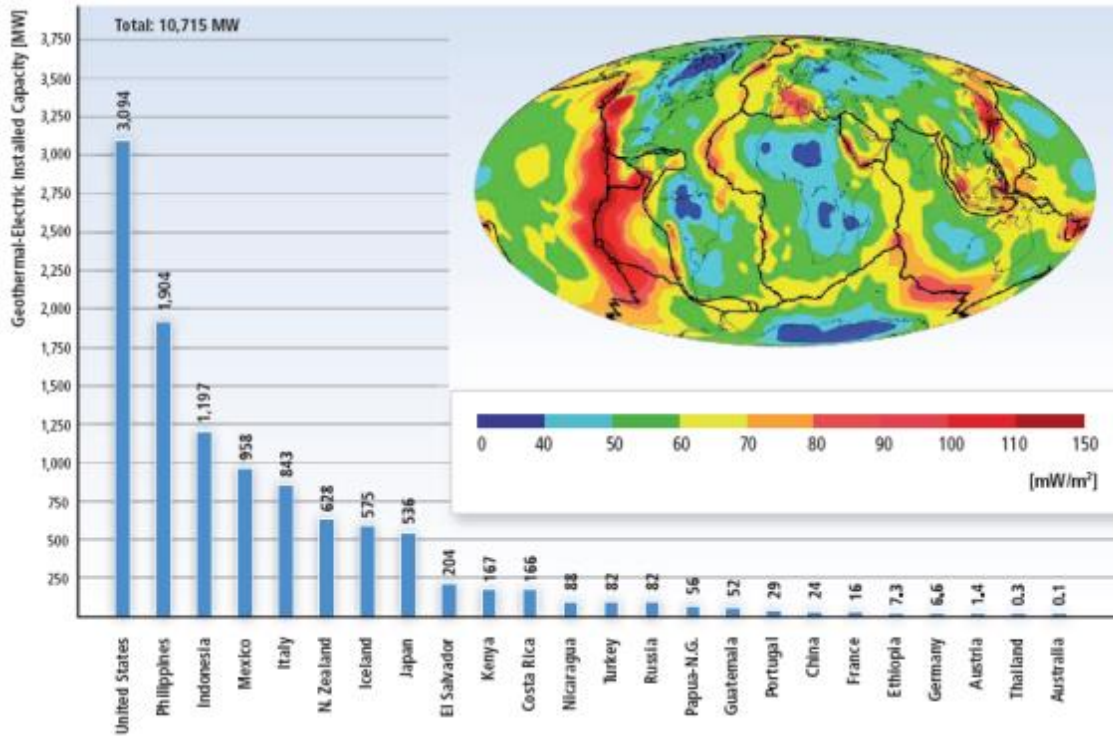
- در شکل ذیل، برخی از انواع توربین‌های بادی را مشاهده می‌کنید. به نظر شما تفاوت‌های عملکردی آن‌ها در چیست؟



- شکل پایین، نقشه پهنه‌بندی کشورهای جهان را از لحاظ توانایی تولید الکتریسیته توسط انرژی باد نشان می‌دهد. در مورد جایگاه کشورها و به ویژه ایران بحث کنید.



- شکل پایین، آخرین ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های زمین‌گرمایی در سطح جهان را نشان می‌دهد. برداشت شما چیست؟



- از فراگیران بخواهید با توجه به استان یا شهر محل سکونت و یا فعالیت خود، مشخص کنند که کدام یک از انواع انرژی‌های پاک در آن منطقه قابل استفاده است؟ و به چه دلیل؟



### ♦ تمرین سوم:

در مورد انواع برچسب‌های انرژی برای فراگیران توضیح دهید و از آن‌ها بخواهید تا این موارد را در خانواده، سطح شهر و جامعه جستجو کنند.

### برچسب انرژی چیست؟

برچسب انرژی به صورت یک لیبل کاغذی است که روی دستگاه‌های الکترونیکی درج می‌شود. یک سری اطلاعات مهم مربوط به شرکت سازنده دستگاه، مدل، میزان انرژی که مصرف می‌کند و علائمی درباره بهینه و مناسب کار کردن دستگاه روی آن ثبت شده است. این برچسب با هدف کنترل و صرفه‌جویی در مصرف انرژی تولید و در لوازم الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. توجه به برچسب انرژی درج شده روی لوازم الکترونیکی جزو مواردی است، که در خرید بسیار موثر می‌باشد. چند مورد از مزیت استفاده از برچسب انرژی به صورت ذیل می‌باشد:





به انتخاب درست و آگاهانه در هنگام خرید کمک می‌کند.

مصرف‌کنندگان را با میزان کارایی و بازدهی لوازم آشنا می‌کند.

به بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه انرژی مصرفی کمک می‌کند.

میزان آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد.

اطلاعات مهمی را درباره هر وسیله برقی در اختیار خریدار می‌گذارد.

انرژی	برچسب مصرف انرژی یخچال فریزر
	بازدهی بیشتر A B C D E F G بازدهی کمتر
	
	
548	<b>مصرف انرژی</b> (بر حسب کیلو وات ساعت در سال) بر اساس نتایج آزمون در ۲۴ ساعت (مصرف انرژی واقعی به چگونگی و مکان استفاده از دستگاه بستگی دارد)
285 115 گره‌سوری 	حجم محفظه نگهداری مواد غذایی غیر منجمد (لیتر) حجم محفظه نگهداری مواد غذایی منجمد (لیتر) کلاس منقله آب و هوایی
ABCDE abcde	نام سازنده مدل
	اطلاعات بیشتر در دفترچه راهنمای دستگاه موجود است. بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۴۸۵۳-۲

این‌ها نمونه اطلاعاتی است که روی برچسب انرژی لوازم خانگی انرژی درج می‌شوند. البته برای هر وسیله‌ای، متناسب با کارکردهای آن، اطلاعات متفاوتی درج می‌شود. برای وسیله‌ای مثل ماشین لباسشویی در عوض اطلاعات دیگری از قبیل میزان تخمینی مصرف آب (برحسب لیتر در سال) و حداکثر حجم قابل شست‌وشو (برحسب کیلوگرم) در نیمه پایینی برچسب درج می‌شوند. یا مثلاً برای تلویزیون توان مصرفی دستگاه در دو حالت آماده به کار و روشن (برحسب وات) و اندازه سطح تصویر (برحسب اینچ) در نیمه پایینی برچسب به چشم می‌خورد. اما موردی که بیش از سایر اطلاعات روی برچسب‌های انرژی جلب توجه می‌کند رتبه مصرف انرژی است.

رتبه مصرف انرژی معمولاً در بازه A تا G تعریف می‌شود. هر حرف روی نواری رنگی شامل طیف سبز تا قرمز قرار دارد. رتبه A با نوار سبز پررنگ بالاترین سطح بهره‌وری و رتبه G با نوار قرمز پررنگ پایین‌ترین سطح بهره‌وری به لحاظ مصرف انرژی را نشان می‌دهد. گاهی هم خود رتبه A در چند سطح با علامت مثبت (+) درجه‌بندی می‌شود که در این حالت شاید بازه درجه‌بندی از A+ تا D یا حتی از A+++ تا F باشد.

### ستاره انرژی چیست؟

برچسب دیگر که در مورد انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ستاره انرژی (Energy Star) است، که استاندارد بین‌المللی است درباره نحوه مصرف انرژی توسط دستگاه‌های الکترونیکی و دیگر محصولات تجاری شرکت‌ها. این استاندارد برای اولین بار در دولت آمریکا در سال ۱۹۹۲ ابداع شد و سپس کشورهای دیگر مانند کانادا، استرالیا، ژاپن، نیوزیلند، تایوان و کشورهای عضو اتحادیه اروپا نیز آن را پذیرفتند و اجرا کردند.

وسایلی که این لوگو را دارند، مانند محصولات مربوط به کامپیوتر و اجزا مربوط به آن، وسایل آشپزخانه‌ای و لوازم خانگی، وسایل ساختمان‌سازی و اجزای مربوط به آن، باید در حالت توازن ۲۰ تا ۳۰٪ انرژی کمتری مصرف کنند.

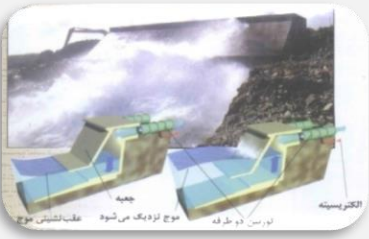




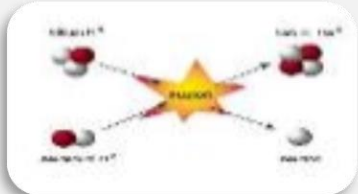




### ◆ تمرین چهارم:

- از فراگیران بخواهید با اطلاعاتی که کسب کرده‌اند، جاهای خالی را در جدول ذیل، تکمیل کنند.

جنبه‌های مثبت و منفی	منبع / نوع انرژی	
		سوخت فسیلی (نفت و زغال سنگ)
		گاز طبیعی
		پیل هیدروژنی
		خورشید
		برق آبی
		جزر و مد

	 <p>تولید سیمتک نورسن دو طرفه موج از دو طرف من شود چپه عکس تابش موج</p>	موج
		باد
		زیست توده
		زمین گرمایی
		هسته‌ای
		هم‌جوشی

**ادامه تمرین چهارم:**

- از فراگیران بخواهید براساس آموخته‌های خود، راهکارها و پیشنهادهای قابل اجرا در زمینه مدیریت مصرف انرژی را در جدول ذیل ثبت کنند و در کلاس با یکدیگر مقایسه و بحث کنند.

محل / مکان	راهکار پیشنهادی
مدرسه	۱- .....
	۲- .....
	۳- .....
منزل	۱- .....
	۲- .....
	۳- .....

- از فراگیران بخواهید تا میزان برق و گاز طبیعی مصرفی در منزل خود را از طریق عدد درج شده به روی فیش‌های برق و گاز پیدا کرده و آن را در فرمول‌های ذیل جاگذاری کنند. بدین ترتیب می‌توانند ردپای کربن تولیدی توسط خانواده خود را محاسبه کنند.

$$\text{کیلووات ساعت انرژی مصرفی} \times 0.006 = \text{میزان CO}_2 \text{ تولیدی (برحسب تن)}$$

$$\text{مترمکعب انرژی مصرفی} \times 0.0591 = \text{میزان CO}_2 \text{ تولیدی (برحسب تن)}$$

- به فراگیران کمک کنید تا بتوانند به پرسش‌های ذیل پاسخ دهند:

الف) یک دستگاه یخچال فریزر با قدرت ۱۷۰ وات ساعت را در نظر بگیرید، میزان برق مصرفی آن در یک شبانه‌روز چند کیلووات ساعت است؟

ب) میزان برق مصرفی این یخچال فریزر در طول یک سال چند کیلووات ساعت است؟

پ) با فرض آن که به ازای هر ۵ نفر انسان در کره زمین، ۱ عدد یخچال فریزر وجود دارد، میزان برق مصرفی توسط همه یخچال فریزرهای جهان را در یک سال حساب کنید (جمعیت جهان را برابر با ۸ میلیارد در نظر بگیرید).

ت) هرگاه بدانید برای تولید ۱۶۰۰ کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی، باید ۳۰۰۰۰ کیلوگرم زغال سنگ را در نیروگاه بسوزانیم. حساب کنید که فقط برای تامین برق مصرفی یخچال‌های خانگی دنیا چند کیلوگرم زغال سنگ باید سوزانده شود؟

## فعالیت ۲:

### فعالیت‌هایی ساده برای کشف مفاهیم بنیادی

#### تمرین اول: گازها مرز ندارند.

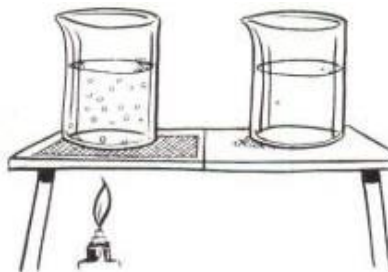
**مفاهیم:** جهت انتشار حرکت مولکول‌های گاز، از پرغلظت به مکان کم غلظت است. گازهای گلخانه‌ای از منبع خود به سمت بیرون منتشر شده و در جو مخلوط می‌شوند.

**روش:** مقداری ماده بودار قوی و غیرحساسیت‌زا، مثل سرکه یا فلفل و روغن نعنا را بر روی یک پارچه یا دستمال کاغذی بمالید. در گوشه‌ای از کلاس ایستاده و دستمال را تکان دهید. از فراگیران بخواهید به محض احساس بو دست خود را بلند کنند و مدت زمان احساس بو توسط تمامی فراگیران را اندازه بگیرید. نقش انتشار و باد در ایجاد مشکل انتشار گازهای گلخانه‌ای را مورد بحث قرار دهید.

#### تمرین دوم: گازها آب را دوست دارند.

**مفاهیم:** یکی از ویژگی‌های مهم گازها آن است که در آب حل می‌شوند. اکسیژن محلول برای تنفس زیر آب موجودات آبی امری اساسی است و قابلیت انحلال کربن دی‌اکسید در مایع آن چیزی است که ما از نوشیدنی‌های سرد و گازدار در روزهای داغ تابستان لذت می‌بریم. کربن دی‌اکسید حدود ۲۰۰ برابر بیشتر از اکسیژن در آب حل می‌شود و این حلالیت بدین معنا است که می‌تواند به آسانی میان جو و پهنه‌های آبی سطح زمین حرکت کند. اقیانوس‌های کره زمین، به عنوان منبع ذخیره یا ترسیب کربن مطرح هستند. چرا که مقادیر عظیمی از کربن دی‌اکسید را جذب می‌کنند. این کار یا به طور مستقیم و یا از طریق فتوسنتز فیتوپلانکتون‌های سطحی انجام می‌شود که بعدها در کف اقیانوس تجزیه می‌شوند (کربن دی‌اکسید توسط گیاهان زمینی از طریق فتوسنتز نیز جذب می‌شود، اما زمانی که گیاهان تجزیه می‌شوند یا آتش می‌گیرند، به جو برگردانده می‌شوند). حدود نیمی از کربن دی‌اکسید منتشر شده توسط سوزاندن سوخت‌های فسیلی در دهه‌های گذشته توسط اقیانوس‌ها و جنگل‌ها جذب شده است.

**هدف:** نشان دادن وجود اکسیژن محلول در آب لوله‌کشی، و این که اکسیژن در آب سرد راحت‌تر از آب گرم حل می‌شود.



#### روش:

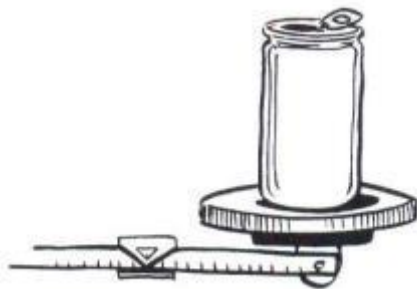
۱. مقادیر مساوی آب سرد لوله‌کشی را در دو بشر بریزید.
۲. یک بشر را در پلیت داغ یا روی یک چراغ بنزن با حرارت کم بگذارید.
۳. حباب‌های پدید آمده در عمق و کناره‌های بشر را ببینید و آب گرم و سرد را با هم مقایسه کنید. هر چه آب گرم‌تر باشد هوای محلول کمتری در آن می‌ماند. در نتیجه حباب‌های هوا در نمونه گرم شده سریع‌تر تشکیل می‌شوند.

### تمرین سوم: گازها وزن دارند.

هدف: نشان دادن این مطلب که کربن دی‌اکسید وزن دارد و نمایش اثرات دما و فشار بر حلالیت کربن دی‌اکسید.

#### روش:

۱. با گرم کردن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد (۱۲۰ درجه فارنهایت) در یک بشر (لیوان شیشه‌ای)، حمام آب گرم درست کنید.
۲. با استفاده از بالانس الکترونیکی دو قوطی دربسته آب میوه خنک گازدار را وزن و آن‌ها را یادداشت کنید (هر گونه بخار و آب روی قوطی را پیش از وزن کردن پاک کنید).
۳. هر دو قوطی را به دقت باز کنید و در قوطی‌ها را نگه دارید. بحث کنید که چه چیزی باعث صدای «فش» می‌شود. (افزایش فشار باعث افزایش حلالیت هر نوع گاز در آب می‌شود. نوشیدنی‌های گازدار تحت فشار بسته‌بندی می‌شوند. زمانی که قوطی باز می‌شود فشار درون قوطی تا زمانی که با فشار جو یکسان نشده است کاهش می‌یابد. وقتی فشار کم می‌شود، دی‌اکسید کربن شروع به بیرون آمدن از مایع می‌کند).



۴. سه دقیقه صبر کنید تا مقداری گاز از قوطی خارج شود. در این زمان دمای هر مایع را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.
  ۵. یکی از قوطی‌ها را در حمام آب گرم قرار دهید. پس از ۱۰ تا ۱۲ دقیقه قوطی حرارت دیده را از آب خارج کرده و بیرون هر دو قوطی را خشک کنید.
  ۶. دمای هر مایع و جرم هر قوطی را اندازه بگیرید. جرم را پیش و پس از این فرآیند با هم مقایسه کرده و وزن کربن دی‌اکسید که از هر قوطی خارج شده است را تعیین کنید.
- براساس مشاهدات خود، به این پرسش پاسخ دهید که آیا برخی از مناطق اقیانوس‌های جهان نسبت به بقیه، کربن بیشتری در خود نگه می‌دارند؟ (از ۲۴ تریلیون تن کربن تخمینی در زمین، حدود یک تریلیون تن در آب‌های سطحی اقیانوس‌ها و ۳۸ تریلیون تن در اعماق اقیانوس‌ها یعنی جایی که دما کم و فشار زیاد است، وجود دارند. انتقال کربن دی‌اکسید از جو به اقیانوس - سینک - در مناطقی که آب‌های سطحی سردتر هستند، راحت‌تر اتفاق می‌افتد. آب‌های سطحی گرم استوایی غالباً بیشتر منابع کربن دی‌اکسید اتمسفری هستند تا سینک آن).

### تمرین چهارم: ردیابی گازهای گلخانه‌ای

**هدف:** آشنایی با ویژگی‌ها و منابع گازهای گلخانه‌ای اصلی

**روش:** کلاس را به سه یا چهار گروه تقسیم کنید و از هر گروه بخواهید شش سوال یا بیشتر مربوط به یکی از اصلی‌ترین گازهای گلخانه‌ای به جز بخار آب طرح کنند. این گازها عبارتند از کربن دی‌اکسید، متان، اکسید نیتروژن، ازن سطح زمین، و کلروفلوروکربن‌ها. گروه ششم را می‌توان به موضوع اثر گلخانه‌ای اختصاص داد. نمونه سوالات: شما هنگام برخاستن از شالیزارها من را می‌بینید (متان)؛ من می‌توانم تا ۲۰۰ سال در جو باقی بمانم (کربن دی‌اکسید)؛ سوالات و جواب‌ها را در صفحه‌های کاغذی که به شش قسمت تقسیم شده بنویسید. از صفحات کپی بگیرید و آن‌ها را به مجموعه کارت‌های سوال اضافه کنید. بگذارید تیم‌ها با هم بحث کنند (مراقب باشید تیم‌ها سوالات خودشان را نپرسند).

### تمرین پنجم: گلخانه شیشه مایونز

**هدف:** اثبات این مفهوم که زمین همانند یک گلخانه است.

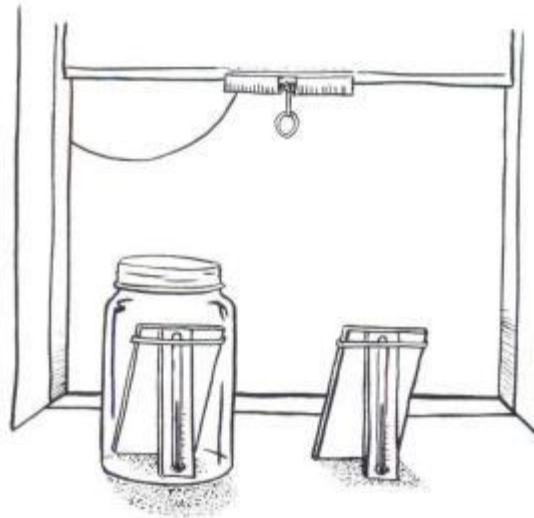
**لوازم:** یک شیشه مایونز بزرگ با درپوش، دو دماسنج کوچک، ۲ تکه مقوا، کش، چراغ مطالعه قوی یا پنجره آفتابی  
**مقدمه برای فراگیران:** گلخانه ساختمانی است که مخصوصاً برای پرورش گیاهان در فصل سرد ساخته شده و دیوارهای آن از شیشه یا پلاستیک شفاف است. نور خورشید از دیوارها عبور می‌کند و توسط خاک و گیاهان جذب و سپس به صورت انرژی حرارتی منتشر می‌شود که هوای درون گلخانه را گرم می‌کند. دیوارها جلوی فرار هوای گرم را می‌گیرند بنابراین درون گلخانه به دام می‌افتد.

گازهای مشخصی در جو، به نام گازهای گلخانه‌ای معروف هستند. چرا که همانند شیشه گلخانه عمل می‌کنند. گازهای گلخانه‌ای به نور خورشید اجازه می‌دهند که از میان آن‌ها عبور کرده و به سطح زمین برسند. زمانی که نور خورشید به زمین می‌رسد، سطح آن را گرم می‌کند (مشابه سقف تیره یک پارکینگ در تابستان). با افزایش حرارت، مقداری از آن توسط گازهای گلخانه‌ای به دام می‌افتد. بدون وجود گازهای گلخانه‌ای، که آن را اثر طبیعی گلخانه‌ای می‌نامند، جو و اقلیم زمین آنقدر سرد می‌شد که نمی‌توانست زندگی را پشتیبانی کند.

### روش:

۱. با استفاده از کش، بالای هر دماسنج را به یک تکه مقوا بچسبانید. مطمئن شوید که اعداد دماسنج به سمت شما و بیرون است.
۲. یکی از دماسنج‌ها را درون شیشه قرار دهید و در آن را ببندید.
۳. شیشه را جلوی پنجره آفتابی یا کنار چراغ مطالعه قرار دهید. کنار آن دومین دماسنج را قرار دهید. مطمئن باشید که هر دو دماسنج به وسیله مقوا از نور مستقیم محافظت می‌شوند.
۴. هر ده دقیقه یک بار و به مدت یک ساعت دمای هر دو دماسنج را ثبت کنید.
۵. می‌توانید آزمایش را ادامه دهید و در همان زمان به مدت یک هفته دمای روزانه هر دو دماسنج را ثبت کنید. نمودار آن را رسم و بحث کنید چگونه دما از روزی به روز دیگر نوسان دارد.





**بحث:** چرا دماسنج درون شیشه دمای بیشتری را نشان می‌دهد؟ (شیشه و درپوش هوای گرم را به دام می‌اندازند بنابراین دما زیاد می‌شود و از دمای بیرون بیشتر است).  
 آیا گلخانه شیشه مایونز در برخی از روزها یا زمان‌های مشخصی از روز تاثیر بیشتری دارد؟ (تغییرات ناشی از شرایط متفاوت نور و مدت در معرض قرار گرفتن نور مستقیم خورشید است).  
 شیشه چگونه مانند جو زمین عمل می‌کند؟ چقدر تفاوت دارند؟ (مثل گازهای گلخانه‌ای، شیشه حرارت را به دام می‌اندازد. به هر حال، جو زمین یک مانع و یا سد جامدی همانند شیشه نیست که مانع خروج هوای گرم شود. بلکه، مقداری از حرارت تابشی سطح زمین مستقیماً به فضا فرار می‌کند. مقداری به صورت موقت توسط گازهای گلخانه‌ای جذب می‌شود و سپس به سطح زمین برگردانده می‌شود).

### تمرین ششم: کربن دی‌اکسید و اثر گلخانه‌ای

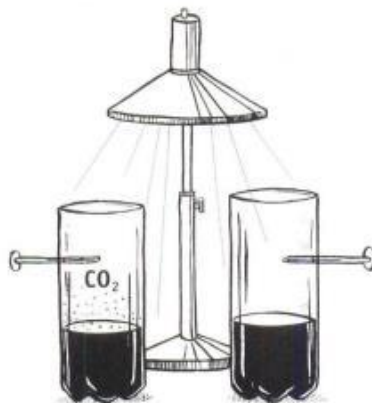
**هدف:** تعیین اثر سطح زیاد کربن دی‌اکسید در جو.

**لوازم:** دو قوطی آب میوه پلاستیکی ۲ لیتری، دو دماسنج (خواندن دماسنج‌های دوطرفه ساده‌تر است)، یک نورافکن ۱۵۰ وات، یک پایه چراغ، دو بطری پر نوشابه یا هر نوع مایع گازدار تیره رنگ.

#### روش:

۱. یکی از نوشیدنی‌ها را روز پیش از آزمایش باز کنید. آن را در هنگام شب، به همین شکل باز بگذارید تا این که کربن دی‌اکسید خارج و نوشابه بی‌گاز شود. تا قبل از شروع آزمایش، بطری دوم نوشابه را باز نکنید. هر دو نوشابه‌های بی‌گاز و گازدار باید در دمای اتاق باشند.
۲. بالای بطری‌های خالی دو لیتری را ببرید تا دو بطری دهان گشاد با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر به دست آید.
۳. با یک خط‌کش حدود ۸ سانتی‌متری پائین بطری را با خط‌کش خط بکشید (علامت بزنید). بالای حداقل ۵ سانتی‌متری خط در کنار بطری را سوراخ کنید.
۴. یک بطری را تا خط از نوشابه بی‌گاز و دیگری را با نوشابه گازدار پر کنید. تا چند دقیقه پیش از شروع آزمایش دماسنج‌ها را وارد نکنید، چرا که حباب‌های مایع قوطی تازه باز شده ممکن است دماسنج را بپوشانند و در نتیجه دما را کمتر نشان دهند.
۵. اجازه دهید بطری‌ها ۳۰ تا ۶۰ دقیقه باقی بمانند. این به کربن دی‌اکسید اجازه می‌دهد که مایع را ترک کند و

- هوای محیط به آهستگی در بطری پر شود (کربن دی‌اکسید سنگین‌تر از هوا است، بنابراین در ظرف باقی می‌ماند). فراگیران می‌توانند با یک کبریت درون بطری آزمایش کنند که آیا کربن دی‌اکسید کافی وجود دارد یا نه.
۶. دماسنج را از میان سوراخ‌های بطری‌ها بگذرانید به نحوی که انتهای آن‌ها در وسط فضای بالای مایع قرار گیرد.
۷. بطری‌ها را در فواصل یکسان از نورافکن تقریباً ۲۵ سانتی‌متری آن بگذارید و دمای هر بطری را ثبت کنید.
۸. چراغ را روشن کنید. دمای هر بطری را در هر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده و ثبت کنید (آزمایش از ۱۰ دقیقه بیشتر نشود چون در این صورت کربن دی‌اکسید پس از این مدت از بین می‌رود).



زمانی که آزمایش شروع و کربن دی‌اکسید گرم می‌شود، گاز سبک‌تر شده و ظرف را ترک می‌کند. در هر صورت پیش از این حالت، دانش‌آموزان باید به افزایش دمای ۵ درجه سانتی‌گرادی در جو غنی از کربن دی‌اکسید توجه کنند.

**روش جایگزین:** اگر یک پخش‌کننده فشاری سودا که دارای شیر است، در اختیار دارید، روش سریع‌تر برای ایجاد اتمسفر غنی از کربن دی‌اکسید، استفاده از کپسول‌های کربن دی‌اکسید است. به جای نوشابه، ۵ سانتی‌متر خاک خشک و تیره را در ته بطری‌ها قرار دهید. یک کپسول کربن دی‌اکسید را در پخش‌کننده سودا خالی کنید. سپس شیر پخش‌کننده سودا را ۲/۵ سانتی‌متر بالای خاک در یک بطری قرار دهید و آهسته کربن دی‌اکسید را خالی کنید. این کار را تکرار و یک کپسول دیگر کربن دی‌اکسید را به همان بطری اضافه کنید. دما را ثبت، چراغ را روشن کنید و آزمایش را به مدت ۱۰ دقیقه انجام دهید.



### فعالیت ۳:

#### پرسش‌های چالشی

#### تمرین: آیا تغییر اقلیم برای ما خوب است؟

**مفهوم:** برای بسیاری از افراد تصور افزایش ۲ یا ۳ درجه‌ای دما چندان مهم به نظر نمی‌رسد و از نظر آن‌هایی که در مناطقی با زمستان‌های سرد زندگی می‌کنند، حتی این موضوع جالب توجه می‌باشد. در حالی که تغییر اقلیم جهانی، با بسیاری از ابهامات در مورد این که چگونه نقاط مختلف تحت تاثیر قرار می‌گیرند، همراه می‌باشد. این فعالیت با هدف تشویق فراگیران برای توجه به این نکته که چگونه تغییرات در اقلیم می‌تواند به صورت فردی آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد، طراحی شده است. سپس از آن‌ها خواسته می‌شود تا با گسترده کردن تمرکزشان دورنمای وسیع‌تری را تصور نمایند تا دریابند که چگونه تغییرات ممکن است، منطقه محل سکونت و یا فعالیت آن‌ها (چه شهری و چه روستایی و چه در مناطق خشک و یا در امتداد سواحل) را متاثر سازد.

هر چند این فعالیت به عنوان تمرین مقدماتی برای دانش‌آموزان مقطع ابتدایی و پیش از دبیرستان طراحی شده است، اما می‌توان به آسانی با افزودن عمق مباحث کلاسی و نیازهای مطالعاتی برای مقاطع دیگر نیز به کار گرفته شود. فعالیت مزبور باید به عنوان یادآوری این نکته که حتی با فن‌آوری‌های پیشرفته امروزی نیز، وابسته به سیستم طبیعی کره زمین هستیم، عمل نماید.

**پیشینه:** ما در دنیای زندگی می‌کنیم که میزان مشخصی از قابلیت پیش‌بینی اقلیم را در آن انتظار داریم. در مناطق معتدله دور از خشکی، تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد را انتظار داریم. در مناطق جنوبی‌تر و در امتداد سواحل، در فصول خاصی، انتظار بارش باران بیشتری را نسبت به نقاط دیگر داریم. برای برخی از افراد بارش برف در ماه می (اردیبهشت) عادی است، برای برخی دیگر خشکسالی‌های سالانه عادی می‌باشد. صرف‌نظر از آن که در کجا زندگی می‌کنیم، فعالیت‌ها، اقتصاد و جوامع خود را با چرخه‌های فصلی و شرایط اقلیمی که وابسته به آن‌ها می‌باشیم، وفق داده‌ایم.

یکی از مهم‌ترین مثال‌های وابستگی ما به الگوهای جوی قابل پیش‌بینی را در کشاورزی می‌توان مشاهده کرد. گیاهان مقاومت معینی در برابر بارش، باران، خشکی، حداکثر و حداقل دما و همچنین تعداد دیگری از متغیرها دارند. در نتیجه، کشاورزان بر وجود الگوهای جوی فصلی قابل پیش‌بینی تکیه می‌کنند که براساس آن نوع محصولاتی که کشت خواهند کرد و زمان کشت آن‌ها را مشخص می‌نمایند.

بسیاری دیگر از انواع کسب و کار نیز وابسته به آب و هوا هستند. جاذبه‌های توریستی، مشاغل مرتبط با ورزش اسکی، پارک‌های تفریحی، امکانات کمپینگ همگی وابسته به تعداد روزهای بهینه هستند، که روزهای برفی یا آفتابی باشند، تا بتوانند به کسب و کار خود ادامه دهند. تصور کنید که بدون روزهای گرم و آفتابی، سواحل و تپه‌های برفی چقدر خلوت خواهند بود. اگر بیشتر مدت زمستان به جای برف، باران بیارد! رستوران‌ها، هتل‌ها، شرکت‌های حمل و نقل و دیگر فعالیت‌های تجاری وابسته به شرایط آب و هوایی هستند تا بتوانند مشتریان را جذب نمایند.

طراحی ساختمان‌های یک منطقه نیز بر محدوده مورد انتظاری از شرایط آب و هوایی بنا شده است. به طور مثال؛ در مناطق با بادهای شدید، ساختمان‌های جدید به نحوی ساخته می‌شوند که بتوانند در برابر این بادهای مقاوم کنند.

سدهای سیل گیر طراحی می‌شوند تا حداکثر میزان رواناب (آب‌های هرزی که در سطح معابر و خاک‌ها جاری می‌شوند) در دوره‌های زمانی مشخص را در خود نگه دارند. نواحی اطراف رودخانه‌ها و دریاچه‌ها اغلب به قرار گرفتن در محدوده «نقشه ۱۰۰ ساله» اختصاص داده می‌شوند، به این معنی که طبق روند گذشته تنها یک درصد احتمال وقوع طغیان در هر سال در منطقه وجود دارد. تصمیم در مورد کاربری سرزمین به این خصوصیت بستگی دارد و همانند کشاورزی و گردشگری<sup>۲</sup> مبتنی بر میزان معینی از قابلیت پیش‌بینی آب و هوا می‌باشد. تغییرات مهم در این الگوهای آب و هوایی، از قبیل افزایش قابل توجه در بارش، به ویژه طی یک دوره بسیار کوتاه زمانی، ممکن است احتمال وقوع سیلاب را در این مناطق افزایش دهد.

ما تمایل داریم که فرض مسلم بدانیم اقلیم در محدوده مشخصی از تغییرات باقی می‌ماند، اما اگر اقلیم تغییر کند بسیاری از جنبه‌های زندگی ما می‌توانند تغییر کنند. فرض کنید در منطقه‌ای که معمولاً هفته‌ای یک بار باران را تجربه می‌کند، تابستان گرم و خشکی با تعداد زیادی روزهای آفتابی اتفاق افتد. شاید برای ما وجود روزهای آفتابی بیشتر از حد معمول طی تعطیلات تابستانی بسیار عالی باشد، اما اگر آفتاب بیشتر باشد احتمال تبخیر رطوبت بیشتری از خاک وجود دارد. آیا احتمال دارد که کشاورزان از این روزهای آفتابی بهره‌ای ببرند؟ کاهش ایجاد شده در محصولات چگونه می‌تواند بر قیمت و دسترسی غذا اثر داشته باشد؟ این فعالیت فراگیران را تشویق می‌کند تا در هنگام توجه به تغییر اقلیم، به این نوع جزئیات نیز توجه شود. فعالیت: این فعالیت را می‌توان به صورت فردی انجام داد، اما فراگیران از بحث کردن درباره ایده‌های‌شان به صورت گروهی بهره خواهند برد.

۱- با استفاده از جدول (صفحه بعدی را ببینید) به عنوان نقطه شروع، از فراگیران بخواهید در مورد آنچه آن‌ها فکر می‌کنند که عواقب تغییرات اقلیمی گوناگون خواهد بود، بحث کرده و آن را ثبت نمایند. توجه داشته باشید که جدول بسیار کلی است و از فراگیران توقع نمی‌رود که تغییرات را کمی کنند. بلکه فقط روند کلی را مورد ملاحظه قرار دهند. ممکن است بخواهید دیگر شرایط و رویدادهای جوی را که در منطقه شما رایج هستند را اضافه نمایید. موارد ذیل مثال‌هایی از ایده‌هایی است که ممکن است از دانش‌آموزان مقطع ابتدایی و آغاز دبیرستان انتظار رود:

### – فصل: تابستان

- نوع تغییر: توفان بیشتر
- چگونه این تغییر من را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟ احتمالاً بازی‌های بیس‌بال و فوتبال بیشتر لغو می‌شوند.
- احتمال دارد آب به داخل زیرزمین نشت کند.
- مجاری سرریز آب، با توفان آب پر خواهند شد و نزدیک شدن به آن‌ها می‌تواند خطرناک باشد.
- بادی که همراه باران شدید می‌آید، ممکن است شاخه‌های درختان بزرگ و کهنسال نزدیک خانه من را بشکند.
- چگونه این تغییر چیزهای اطراف من را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟
- زارعین محلی که گوجه‌فرنگی می‌کارند، ممکن است محصول‌شان توسط تگرگ یا طغیان آب [توفان- آب‌گرفتگی] از بین برود. گیاه گوجه‌فرنگی نیاز به بارش‌های منظم با دوره‌های تابش آفتاب دارد. توفان‌های

بیشتر می‌توانند باعث ترک‌خوردگی و گندیدن گوجه‌فرنگی‌ها شود.

• جشنواره‌های محلی تابستانی ممکن است درآمد کافی نداشته باشد، زیرا جشن‌های بیشتری به خاطر باران تعطیل خواهند شد و مردم کمتری در آن‌ها حضور خواهند داشت.

۲- وقتی که گروه‌ها جدول را کامل کردند، پاسخ‌ها را به صورت گروهی به بحث بگذارید. بپرسید که آیا طبقه‌بندی وجود دارد که در آن هیچ‌گونه تأثیر منفی به نظر نرسد. به فراگیران یادآوری کنید که تأثیرات توفان و دیگر رویدادها بر زیرساخت‌هایی نظیر فاضلاب‌ها، جاده‌ها، الکتریسیته و غیره را مورد ملاحظه قرار دهند.

۳- اگر رویدادهای جوی خاصی رایج‌تر گردند، افراد چه سازگاری‌هایی را باید پیدا کنند؟ این موضوع می‌تواند به صورت تمرین کنکاش «چه می‌شود، اگر؟» مطرح شود، یا فراگیران می‌توانند با تماس با اقلیم‌شناسان محلی در مورد روند حقیقی و بلندمدت منطقه شما پرس‌وجو کنند. سازگاری‌های مورد نظر ممکن است شامل تغییر و تبدیل زیرساخت‌ها و ساختمان‌ها باشد؛ و نیز تغییر در رژیم غذایی، پوشش، فعالیت‌ها و حمل و نقل.

### شرح و بسط:

۱- از فراگیران بخواهید در مورد دامنه تغییرات اقلیمی و اثرات احتمالی تغییر اقلیم یک محصول محلی یا منابع طبیعی تحقیق کنند. اطلاعاتی که باید جمع‌آوری شوند می‌تواند حداکثر و حداقل میزان بارش باران و محدوده دمایی که این محصول تحمل می‌کند، تعداد روزهای بدون یخبندان که این محصول برای بارور شدن نیاز دارد، و حساسیت آن به آفت‌های ناشی از شرایط جوی از قبیل حشرات و قارچ‌ها را در برداشته باشد. این دامنه تغییرات را با حد نصاب‌های محلی منطقه خود مقایسه کنید (جداول نشان‌دهنده بارش، دما و روزهای آفتابی را از اداره هواشناسی محلی بگیرید). در مناطقی که یک محصول یا منبع طبیعی خاص بنیاد اقتصاد محلی است، به عواقب اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی محصول کم‌تر به دلیل تغییر اقلیم توجه کنید (به طور مثال بسیاری از مردم ممکن است شغل‌شان را از دست بدهند؛ اگر مردم پول کم‌تری برای خرج کردن داشته باشند، کسب و کار محلی دچار زیان می‌شود؛ اگر محصولات محلی دچار تلفات شود، ممکن است مجبور به ورود غذای بیشتری به منطقه شوند که منجر به بالا رفتن قیمت‌ها و مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی خواهد شد.

۲- چگونه تغییرات حاصل در اقلیم می‌توانند حیات وحش را متأثر سازند؟ دو یا سه گونه از حشرات، گیاهان یا جانوران را انتخاب کنید و فکر کنید که آیا و چگونه آن‌ها متأثر خواهند بود. از آن‌جایی که تمامی ارگانیزم‌ها (موجودات زنده) به چیزهای دیگر حاضر در محل زندگی‌شان وابسته هستند، فراگیران را ترغیب کنید تا به احتیاج به غذا، سرپناه و آب، همین‌طور وابستگی متقابل با دیگر موجودات زنده توجه کنند. تغییرات حاصله در اقلیم چگونه می‌تواند بر این عوامل تأثیر بگذارد؟

۳- رسانه‌ها به طور مکرر از رویدادهای شدید جوی گزارش می‌دهند که مشکلاتی را برای افراد و اقتصاد محلی فراهم می‌آورد. یک اتفاق جوی کنونی را انتخاب کنید و از فراگیران بخواهید علت آن (به طور مثال بارش باران به مدت سه هفته در ناحیه‌ای که معمولاً ماهی یک‌بار باران دارد) و نتیجه آن را مشخص کنند (به طور مثال حرکت گل‌ولای، طغیان رودخانه‌ها، تلفات جانی، خسارت به ساختمان‌ها، محصولات و آب آشامیدنی سالم).

۴- از فراگیران بخواهید نواحی مختلف و متعدد از جهان را انتخاب کنند، از جمله ناحیه خودشان را، که احتمال تغییرات در ویژگی‌های معماری، پوشش، رژیم غذایی و فرهنگی به شکل انطباق با اقلیم در آن‌ها باشد را شناسایی کنند.

فصل سال: .....		
نوع تغییر اقلیم	این تغییر چگونه بر من تأثیر می‌گذارد؟	این تغییر چگونه بر چیزهای اطراف من تأثیر می‌گذارد؟
توفان باران و برف بیشتر		
باران و برف کمتر		
تابش بیشتر آفتاب		
تابش کمتر آفتاب		
درجه حرارت روزانه بالاتر		
درجه حرارت روزانه کمتر		
سرعت باد بالاتر		
دیگر تغییرات		

ارزیابی: در پایان تمرین، فراگیران باید نشان دهند این موضوع را درک کرده‌اند که تغییرات اقلیمی که بسیاری افراد مطلوب به حساب می‌آورند (آفتاب بیشتر، زمان بیشتر در کنار ساحل) ممکن است برای کشاورزان و دیگر بخش‌های اقتصادی و دیگر موجودات زنده مطلوب نباشد. همچنین آن‌ها باید درک کنند که به سیستم‌های طبیعی وابسته هستیم که باید نسبتاً قابل پیش‌بینی باشند و در محدوده مشخصی عمل کنند. اگر قرار باشد وضعیت اقلیمی در دوره زمانی خاص سخت‌تر از حد مورد انتظار شود، فراگیران باید قادر باشند آنچه را که ممکن است بر ساختارهای محلی سدها و مجاری آبروی توفان حادث شود، شناسایی کنند.



## فعالیت ۴:

## انرژی‌های جایگزین

## تمرین: انتخاب گزینه درست

گام اول آن است که فراگیران دریابند که مردم همیشه انرژی را برای رفع احتیاجات‌شان یافته‌اند. ما چیزهایی را مورد کنکاش و بحث قرار می‌دهیم که اگر آن‌ها در دنیایی بدون الکتریسیته زندگی می‌کردند، نمی‌توانستند انجام دهند و درباره نیازهایی که این چیزها را برطرف می‌سازند، صحبت می‌کنیم. از قبیل نیاز به حمل و نقل، غذا، تفریح و سرپناه. مردمی که در مناطق و زمان‌های بدون الکتریسیته زندگی می‌کردند، برای رفع این نیازها از چه چیزی استفاده می‌کردند؟ با کمک مؤسسه ملی جغرافیا<sup>۱</sup> ما نگاهی کامل به انسان‌ها در حال استفاده از انرژی‌های خودشان می‌اندازیم. فراگیران از انرژی خود برای انجام تکالیف‌شان استفاده می‌کنند که برای آن‌ها غیرعادی است. مانند، حمل آب روی سرشان و کره گرفتن از طریق تکان دادن خامه در یک شیشه دهان‌گشاد. آن‌ها نخ خودشان را با استفاده از دوک نخ‌ریسی می‌تابند که با فرو کردن نوک یک مداد در درون یک سیب‌زمینی ساخته شده است. (یک نخ را به نوک یک مداد در زیر سیب‌زمینی ببندید، نخ را دور سمت دیگر مواد بیچید، سیب‌زمینی را بچرخانید و پشم خام را به روی نخ بچرخانید). هنگامی که فراگیران فهمیدند که انسان‌ها به طور تاریخی نیازهای خود را با انرژی خود تأمین کرده‌اند، آن‌ها را به گام دوم می‌برم: درک این نکته که چرا منابع دیگر انرژی را استفاده می‌کنیم.

ما میان استفاده از الکتریسیته (یک مخلوط‌کن با آرد و روغن) و استفاده از انرژی انسانی (آرد و یک وردنه و تخته نانواپی) در دست کردن خمیر نان، مقایسه‌ای انجام می‌دهیم. از آن‌ها می‌خواهم با گزینه‌های خوب/بد نسبت به استفاده از انرژی انسانی، فهرستی تهیه کنند. استفاده از انرژی خودشان باعث می‌شود که احساس خوبی در مورد خودشان داشته باشند و چیزی که تولید می‌کنند، فرصتی به آن‌ها می‌دهد که با یکدیگر کار کنند و گپ بزنند، مهارت بیشتری به آن‌ها می‌دهد، آن‌ها را قوی‌تر کرده و هیچ‌گونه آلودگی ایجاد نمی‌کند. نکات منفی آن عبارتند از این که آن‌ها بسیار خسته می‌شوند، زمان بسیار بیشتری را باید صرف نمایند، مانع انجام کارهای مهم آن‌ها می‌شود (همانند رفتن به مدرسه یا بازی کردن)، نمی‌توانند کسب درآمد زیادی داشته باشند، زیرا می‌توانند کار کم‌تری انجام دهند و استفاده از دیگر انسان‌ها برای انجام کارها ممکن است منصفانه نباشد (از قبیل برده‌داری و کار کودکان).



تهیه خمیر نان توسط دست سبب تقویت عضلات شده و هیچ آلودگی ایجاد نمی‌کند. به عنوان گام سوم ما به بررسی چیزی می‌پردازیم که مردم برای کمک به انجام کارهای خودشان شروع به استفاده از آن کردند، یعنی انرژی‌های تجدیدپذیر. ما دوباره به تصاویر مکان‌ها و زمان‌های دیگر نگاهی می‌اندازیم تا مشاهده کنیم چگونه انرژی حیوانات به انسان در انجام کارها کمک می‌کند. به تصویرهایی نگاه می‌کنیم که انسان‌ها چوب را برای پخت و پز و گرم کردن جمع‌آوری و استفاده می‌کنند. فراگیران از انرژی باد برای حرکت دادن یک برگ کاغذ روی میزشان بدون لمس آن استفاده می‌کنند و فرفره‌های کاغذی که روی حصیر ثابت شده‌اند را می‌سازند. آن‌ها برای انرژی آب جعبه‌های لیوانی پلی‌استیرنی نگه‌داری تخم‌مرغ را روی یک مداد با چسب می‌چسبانند و یک آسیاب آبی ساده می‌سازند. برای انرژی خورشیدی، ما از ماشین حساب‌هایی با باتری‌های خورشیدی استفاده می‌کنیم. یک سلول درپوش با یک دماسنج در درون آن و یک دماسنج در خارج آن، با افزایش دما در درون شیشه انرژی نامحسوس خورشیدی را نشان می‌دهد. ما با استفاده از یک اجاق خورشیدی که از جعبه کفش پوشیده با کاغذ آلومینیوم ساخته شده و در مقابل خورشید قرار داده شده است و با قرار دادن یک قطعه سوسیس روی یک قلاب رخت‌آویز که از وسط جعبه رد شده، هات‌داگ می‌پزیم.

همانند انرژی انسانی، ما به نکات خوب و بد هر یک از انرژی‌های تجدیدپذیر دقت می‌کنیم. انرژی چوب را می‌توان دوباره با کاشتن به دست آورد، اما باعث آلودگی می‌شود و باعث کاهش سطح جنگل‌های مان خواهد شد که به نوبه خود الگوهای ریزش باران را متأثر می‌سازد. انرژی خورشید و باد بدون آلودگی هستند اما ذخیره آن‌ها سخت بوده و در نقاطی که بادی و آفتابی نمی‌باشند، قابل استفاده نیستند. انرژی آب دائمی است، اما ساختن سدهای عظیم مردم را وادار به ترک زمین‌های‌شان می‌کند و مزاحم تخم‌ریزی ماهی قزل‌آلا می‌شود.

در گام چهارم، به آن‌ها توضیح می‌دهیم که به محض آن که مردم شروع به استفاده از ماشین‌آلات و کارخانه‌های بیشتری کردند، مصرف انرژی الکتریسیته که به وسیله سوخت‌های فسیلی تأمین می‌گردید، زیاد شد. ما به سراغ زغال می‌رویم و در مورد سوخت زغال سنگ بحث می‌کنیم. وقتی که آن را می‌شکنیم دست‌های مان سیاه می‌شود، و درباره خطری که متوجه افرادی که آن را از زمین بیرون می‌آوردند، تنفس در

گرد و خاک زغال سنگ و گیر افتادن در حوادث معدن صحبت می‌کنیم. اگر وضعیت جوی اجازه بدهد به فضای باز رفته و زغال سنگ را می‌سوزانیم و به دود متصاعد شده نگاه می‌کنیم و درباره گرمایش جهانی به صحبت کردن می‌پردازیم (مقایسه دیگری با استفاده از زغال سنگ و اجاق خورشیدی برای پختن هات‌داگ می‌توان ترتیب داد). درباره آلودگی ایجاد شده به واسطه یافتن و استخراج سوخت‌های فسیلی، تبدیل سوخت‌های فسیل به چیزی که بتوانیم استفاده کنیم و با آلودگی نهایی ایجاد شده به دلیل استفاده از آن (بنزین، نفت) یا دور انداختن آن (پلاستیک) صحبت می‌کنیم.

تکلیف (وظیفه) آن‌ها این است که به یک خودرو بنزین بزنند و یک دستمال کاغذی را به مدت ۵ دقیقه روبه‌روی خروجی لوله اگزوز خودروی روشن قرار دهند تا اثر آلاینده‌های رها شده به واسطه احتراق سوخت‌های فسیلی را ببینند. ما در مورد ارزش سوخت‌های فسیلی به دلیل آن که هر کشوری از وجود آن برخوردار نیست (در حالی که همه خواهان آن هستند)، صحبت می‌کنیم. جنگ سال ۱۹۹۱ خلیج فارس یادآور این نکته است که انسان‌ها در واقع بر سر سوخت‌های فسیلی به جنگ می‌پردازند. دوباره آن‌ها تمام چیزهای بد (نامطلوب) مربوط به سوخت‌های فسیلی و انرژی زغال سنگ (تلفات انسانی، آلودگی، جنگ) و چیزهای خوب (مطلوب) را (که ارزان، بی‌زحمت و در دسترس است) را به‌طور خلاصه بیان می‌کنند. برای کمک به فراگیران در خلاصه کردن و به اجرا گذاشتن آموخته‌های‌شان به آن‌ها سه مشکل جهانی انرژی را معرفی می‌نمایم:

۱- آن نوع از انرژی که بیشتر از همه مورد استفاده قرار می‌گیرد، بیشترین آلودگی را ایجاد می‌کند.

۲- ثروتمندترین مردم جهان در حال بلعیدن انرژی جهان هستند.

۳- استفاده از انرژی چوب سبب نابودی جنگل‌های مان می‌شود.

هر گروه در مورد این مطالب که چرا این مشکلات وجود دارد و از همین امروز چه اقدامی برای کمک به حل مشکل می‌تواند انجام دهند، با یکدیگر صحبت می‌کنند. این یک تمرین فکری عمیق برای کودکان خردسال است، اما مشاهده آن‌ها در حالی که مشغول در میان گذاشتن برداشت‌های شخصی‌شان از مصرف انرژی و عواقب آن با یکدیگر هستند، محسوس کننده است و چیزی که آن‌ها متفقاً به ذهن‌شان می‌آید آن است که باید انرژی انسانی بیشتری را در زندگی‌مان به کار بگیریم و در استفاده از انرژی‌های دیگری که به کار می‌گیریم، بیشتر دقت کنیم. آن‌ها از روش‌هایی که قصد دارند از آن طریق عادت‌های‌شان را تغییر دهند تا آن که انرژی کم‌تری مصرف کنند، فهرستی تهیه می‌کنند و در مورد این که چگونه می‌توانند چیزهایی را که آموخته‌اند با شخص جدیدی در میان بگذارند، تصمیم می‌گیرند.

## فعالیت ۵:

### فعالیت‌های عملی برای آشناسازی فراگیران با فنآوری خورشیدی

#### تمرین اول: شبیه‌سازی خورشیدی

**مفهوم:** از طلوع هستی، بشر به خورشید به عنوان منبع نور و گرما نگاه کرده است. در چند دهه اخیر بوده که آموخته‌ایم چگونه انرژی خورشید را به عنوان منبع انرژی نهایی استفاده کنیم: انرژی الکتریکی که تقریباً رایگان و عاری از آلودگی است و تا زمانی که کره زمین باقی است، وجود دارد. فنآوری‌های انرژی خورشیدی پیوسته از زمان ظهورشان از اوایل سال‌های ۱۹۷۰ در حال پیشرفت بوده‌اند و حامیان الکتریسیته معتقدند که استعمال گسترده از آن، هم در مصارف خانگی و هم در مصارف صنعتی، در دسترس است. اما به مانند هر فنآوری جدید، اگر قرار باشد الکتریسیته خورشیدی نظر عموم را جلب کند، مردم مجبور خواهند بود تا بیشتر با آن آشنا شوند.

برای آموزشگر یا تسهیلگر، یافتن راه‌حل‌های مناسب به منظور ارائه موضوع الکتریسیته خورشیدی چالش برانگیز است. در حالی که الکتریسیته خورشیدی موضوعی است جذاب و تا حدی روشن‌فکرانه، فقدان بخش‌های اجرایی و کارکردن بی‌سروصدای تأسیسات خورشیدی ممکن است قادر به جلب توجه فراگیران نباشد و تنها با نگاه کردن به دستگاه‌های خورشیدی مانند چراغ‌های حیاط یک تجربه آموزشی غیرفعالانه را به دست آورند. با تشخیص این مشکلات برای کمک به فراگیران در شناختن این فنآوری و برخی از موارد استفاده آن و تشویق آن‌ها به استفاده از وسایل خورشیدی در زندگی‌شان و حمایت از پذیرش گسترده‌تر آن در جامعه، فعالیت‌هایی عملی را طراحی کرده‌ایم.

مطلب ذیل گزیده‌ای از فعالیت‌هایی است که می‌تواند به منظور معرفی الکتریسیته خورشیدی به فراگیران سطوح متوسطه و بالاتر به کار روند. فراگیران با کسب درک اولیه در مورد چگونگی کار صفحه خورشیدی و چگونگی امکان ذخیره انرژی آن شروع می‌کنند. سپس یاد می‌گیرند که چگونه الکتریسیته خورشیدی را برای به راه انداختن وسایل برقی به کار گیرند و نحوه استفاده از این فنآوری را در جریان الکتریسیته درک نمایند.

#### طرح موضوع: الکتریسیته خورشیدی چگونه تولید می‌شود؟

سلول‌های خورشیدی از سیلیکون<sup>۱</sup> (عنصری که به خوبی به عنوان یک نیمه‌هادی واکنش می‌دهد) ساخته می‌شوند. هنگامی که فوتون‌ها یا بسته‌های انرژی خورشید، سیلیکون را بمباران می‌کنند، برخی فوتون‌ها به الکترون‌های مدار خارجی اتم‌های سیلیکون برخورد می‌کنند. اگر سطح انرژی یک فوتون شبیه سطح انرژی الکترونی باشد که به آن برخورد می‌نماید، الکترون مزبور انرژی فوتون را گرفته و از سیلیکون به سمت مدار جریان حرکت می‌نماید. حرکت تعداد زیادی از الکترون‌ها همان جریان الکتریسیته است. اگر فوتون انرژی برای حرکت دادن الکترون نداشته باشد، تنها از میان سیلیکون می‌گذرد، و اگر انرژی خیلی زیادی داشته باشد، اضافه انرژی به صورت گرما آزاد می‌شود.

بسیاری از جوانان پیش از این با وسایل الکتریکی ساخته شده براساس نیمه‌هادی‌ها آشنا هستند. زندگی

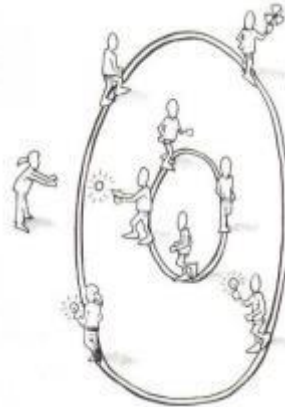
آن‌ها پر از فناوری‌های جامد است که در رادیوها، استریوها و کامپیوترهای شخصی مورد استفاده واقع شده‌اند. سلول‌های خورشیدی تنها شکلی دیگر از کاربرد این تکنولوژی هستند.



آن‌چه فراگیران متفقاً به ذهن‌شان می‌رسد این است که باید در زندگی‌مان از انرژی انسانی بیشتر استفاده کنیم و در بهره‌برداری از انرژی‌های دیگر دقت بیشتری به خرج دهیم.

### شرح روش:

فراگیران، تولید الکتریسیته خورشیدی را آسان‌تر خواهند آموخت اگر بتوانند از طریق مشارکت در شبیه‌سازی این فرآیند آن را تجسم کنند. در این فعالیت یک فراگیر نقش خورشید را بازی می‌کند، چهار فراگیر نقش چهار الکترون واقع در حلقه خارجی اتم سیلیکون را بازی می‌کنند و تعداد دیگری نیز نقش وسایل نصب شده در طی مدار جریانی الکتریکی را بازی می‌کنند.



برای شروع یک دایره به قطر  $1/5$  متر (۴ اینچ) رسم کنید. چهار الکترون در این دایره می‌ایستند و تظاهر می‌کنند که چهار الکترون حلقه خارجی یک اتم سیلیکون هستند. سپس مداری را با کشیدن یک خط منحنی گچی بزرگ در حدود ۵ متر طول و ۲ متر عرض ( $15 \times 6$  اینچ) خارج از دایره الکترون‌ها ایجاد کنید - فراگیری که نقش خورشید را دارد، چندین توپ بیس‌بال را در دست نگه می‌دارد که نقش فوتون‌ها یا بسته‌های انرژی خورشیدی را دارند. خورشید توپ‌ها را یکی‌یکی به سمت الکترون‌ها پرتاب می‌کند. وقتی که یک الکترون یک توپ را بگیرد، دارای انرژی می‌شود و از میان مدار جریان الکتریکی و به سمت حلقه خارجی اتم‌های سیلیکونی حرکت می‌کند. سپس الکترون با پرتاب کردن توپ به سمت آموزشگر انرژی زیادی را آزاد می‌کند.

در امتداد خطی که نمایش دهنده مدار جریان است، دیگر فراگیران می‌توانند نقش وسایل برقی مانند لامپ، پنکه یا زنگ اخبار را بازی کنند. وقتی که الکترون‌ها از کنار آن‌ها رد می‌شوند، وسایل برقی می‌توانند بچرخند یا زنگ بزنند تا نشان دهند که روشن شده‌اند.

این فعالیت را می‌توان پیچیده‌تر کرد تا مناسب و در سطح توانایی کلاس باشد، اما فعالیت اولیه موضوع را برای فراگیران «روشن» خواهد نمود.

### تمرین دوم: تنظیم جهت و استفاده از صفحه خورشیدی

کار کردن با صفحه خورشیدی، ولت‌سنج و دستگاه‌های برقی کوچک، دانش آموزان و فراگیران را با تولید و استفاده از الکتریسیته خورشیدی آشنا می‌کند. همچنین فرصت مرور برخی از مفاهیم اولیه الکتریسیته همچون ولت (نیروی که باعث جریان یافتن الکترون‌ها می‌شود)، شدت جریان (میزان جریان الکترون‌ها)، وات (ترکیب ولت و آمپر) و مدار جریان را برای آن‌ها فراهم می‌نماید. فعالیت ساده ذیل توضیح می‌دهد که صفحه خورشیدی باید بر تابش نور خورشید عمود باشد و باید حداکثر نور خورشید را دریافت کند تا آن که بیشترین انرژی را جذب کند.

برای این فعالیت به صفحات خورشیدی، وسایل برقی کوچک مانند لامپ‌ها یا پنکه‌های با وات پایین و (در صورت امکان) یک ولت‌سنج (که ولتاژ را اندازه می‌گیرد) و آمپرسنج (که شدت جریان را اندازه می‌گیرد) برای ثبت دقیق انرژی خروجی نیاز خواهید داشت. صفحه‌های خورشیدی کوچک را می‌توان از فروشگاه‌های اسباب‌بازی فروشی که تجهیزات الکترونیکی دارند یا از مراکز فروش لوازم علمی و فنی خریداری کرد. وسایل برقی باید هم‌اندازه صفحه خورشیدی باشند؛ به طور مثال اگر صفحه یک وات الکتریسیته تولید می‌کند، وسیله برقی مزبور باید یک وات الکتریسیته مصرف کند.



شیب صفحه خورشیدی به زاویه عمودی آن (شمالی - جنوبی) دلالت می‌کند در حالی که جهت آن به زاویه شرقی - غربی آن دلالت دارد. برای مشاهده تأثیر شیب، صفحه را به وسیله مورد نظر متصل کنید (در این مثال یک پنکه) و صفحه را عمود بر شعاع خورشید قرار دهید. سرعت پنکه را مشاهده کنید و اگر از دستگاه‌های اندازه‌گیری استفاده می‌کنید، ولتاژ و آمپر مدار را بخوانید و ثبت کنید. صفحه را ادامه دهید تا آنکه عمود شود. سرعت پنکه را مورد مشاهده قرار دهید. هر زمانی که از موقعیت عمود بر نور خورشید خارج می‌شود بایستی سرعت آن کاهش یابد.

برای دیدن تأثیر جهت، صفحه را از یک سمت به سمت دیگر حرکت دهید تا این که نور خورشید به لبه و



نه جلوی صفحه برخورد کند. مجدداً تغییرات در سرعت پنکه را مشاهده کنید و اگر از دستگاه‌های اندازه‌گیری استفاده می‌کنید، اندازه‌ها را بخوانید تا تعیین شود که چه جهتی باعث جذب بیشترین انرژی می‌شود. در حالی که صفحه عمود بر نور خورشید است و جهت آن طوری تنظیم شده که حداکثر نور خورشید را دریافت کند، به آرامی با دست یا صفحه کاغذ روی آن سایه بیاندازید. تغییرات سرعت پنکه را مشاهده کنید. پس از تکمیل این درس، فراگیران مفاهیم اساسی لازم برای محاسبه اندازه یک سیستم الکتریکی خورشیدی را درک می‌کنند. به عنوان فعالیت بیشتر، برای محاسبه تعداد صفحات خورشیدی که برای به کار انداختن دستگاه‌های برقی در فضایی مثل یک کلبه نیاز خواهند داشت، آن‌ها را به رقابت وادارید. به طور مثال چهار لامپ ۱۵ وات به مجموع خروجی ۶۰ وات، یا یک صفحه ۱۲ ولتی که ۵ آمپر را تولید می‌کند، نیاز خواهید داشت.

### تمرین سوم: ذخیره برق

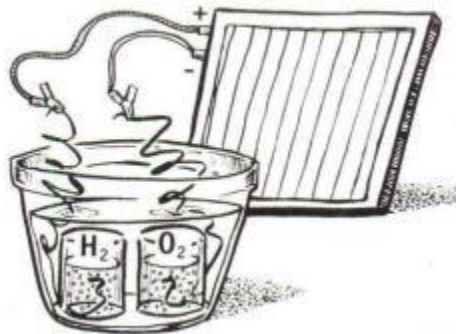
دغدغه اصلی در هنگام استفاده از الکتریسیته خورشیدی آن است که دستگاه‌های برقی باید پس از تاریک شدن هوا و در روزهای ابری کار کنند. این امر مستلزم آن است که الکتریسیته تولید شده طی روزهای آفتابی، به منزله ذخیره الکتریسیته خورشیدی، برای مصارف بعدی به کار روند.

- ذخیره انرژی در باتری‌ها: رایج‌ترین روش ذخیره الکتریسیته خورشیدی استفاده از آن در شارژر باتری‌ها است. برای توضیح در کلاس، باتری‌های کوچک مثل اندازه «AA» را می‌توان در زمان نسبتاً کوتاهی شارژ کرد. فقط از باتری‌های قابل شارژ استفاده کنید و مطمئن شوید که باتری‌ها خالی شده باشند، هم می‌توانید باتری‌ها را در باتری‌هایی که به راحتی در دسترس هستند قرار دهید و هم می‌توانید از باتری شارژکن‌های خورشیدی پیش ساخته استفاده کنید. انتهای مثبت باتری‌ها را به سمت مثبت صفحه خورشیدی و انتهای منفی باتری‌ها را به سمت منفی صفحه متصل کنید. صفحه خورشیدی و باتری‌ها را برای یک روز در نور کامل خورشید قرار دهید. باتری‌ها را در یک وسیله برقی مثل یک رادیوی کوچک امتحان کنید. شارژر باتری خورشیدی را در تمام کلاس درس قرار دهید تا آن که فراگیران بتوانند باتری‌ها را برای استفاده در منزل پر و خالی کنند. این راهی ساده برای افزایش آگاهی در مورد الکتریسیته خورشیدی به عنوان یک راه مناسب و قابل ارائه به منظور تولید برق برای زندگی روزمره است.

- ذخیره انرژی به صورت هیدروژن: از الکتریسیته خورشیدی می‌توان برای شکستن مولکول‌های آب به هیدروژن و اکسیژن استفاده کرد، فرآیندی که امکان ذخیره انرژی خورشیدی را به صورت هیدروژن و استفاده آتی از آن فراهم می‌آورد. توانایی جداسازی گاز هیدروژن یکی از اصول اساسی پشت سر سلول‌های سوخت هیدروژن است که به عنوان جای‌گزینی برای سوخت‌های فسیلی به منظور تأمین سوخت خودروها در حال توسعه است. انرژی تولید شده در سلول‌های سوخت هیدروژن حاصل پیوند هیدروژن، اکسیژن و واکنشی است که در آن انرژی آزاد شده و آب تولید می‌شود.

فعالیت ذیل استفاده از الکتریسیته خورشیدی را برای شکستن مولکول‌های آب به گاز هیدروژن و گاز اکسیژن نشان می‌دهد. برای این آزمایش باید دو نفر از فراگیران با یکدیگر کار کنند. هر زوج از فراگیران به یک ظرف مثل یک ظرف پلاستیکی با ظرفیت ۵۰۰ میلی‌لیتر، دو شیشه داروی کوچک، دو قطعه سیم لخت

- (بدون روکش) ۳۰ سانتی متری، یک مداد، دو انبر سیم سوسماری<sup>۱</sup> نیاز دارند. سدیم کربنات جرم گیر و یک چوب کبریت نیاز خواهد بود. صفحه خورشیدی حداقل باید سه ولت برای این کار تولید کند.
- ۱- با پیچاندن ۲۰ سانتی متر از هر قطعه از سیم به دور یک مداد می‌توانید یک سیم‌پیچ درست کنید.
  - ۲- ظرف را از آب گرم پر کنید و ۳۰ گرم سدیم کربنات را در آب حل کنید. (سدیم کربنات واکنش را سرعت می‌بخشد)
  - ۳- شیشه‌های قرص را داخل ظرف قرار دهید و بگذارید پر از آب شوند. وقتی که در داخل آب قرار گرفتند، انتهای سیم‌پیچ شده سیم‌ها را داخل آن‌ها قرار دهید.
  - ۴- شیشه‌ها را با دقت حرکت دهید تا آن که زیر آب سر و ته قرار گیرند.
  - ۵- انتهای باقی‌مانده سیم‌ها را با استفاده از ابزار سوسماری به صفحه خورشیدی متصل کنید.
  - ۶- صفحه را در نور کامل خورشید قرار دهید.
- دقت کنید که چه زمانی در شیشه‌ها حباب ظاهر می‌شود. به دلیل اینکه هیدروژن یک الکترون اضافی دارد، دارای یک بار منفی است و در سیم مثبت جمع می‌شود. در کمتر از ۱۰ دقیقه بطری متصل به قطب مثبت صفحه پر از گاز هیدروژن خواهد شد. برای اثبات این که این گاز، گاز هیدروژن است از فراگیران بخواهید که دو نفر با هم کار کنند تا آن را مشتعل کنند. یکی از فراگیران با دقت انتهای باز بطری را با انگشت بپوشاند و آن را از آب بیرون بیاورد. بسیار مهم است که بطری را سرو ته نگهدارید؛ هیدروژن از هوا سبک‌تر است و به این صورت در بطری باقی می‌ماند. فراگیران دو عدد کبریت را روشن می‌کنند و آن را در بالای بطری هیدروژن نگه می‌دارند. دانش‌آموز اول بطری را سربالا می‌کند تا این که دهانه مستقیم زیر کبریت روشن قرار گیرد. گاز هیدروژن به بالا جریان پیدا خواهد کرد و یک صدای انفجار ضعیف به هنگام سوختن آن شنیده می‌شود. این ویژگی انفجار شاهدهی است بر این که گاز جمع شده در بطری واقعاً هیدروژن بوده است.
- برای تمرین بیشتر؛ فراگیران علاقه‌مند را تشویق کنید تا در مورد فن‌آوری پیل سوختی و کاربرد کنونی و آتی آن در زندگی روزمره تحقیق کنند.



۱- وسیله‌ای ساخته شده از دو گیره که به هر یک از آن‌ها سیم متصل است. نام این وسیله از شباهت ظاهری آن با سوسمار گرفته شده است.

## فعالیت ۶:

### آشپزی با جعبه خورشیدی؛ مقدمه‌ای لذیذ بر استفاده عملی از انرژی نامحسوس خورشید

#### تمرین اول: یک اجاق خورشیدی ساده بسازید.

**مفهوم و پیشینه:** هزاران سال پیش یونانیان و رومیان دریافته بودند که خورشید منبع عظیم تولید گرما و نور برای جهان است. آن‌ها شهرها و خانه‌های‌شان را به گونه‌ای طراحی می‌کردند تا همه بتوانند از انرژی پایان‌ناپذیر آن بهره‌مند شوند. خورشید در قلب زندگی آن‌ها قرار داشت. امروزه به سادگی از کنار انرژی که از آن دریافت می‌کنیم، می‌گذریم و بسیاری از فراگیران به خوبی از این موضوع آگاه نیستند که خورشید منبع اصلی انرژی تمامی فعالیت‌های روزانه‌مان است. یک حرکت کلید برق به ما روشنایی می‌دهد؛ چرخش ترموستات گرما را به خانه‌های ما می‌آورد؛ چرخاندن دستگیره شعله گاز حرارت لازم برای پختن غذا را به ما می‌دهد. برای اغلب این فعالیت‌ها، ما در حال سوزاندن سوخت‌های فسیلی و کمک به افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای در جو زمین هستیم. وقتی که فراگیران اثرات محیط زیستی سوزاندن سوخت‌های فسیلی را بفهمند، گام بعدی آن است که پرسید: برای آن چه کاری می‌توان انجام داد؟ چگونه می‌توان بدون ایجاد آلودگی نیاز به نور و گرمای‌مان را برآورده سازیم؟ در حالی که فراگیران به خوبی می‌دانند که خورشید منبع نور است، اغلب تعداد کمی از آن‌ها به ماجراجویی استفاده از انرژی نور خورشید در کار روزانه آشپزی پی برده‌اند. ساختن و استفاده از یک اجاق جعبه‌ای خورشیدی برای آماده کردن غذاهای مخصوص همانند هات‌داگ، شیرینی و پیتزا، یک راه مفرح و عملی برای تجربه امکان گرفتن نور خورشید برای نیازهای روزانه می‌باشد. یک اجاق جعبه‌ای خورشیدی تنها یک محفظه کم‌عمق با دیواره‌های داخلی پوشیده از کاغذ آلومینیوم، قسمت فوقانی شیشه‌ای یا از پلاستیک شفاف و یک سرپوش صیقلی می‌باشد. تئوری نهفته در اجاق ساده است: انرژی خورشید را به مدت کافی در یک محفظه متمرکز کرده و به دام بیندازید تا با آن غذا را آماده سازید (بپزید).

اغلب اجاق‌های جعبه‌ای خورشیدی آن چنان ساده هستند که کودکان قادر به ساختن آن‌ها بوده و راه‌های بسیار مختلفی برای ساختن آن‌ها وجود دارد. پس از این که دانش‌آموزان یک طرح اولیه را ببینند، می‌توانند به راه‌هایی فکر کنند که اجاق را بتوان ارتقاء داد. دقت کنید تا ذهن آن‌ها درگیر سؤال‌هایی از قبیل سؤال‌هایی که در ادامه بدان‌ها اشاره شده است، نشود:

چه نوع اجاقی بهتر کار خواهد کرد، کم‌عمق یا گود؟ آیا عایق کردن اجاق فایده‌ای خواهد داشت؟ آیا رنگ کردن یا پوشاندن دیواره خارجی آن با یک رنگ خاص اجاق را بهتر می‌کند؟ آیا افزودن اجسام منعکس‌کننده فایده‌ای دارد؟ نظرتان در مورد یک طرح کاملاً متفاوت چیست؟ (ممکن است بخواهید پیشنهاد استفاده از جعبه مقوایی پیتزا یا قوطی خلال سیب‌زمینی با جداره داخلی نقره‌ای متالیک را بدهید). از فراگیران بخواهید که ایده‌های خود را در ساختن مدل‌های خودشان به کار بندند. با استفاده از دماسنج مخصوص اجاق برای اندازه گرفتن درجه حرارت، رقابتی برگزار کنید که ببینید کدام مدل زودتر داغ می‌شود و یا زودتر به بالاترین درجه حرارت می‌رسد.

از مدل نمایش داده شده می‌توانید انتظار  $110^{\circ}\text{C}$ – $165$  ( $200^{\circ}\text{F}$ – $300$ ) حرارت داشته باشید. با انجام آزمایش

در مورد طراحی (مثلاً افزودن جسم منعکس کننده بیشتر)، ممکن است دانش آموزان قادر باشند نور بیشتری را به دام انداخته و یا حرارت بیشتری را تولید کنند.

سرگرم کننده ترین بخش کار زمانی است که در عمل غذا بپزید. اول چیزهای ساده‌ای مثل کلوچه، هات داگ، ناچو<sup>۱</sup> را امتحان کنید و بعد دستور غذاهای مختلفی را امتحان کنید و تجربه بیشتری پیدا کنید.

- چه غذایی بهتر در این اجاق خورشیدی می‌پزد؟
  - آیا اگر این محفظه تیره رنگ باشد، غذا سریع تر خواهد پخت؟
  - یک محفظه سبک مثل کاسه استیل لعاب کاری شده یا قوطی قهوه ساخته شده از کاسه چدنی سنگین، کدامیک بهتر عمل می‌کند؟ اگر غذا ریزتر شود چه می‌شود؟
- در حالی که خورشید بالای سرتان حرکت می‌کند، هرچند وقت یک بار باید اجاق را برای گرفتن حداکثر نور مجدداً متمرکز کنید. فرصت‌های موجود برای آزمایش کردن بی حد هستند.

این اجاق خورشیدی ساده یک راه عملی برای نشان دادن انرژی خورشیدی است. نور خورشید از پنجره فوقانی وارد شده و توسط دیواره‌های براق (صیقلی) بر روی سطح تیره که در آنجا تبدیل به گرما می‌شود، منعکس می‌شود.

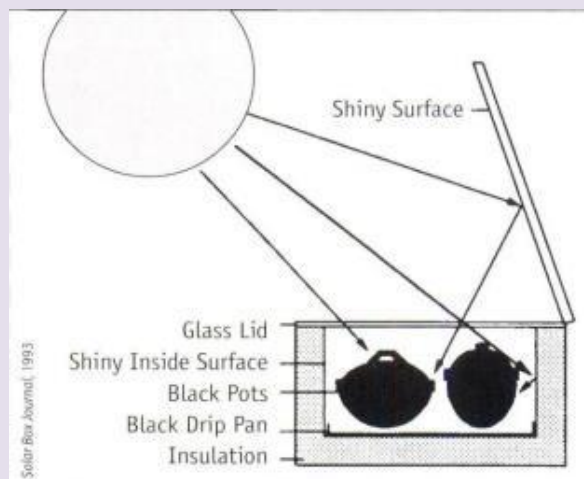


### مواد لازم:

- ◀ دو جعبه مقوایی که یک عدد از آن باید به طور کافی کوچک باشد تا در دیگری جای گرفته و بین ۵ تا ۷ سانتی‌متر بین جعبه‌ها فضای خالی باقی بماند. جعبه داخلی باید در حدود ۲۰×۵۸×۴۸ سانتی‌متر باشد.
- ◀ یک قطعه مقوای صاف در حدود ۲۰ سانتی‌متر بلندتر و پهن تر از جعبه بزرگ‌تر.
- ◀ شیشه یا پلاستیک شفاف برای یک پنجره در حدود ۶۰×۵۰ سانتی‌متر شیشه باید کمی بزرگ‌تر از کوچک‌ترین جعبه باشد.
- ◀ یک سینی فلزی تیره یا مقوای رنگ شده سیاه برای قرار گرفتن در داخل جعبه کوچک‌تر.
- ◀ روزنامه برای عایق کاری
- ◀ حدود ۳-۲/۵ متر کاغذ آلومینیوم مخصوص کار سنگین.
- ◀ عایق کاری لبه شیشه برای محافظت آن. برای ثابت کردن آلومینیوم به جعبه‌ها و چسباندن.

### طریقه ساختن:

- ۱- پوشاندن با فویل. سطوح زیر را با کاغذ آلومینیوم بپوشانید: سطح داخلی و خارجی جعبه کوچک، سطح داخلی جعبه بزرگ و یک سمت قطعه مقوای صاف. کاغذ آلومینیوم را می‌توان با نوار چسب رنگ‌زنی، نوار چسب کاغذی که رقیق شده و با قلم استعمال شده محکم کرد.
  - ۲- سوار کردن و عایق کردن. جعبه کوچک‌تر را داخل جعبه بزرگ‌تر قرار دهید. روزنامه خرد شده یا دیگر ماده عایق‌کننده غیرسمی را بین دیواره‌ها پر کنید به صورتی که جعبه‌ها آزاد باشند. از مواد عایق استیروفوم استفاده نکنید، چرا که ممکن است هنگام داغ شدن بخارهای سمی آزاد کند. دیواره‌ها را به سمت پایین تا کنید تا همه به یک ارتفاع باشند.
  - ۳- درست کردن سرپوش. قطعه صاف را در مرکز روی قسمت فوقانی جعبه سوار شده طوری قرار دهید که سطح آلومینیومی آن روی به پایین باشد. ۱۰ سانتی‌متر مقوا را که از لبه‌ها آویزان است به سمت پایین تا بزنید، گوشه‌ها را برش بزنید و لبه‌ها را تا زده و چسب بزنید. در قسمت فوقانی درپوش سه ضلع یک مثلث را ببرید تا یک لبه منعکس‌کننده و یک دهانه کمی کوچک‌تر از شیشه درست کنید.
  - ۴- شیشه را نصب کنید. شیشه را روی داخلی‌ترین جعبه طوری نصب کنید که روزنه‌ای برای هوا وجود نداشته باشد. یک روش دیگر آن است که سرپوش را سروته کنید و پلاستیک شفاف را به لبه داخلی آن با چسب بچسبانید تا یک درپوش با شیشه بسازید.
  - ۵- نازک‌کاری: سینی فلزی سیاه نازک را (یا مقوای نازک با رنگ سیاه) را در پایین کوچک‌ترین جعبه قرار دهید. با استفاده از یک چوب رختی برای بالا نگه‌داشتن لبه منعکس‌کننده درپوش پایه بسازید.
  - ۶- آشپزی را شروع کنید. جعبه را در فضای بیرون روی یک سطح خشک قرار دهید که برای ساعت‌ها آفتابی خواهد بود. غذا را در دیگ‌های کوچک با پوشش تیره قرار داده و آن‌ها را به سمت عقب اجاق قرار دهید. سرپوش را به آرامی به روی اجاق ثابت کنید.
- برای بهره‌مندی از بیشترین میزان نور خورشید، آشپزی را از اواسط صبح شروع کنید. جعبه را طوری قرار دهید تا اینکه سطح صیقلی درپوش از اواخر صبح تا اوایل بعدازظهر روبه‌روی خورشید باشد و سطح صیقلی را طوری قرار دهید که نور را به جعبه داخلی بتاباند. می‌توانید اجاق را کمی مایل کنید تا بیشترین میزان نور خورشید را دریافت کنید.



از همکاران و فراگیران دیگر بخواهید که با سهیم شدن در غذاهای پخته شده از نور خورشید، قدرت پخت خورشید را امتحان کنند. همچنین ممکن است فراگیران مایل باشند با فروختن غذاهای درست شده توسط نور خورشید برای مسایل و پروژه‌های محیط زیستی پول جمع‌آوری می‌کنند. اما مرکز توجه درس باید بر آن باشد که چگونه انرژی خورشیدی به محیط‌زیست کمک می‌کند. آشنایی با نور خورشید به لحاظ اقتصادی به صرفه و فاقد آلودگی است. هیچ سوختی خریداری نمی‌شود، و نیز هیچ درختی قطع نخواهد شد، خطر آتش‌سوزی وجود ندارد و هیچ خاکستری برای جمع کردن وجود ندارد.

میزان استفاده شما از اجاق جعبه‌ای خورشیدی بستگی به آن دارد که در منطقه‌ای از جهان که شما زندگی می‌کنید، به چه میزان نور خورشید را دریافت می‌دارید. موضوع «جغرافیای خورشیدی، خود می‌تواند منتهی به تحقیق و بحث شود. از فراگیران بخواهید در مورد میزان تابش خورشیدی در بخش‌های گوناگون جهان تحقیق کنند و نقشه آن را پیاده کنند. این کار باید آن‌ها را کمک کند تا کشف کنند که بسیاری از قسمت‌های آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین نور خورشید فراوانی دریافت می‌کنند. نیمی از خانواده‌های جهان در این مناطق زندگی می‌کنند و اغلب آن‌ها برای پخت و پز وابسته به چوب هستند. در بسیاری از نواحی درختان برای تهیه سوخت با سرعتی بیش از آن که مورد کاشت مجدد قرار بگیرند، قطع می‌شوند که این موضوع نتایجی از قبیل فرسایش خاک، خسارت به محل زندگی حیات وحش، آلودگی هوای محلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به دنبال دارد. یک اجاق خورشیدی را می‌توان در نواحی گرمسیری در تمام سال استفاده کرد و می‌توان مصرف چوب را به نصف تقلیل داد و بنابراین جنگل‌ها را حفظ کرد که به طور قابل توجهی آلودگی هوای محلی را کاهش داده و مردم را از زیر بار طی کردن مسافت‌های طولانی برای جمع کردن هیزم خلاص می‌کند. فراگیران می‌توانند دانش خودشان درباره اجاق‌های خورشیدی را از طریق «دوست خورشیدی»<sup>۱</sup> شدن با بچه‌های ملل در حال توسعه، سهیم شوند.

انرژی خورشیدی چیزی است که حیات را به روی زمین ممکن می‌سازد. همانند آن چیزی که یونانیان و رومیان خیلی پیش از این انجام می‌دادند، بسیاری امروزه به انرژی خورشید به عنوان یک منبع پاک و تجدیدپذیر روی آورده‌اند. کارهای بسیاری هست که انرژی خورشیدی قادر به انجام آن است و بیشتر از آن نیز هست که باید کشف شود. شاید یکی از فراگیران شما دانشمندی باشد که یکی از این کشفیات را انجام خواهد داد.

اگر فقط ۰.۱٪ از ۱/۵ میلیارد نفری که در طول روز غذا طبخ می‌کنند، از روش‌های پایدار در تهیه غذا استفاده نمایند، آن هم به مدت ۷ ماه در سال، امکان ذخیره ۲ میلیون تن چوب فراهم خواهد شد. و این به معنای جلوگیری از انتشار ۸۵۰۰۰ تن آلاینده و نیز محافظت از ۱۰ میلیون درخت در سال است.<sup>۲</sup>



## فعالیت ۷:

### انرژی‌های تجدیدپذیر؛ فعالیت‌هایی از مهدکودک تا دانشگاه

#### تمرین: انرژی‌های پاک را پیدا کنید.

مفهوم: فعالیت‌های ذیل به فراگیران اجازه می‌دهد که برخی از انرژی‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی را مورد استفاده قرار دهند. این فعالیت‌ها به رده‌های مقطع تحصیلی تقسیم شده‌اند، اما بسیاری برای رده‌های مختلف قابل تغییر هستند.

▪ کودکان کمتر از ۹ سال

#### سایه‌های تغییرکننده:

در مورد این که چرا اندازه سایه‌ها در صبح، میان روز و بعد از ظهر تغییر می‌کند، صحبت کنید. از آن‌ها بخواهید که با والدین‌شان در مواقع مختلف روز سایه خود را اندازه بگیرند و نتیجه آن را به صورت نمودار درآورند. این فعالیت را با مقایسه طول سایه‌ها در فصول مختلف در تمام سال ادامه دهید.

#### نمایشگاه انرژی:

در مورد انرژی به طور کلی و انرژی‌های تجدیدپذیر به طور خاص، در کلاس بحث کنید. با معرفی هر موضوع در مورد انرژی از فراگیران بخواهید یک نقاشی بکشند که در آن به بهترین نحو ممکن، آن منبع خاص انرژی را به تصویر بکشند.

#### چای خورشیدی:

آب و چای کیسه‌ای را درون یک شیشه مربای دردار قرار دهید و آن را برای سه یا چهار ساعت در آفتاب قرار دهید. این قابلیت انرژی خورشید را با صرف چای برای افراد دیگر یا خودتان جشن بگیرید. ممکن است مایل به افزودن شکر و یا لیمو نیز باشید.

#### انرژی باد:

بحثی را در مورد باد آغاز کنید و بخواهید که فراگیران تجربه خود هنگام قرار گرفتن در معرض باد را در کلاس بیان کنند. کدام مناطق بسیار بادخیز هستند؟ آیا هیچگاه گردباد، تندباد یا توفان‌های سهمگین را تجربه کرده‌اند؟ با خواستن اینکه فراگیران بادبادک به هوا بفرستند و فرفره بسازند، قدرت عظیم نیروی باد را به آن‌ها توضیح دهید. فراگیران بزرگ‌تر می‌توانند هواپیماهای بی‌موتور کاغذی بسازند و طراحی‌های مختلفی را که باعث می‌شوند این هواپیماها طولانی‌تر پرواز کنند مشخص کنند.

#### افسانه‌ها:

بسیاری از داستان‌ها، اساطیر و افسانه‌ها منشاء خورشید و نقش آن را در دنیای ما بازگو می‌کنند. برخی از آن‌ها را برای فراگیران بخوانید و در موردشان بحث کنید. گوشزد کردن تفاوت میان واقعیت و قصه را فراموش نکنید. از آن‌ها بخواهید که کتاب داستانی را درباره اهمیت خورشید برای جهان ما یا افسانه‌ای را درباره منشاء خورشید بنویسند.

▪ ۹ تا ۱۲ سال

## انرژی باد:

باد همان هوای در حال حرکت است. تابش خورشید هوا را گرم می‌کند، هوای گرم صعود کرده و هوای سرد برای پر کردن جای آن جریان می‌یابد. در هر لحظه، نیمی از جو زمین در معرض نور خورشید و نیمی دیگر در سایه قرار دارد. این سرد و گرم شدن ناهمگون باد را به وجود می‌آورد. در حدود ۲ درصد انرژی خورشیدی که به زمین می‌رسد به انرژی باد تبدیل می‌شود، باد را می‌توان برای تولید برق مورد استفاده قرارداد، اما تنها اگر سرعت آن بیش از ۱۶ کیلومتر در ساعت (۱۰ مایل در ساعت) باشد. در جایی که باد فراوان و به صورت منظم وجود دارد، انرژی بادی منبع انرژی تجدیدپذیری است که می‌تواند انرژی پاک و غیرآلاینده‌ای را فراهم کند. چقدر انرژی باد در محل زندگی ما وجود دارد؟ از فراگیران بخواهید که ادواتی برای اندازه‌گیری سرعت باد بسازند و در مورد این که آیا تولید انرژی با استفاده از باد در منطقه سکونت آن‌ها امکان‌پذیر است، بحث کنند. تحقیقی را انجام دهیم تا کشوری پیشرو تولیدکننده انرژی بادی را پیدا کنند.

## برچسب‌های رنگی:

پس از بحث درباره فواید استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، از فراگیران بخواهید که در مورد شعارهایی به بحث و کنکاش بپردازند و برچسب‌های رنگی را درست کنند که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر گوناگون را ترویج می‌کنند. این شعارها و برچسب‌ها را می‌توان روی روزنامه دیواری مدرسه، شیشه مغازه‌ها یا پشت وسایل نقلیه نمایش داد.

## کتاب‌های الفبا:

تعدادی از کتاب‌های الفبای علمی را به عنوان الگوهای این فعالیت برای فراگیران کلاس خود، بخوانید. با فراگیران در مورد ویژگی‌ها و سبک نگارش این کتاب‌ها بحث کنید. فراموش نکنید نقشی را که تصاویر بازگو می‌کنند، مطرح کنید. از فراگیران بخواهید به صورت گروهی کار کنند.

## شعر:

از فراگیران بخواهید درباره منابع انرژی تجدیدپذیر شعر بگویند. این اشعار را با تصاویر روی بورد مدرسه به نمایش بگذارید یا آن‌ها را در یک کتاب گردآوری کنید. اشعار را می‌توان بر اساس موضوع یا سبک شعری طبقه‌بندی کرد. به عنوان فعالیت جایگزین، شعرهای جدید برای آهنگ‌های مشهور بنویسید که حال و هوای «انرژی‌های تجدیدپذیر» را داشته باشند.

▪ ۱۲ تا ۱۵ سال

## نامه به سردبیر:

هدف و خصوصیات «نامه‌های نوشته شده به سردبیر» را مورد بحث قرار دهید و تعدادی از این نامه‌ها را از روزنامه‌های محلی خودتان بخوانید. سپس از فراگیران یا به صورت فردی یا در گروه‌های دو نفره بخواهید نامه‌هایی بنویسند که دغدغه‌هایشان در مورد انرژی‌های آینده بیان کنند تا در سطح محلی و ملی برای استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر در حال حاضر تشویق شوند.

## کاهش خروجی آگروز خودروها:

از فراگیران بخواهید که یک گزارش روزانه رفت و آمد، تهیه کنند و به مدت یک هفته از رفت و آمد

خانواده‌های خود داده جمع‌آوری کنند. مدت و هدف مسافرت‌ها، سوخت مصرف شده، روش‌های حمل و نقل جایگزین و هرگونه اطلاعات دیگری که ضروری فرض می‌شود را ثبت کنند. داده‌های جمع‌آوری شده را تحلیل کرده و به روی نمودار پیاده کنید. در مورد روش‌هایی که فراگیران و خانواده‌هایشان قادرند خروجی خودروها و استفاده از خودروها را کاهش دهند، بحث کنید. فهرست «راه‌های کاهش خروجی خودروها»ی بحث شده در کلاس را چاپ و آن را بین والدین و دیگر بزرگسالان توزیع کنید.

### زمین گرمایی:

واژه زمین گرمایی از کلمات یونانی (geo) به معنای زمین و (therm) به معنای گرما گرفته شده است. انرژی زمین گرمایی از گرمای اعماق درون زمین حاصل می‌شود، برخی از نمونه‌های قابل مشاهده انرژی زمین گرمایی، آتشفشان‌ها، چشمه‌های آب گرم و آبفشان‌ها هستند؛ اما اغلب منابع زمین گرمایی را نمی‌توان دید. زیرا در اعماق زمین قرار دارند. زمین سرچشمه انرژی زمین گرمایی است. اغلب منابع زمین گرمایی فعال در امتداد مرز صفحات تکنونیک که زمین لرزه‌ها و آتشفشان‌ها متمرکز شده‌اند، یافت می‌شوند. اغلب فعالیت‌های گرمایی زمین در دنیا در منطقه‌ای رخ می‌دهد که آن را حلقه آتش می‌خوانند که دور تا دور اقیانوس آرام را احاطه کرده است.

از فراگیران بخواهید در مورد روش‌های بهره‌برداری از این انرژی تحقیق کنند و نقشه‌ای از دنیا تهیه کنند که مشهورترین منابع انرژی زمین گرمایی را روی آن نشان داده و علامت‌گذاری کرده باشند. نقشه‌ها و پوسترها را در مدرسه به نمایش بگذارید.

▪ ۱۵ تا ۱۸ سال

### زیست توده:

زیست توده<sup>۱</sup> عبارت است از هرگونه ماده‌ای که بتوان آن را به عنوان منبع انرژی استفاده کرد (چوب، ضایعات حیوانی، محصولات کشاورزی، جلبک دریایی). زیست توده، احتمالاً قدیمی‌ترین منبع انرژی ما است و هنوز منبع اصلی برای بیش از نیمی از جمعیت جهان است. در مورد این فرآیند و فناوری مورد استفاده برای تولید الکتریسیته از آن تحقیق کرده و مدلی از آن را تهیه کنید. از فراگیران بخواهید در مورد جنبه‌های مثبت و منفی آن، به عنوان یک منبع انرژی، بحث کنند و چگونگی تاثیر انرژی زیست توده بر محیط زیست را توضیح دهند.

### نتایج نموداری:

میزان و منابع انرژی مورد مصرف در گوشه و کنار دنیا از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. از فراگیران بخواهید حداقل سه کشور در حال توسعه و سه کشور صنعتی (از جمله کشور خودشان) را انتخاب کرده و نمودار میله‌ای از مصرف سرانه سالانه انرژی را تهیه نمایید. نمودار دیگری تهیه کنید که منابع انرژی را نشان می‌دهد. در مورد استفاده از منابع جایگزین انرژی در این کشورها نتیجه‌گیری کنید و نتایج را با سایرین در میان بگذارید.

### انرژی برق‌آبی:

انرژی برق‌آبی؛ انرژی است که از نیروی آب جاری حاصل می‌شود. انرژی برق‌آبی را تجدیدپذیر می‌خوانند. زیرا مجدداً توسط ریزش برف و باران تامین می‌شوند. یک نیروگاه برق‌آبی نمونه سیستمی با حداقل سه بخش است: یک نیروگاه برق، یک سد و یک آب‌گیر. از فراگیران بخواهید که با یک شرکت برق محلی تماس بگیرند و در مورد فرآیند تولید برق به نحوه برق‌آبی پرس و جو کنند. تحقیقات بیشتر باید موارد ذیل را مشخص کنند: انرژی برق‌آبی چه نقشی را در تولید برق در کشور در زمان گذشته و حال بازی کرده است؟ مکان‌های تولید کننده برق‌آبی با بالاترین نرخ تولید در جهان کدامند؟ انرژی خورشیدی چگونه بر انرژی برق‌آبی تاثیر می‌گذارد؟ انرژی برق‌آبی چگونه محیط‌زیست را تحت تاثیر قرار می‌دهد؟ آینده این جا است:

از فراگیران بخواهید تحقیق انجام دهند و سپس یک نمایش کوتاه طنزی تهیه کنند که جامعه یا کشوری را به تصویر می‌کشد که متوجه می‌شوند ذخایر سوخت فسیلی آن‌ها رو به اتمام است و دغدغه برآوردن نیاز انرژی آبی خود را دارند. این نمایش باید برنامه‌ای برای آینده را در برداشته باشد که بر یک یا چند منبع انرژی جایگزین تاکید می‌ورزد.

### کاریکاتور:

یکی از روش‌هایی که می‌توان انرژی خورشید را به برق تبدیل کرد، استفاده از تبدیل فتولتائیک است. خودروهایی که با نیروی پیل سوختی کار می‌کنند به میزان زیادی انتشار گازهای مضر را کاهش داده و در همان حال سوخت‌های فسیلی را حفظ می‌کنند؛ هر چند در حال حاضر تولید ماشین‌های تولیدی پرهزینه بوده و نیاز به شارژ مجدد و مکرر دارند. از فراگیران بخواهید که انیمیشنی (نقاشی متحرک ساده) بسازند که ایده آن‌ها را در مورد این که آیا تحقیقات در مورد ماشین‌های خورشیدی ادامه پیدا کند یا نه را، منعکس سازد.

## فعالیت ۸:

## بدن‌های سالم‌تر، هوای پاک‌تر

## تمرین اول: ساختن یک جامعه دوچرخه‌سوار

**مفهوم و پیشینه:** انگیزه‌ای که پشت سر بسیاری از برنامه‌های پیاده‌روی تا مدرسه نهفته است، نگرانی فرآیندها درباره سلامت و تندرستی کودکان است. آسم کودکان، بیماری دستگاه تنفسی که عموماً به سبب آلودگی هوای ناشی از خودروها آغاز می‌شود، در ۲۰ سال گذشته ۴ برابر شده است. در این عصر تماشای تلویزیون، بازی کردن با بازی‌های کامپیوتری، گوشی‌های هوشمند و والدین راننده، باعث شده تا تعداد کمی از بچه‌ها هر روز ورزش‌های مورد نیازشان را انجام دهند. در ایالت متحده آمریکا ۳۵٪ بچه‌ها هر روز ۵ ساعت یا بیشتر تلویزیون تماشا می‌کنند و ۷۸٪ آن‌ها ۳۰ دقیقه فعالیت بدنی ملایم روزانه و ۲۰ دقیقه فعالیت شدید در هفته را رعایت نمی‌کنند. به‌طور مشابهی مؤسسه تحقیقات تندرستی در کانادا گزارش داده که در ۱۹۹۵ دو سوم کودکان کانادایی به اندازه کافی فعالیت ندارند که پایه قوی برای سلامت و بهزیستی آینده آن‌ها بنا کند. ۲۰٪ آن‌ها اضافه وزن دارند، که به میزان بیش از ۵۰٪ در میان کودکان ۶ تا ۱۱ ساله، در ۱۵ سال گذشته، افزایش یافته است. این در حالی است که ۲۲٪ کودکان ایرانی دچار چاقی و کم‌تحركی هستند، نکته حایز اهمیت آن است که چاقی در سنین ۱۰ تا ۱۴ سال خطر ابتلاء به چاقی در بزرگسالی را ۲۲ برابر می‌کند.

برخی از کارشناسان و دستورالعمل‌های بین‌المللی، ۱۸۰ دقیقه فعالیت بدنی را در طول شبانه‌روز را برای کودکان الزامی می‌دانند. به نحوی که حداقل ۶۰ دقیقه شامل فعالیت متوسط تا شدید باشد. انجمن قلب آمریکا (۲۰۰۵) توصیه کرده است که کودکان بزرگ‌تر از ۲ سال باید هر روز به مدت حداقل ۳۰ دقیقه به فعالیت بدنی لذت‌بخش با شدت متوسط بپردازند. این کار سبب کسب آمادگی قلبی - ریوی بهتر خواهد شد.

آمارهای رسمی، نشان می‌دهند که ۶۰ درصد مردم ایران دچار وزن بالا و چاقی، ۳۷ درصد از ایرانیان دچار فشارخون، بیش از ۵۶ درصد مردم ایران دچار کم‌تحركی، بیش از ۴۶ درصد مردم ایران دارای کلسترول بالا و ۱۰ درصد مردم ایران مبتلا به دیابت هستند.

پیاده‌روی نه تنها به بهبود سلامت جسمی کودکان کمک می‌نماید، بلکه اثبات شده است که کودکان فعال به لحاظ درسی نیز عملکرد بهتری نشان می‌دهند. زمانی که والدین خودروهای‌شان را در خانه می‌گذارند، جوامع از محیط‌های امن‌تر و پاک‌تری برخوردار می‌باشند. در کشور دانمارک که برنامه پیاده‌روی در سال‌های متعددی اجرا شده است، صدمات ترافیکی کودکان به میزان ۶۷٪ کاهش یافته است. ۹ خانواده در یک مدرسه در تورنتو محاسبه کرده‌اند که آن‌ها پس از یک سال حضور در کمپین پیاده‌روی از آزاد شدن حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم (۲۲۰۰ پوند) از گازهای گلخانه‌ای به‌جو جلوگیری کرده‌اند.

(۱ لیتر بنزین در حدود ۲/۳۵ کیلوگرم CO<sub>2</sub> تولید می‌کند. ۱ گالن (آمریکایی) بنزین حدود ۱۸/۸ پوند CO<sub>2</sub> تولید

می‌کند).

## روش کار:

برای تشویق استفاده از دوچرخه در تمام روزهای سال و در تمام اطراف شهر، تعدادی فعالیت آخر هفته را برای دانش‌آموزان ترتیب بدهیم.

می‌توانیم برخی مسیرهای داخل شهری، یا پارک‌ها و بوستان‌ها را انتخاب کنیم.

## نکات مهم:

- حتماً مسیر را چندین بار به دقت بررسی کنید. خطرات، موانع، چالش‌ها، تهدیدها و ... را فهرست کنید.
- حضور والدین و مراقبین در تمام طول مسیر الزامی است.
- حتماً با پلیس و نیروهای امدادی (اورژانس) هماهنگ کنید.
- از فدراسیون دوچرخه‌سواری و یا هیات‌های شهرستان‌ها برای آموزش و مسیریابی و ... کمک بگیرید.
- اطمینان حاصل کنید که فراگیران از مهارت لازم برای دوچرخه‌سواری برخوردار هستند.
- می‌توانید شهرداری منطقه را درگیر کنید.
- با کمک دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و یا انجمن‌ها و هیات‌های ورزشی، یک دوره فوق‌برنامه ۱۰ ساعته دوچرخه‌سواری برای افراد جوان با نام «صحیح دوچرخه‌سواری کنیم» طراحی کنید.
- استفاده از وسایل ایمنی و پوشش مناسب را جدی بگیرید.
- با مشارکت تمامی افراد ذی‌نفع (خانواده‌ها، آموزشگران، معلمان، مربیان، تسهیلگران، ورزش‌کاران، فعالان، نمایندگان شهرداری، نماینده فدراسیون و یا هیات و یا انجمن ورزشی، و ...) یک کمپین پویا تشکیل دهید.

همچنان که دانش‌آموزان یاد می‌گیرند چگونه بدون خطر در خیابان‌های شهر برانند، چگونه به طور مناسب برای هر آب و هوایی لباس بپوشند، و چگونه دوچرخه‌های‌شان را نگهداری و تعمیر کنند، قابل اجرا بودن استفاده از دوچرخه را به عنوان یک روش منظم در چهار فصل، و نوعی از حمل‌ونقل ایمن را نیز درک خواهند کرد.

در کنار موضوع دوچرخه‌سواری، لازم است تا فراگیران با تعمیر و استفاده مجدد از دوچرخه‌های قدیمی و ناسالم، آشنا شوند. از این مبحث در آموزش به 3R تعبیر می‌شود:

**Reduce: کاهش**

**Reuse: استفاده مجدد**

**Recycle: بازیافت**



## تمرین دوم: رکاب‌زنی عمومی

**اهداف یک دوچرخه‌سواری گروهی:** از دیدگاه آموزشی، اهداف اصلی دوچرخه‌سواری همگانی، هدایت فراگیران عبارت است از:

- یاد گرفتن دلایل و اثرات تغییر اقلیم؛
  - آموختن ارتباط میان تغییر اقلیم و سایر مشکلات محیط زیستی همچون بیابان‌زایی و جنگل‌زدایی؛
  - تشویق به این که چون تغییر اقلیم مرز نمی‌شناسد، بنابراین نه تنها باید در محدوده زندگی خود کاری انجام دهیم، بلکه مردم مناطق فقیرتر دنیا را نیز حمایت و کمک کنیم؛
  - مشارکت در جنگ علیه تغییر اقلیم از طریق حرکت‌های منسجم و متحد.
- ازماندهی شدن: یک دوچرخه‌سواری همگانی، در صورتی که به شکل موفق اجرا شود، می‌تواند اثر عمیقی بر کل جامعه داشته باشد و برای دستیابی به این مهم، ایجاد آمادگی و سازماندهی مطلوب، ضروری است. همچنین، ایده خوبی است، اگر یک کمیته کوچک از آموزشگران، تسهیلگران، فراگیران، دانش‌آموزان، مدیران، والدین، متخصصان و گروه پشتیبان شکل بگیرد. به علاوه برای حمایت مناسب گردانندگان برنامه، این کمیته می‌تواند تمام مدرسه را برای مشورت با یکدیگر و قبول مسئولیت و مشارکت تشویق کند.

**آگاه‌سازی و آموزش:** برای دستیابی به اهداف دوچرخه‌سواری همگانی، تمرکز باید بر افزایش سطح آگاهی و آموزش باشد. کمیته دوچرخه‌سواری می‌تواند سخنرانی (سمینار) مختصری در هر کلاس تهیه کند. این سخنرانی می‌تواند بر موارد ذیل تمرکز یابد:

- مفهوم پنهان در اثر گلخانه‌ای؛
- دلایل و عوارض تغییر اقلیم؛
- اهمیت درختان در جنگ علیه تغییر اقلیم؛
- مشکل جنگل‌زدایی و بیابان‌زایی به خصوص در کشورهای در حال توسعه؛
- فعالیت‌های فردی و گروهی که می‌تواند به عنوان گام‌هایی منسجم بر علیه تغییر اقلیم برداشته شود؛
- همکاری ضروری از طرف تمام ساکنان زمین برای جنگ علیه تغییر اقلیم؛
- و اتحاد به عنوان ابزار مؤثر در این فعالیت.

این سخنرانی می‌تواند با ارائه مقدمه‌ای درباره پروژه دوچرخه‌سواری همگانی و بحث راجع به همکاری مورد نیاز از طرف تمام شرکت‌کنندگان برای موفقیت برنامه خاتمه یابد. ابزار سخنرانی می‌تواند شامل انواع جدول، نمودار، نقشه، ویدئو و عکس باشد. اجازه دهید تخیلات شما را راهنمایی کند اما فراموش نکنید که ابزار آموزشی فوق‌العاده در این موضوع در حال حاضر موجود می‌باشند. لازم نیست چرخ را دوباره اختراع کنید! در بیشتر مدارس، دو سخنرانی می‌تواند تمام کلاس‌ها را پوشش دهد اما اگر تعداد دانش‌آموزان خیلی زیاد باشد کمیته دوچرخه‌سواری می‌تواند برخی از آموزشگران را آموزش داده و آن‌ها در عوض مطالب را در کلاس (به جای فراگیران) ارائه دهند.

**از شرکت‌کنندگان تا حد ممکن فهرست تهیه کنید:** در پروژه‌ای با این مقیاس، کار کم نیست. مثلاً عضو گروه کمک‌های اولیه، تعمیرات یا ایمنی شدن، کمک به کمیته دوچرخه‌سواری، جمع‌آوری اعانه، جمع‌آوری امضا برای درخواست و یا مشارکت به عنوان یک دوچرخه‌سوار. شما می‌توانید با ترتیب دادن یک مکان جالب در حین اطلاع‌رسانی، مشارکت داوطلبان جدیدی را جلب کرده و تمام اعضای مدرسه را برای ملاقات به آن محل دعوت کنید. این کار می‌تواند فرصتی را برای انتشار اطلاعات در مورد دوچرخه‌سواری همگانی فراهم آورد و اسامی شرکت‌کنندگان را

جمع‌آوری کنید. بزرگسالان را برای کمک و همراهی دانش‌آموزان و فراگیران در روز دوچرخه‌سواری به کار گرفته، برای ارائه درخواست توسعه شبکه دوچرخه‌سواری شهر خود امضاء جمع‌آوری کرده و برگه‌های جمع‌آوری اعانه را برای افزایش کمک مالی توزیع کنید.

اندازه برنامه از مدرسه‌ای به مدرسه دیگر متفاوت خواهد بود. شاید عاقلانه‌تر باشد که تعداد شرکت‌کنندگان در سال اول اجرای برنامه محدود باشد و به تدریج در سال‌های آتی افزایش یابد.

**یک مسیر را انتخاب کنید:** چنانچه مسیر انتخابی شما برای گروه دوچرخه‌سوار استراتژیک و واقع‌گرایانه باشد، این گروه شادمان می‌تواند تاثیر عمیق‌تری بر اجتماع داشته باشد. بنابراین حائز اهمیت است که:

- مسیری انتخاب شود که به گروه اجازه بیشترین میزان دیده شدن را بدهد.
- مسیر را بر حسب شرایط زمین در منطقه به ۴۰ یا ۵۰ کیلومتر محدود کنید.
- برای یک استراحت در یک پارک یا مدرسه برنامه‌ریزی کنید. در طول استراحت یک نمایش تهیه کنید که به دوچرخه‌سوارها انرژی بدهد یا از یک سخنران دعوت کنید که به این برنامه اعتقاد داشته باشد و سخنرانی برانگیزاننده‌ای ارائه کند.

### پیشنهاد‌های کاربردی برای یک برنامه موفق دوچرخه‌سواری همگانی

- دوچرخه‌سواری همگانی باید در یک روز کاری مدرسه اجرا شود تا بیشتر افراد بتوانند در آن شرکت کنند.
- تعداد مناسبی از بزرگسالان را برای همراهی گروه دوچرخه‌سوار در نظر بگیرید (به ازای هر ۱۵ فراگیر، یک بزرگسال).
- تیم‌هایی از خود فراگیران برای کمک‌های اولیه، تعمیرات و ایمنی تشکیل دهید.
- اطمینان حاصل کنید که گروه دوچرخه‌سوار توسط یک ماشین راهنما در جلو هدایت می‌شود و این وسیله کاملاً قابل تشخیص است و یک وسیله نقلیه نیز در پشت گروه برای برطرف کردن هر مشکلی حرکت می‌کند.
- برای حمایت شدن از سوی پلیس در تمام طول مسیر مسابقه با آن‌ها هماهنگ باشید.
- از شهردار برای ارائه رسمی درخواست در روز دوچرخه‌سواری وقت بگیرید. یک عکاس خاص را برای عکس گرفتن از این لحظه خاص استخدام کنید.
- برنامه طراحی شده را در انتهای اجرا مرور کنید.

یک برنامه دوچرخه‌سواری همگانی قطعاً نیازمند صرف وقت و انرژی زیادی از طرف کمیته برنامه‌ریزی، فراگیران، آموزشگران و دیگر بخش‌ها است. هرچند تجربیات نشان داده است که یک دوچرخه‌سواری همگانی، علاوه بر توسعه دیدگاه فراگیران به یک مقیاس جهانی، به آن‌ها اجازه انجام یک کار منسجم را داده و باعث افتخارشان خواهد بود. این کار فرصتی را برای هریک از آن‌ها فراهم می‌آورد تا به عنوان یک شهروند فعال و وظیفه‌شناس عمل کنند.

### تمرین سوم: تحقیق در مورد حمل و نقل عمومی

**هدف:** فراگیران را با توجه به سن آن‌ها، با انواع و مزایای حمل و نقل عمومی آشنا کنید.

#### ▪ از ۴ سال تا ۹ سال

اصول ابتدایی در مورد اتوبوس: در مورد موضوع‌های ذیل در کلاس بحث کنید: اتوبوس چیست؟ چه کسی تا به حال سوار اتوبوس شده است؟ به چه جاهایی رفته‌اید؟ در مورد این که چرا افراد از اتوبوس استفاده می‌کنند، بحث کنید.

بررسی کنید: کرایه اتوبوس در جامعه شما چقدر است؟ چگونه یک ایستگاه اتوبوس را پیدا می‌کنید؟ چه

مسیر اتوبوسی نزدیک‌تر از بقیه به مدرسه است؟ عوض کردن خط یعنی چه و چگونه راننده اتوبوس می‌تواند به شما کمک کند؟

گردش علمی با اتوبوس: فراگیران را سوار اتوبوس کنید. کمک گرفتن از والدین به شما کمک خواهد کرد تا کلاس را به چند گروه قابل مدیریت تقسیم کنید. مسئول محلی حمل و نقل می‌تواند در مورد بهترین زمان سفر با فراگیران جوان شما را راهنمایی کند و ممکن است قادر باشد نماینده‌ای را برای جواب دادن به سوالات در مورد سیستم حمل و نقل بفرستد. برای پیگیری این فعالیت فراگیران می‌توانند در مورد گردش حمل و نقل عمومی شعر یا قصه بنویسند یا نقاشی بکشند.

### ▪ از ۹ سال تا ۱۵ سال

تهیه نقشه مسیره‌ها: علاوه بر نکات مورد بررسی که در بالا ذکر شد، فراگیران می‌توانند مطالب ذیل را گردآوری کنند: اتوبوس و مترو در جامعه شما چه زمانی شروع به کار می‌کنند؟ استفاده‌کنندگان از اتوبوس و مترو چگونه ساعت‌های حرکت در یک مسیر را پیدا می‌کنند (به طور مثال ساعت‌های حرکت چاپ شده، تابلوهایی نصب شده در ایستگاه‌ها، وب سایت‌ها) نقشه مسیره‌ها و ساعات حرکت را از شرکت حمل و نقل خودتان بگیرید و از فراگیران بخواهید که مستقیم‌ترین مسیره‌ها را بین نقاط مختلف به دقت روی نقشه مشخص کنند.

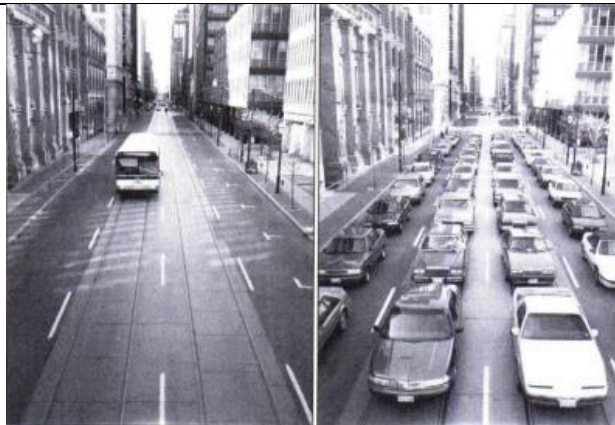
موارد مثبت و منفی حمل و نقل عمومی: فواید حمل و نقل عمومی کدامند؟ چه فواید دیگری به ذهن شما می‌رسد؟ چه معایبی وجود دارند؟ جدولی از این موارد مثبت و منفی تحت عناوین اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی تهیه کنید.

نظرسنجی در مورد حمل و نقل: تحقیقی در مورد استفاده از حمل و نقل عمومی از طریق نظرسنجی از والدین و اهالی محل انجام دهید. چند نفر از حمل و نقل عمومی استفاده می‌کنند؟ چند وقت یک‌بار؟ برای چه نوعی از سفرها حمل و نقل عمومی مناسب‌ترین است؟ اگر برخی از افراد از حمل و نقل عمومی استفاده نمی‌کنند، دلیل آن چیست؟ چگونه می‌توان خدمات اتوبوس‌رانی و مترو را جذاب‌تر کرد؟ پاسخ‌ها را جمع‌آوری کنید، و از آن گزارشی تهیه کنید.

### ▪ از ۱۵ سال به بالا

فعالیت ذیل از فراگیران می‌خواهد که از مقامات مسئول حمل و نقل محلی، اداره راه و دیگر مراکز ذی‌ربط، اطلاعات جمع‌آوری کنند.

خودروها و کیفیت هوا: هنگامی که بنزین در یک موتور احتراق داخلی می‌سوزد،  $2/35$  کیلوگرم کربن دی‌اکسید تولید می‌کند. در حالی که سوخت دیزل  $2/77$  کیلوگرم تولید می‌کند. تخمین بزنید که چه میزان کربن دی‌اکسید به واسطه وسائط نقلیه شخصی در محل زندگی شما انتشار می‌یابد. چه آلاینده‌های هوای دیگری و به چه میزان توسط وسائط نقلیه عمومی و شخصی تولید می‌شود (مثلاً  $SO_2$ ،  $NO_x$ ،  $O_3$ )؟ در چه زمانی از روز، هفته و سال آلودگی هوا در محل زندگی شما در بالاترین و پایین‌ترین میزان خود است؟ چه چیزی دلیل این تفاوت‌ها است؟



چه مقدار از فضاهای عمومی ما توسط اتومبیل‌ها اشغال شده است؟

مقایسه انواع سوخت: اغلب اتوبوس‌ها در آمریکای شمالی با سوخت دیزل کار می‌کنند که میزان بالایی دی‌اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و دیگر ذرات معلق را منتشر می‌کند. مزایا و معایب دیگر منابع سوخت مانند گاز طبیعی و پیل‌های سوختی را مقایسه کنید.

**ارزیابی کل هزینه‌ها:** در این فعالیت، فراگیران روشی به نام "ارزیابی کل هزینه" را به کار خواهند گرفت تا چندین نوع اتومبیل را براساس هزینه‌های مالکیت و سهم آن‌ها را در مسئله تغییر آب و هوا مقایسه کنند. به این ترتیب فراگیران به درکی از هزینه‌های اقتصادی و محیط زیستی ناشی از داشتن یک اتومبیل شخصی دست خواهند یافت. از این روش می‌توان به اهداف ذیل دست یافت:

- ارزیابی کل هزینه خرید یک اتومبیل، هزینه‌های پنهان زیادی را از جنبه مالی و محیط زیستی آشکار می‌سازد.
- گزینه‌های انتخاب وسایل حمل و نقل فاکتوری مهم در تاثیر و نقش عملکرد شخصی ما بر محیط زیست خواهد داشت.
- مشخص می‌شود که حمل و نقل، منشاء اصلی گازهای گلخانه‌ای است.

#### منابع و مواد:

- برگه واقعیت: حقایق درباره اتومبیل‌ها، میزان کربن و تغییر آب و هوا
- برگه کاری فراگیر: "محاسبه هزینه‌های مالکیت اتومبیل"

**تدارکات:** ممکن است فراگیران این فعالیت را به عنوان یک پروژه پژوهش میدانی انجام داده یا داده‌های جمع‌آوری شده توسط شما را به کار برند.

**برنامه فعالیت:** یک پایش سریع کلاسی از تعداد کل اتومبیل‌های با سوخت فسیلی خانواده‌های فراگیران شامل موتورسیکلت و غیره را انجام دهید. تعداد افراد را به ازای هر وسیله نقلیه محاسبه کنید. این اعداد را با کشوری مثل چین که به ازای هر وسیله نقلیه ۲۰۰ نفر وجود دارد، مقایسه کنید. این اطلاعات را برای نشان دادن اینکه نه تنها کشورهای آمریکای شمالی بیشترین سرانه تولید کربن دی‌اکسید را در جهان دارند (ایالات متحده در رتبه نخست و کانادا در رتبه سوم قرار گرفته است)، بلکه عادت‌های حمل و نقلی ما مسئول بخش بسیار بزرگی از گازهای گلخانه‌ای تولیدی می‌باشد.

با تکنیک توفان مغزی، تمام روش‌هایی که اتومبیل‌ها محیط‌زیست را تحت تاثیر قرار می‌دهند، مشخص کرده و یک "شبکه اثرات" را برای نمایش هزینه‌ها و اثرات محیط زیستی آن‌ها که اضافه بر هزینه‌های استفاده روزانه از آن‌ها

می‌باشد، را ترسیم نمایید. این جدول اثرات بالادست همانند آلودگی ناشی از تولید سوخت و فلزات و همچنین اثرات پایین دست مرتبط با دفع قطعات ماشین نظیر باتری و کولر ماشین را شامل می‌شود. ارزیابی کل هزینه‌ها را به طریقی توضیح دهید که تمامی هزینه‌ها، به صورت مفهومی از تولید، استفاده و بازیافت را شامل گردد.

ایده مقایسه سه وسیله نقلیه بر اساس خرید و هزینه‌های استفاده و انتشار گاز کربن دی‌اکسید توسط آن‌ها را برای توصیف اصول گاز گلخانه‌ای به کار گیرید. کلاس را به تیم‌هایی تقسیم کنید و هر تیم به بررسی سه وسیله نقلیه خواهد پرداخت. گروه‌ها ممکن است وسایل نقلیه‌ای در انواع و اندازه‌های متفاوت را برگزینند به عنوان مثال اتومبیل‌های ورزشی، وسایل نقلیه تشریفاتی و کامیونت.

**محاسبه هزینه‌ها:** کپی برگه‌های کاری "محاسبه هزینه مالکیت اتومبیل" را توزیع کرده و توضیح دهید که اعداد ورودی برگه کاری توسط گروه‌ها پر خواهد شد. زمانی که داده‌ها گردآوری شد، هر تیم به صورت گام به گام محاسبات برگه کاری را انجام خواهد داد. فرمول‌ها ممکن است برای سهولت محاسبات در برنامه صفحه گسترده (Excel) وارد شود. فاکتورهای انتشار کربن دی‌اکسید در پایین صفحه کاری برآوردی از مقدار کربن دی‌اکسید آزاد شده در طی مراحل تولید (انتشار در بالادست) و بازیافت سوخت‌های مصرفی اتومبیل‌ها (انتشار در خط) را خواهد داد.

برگه کاری فراگیران

#### محاسبه هزینه مالکیت اتومبیل

##### اطلاعات اتومبیل

ساخت	ورودی		
مدل	ورودی		
اندازه موتور (لیتر)	ورودی		
نوع سوخت	بنزین یا گازوئیل		
وسایل جانبی (به علاوه مالیات)	ورودی		

##### هزینه‌های استفاده

الف	بازدهی سوخت (لیتر / ۱۰۰ کیلومتر)	ورودی	
ب	کیلومتر شمار سالانه (کیلومتر)	فرض ۲۴۰۰۰	
پ	قیمت سوخت (دلار / کیلومتر)	ورودی	
ت	مصرف سوخت سالانه (لیتر)	$۱۰۰ \div (ب \times الف)$	
ث	هزینه سوخت سالانه	$(پ \times ت)$	
ج	هزینه‌های سالیانه تعمیرات	ورودی	
چ	هزینه بیمه سالیانه	ورودی	
ح	هزینه ثابت اتومبیل	ورودی	
خ	سایر هزینه‌های سالیانه	ورودی	
د	کل هزینه استفاده سالیانه	$ج + ح + چ + خ$	
ذ	هزینه استفاده در ۴ سال	$(د \times ۴)$	
ر	هزینه روزانه استفاده	$(ذ \div ۳۶۵)$	

## هزینه‌های مالکیت

ز	پرداخت بالاسری	ورودی			
ژ	پرداخت ماهانه	ورودی			
س	مدت(تعداد پرداخت ها)	فرض ۴۸	۴۸	۴۸	۴۸
ش	هزینه کل سرمایه‌گذاری در ۴ سال	$z + (z \times s)$			
ص	هزینه روزانه مالکیت	$(4 \times 365) \div s$			

انتشار کربن دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>)

ض	شاخص انتشار CO <sub>2</sub>	از پایین انتخاب شود			
ط	انتشار سالانه CO <sub>2</sub> اگزوز اتومبیل‌ها (کیلوگرم)	$(t \times z)$			
ظ	شاخص انتشار بالادست CO <sub>2</sub>	از پایین انتخاب شود			
ع	انتشار سالانه بالادست (کیلوگرم)	$(t \times z)$			
غ	کل انتشار سالانه (کیلوگرم)	$(t + e)$			
ف	انتشار در ۴ سال (کیلوگرم)	$(g \times 4)$			

## خلاصه

ق	کل هزینه‌ها در ۴ سال	$(z + s)$			
ک	میانگین هزینه روزانه در ۴ سال	$(4 \times 365) \div q$			
گ	میانگین CO <sub>2</sub> روزانه در ۴ سال	$(g \div 365)$			

## فاکتورهای انتشار کربن دی‌اکسید

منبع کربن دی‌اکسید	بنزین	گازوئیل
انتشار CO <sub>2</sub> اگزوز ناشی از احتراق سوخت (کیلوگرم/لیتر)	۲/۳۶	۲/۷۷
انتشار بالادست CO <sub>2</sub> از تولید سوخت (کیلوگرم/لیتر)	۰/۶۵	۰/۵۴

فاکتورهای انتشار CO<sub>2</sub> به این ترتیب محاسبه می‌شود که چه مقدار CO<sub>2</sub> در طول تولید و احتراق سوخت مصرفی اتومبیل‌ها آزاد می‌شود.

**پردازش داده‌ها:** زمانی که فراگیران محاسبات خود را به پایان رساندند، داده‌ها ممکن است به روش‌های مختلفی سازماندهی و ارائه شود:

- وسایل نقلیه را براساس هزینه‌های استفاده، هزینه‌های مالکیت و انتشار کربن دی‌اکسید رتبه‌بندی نماید.



- براساس طبقه وسیله نقلیه (ون خانوادگی<sup>۱</sup>، وسایل نقلیه ورزشی، سواری صندوق دار، وسایل نقلیه مسافری بزرگ، کامیون) هزینه و انتشار را گروه‌بندی نمایید.
  - با نمودارهای ستونی به صورت گرافیکی داده‌های گروه‌بندی و رتبه‌بندی شده را ارائه نمایید.
- پیگیری بحث:** سوالات ذیل ممکن است مبنای کار گروهی یا شخصی یا بحث کلاسی قرار گیرد.
۱. تمام اعضای کلاس با هم وسایل نقلیه بررسی شده را براساس محبوبیت و ارجحیت (نه براساس بازدهی سوخت) رتبه‌بندی کنند. این طبقه‌بندی را با رتبه‌بندی بازدهی سوخت و هزینه مقایسه کنید. چه تفاوت‌هایی در دو فهرست وجود دارد و چه فاکتورهایی تعیین کننده محبوبیت نسبی مدل‌های مختلف است؟
  ۲. آیا این نظریه واقع‌گرایانه است که انتظار داشته باشیم جوانان در هنگام خرید ماشین جدید اولویت خود را بر به صرفه بودن سوخت قرار دهند؟ چرا بلی و یا چرا نه؟
  ۳. موانع پذیرش وسیع اتومبیل‌های الکتریکی یا "انتشار صفر" چیست؟ اهمیت پذیرش و دیدگاه در بازاریابی وسایل نقلیه داخلی چیست؟
  ۴. یک راهبرد پیشنهادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای، در نظر گرفتن قیمتی ویژه برای سوخت‌های فسیلی یا سایر فنآوری‌های آزاد کننده گازهای گلخانه‌ای است. چگونه ممکن است این مسئله اولویت‌های انتخابی ماشین‌های جدید را تحت تاثیر قرار دهد؟
  ۵. فهرستی از اثرات محیط زیستی مرتبط با اتومبیل‌ها را در کنار اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای تهیه کنید. بر سر این که کدام اثر در منطقه شما اهمیت بیشتری دارد با یکدیگر به توافق برسید. روش‌هایی را برای کاهش این اثرات پیشنهاد کنید.
  ۶. انتخاب میان گزینه‌های خرید اتومبیل‌های با بازدهی بالا و پایین اثر نسبتاً کمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با اثر ناشی از عدم استفاده از ماشین‌ها دارد. گزینه‌های مختلف حمل و نقل را مشخص کنید. برای هر یک مزایا و هزینه‌های محیط زیستی و اجتماعی مرتبط را مشخص نمایید.

### برگه اطلاعات در مورد اتومبیل، کربن و تغییر اقلیم

#### – اعتیاد ما به استفاده از اتومبیل

ساکنان آمریکای شمالی به اتومبیل معتاد هستند. بیشتر ما شدیداً وابسته به استفاده روزمره از حمل و نقل موتوری هستیم. ما برای رفتن به سر کار، تعطیلات، پول درآوردن و حتی خرید تریه‌بار از ماشین استفاده می‌کنیم. در حقیقت برای ما حتی تصور دنیای بدون ماشین مشکل است.

در کانادا به سختی یک ماشین به ازای هر دو نفر وجود دارد و بسیاری از خانواده‌ها بیش از یک اتومبیل دارند. با احتساب هزینه‌های یکباره مثل هزینه خرید، بیمه، ثبت، سوخت، تعمیرات و طرح ترافیک، میانگین هزینه‌ای که هر کانادایی صاحب ماشین پرداخت می‌کند تا اتومبیل شخصی داشته باشد، تقریباً معادل ۸۰۰۰ دلار در سال است. این مقدار بیش از میانگین پولی است که برای تامین غذا، خانه یا تحصیلات در سال پرداخت می‌شود. در ایالات متحده آمریکا، برآورد شده است، رانندگان معادل ۱۶۰۰ ساعت در سال را در حال رانندگی اتومبیل، کار برای پرداخت هزینه مالکیت و نگهداری اتومبیل خود یا کار برای پرداخت مالیات سوخت و عوارض جاده‌ای برای ساخت جاده‌ها صرف

می‌نمایند. این مقدار معادل ۲۰۰ روز کاری ۸ ساعته است که همگی صرف اتومبیل می‌شود. مشخصاً اعتیاد ما به استفاده از اتومبیل‌ها جدی است و ما هزینه‌های زیادی را برای آن باید پرداخت کنیم و مشابه سایر انواع اعتیاد، اعتیاد ما به استفاده از اتومبیل، عوارض جانبی و پیامدهای خطرناکی را به دنبال دارد.

### - اتومبیل‌ها و تغییر اقلیم

اتومبیل‌ها یکی از منابع اصلی گازهای گلخانه‌ای هستند که اقلیم زمین را تغییر می‌دهند. در آمریکای شمالی، هر اتومبیل به طور متوسط سالانه بیش از ۵ تن (۱۱۰۰۰ پوند) کربن دی‌اکسید تولید می‌کند. اتومبیل‌های مسافرتی و کامیون‌ها ۱۵ درصد انتشار کربن دی‌اکسید در سال ۱۹۹۴ و در حدود ۲۹ درصد اکسید نیتروژن منتشر شده را در سال ۱۹۹۳ به خود اختصاص دادند. کولرها و بخاری اتومبیل‌ها یکی از بزرگ‌ترین منابع انتشار کلروفلئوروکربن (CFCs) و هیدروفلئوروکربن (HFCs) می‌باشند. این ارقام شامل گازهای گلخانه‌ای تولیدی کارخانه‌های اتومبیل‌سازی یا اکتشاف، تبدیل یا تصفیه نفت برای راه‌اندازی آن‌ها نمی‌باشد.

در آینده، نقش اتومبیل‌ها در تغییر آب و هوا اهمیت بیشتری خواهد یافت. با وجود آن‌که حمل و نقل درصد کمی از انتشار گازهای گلخانه‌ای را در بسیاری از کشورهای در حال توسعه (به عنوان مثال به ازای ۴۵۵ نفر در هندوستان تنها یک ماشین وجود دارد) به خود اختصاص داده است، این مسئله به سرعت در حال تغییر است. در سطح جهانی، اتومبیل‌ها با سرعت یک اتومبیل در هر ثانیه وارد جاده‌ها می‌شوند. در نتیجه حمل و نقل پرسرعت‌ترین منبع در حال رشد گازهای گلخانه‌ای در کل دنیا است.

### - سایر اثرات محیط زیستی اتومبیل‌ها

آلودگی هوا: اتومبیل‌ها در شکل‌گیری باران اسیدی (اکسیدهای نیتروژن) و مه دود شهری (اکسید نیتروژن و هیدروکربن‌ها) نقش دارند و مواد شیمیایی سمی و خطرناک همانند بنزن را به اتمسفر رها می‌سازند. مرگ و میر و مصدومیت‌ها؛ در تمام دنیا تصادفات جاده‌ای نزدیک به ۱ میلیون انسان را در یک سال کشته و بیش از ۱۰ میلیون نفر را مجروح می‌سازد.

تخریب محیط‌های طبیعی: زیرساخت‌های وسایل نقلیه (بزرگ‌راه‌ها، جاده‌ها، خیابان‌ها و پارکینگ‌ها) نزدیک به ۵۰ درصد سطح بیشتر شهرهای آمریکای شمالی را به خود اختصاص داده‌اند.

نشت نفت: بیشتر نفتی که برای سوخت‌رسانی به وسایل نقلیه و حمل و نقل استفاده می‌شود، منجر به تخریب گذرگاه‌های آبی می‌شود. از سال ۱۹۹۰ میانگین ۱۰۰۰۰۰ تن نفت در سراسر دنیا نشت پیدا کرده است. دفع مواد زائد: به عنوان نمونه ۲۳۰ میلیون تیر اتومبیل هر ساله در ایالات متحده آمریکا نیاز به دفع دارند.

### - حمل و نقل دوستدار اقلیم

اگر ما در تلاش برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستیم باید اعتیاد خود را به استفاده از اتومبیل ترک کنیم. به طور خلاصه، این جمله به معنی استفاده از سایر انواع وسایل حمل و نقل در صورت امکان می‌باشد. یک سرنشین در یک اتومبیل ۸ برابر بیش از شخصی که با وسایل نقلیه عمومی جابه‌جا می‌شود کربن دی‌اکسید تولید می‌کند. دوچرخه یکی از زمین دوست‌ترین انواع وسایل حمل و نقل می‌باشد. این وسیله هیچ سوختی مصرف نکرده و در

نتیجه هیچ آلودگی تولید نمی‌نماید. تعمیر و نگهداری آن‌ها نیازمند ابزار ساده و مهارت کمی می‌باشد. جاده‌های دسترسی دوچرخه‌سواران هزینه ساخت و نگهداری کمتری به نسبت جاده‌ها و اتوبان‌ها دارد. آخرین مزیت دوچرخه نیز سادگی بازیافت آن است.

در کشورهایی چون کانادا و آمریکا انتخاب نوع وسیله حمل و نقل به غیر از اتومبیل همیشه ساده نیست. شهرها برای راندن اتومبیل طراحی شده‌اند. تعداد کمی از شهروندان نزدیک محل کار، خرید یا تفریح خود زندگی می‌کنند. در اروپا شهرها شلوغ‌تر هستند (تعداد بیشتری انسان و خدمات در هر کیلومتر مربع)، و بنابراین گزینه‌های متنوع حمل و نقل جذاب‌تر به نظر می‌رسد. در حقیقت ثابت شده است که مردمی که در شهرهای بزرگ آمریکای شمالی زندگی می‌کنند ۴ برابر انرژی بیشتری را به نسبت مردمی که در شهرهای بزرگ اروپایی زندگی می‌کنند، برای حمل و نقل مصرف می‌نمایند. ترک عادت استفاده از اتومبیل در بلند مدت نیازمند تغییر طراحی شهرها است تا منجر به تغییر ذائقه استفاده از سایر گزینه‌های حمل و نقل شود و کم‌تر به اتومبیل نیاز باشد.

### - کاهش اثر حال حاضر اتومبیل‌ها بر اقلیم جهانی

با وجود آن که کاهش استفاده از اتومبیل برای بیشتر ساکنان آمریکای شمالی نسبتاً سهل و آسان است، بسیاری از آن‌ها همچنان خواستار اتومبیل شخصی هستند. در هنگام خرید اتومبیل مردم به قیمت، رنگ و شکل اتومبیل توجه نشان می‌دهند. برای حفاظت از اقلیم جهانی توجه به کارایی انرژی نیز ضروری است. خرید اتومبیل‌های با کارایی انرژی هم از نظر صرفه اقتصادی و هم اثرات محیط زیستی عاقلانه‌تر می‌باشد. در این صورت گاز گلخانه‌ای کمتری در هنگام سوخت تولید شده و هزینه تمام شده برای راننده کمتر خواهد بود. مطابق آنچه در جدول ذیل نمایش داده شده است، این تفاوت‌ها می‌تواند قابل توجه باشد:

بهبندی سوخت (لیتر در ۱۰۰ کیلومتر)	انتشار کربن دی‌اکسید (۲۰۰۰۰ کیلومتر در سال)	قیمت سوخت (۰/۷ دلار در لیتر)
۸/۷	۴/۱ تن	۱/۲۱۸ دلار
۶	۲/۸ تن	۸۴۰ دلار

### - اتومبیل‌های آینده

آیا ساخت اتومبیل‌های دوستدار اقلیم میسر است؟ برای این منظور استفاده از بنزین به عنوان سوخت اتومبیل باید محدود شود. در عین آن که چندین نوع سوخت دیگر برای وسایل نقلیه وجود دارد (مثل گاز طبیعی، پروپان، ترکیب الکتروسیته و بنزین) هر چند این اتومبیل‌ها همچنان سوخت فسیلی سوزانده و گاز گلخانه‌ای تولید می‌کنند. چشم‌انداز گذار به حمل و نقل دوستدار اقلیم بسیار مثبت است. به عنوان مثال، فنآوری‌هایی توسعه یافته است تا از زیست‌توده چوب و زائدات کشاورزی اتانول تولید نماید (سوختی که در اتومبیل‌های مسابقه با کارایی بالا استفاده می‌شود). استفاده از اتانول به عنوان سوخت اتومبیل کربن دی‌اکسید تولید می‌کند، اما محصولاتی که برای تولید اتانول به

کار می‌رود همان مقدار و یا حتی بیشتر کربن دی‌اکسید را از جو خارج می‌کند. تا زمانی که ماده مناسبی برای سوخت موتورهای احتراق داخلی یافت شود، اتانول و سایر سوخت‌های زیست‌توده راه‌حل‌های موقتی خوبی به نظر می‌رسند. در حال حاضر، کار بر روی گزینه‌های مختلف جایگزین سوخت‌های فسیلی برای حمل و نقل ادامه دارد. مهندسان اتومبیل‌های الکتریکی و سلول هیدروژنی را تولید کرده‌اند که هر دو هیچ گاز گلخانه‌ای قابل توجهی را در طول کار تولید نمی‌نمایند. تا زمانی که الکتریسیته مصرفی آن‌ها از منابع تجدیدپذیر استحصال شود (مانند انرژی خورشید، برق آبی یا باد) این اتومبیل‌ها گزینه‌های آتی وسایل نقلیه دوستدار اقلیم باقی خواهند ماند.



برنامه راهبردی پویا سه‌شنبه‌های بدون خودرو، برای نخستین بار در شهرستان اراک، و توسط یکی از فعالان محیط زیستی، آغاز شد و بازتاب چشمگیری در سطح کشور یافت. در بهمن ماه ۱۳۹۴، تشکیل ستاد اجرایی این پویا به همراه تدوین آئین‌نامه، دستورالعمل‌های



اجرایی و تفاهم‌نامه‌های مربوط در دفتر محیط زیست و توسعه پایدار وزارت ورزش و جوانان، با همکاری کمیته دوچرخه‌سواری همگانی کشور و دفتر مشارکت مردمی سازمان حفاظت محیط زیست کشور پیگیری شد. تا به امروز، بیش از ۲۰۰ شهر ایران به این پویش پیوسته‌اند.

### ویژگی‌های پویش

- ایجاد نشاط، سلامت جسمی و روحی در شهروندان در راستای توسعه شهرهای سالم؛
- توسعه فرهنگ پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری به عنوان یک شیوه کارآمد جابه‌جایی در مسافت‌های کوتاه؛
- کمک به کاهش آلودگی هوا و صدا، ازدحام تردد و آسیب‌های ناشی از آن‌ها شامل بیماری، حوادث، ناهنجاری‌های اجتماعی، مرگ و میر و غیره؛
- کاهش خودروهای تک‌سرنشین و افزایش ظرفیت تردد خودروهای عمومی و سطح خدمت آن؛
- ارتقای نقش حمل و نقل عمومی و تغذیه آن از طرف افراد پیاده و دوچرخه‌سواران؛
- صرفه‌جویی اقتصادی خانواده و جامعه در مصرف سوخت و هزینه‌های تجمعاتی؛
- اشتغال‌زایی از محل توسعه خدمات حمل و نقل عمومی، خدمات شهری مرتبط با دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی؛
- دوستی مستقیم با محیط زیست و سلامت از طریق کاهش وسایل نقلیه موتوری به عنوان اصلی‌ترین مولد آلاینده‌ها و منتشرکننده گازهای سمی همانند کربن دی‌اکسید.

## فعالیت ۹:

### مدرسه پاک

#### تمرین: مدرسه را دوستدار محیط زیست کنیم.

**مفهوم و هدف:** اولین عکس‌العمل بسیاری از مردم در مواجهه با عنوان تغییر اقلیم، عدم اطمینان از مفهوم آن است. دیگران هم ممکن است معنی آن را بدانند ولی فکر می‌کنند که آیا لازم است نگران آن بود و یا حتی شک دارند که هیچگاه رخ دهد. برای بیشتر فراگیران سوال اصلی این نیست که آیا تغییر در اقلیم در حال وقوع است و یا خیر، چه اطلاعات علمی به اندازه‌ای وجود دارد که ما را مجاب به بودن آن نماید، بلکه سوال اصلی این خواهد بود که چگونه فراگیران را به شکلی معنی‌دار در کشف این معضل جهانی درگیر کرده و مشارکت فعال آن‌ها را در جامعه خود جلب نماییم.

به علت غیرقابل مشاهده بودن نسبی تغییر اقلیم، صحبت کردن درباره آن به صورت قابل درک مشکل می‌باشد. اما همه این‌ها، گام‌هایی کند به نسبت تغییر اقلیم است - زمان طولانی که خودش را بروز می‌دهد - که در نتیجه اکراه طبیعی مردم را به درک و عکس‌العمل نسبت به آن در پی دارد. «طبیعی» به آن دلیل که براساس نظریه اکولوژیست معروف، پل ارلیچ<sup>۱</sup>، سیستم عصبی ما با سازوکار «جنگ یا فرار»<sup>۲</sup> تکامل یافته است: این سیستم برای واکنش به تغییرات سریع یا خطرات محیط اطراف ساخته شده است، اما نه برای مقابله با تغییرات آهسته پیش‌رونده. در نتیجه برای ما در نظر گرفتن تغییر اقلیم به عنوان یک تهدید مشکل می‌باشد، در حالی که این تغییر یک پدیده‌ای است که به کندی ظهور یافته و بیش از یک نسل پیش از ما شروع شده و ممکن است حتی تا حداقل یک نسل پس از ما نیز به شرایط بحرانی نرسد.

برای فراگیران، صرفاً درک دوره زمانی که طی آن تغییر اقلیم رخ می‌دهد، تنها مشکل نیست. آن‌ها ممکن است بر سر فهم تغییر اقلیم در حالی که تجربه‌ای مستقیم در مورد آن وجود ندارد، نیز مشکل داشته باشند و مقیاس جهانی آن نیز آن‌ها را از این احساس که بتوانند تغییری مؤثر داشته باشند باز دارد. یک راه برای با اهمیت جلوه دادن موضوع، به کار گرفتن مدرسه به عنوان نقطه شروع است که به فراگیران اجازه می‌دهد تا این مسئله را تجربه نمایند که چگونه محیط اطراف ما - در این مورد مدرسه محلی - بخشی از مشکل است و می‌تواند بخشی از راه‌حل نیز باشد. برداشتن گام در راه تبدیل مدارس به بخش‌هایی کارآمدتر از نظر انرژی نه تنها حرکتی مثبت در مقیاس محلی است، بلکه مهیا کننده فرصتی برای یادگیری مستقیم است.

در ادامه، ما برخی راه‌ها را که به واسطه آن‌ها آموزشگران می‌توانند فراگیران را در حین انجام دادن برخی فعالیت‌ها داخل و بیرون از مدرسه برای درک تغییر اقلیم وارد نمایند، پیشنهاد می‌نماییم که هم اثری حقیقی بر محیط‌زیست داشته و هم از نظر آموزشی ارزشمند است.

#### ▪ محیط‌زیست داخلی

بیشتر زمان ما در محیط‌زیست مصنوعی (انسان‌ساخت) سپری می‌شود که مقدار زیادی منابع را چه در حین ساخت و ساز و چه در حال استفاده روزانه که برای ما حائز اهمیت بیشتری است، مصرف می‌نمایند. در مدارس، سه دسته از منابع

1 - Paul Erlich

2 - Fight or Flight



مصرف می‌شود که مستقماً با انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه تغییر اقلیم مرتبط می‌باشند که شامل مصرف برق و آب و تولید زباله می‌باشد.

**- الکتروسیته:** مدارس سالانه مقادیر زیادی برق مصرف می‌کنند که تقریباً هر کیلووات آن از زغال، گاز طبیعی و نیروگاه‌های برق‌آبی تولید می‌شود که همگی گازهای گلخانه‌ای را به جو آزاد می‌نمایند. با وجود آن که خود نیروگاه برق‌آبی گاز گلخانه‌ای کمی ایجاد می‌کند، اما ساخت سدها برعکس و به علاوه سیلاب‌های مداوم اراضی جنگلی توان محیط را برای جذب و حذف کربن دی‌اکسید می‌کاهد. مطالعات اخیر نشان داده است که تجزیه گیاهان و پوشش گیاهی در دره‌هایی که توسط سدها آب‌گیری می‌شود مقدار قابل توجهی متان آزاد می‌نماید که یک نوع گاز گلخانه‌ای دیگر محسوب می‌شود.

**- آب:** تعداد کمی از ما آب را با گازهای گلخانه‌ای مرتبط می‌دانند، دلیل این مسئله بسیار ساده بوده و به این علت است که ما به شیرهای آب منازل خود به منزله بخشی از یک سیستم نگاه نمی‌کنیم. آب عموماً برای مصرف از یک منبع پمپاژ شده و قبل از مصرف، توسط مواد شیمیایی تصفیه و دوباره قبل از بازگشت به محیط‌زیست، پمپاژ و تصفیه می‌شود. تمام این انتقالات و تصفیه‌ها نیازمند صرف انرژی بوده و تولید این انرژی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد.

**- مواد زائد:** رابطه میان مواد مصرفی و تغییر اقلیم واضح است: هر آن‌چه که ما می‌خریم برای تولید آن، انرژی مصرف شده است. مواد یک بار مصرف - که مدارس پر از آن‌هاست - منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند هم در بخش تولید شدنشان و هم در مرحله تجزیه در سایت‌های دفن زباله اگر پس از مصرف به سادگی دور انداخته شوند. هر چند می‌توان در مورد انرژی، آب و مواد زائد جداگانه صحبت کرد، اما پروژه‌ای که هر سه بخش مصرف انرژی را پوشش می‌دهد در طولانی مدت مؤثرتر خواهد بود.

سازمان‌ها و افراد مختلف، مشاوره‌ها و سخن‌رانی‌هایی را برای کمک به مدارس برای توسعه چنین برنامه‌هایی ترتیب می‌دهند. به عنوان مثال، برنامه «حفاظت سرنوشت» کانادا و برنامه اتحادیه مدارس سبز برای صرفه‌جویی در انرژی آمریکا، هر دو دوره‌های مهارت‌آموزی را برای کمک به مدارس برای کاهش اثرات محیط‌زیستی و صرفه‌جویی مالی آن‌ها، فراهم می‌نمایند.

بهترین این برنامه‌ها، مدارس را در یک برنامه دوسویه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای وارد می‌نمایند. اولین مرحله شامل برگزاری جلسات بررسی عملکرد مدارس و پیشنهاد تغییرات تکنیکی کم هزینه یا مجانی است که می‌تواند مصرف منابع طبیعی و مقدار پول صرف شده برای چرخاندن مدرسه را کاهش دهد. دومین بخش ضروری یک برنامه حفاظت، آموزش محیط‌زیست است که هدف آن کمک به فراگیران و کارکنان برای ایجاد تغییراتی است که منجر به اتخاذ شیوه‌ای با کارایی بالاتر منابع برای مدرسه شود.

اجرای این دو استراتژی با یکدیگر، می‌تواند منجر به صرفه‌جویی بالا و کاهش انتشار چندین تن گاز گلخانه‌ای در سال و در عین حال صرفه‌جویی در هزارها دلار قبض‌های پرداختی مصرفی شود.

پروژه‌های حفظ منابع و انرژی در سطح مدارس، فواید آموزشی مهمی نیز خواهد داشت. به عنوان مثال، با استفاده از محاسبه‌گر کربن دی‌اکسید و داده‌های استخراج شده از قبض‌های مصرف، فراگیران می‌توانند مشخص نمایند که در صورتی که مصرف منابع طبیعی خود را کاهش ندهند، مقدار تولید سرانه کربن دی‌اکسید مدرسه چه مقدار خواهد بود. با توجه به ماهیت کمی این پروژه، دانش‌آموزان از میزان صرفه‌جویی در پول و کمیت منابع آگاه شده و به وضوح اثر فعالیت‌های خود را مشاهده خواهند کرد.

### ▪ محیط زیست بیرونی

مسئله دیگر در مورد تغییر اقلیم آن است که گیاهان که در طول هزاران سال با اقلیم خاصی سازگاری یافته‌اند، ممکن است قادر به تحمل و یا سازگار شدن با تغییرات دمایی و بارش مرتبط با تغییر اقلیم زمین‌شناختی نباشند. در طراحی یک منطقه طبیعی در مدرسه بیشتر صرفه‌جویی در انرژی و کاهش کربن دی‌اکسید از فعالیت‌هایی بروز می‌کنند که در داخل ساختمان انجام می‌شود. هر چند ساخت بهینه مدارس نیز می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد. هم‌زمان این مسئله فرصتی را برای فراگیران فراهم می‌آورد تا درس‌هایی را در مورد مشکلات مرتبط با تغییر اقلیم همچون تغییر زیستگاه‌ها و رابطه میان پوشش گیاهی و تنظیم دما در ساختمان را بیاموزند. کاشت درخت نزدیک ساختمان مدرسه نیاز به وسایل سرمایشی را در ماه‌های گرم‌تر سال کاهش داده و در ماه‌های سردتر عایقی برای جلوگیری از دست رفتن گرما محسوب می‌شود. کاشت درختان برگریز در قسمت جنوبی ساختمان مزیت بیشتری داشته و منجر به ورود نور خورشید به کلاس در زمستان و کاهش نیاز به روشن نگاه داشتن چراغ‌ها در طول روز می‌شود. روش دیگر استفاده از بنای مدرسه برای آموزش مباحث تغییر اقلیم، کاشت گیاهان روی پشت بام مدرسه است. این باغچه‌ها به عنوان لایه عایق اضافی برای کاهش نیاز ساختمان به گرمایش و سرمایش عمل می‌نمایند.

به علاوه، باغچه‌های پشت‌بامی، می‌توانند به میزان قابل توجهی اثر جزایر گرمایی شهرها را کاهش دهند. در تابستان زمانی که خورشید در آسمان است، آسفالت و بتن، حرارت تابیده شده خورشید را در طول روز جذب کرده و آن را در طول شب بازتاب می‌نمایند. در نتیجه نواحی شهری عموماً در تابستان گرم‌تر از حومه است و مردم ناگزیر از افزایش استفاده از وسایل سرمایشی هستند. جایگزینی سطوح جاذب حرارت با باغچه‌ها به اصلاح این اثر و کاهش مصرف انرژی در طول ماه‌های گرم تابستان کمک می‌کند.

انتخاب گیاهان نیز مسئله‌ای قابل توجه است. به کاربردن گیاهان بومی نیاز به استفاده از کود را که منبع اکسیدهای نیتروژن است، کاهش داده و یا برطرف می‌کند. جایگزینی سطوح چمنی با درختان بومی، بوته‌ها و پوشاندن زمین با حذف نیاز به چمن‌زنی مصرف سوخت را کاهش می‌دهد. مزیت دیگر شامل کاهش آبیاری گیاهان بعد از پاکبندی آن‌ها است (بعد از دو سال اول) به این علت که گیاهان بومی با الگوهای بارش منطقه‌ای به خوبی سازگاری یافته‌اند. باغ‌ها و مناطق طبیعی سایت‌های خوبی برای مشاهده رابطه بین تغییر اقلیم و گیاهان و زیستگاه جانوران است. یک مسئله قابل توجه بعد از افزایش آگاهی فراگیران لازم است یک گروه از گیاهانی را که بیشترین سازگاری را با شرایط سایت دارد، انتخاب کنند. از این قسمت ممکن است به یک نمای فضایی از شرایط اقلیم زمین‌شناختی اشاره شود که آن‌ها را در درک این که گیاهان و جانوران به محدوده مشخصی از دما، نور خورشید و بارش وابسته هستند، یاری رساند.

اثرات تغییر اقلیم، عموماً به عنوان پدیده‌ای در مقیاس بزرگ معرفی می‌شود که شامل سیلاب‌های وحشتناک و ذوب کلاهک‌های یخی تا افزایش سطح دریاها است؛ اما تغییر در اقلیم ممکن است ترکیب اکوسیستم‌های محلی را نیز تغییر دهد. این موضوع فرصتی است تا برخی از سوالاتی را که محققان پدیده تغییر اقلیم را درگیر کرده است، تجربه نماییم: به چه روش‌هایی گونه‌های گیاهی با شرایط در تغییر محیط خود سازگار می‌شوند؟ به چه سرعتی سازگار می‌شوند؟ اثرات اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی انقراض وسیع گونه‌هایی که نمی‌توانند با سرعت کافی سازگاری یابند چیست؟ یک پرسش مطرح توسط اغلب محققان زمین و اتمسفر این است که آیا تغییر اقلیم تنوع زیستی را کاهش خواهد داد؟ با وجود آن که ما هنوز جواب این سوال را نمی‌دانیم، اما می‌دانیم که مناطق اقلیم زمین‌شناختی با افزایش مهاجرت گیاهان و جانوران به عرض‌ها و ارتفاعات بالاتر در اثر دماهای بالاتر، تغییر خواهد کرد. این جابه‌جایی ممکن

است به طور اساسی روابط اکولوژیکی را در درون و میان زیستگاه‌های مختلف و همچنین روابط انسان با محیط‌زیستش را تحت تاثیر قرار دهد. کمک به فراگیران برای برقراری رابطه میان زیستگاه‌های محلی و شرایط اقلیمی و تعمیم مخاطرات تغییر اقلیمی به گیاهان، جانوران و حتی جوامع انسانی می‌تواند کارکردی مهم از هر پروژه علوم طبیعی باشد. و در نهایت، بیابید این مسئله را به خاطر بسپاریم که باغ‌های مدارس پتانسیل زیادی برای آموزش رابطه میان تولید غذا و تغییر اقلیم به فراگیران دارند. در ایالت بریتیش کلمبیا، بیشتر تولیدات از راه‌های دوری آورده می‌شوند. انبه از مکزیک با کامیون حمل شده، سیب‌زمینی با ترن از آیداهو منتقل و گوجه فرنگی با هواپیما از مسیر کالیفرنیا منتقل شده است. با استفاده از نقشه جاده‌ها و سیستم محاسباتی به‌روز (on line) تغییر اقلیم، فراگیران می‌توانند اثر یک گوجه فرنگی صادراتی را با یک گوجه فرنگی تولید محلی مقایسه نمایند. چند نوع وسیله نقلیه مختلف که منتشرکننده کربن دی‌اکسید نیز می‌باشند به کار گرفته شده تا گوجه فرنگی را بر روی میز خانواده بیاورد؟ چه مقدار کربن دی‌اکسید تولید می‌شود؟

همین کار را می‌توانید در مورد برخی محصولات که از خارج وارد کشور می‌شوند، و یا محصولاتی که از جنوب کشور به شمال ایران ارسال می‌شوند (همانند خرما) انجام دهید.

مطمئناً کاهش مسافت انتقال مواد غذایی با اتخاذ سیاست کاشت محلی مواد غذایی، یک راه‌کار سریع و مهم است که می‌توان انجام داد. باغچه مواد غذایی چه بر روی پشت‌بام یا حیاط مدرسه، علاوه بر آن که فرصتی را برای فراگیران فراهم می‌آورد تا عادت‌های غذایی بهتری را تجربه نمایند، درک بهتری از وابستگی کشاورزی به قابل پیش‌بینی بودن آب و هوا را فراهم می‌آورد.

تلاش‌های فوق، همگی به همان میزان که کاربردی بوده، برای ایجاد درک و آگاهی نسبت به جنبه‌های مختلف تغییر اقلیم نیز می‌باشد. بر همین اساس، همه آن‌ها به منظور زمینی کردن یک پدیده اتمسفری جهانی به روشی است که آن را برای فراگیران ملموس نماید. ایجاد تعادل میان دانش، آگاهی و درک با عمل ما ضروری است و در غیر این صورت، ما در نشان دادن روش‌هایی که هر یک از ما می‌تواند تغییری ایجاد نماید، ناموفق خواهیم بود. در صورتی که ما خصوصیت بزرگ مقیاسی و بلندمدت بودن تغییر اقلیم را آموزش دهیم، خطر ایجاد احساس ناامیدی یا ناتوانی در فراگیران وجود دارد. خاموش کردن یک چراغ یا کاشت یک درخت سایه‌انداز ممکن است حرکتی کوچک به نظر برسد، اما به این طریق فراگیران می‌توانند به سهولت درک نمایند که حتی چنین تغییرات کوچک سودمندی، نتایج محسوسی خواهد داشت: مصرف انرژی کمتر منجر به انتشار گاز گلخانه‌ای کمتری خواهد شد.

اگر ما کاری نکرده و در عوض درگیر بحران تغییر اقلیم شویم، زمان برای تغییرات سودمندی که شاید در حال حاضر با ارزش باشد، از دست خواهد رفت و دیر خواهد بود و ما خود را در وضعیت "جنگ یا فرار" قرار خواهیم داد، اما در این مورد ما برای جنگ و مقابله تنها بوده و جایی برای فرار وجود نخواهد داشت. هم‌اکنون باید کاری کرد.

#### مدرسه‌های سبز چه کاری می‌توانند انجام دهند؟

برعکس دولت و صنایع، برخی مدارس پیشرفت زیادی برای دستیابی یا رسیدن به اهداف بین‌المللی کاهش انتشار کربن دی‌اکسید پایین‌تر از سطح آن در سال ۱۹۹۰ داشته‌اند. مطالعه ۱۶۱ مدرسه در آلبرتا که در برنامه «حفاظت سرنوشت» مشارکت داشته‌اند، مشخص کرد که اقدامات حفظ انرژی، مقدار انتشار کربن دی‌اکسید مدارس را بیش از ۵۵۷۶ تن کاهش داده و معادل ۴۵۷۳۳۹ دلار هزینه‌های مصرف را در یک دوره یک ساله صرفه‌جویی کرده است. قطعاً کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌تواند منجر به سود قابل توجه اقتصادی در کنار فواید محیط زیستی شوند.

موارد ذیل فعالیت‌هایی است که دانش‌آموزان، فراگیران، آموزشگران، تسهیلگران، مدیران و کارکنان می‌توانند انجام

دهند تا در انرژی صرفه‌جویی کرده و انتشار کربن را کاهش دهند. بیشتر موضوعات به دو بخش تقسیم شده است: فعالیت‌های بدون هزینه‌ای که فراگیران بتوانند انجام دهند و ابتکارات تکنیکی که برای اجرا لازم است توسط تعمیرکاران و خدمه نگهداری انجام شود. همان‌طور که خواهید دید امکانات مختلف فقط براساس تصورات گروه مدرسه شما محدود خواهد شد.

### – الکتریسیته

الکتریسیته تقریباً ۶۰ درصد کل بودجه مصرفی مدرسه را به خود اختصاص می‌دهد.

- سخنرانانی را از شرکت برق منطقه‌ای و یا سازمان‌های مردم‌نهاد تخصصی دعوت کنید تا مشوق صرفه‌جویی در مصرف باشند.
- قبض‌های مصرف مدرسه را بررسی کنید تا تغییرات مصرف انرژی را پیگیری کنید.
- یک روزنامه دیواری در مدرسه نصب کنید و مصرف انرژی مدرسه و مقدار صرفه‌جویی طی برنامه حفاظت و تنظیم را نشان دهید.
- یک پلیس برق یا باشگاه حافظان انرژی راه بیاندازید تا مشوق برنامه حفاظت از انرژی باشید.
- اگر ابزار ممیزی انرژی در مدرسه وجود دارد، با فراگیران کارآیی انرژی را بررسی کنید و تعمیرات ضروری را اعمال کنید.

### – کامپیوترها

- اسکرین سیورهایی را که دارای کارآیی انرژی هستند، بر روی کامپیوترهای خود نصب کنید.
- در زمان ناهار، بعد از مدرسه و در تعطیلات آخر هفته و هر زمان که از آن‌ها استفاده نمی‌شود، کامپیوترها را خاموش کنید.
- در زمان خرید پرینتر و سایر وسایل جانبی کامپیوتر آن‌ها را براساس برچسب کارآیی انرژی (کانادا) و ستاره سبز (آمریکا) و یا برچسب انرژی (ایران) بررسی کنید.

### – دستگاه‌های کپی و لمینیت

- دستگاه‌های فتوکپی و لمینیت مقدار بسیار زیادی انرژی مصرف کرده و گرمای ناخواسته‌ای را تولید می‌نمایند.
- دستگاه‌های کپی با سیستم استندبای (Standby) برای صرفه‌جویی انرژی خریداری کنید.
- شب‌ها، آخر هفته و در تعطیلات دستگاه کپی را خاموش کنید.
- برای کاهش حداکثر نیاز انرژی دستگاه‌های لمینیت را فقط زمانی که سایر دستگاه‌ها مثل دستگاه کپی روشن نیست استفاده کنید. با این وجود، بهتر است در نهایت از این مصرف‌کننده انرژی کمتر استفاده کنید.
- کارکنان را محدود کنید تا از تعداد مشخصی کپی در سال استفاده کنند، تا هزینه کاغذ و مصرف انرژی کم شود.
- معلمان نیز با دانش‌آموزان خود یا اعضای باشگاه محیط‌زیست، به روش توفان مغزی، به سایر گزینه‌های جایگزین فکر نمایند.

### – کنترل‌های فنی

- حداکثر نیاز انرژی را با زمان‌بندی دستگاه‌های تهویه هوا برای کار کردن در زمان خاموش بودن سایر دستگاه‌ها کاهش دهید.
- سیستم‌های کنترلی را نصب کنید تا در زمان اوج مصرف دستگاه‌های با کاربرد کمتر را کاهش دهند.
- در پنکه‌های بزرگ موتورهای با چند زمان نصب کنید تا لازم نباشد همیشه در یک سرعت روشن باشد.

### - سیستم گرمایشی

- پنجره‌ها و درب‌های بیرونی ساختمان را بررسی کنید و اشکالات را به بخش تاسیسات گزارش دهید.
- فراگیران را با برگزاری جلسات و بازدید کلاسی به بستن درهای بیرونی تشویق کنید.
- در فصل‌های سرد، برنامه‌ای ترتیب دهید تا فراگیران یا کارکنان برای حفظ گرما، شب‌ها پرده‌ها را بکشند و در طول روز برای استفاده از حرارت تابشی و نور طبیعی آن‌ها را کنار بزنند.
- یک برنامه نمادین "کم کردن دما" راه بیندازید که روز مرطوب‌تری را برای فراگیران و کارکنان به همراه خواهد داشت.

### - کنترل‌های فنی

- اطمینان حاصل کنید که بخاری مدرسه از نظر کارایی انرژی به صورت کامپیوتری کنترل شده است.
- لوله‌ها و مخزن آب گرم را عایق‌بندی کنید تا مصرف انرژی را کاهش دهید.
- اطمینان حاصل کنید که در زمان نوسازی و بازسازی، عایق‌بندی‌ها متناسب با آخرین استانداردهای روز است.
- بر روی ترموستات‌ها، زمان سنج نصب کنید تا در طول شب، آخر هفته و تعطیلات که مدرسه تعطیل است، حرارت را کم کند.
- تابلوهای جذب انرژی خورشید را در قسمت جنوبی ساختمان نصب کنید تا انرژی منفعل خورشید را برای گرم کردن فضای داخل مدرسه استفاده شود.
- یک سیستم اتوماتیک نصب کنید تا حرارت کنترل شود. این سیستم‌ها حرارت بیرون ساختمان را بررسی کرده و از انرژی حرارتی فقط برحسب نیاز استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها به علاوه می‌توانند به صورتی برنامه‌ریزی شوند که فقط زمانی که ساختمان پر از جمعیت است، حرارت تولید کنید.

### - روشنایی

سیستم روشنایی ۶۰ درصد میانگین الکتریسیته مصرفی مدرسه را به خود اختصاص می‌دهد.



- چراغ‌های راهروها را صبح‌ها تا رسیدن دانش‌آموزان خاموش کنید.
- روی کلیدهای برق که استفاده نمی‌شوند، چسب بزنید.
- یک حرکت نمادین "چراغ‌ها خاموش" راه بیندازید تا لامپ‌ها در روزهای آفتابی یا در اتاق‌های خالی روشن نشود.

### - کنترل‌های فنی

- روشنایی را در محل‌های پر نور کم کنید. نور زیاد می‌تواند منجر به سر درد و بیش‌فعالی در بعضی از کودکان شود.
- لامپ‌های خود را با L.E.D (لامپ‌های کم مصرف) تعویض کنید که کمتر از ۲ ولت مصرف دارند.
- یک برنامه بازسازی ترتیب دهید و یا آن را در طرح‌های نوسازی مدنظر قرار دهید. لامپ‌های فلورسنت T-۸ و جاببی به طور میانگین ۲۴ درصد کارآمدتر بوده، نور طبیعی‌تری دارند و به نسبت لامپ‌های معمولی فلورسنت عمر طولانی‌تری دارند. علاوه بر این کم صداتر بوده و نور آن‌ها لرزش ندارد.
- سنسورهای حرکتی در دستشویی تعبیه کنید تا چراغ‌ها و لوله‌های آب فقط زمانی کار کنند که کسی از آن‌ها استفاده می‌کند.

- نورگیرهایی را نصب کنید تا به این وسیله استفاده از نور طبیعی و رایگان خورشید را افزایش دهید.
- کلیدهای زمان‌دار در کمدها نصب کنید تا بعد از یک مدت مشخصی به طور خودکار خاموش شوند.

### - حمل و نقل

- یک سرشماری سالانه تغییر اقلیم در مدرسه راه بیان‌دازید. از فراگیران و کارکنان سوال کنید که چگونه هر روز به مدرسه می‌آیند و چه مدت این جابه‌جایی طول می‌کشد. نتایج را بر روی یک نمودار آورده و مشخص کنید چند درصد افراد پیاده، با دوچرخه، ماشین شخصی یا وسایل نقلیه عمومی به مدرسه می‌آیند. کارآیی سوخت اتومبیل‌ها و اتوبوس‌های منطقه خود را بررسی کنید. با فرض آن که وسایل نقلیه موتوری ۲/۳۵ کیلوگرم دی‌اکسید کربن به ازای هر لیتر بنزین تولید می‌کنند، مشخص می‌شود که مقدار کل کربن دی‌اکسید آزاد شده توسط این خودروها در سفرهای روزانه‌شان به مدرسه و بالعکس، چه مقدار است. مقدار انتشار هر گروه از وسایل نقلیه را بر روی نمودار ترسیم و آن را در راهرو اصلی مدرسه نصب کنید. این سرشماری را هر سال تکرار کنید و مقایسه‌ای با سال قبل داشته باشید.



- فواید محیط زیستی استفاده از وسایل نقلیه عمومی را منتشر کنید. پوسترهایی طراحی کنید و فضای عمومی مورد نیاز اتومبیل‌های شخصی، اتوبوس و دوچرخه را در آن مقایسه کنید. با شرکت واحد اتوبوس‌رانی برای تبلیغ وسایل نقلیه عمومی همکاری داشته باشید.

- والدین و رانندگان اتوبوس‌ها را از روشن نگاه داشتن موتور خودرو در جلوی مدرسه بر حذر دارید.
- آموزشگران و فراگیران بزرگ‌تر را برای استفاده مشترک از اتومبیل‌ها تشویق کنید تا انرژی ذخیره و مقدار انتشار کربن دی‌اکسید و قبض سوخت کاهش یابد.
- یک باشگاه دوچرخه راه‌اندازی کنید. از دانش‌آموزان بزرگ‌تر بخواهید روش تعمیر و نگهداری دوچرخه را به کوچک‌ترها بیاموزند. برای افزایش درآمد باشگاه، می‌توانید کلاه ایمنی بفروشید.
- برای پارکینگ مدرسه، ورودیه کمی تعیین کنید و پول به دست آمده از این راه را برای کاشت درخت و سایر پروژه‌های محیط زیستی استفاده کنید.

### - کاشت درخت

- درختان به عنوان مخازن اصلی کربن دی‌اکسید که کربن اتمسفری را مرتباً جذب و آزاد می‌کنند، نقشی مهم در کاهش گازهای گلخانه‌ای دارند.
- روز درخت‌کاری را با دعوت از سخنرانان و برگزاری برنامه درخت‌کاری پاس داشته و به این ترتیب جامعه را ترغیب به سبز بودن کنید.
- به عنوان وسیله‌ای برای حفظ یکی از بزرگ‌ترین مخازن کربن دی‌اکسید دنیا، تحقیقی بر روی اهمیت حفاظت از جنگل‌های بارانی انجام دهید. سوزاندن جنگل‌های بارانی به طور مستقیم مقدار بسیار زیادی کربن دی‌اکسید آزاد کرده و جایگزینی جنگل‌های بارانی با محصولات زراعی یا علوفه برای تغذیه دام‌ها به طور جدی ظرفیت جذب کربن کره زمین را کاهش می‌دهد.
- درختی را در جامعه خود انتخاب کنید.





- درختان انتخاب شده را در قسمت جنوبی ساختمان مدرسه بکارید تا ساختمان را خنک کرده و نیاز به روشن کردن وسایل سرمایشی را در طول ماه‌های گرم‌تر، کاهش دهید.

- درختان سوزنی‌برگ را در ضلع شمالی و غربی مدرسه بکارید تا اثر بادهای سرد زمستانی را کاهش داده و تقاضای گرمایش را کم کنید (برای انتخاب گونه گیاهی مناسب، از کارشناسان شهرداری و یا معماران باتجربه کمک بگیرید).
- از برنامه حفاظت از پوشش گیاهی طبیعی حمایت کنید. چرا که گیاهان در محل‌های طبیعی جاذب گازهای گلخانه‌ای هستند.

### - مصرف آب

- کاهش مصرف آب مقدار انرژی مورد نیاز برای تصفیه و انتقال آب را کاهش می‌دهد.
- از فراگیران بخواهید که تحقیقی راجع به این که چه مقدار آب در مدرسه مصرف شده انجام دهند و به روش توفان مغزی روش‌های صرفه‌جویی در آن را بیابند.
- با کاشت گونه‌های گیاهی بومی که نیاز آبی کمتری دارند، آبیاری چمن‌ها را متوقف کنید.
- در سیفون توالت‌ها بطری‌های پلاستیکی قرار دهید تا مصرف آب را کاهش دهید.
- از رستوران‌ها و غذاخوری‌های محلی بخواهید فقط در صورت درخواست مشتری آب سرو کنند.

### - کنترل فنی

- سرشیرها را از نوع کم مصرف انتخاب کنید تا در مصرف آب صرفه‌جویی نموده و مقدار انرژی مصرفی برای گرم کردن آب کاهش یابد.
- سیستم لوله‌کشی را بازسازی کنید تا ناکارآمدی در استفاده و گرم کردن آب را کاهش دهید.
- در دستشویی برای کاهش استفاده آب و برق، از تایمر استفاده کنید. در توالت‌ها از منبع آب استفاده کنید که مصرف آب را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد.



### - انرژی تجدیدپذیر

- به کاربردن منابع جایگزین انرژی همچون باد و انرژی خورشیدی، مصرف سوخت‌های فسیلی را خواهد کاست.
- نمایشگاه‌هایی را ترتیب داده و در آن‌ها به معرفی کارایی انرژی خانه‌ها پرداخته و به این ترتیب به والدین و کارکنان راجع به انرژی خورشیدی، عایق‌بندی، درزگیری آموزش دهید.
- اجاق گاز و خشک‌کن‌های ساده خورشیدی ساخته و یک وسیله پایدار آماده کردن غذا را به این ترتیب نمایش دهید.
- طی برنامه بازسازی یا نوسازی مدرسه آبگرم‌کن‌های خورشیدی نصب کنید.



- برای گرفتن اطلاعات و پیشنهاد با گروه‌های محلی مبلغ انرژی‌های تجدیدپذیر تماس بگیرید.

### - باز یافت

باز یافت آهن، کاغذ، شیشه و سایر مواد به محصولات جدید از تولید همان محصول با مواد نو، انرژی کمتری صرف می‌کند.

- ملزومات مدرسه را از محصولات بازیافتی خریداری کنید.
- بازیافت کاغذ را تشویق کنید تا نیاز به قطع درختان ذخیره کننده کربن، کاهش یابد.
- از شرکت‌های محدوده مدرسه بخواهید تا قسمتی از پول حاصل از کاهش مصرف کاغذ را باز پس داده و این پول را برای حمایت از پروژه‌های محیط زیستی استفاده کنید.

### چگونه انتشار کربن دی‌اکسید مدرسه خود را محاسبه کنیم؟

با وجود آن که می‌توان نقش مدرسه شما را به طور سالیانه در گرمایش جهانی محاسبه کرد، اما این مسئله نیازمند پاره‌ای بررسی است. به این ترتیب شروع کنید:

برای مقایسه میزان انتشار کربن دی‌اکسید مدرسه خود، نسخه‌ای از قبض مصرف در فاصله زمانی مورد نظر را به دست آورید. این قبض‌ها را شاید بتوان در بخش تاسیسات مدرسه، دفتر مدرسه و یا اداره برق منطقه‌ای گرفت. هم برق و هم سوخت برای گرمایش مستقیماً در تولید گاز گلخانه‌ای نقش دارند و بنابراین هر دو می‌باید در محاسبات لحاظ شوند.

با محاسبه کل انرژی یا سوخت مصرفی سالیانه و ضرب کردن آن در یک ضریب تبدیلی، می‌توان مقدار کربن دی‌اکسید تولیدی را محاسبه کرد.

به عنوان مثال، محاسبه گاز طبیعی عبارت است از:

$$\text{گیگاژول} \times 0.05916667 = \text{کربن دی‌اکسید (تن)}$$

برخی از قبض‌های مصرف گاز طبیعی، مصرف را برحسب واحد انرژی نشان می‌دهند و برخی براساس حجم مصرف گاز.

فاکتور تبدیل برای الکتریسیته، به منبع تولید آن بستگی دارد. به عنوان مثال، در آلبرتا که ۸۵٪ الکتریسیته از زغال نرم حاصل می‌شود، معادله تبدیل الکتریسیته عبارت است از:

$$\text{کیلووات - ساعت} \times 0.0009838 = \text{کربن دی‌اکسید (تن)}$$

این معادله در مناطقی که بیشتر الکتریسیته از سوخت اتمی، نفت و یا انرژی برق آبی است، متفاوت است. لازم است شما ابتدا منبع تولید الکتریسیته منطقه خود را شناسایی کرده و از شرکت تولید برق منطقه خود بخواهید که فاکتور تبدیلی مرتبط را ارائه کند و یا در اینترنت به جستجوی فرمول تبدیل آن بپردازید.

با نرمال کردن داده‌ها و لحاظ کردن فاکتورهایی چون تغییرات آب و هوا، تغییرات سالیانه جمعیت مدرسه و نوسازی ساختمان، هر سال نتایج دقیق‌تری به دست خواهد آمد.

یک تجزیه و تحلیل کامل ممکن است خیلی پیچیده شده و برای بیشتر مدارس، غیرضروری باشد. نکته اصلی در چنین تلاش‌هایی برای مبحث تغییر اقلیم، اندازه‌گیری دقیق مقدار انتشار نبوده و بلکه اجرای راه‌کارهای روز به روز برای کاهش نقش ما در بروز مشکل، مدنظر است.

## فعالیت ۱۰:

### تشویق ایده‌های خلاقانه

#### تمرین اول: ثبت مشاهدات

از فراگیران بخواهید با استفاده از دوربین عکاسی یا گوشی هوشمند و یا تبلت و ... اقدام به ثبت تصاویر مرتبط با تغییر اقلیم کنند. آن‌ها می‌توانند در محل زندگی، کار، تحصیل یا ورزش خود و یا هنگام انجام مسافرت و فعالیت‌های تفریحی از هر موردی که در ارتباط با تغییر اقلیم می‌باشد (در تضاد و یا در تعامل) تصویربرداری کنند. سپس، آن‌ها را در یک نمایشگاه (واقعی یا مجازی) به نمایش بگذارید. برای بهترین تصویر که گویای مفاهیم و مطالب آموزنده و یا اثرگذار باشد، جایزه اختصاص دهید.

#### تمرین دوم: ارتقای سواد محیط زیستی

- یک پرتال یا وبلاگ راه‌اندازی نمایید. از تمامی ظرفیت‌های فضای مجازی برای آموزش، آگاه‌سازی، دریافت و بازخورد اطلاعات، فراخوان‌ها و ... استفاده کنید. مسابقات کتاب‌خوانی، طراحی، نقاشی، خطاطی، کاریکاتور، طراحی کلیپ، فیلم کوتاه و ... برگزار کنید.
- کارگاه‌های آموزشی (ترجیحاً مجازی) و سخنرانی (ترجیحاً وینار) برگزار کنید. از اینفوگرافی برای انتقال موفق‌تر آموزه‌ها استفاده کنید.
- از طریق جذب پشتیبان مالی و یا در پروژه‌های دانشگاهی، تلاش کنید تا اپلیکیشن‌های کاربردی طراحی و منتشر کنید.
- از فراگیران بخواهید تا نسبت به جستجو و کسب مطلب در مورد مناسبت‌های محیط زیستی مرتبط با تغییر اقلیم اطلاعات کسب کنند و آن‌ها را به بحث و اشتراک بگذارند.
- فراگیران را با سایت‌های علمی و معتبر و همچنین نرم‌افزارهای تخصصی و کاربردی آشنا کنید.
- بر عدم مصرف اسپری‌ها و ترکیبات شیمیایی مضر و آسیب‌رسان به محیط زیست، تأکید کنید.
- فراگیران را با اصول و روش‌های بازیافت آشنا کنید.

## تقویم محیط زیستی (تغییر اقلیم)

تطابق خورشیدی	مناسبت	میلادی
۳ فروردین	روز جهانی هواشناسی	۲۳ مارچ
۸ فروردین	ساعت زمین	۲۸ مارچ
۲ اردیبهشت	روز جهانی زمین	۲۲ آپریل
۱۵ خرداد	روز جهانی محیط زیست	۵ ژوین
۲۵ شهریور	روز جهانی لایه ازن	۱۶ سپتامبر
۳۱ شهریور	روز جهانی بدون خودرو	۲۲ سپتامبر
۲ آبان	روز جهانی مبارزه با تغییر اقلیم	۲۴ اکتبر
۲۹ دی	روز ملی هوای پاک	-



## معرفی سایت‌های مرجع

<a href="https://climatology.ir">https://climatology.ir</a>	وبسایت جامع هوا و اقلیم‌شناسی ایران
<a href="http://irannde.com/">http://irannde.com/</a>	مرجع صلاحیت‌دار ملی فناوری‌های اقلیم
<a href="http://sds-tc.com/">http://sds-tc.com/</a>	مرکز فناوری‌های گرد و غبار
<a href="http://www.ipcc.ch">www.ipcc.ch</a>	پنل بین‌دولتی تغییر اقلیم
<a href="https://unfccc.int/">https://unfccc.int/</a>	کنوانسیون تغییرات آب و هوا سازمان ملل متحد (UNFCCC)
<a href="https://www.unccd.int/actions/sand-and-dust-storms">https://www.unccd.int/actions/sand-and-dust-storms</a>	کنوانسیون مبارزه با بیابان‌زایی سازمان ملل متحد
<a href="https://sds-was.aemet.es">https://sds-was.aemet.es</a>	سیستم ارزیابی و پیش‌بینی توفان شن و گرد و غبار – مرکز منطقه‌ای اروپا، خاورمیانه و آفریقای شمالی
<a href="https://ttu.edu/international/intlrsch/icasals/index.php">https://ttu.edu/international/intlrsch/icasals/index.php</a>	مرکز مطالعات مناطق خشک (ICASALS)، ایالات متحده
<a href="http://desert.ut.ac.ir">http://desert.ut.ac.ir</a>	مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان – ایران
<a href="http://www.ndsc.ncep.noaa.gov">http://www.ndsc.ncep.noaa.gov</a>	شبکه بین‌المللی شناسایی تغییرات ترکیبات جو (NDACC)
<a href="http://Climate.nasa.org">Climate.nasa.org</a>	سایت اداره هوا و فضا ایالات متحده آمریکا (ناسا) در خصوص تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی

## منابع مورد استفاده

۱. اکسلید. کریس، ۱۳۸۶، گرم شدن زمین، ترجمه شهرزاد فتوحی، شرکت انتشارات فنی ایران، ۲۴ ص.
۲. ایلین تامپسن. شارن، ۱۳۹۴، اثر گلخانه‌ای، ترجمه مهرداد سرمدی، شرکت انتشارات فنی ایران، چاپ پنجم، تهران، ۸۰ ص.
۳. بهمن پور. هومن، ۱۳۹۵، بسته آموزش محیط زیست ویژه اعضای شوراهای اسلامی شهر و روستا، دفتر آموزش سازمان حفاظت محیط زیست.
۴. سیلورمن. بوفی، ۱۳۹۵، انرژی و صرفه‌جویی به روایت آزمایش. ترجمه محمد ابراهیم ابوکاظمی، شرکت انتشارات فنی ایران، ۴۸ ص.
۵. گرانت. تیم، لیتل جان. گیل، ۱۳۸۹، آموزش تغییر اقلیم برای آموزشگران، ترجمه هومن بهمن پور و همکاران، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، چاپ اول، تهران، ۱۶۰ ص.
۶. هاوکس. نایجل، ۱۳۹۵، انرژی‌های نو، ترجمه شهرزاد فتوحی، انتشارات فنی ایران، چاپ دوازدهم، ۳۶ ص.
۷. هراتی. محمد رضا، ۱۳۸۶، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، انتشارات فنی ایران، چاپ هشتم، ۳۶ ص.
۸. وزارت نیرو، ۱۳۹۰، بهینه‌سازی مصرف برق در منازل.
۹. یوسفی. آرش، ۱۳۹۵، راهنمای اداره سبز، دفتر آموزش سازمان حفاظت محیط زیست، بارگزاری شده در پرتال سازمان حفاظت محیط زیست، ۸۵ ص.

1. CEE, 2015. Eco generation school kit; energy, center for environment education. 34 p.
2. Grant, T., and G. Littlejohn, 2001. Teaching About Climate Change, New Society Publishers, Green Teacher, 74 pp.
3. Institute of Energy Strategy,
4. IPCC, 2007. Climate Change, 2007. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, Martin L., Canziani, Osvaldo F., Palutikof, Jean P., van der Linden, Paul J., and Hanson, Clair E. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1000 pp.
5. U.S. Emissions Inventory, 2010. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008.

شکل‌ها و نمودارهای مورد استفاده در این بسته آموزشی، از منابع زیر اقتباس شده است:

[WWW.IPCC.ORG](http://WWW.IPCC.ORG)

[WWW.PHCE.ORG](http://WWW.PHCE.ORG)

[WWW.UNESCO.ORG](http://WWW.UNESCO.ORG)

[WWW.SANA.IR](http://WWW.SANA.IR)

[www.emergystategy.ru](http://www.emergystategy.ru)

[WWW.EPA.GOV](http://WWW.EPA.GOV)

[WWW.DOE.IR](http://WWW.DOE.IR)

[WWW.ISNA.IR](http://WWW.ISNA.IR)

[www.sinapress.ir](http://www.sinapress.ir)



## پیوست ۱:

## قانون هوای پاک (مصوب ۱۳۹۶/۴/۲۵)

ماده ۱- اصطلاحات به کار رفته در این قانون دارای معانی مشروح زیر است:

۱- آلودگی هوا: عبارت است از انتشار یک یا چند آلاینده اعم از آلاینده‌های جامد، مایع، گاز، پرتوهای یون‌ساز و غیر یون‌ساز، بو و صدا در هوای آزاد، به صورت طبیعی یا انسان‌ساخت، به مقدار و مدتی که کیفیت هوا را به گونه‌ای تغییر دهد که برای سلامت انسان و موجودات زنده، فرآیندهای بوم‌شناختی (اکولوژیکی) یا آثار و ابنیه زیان‌آور بوده و یا سبب از بین رفتن یا کاهش سطح رفاه عمومی گردد.

۲- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها: میزان مجاز خروجی آلاینده‌ها از منابع آلوده کننده هوا

۳- منابع آلوده کننده هوا به شرح زیر عبارتند از:

- منابع طبیعی: شامل توفان‌های گرد و غبار، توفان‌های شن، آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع، آتشفشان‌ها و هواویزهای دریایی می‌باشد.

- منابع انسان ساخت: شامل؛

الف) منابع متحرک: هرگونه منبعی از قبیل وسایل نقلیه موتوری و غیرموتوری که در اثر حرکت ایجاد آلودگی می‌کند.  
ب) منابع ثابت: هرگونه منبعی از قبیل صنایع، عملیات معدنی، کشاورزی، بخش‌های خدماتی، تجاری، اداری و خانگی که در محلی ثابت سبب انتشار آلاینده‌ها می‌شود.

۴- سازمان: برای رعایت اختصار، در این قانون واژه «سازمان» به جای «سازمان حفاظت محیط زیست» آورده می‌شود.  
۵- مواقع اضطراری: مواقعی است که با استمرار پایداری جوی (بر اساس اعلام سازمان هواشناسی) و یا افزایش میزان غلظت آلاینده‌ها (بر اساس اعلام وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و با همکاری سازمان) شرایط به گونه‌ای در کوتاه مدت، سلامت انسان و محیط زیست را دچار مخاطره جدی بنماید.

ماده ۲- تمامی اشخاص، دستگاه‌ها و مؤسسات اعم از دولتی و غیردولتی و دستگاه‌هایی که شمول قانون بر آن‌ها مستلزم ذکر و یا تصریح نام است و تمامی اشخاص مستقر در مناطق آزاد تجاری - صنعتی، مناطق ویژه اقتصادی، شهرک‌ها و نواحی صنعتی موظفند تا مقررات این قانون را رعایت نمایند. سازمان مسؤول نظارت بر حسن اجرای این قانون می‌باشد. آیین‌نامه فنی در زمینه کنترل و کاهش آلودگی‌های موضوع این قانون توسط سازمان تهیه و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۳- در مواقع اضطرار، سازمان با همکاری وزارت کشور و تصویب هیأت وزیران باید ممنوعیت‌ها یا محدودیت‌های موقت زمانی، مکانی و نوعی را برای پیشگیری از اثرات زیان‌بار و مقابله با منابع آلوده کننده هوا برقرار نماید و بلافاصله مراتب را از طریق رسانه‌های همگانی، به اطلاع عموم برساند. با برطرف شدن شرایط اضطراری و کاهش آلودگی هوا، سازمان نسبت به رفع ممنوعیت و محدودیت برقرارشده، اقدام و مراتب را به نحو مقتضی به عموم اطلاع می‌دهد.

تبصره ۱- میزان و نحوه جریمه نقدی و توقف واحدهای مشمول متمرکز از دستور سازمان و دارندگان وسایل نقلیه موتوری که وارد محدوده ممنوعه می‌شوند. بنابر پیشنهاد مشترک سازمان و نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران به تصویب

هیأت وزیران رسیده و جهت اقدام قانونی لازم به مجلس شورای اسلامی ارسال می‌گردد. تبصره ۲- در این شرایط تمامی دستگاه‌ها و ارگان‌های ذی‌ربط در محدوده ضوابط قانونی موظف به همکاری و رعایت الزامات اعلامی سازمان می‌باشند. مسؤولان و مدیران مستنکف از این حکم، مشمول ماده (۵۷۶) قانون مجازات اسلامی (کتاب پنجم - تعزیرات) می‌شوند.

تبصره ۳- سازمان موظف است آیین‌نامه اجرائی مدیریت شرایط اضطرار و به روزرسانی آن را با همکاری وزارتخانه‌های «بهداشت، درمان و آموزش پزشکی»، «کشور» و «صنعت، معدن و تجارت» و نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران تهیه کند و حداکثر شش ماه پس از ابلاغ این قانون به تصویب هیأت وزیران برساند.

ماده ۴- تولید انواع وسایل نقلیه موتوری و واردات آن‌ها مستلزم رعایت حدود مجاز انتشار آلاینده‌های موضوع این قانون، اعلامی از سوی سازمان می‌باشد.

استاندارد ساخت و تولید حد مجاز مصرف سوخت و واردات قطعات واجد استاندارد مرتبط با احتراق و یا مؤثر بر آلاینده‌گی وسایل نقلیه از قبیل اگزوز، صافی (فیلتر) و واکنش‌ساز (کاتالیست) توسط سازمان ملی استاندارد ایران تعیین، کنترل و نظارت می‌شود و با متخلفان برخورد قانونی صورت می‌گیرد.

شماره‌گذاری انواع وسایل نقلیه موتوری اعم از داخلی و وارداتی مستلزم رعایت حدود مجاز انتشار آلاینده‌های موضوع این قانون و أخذ تأییدیه سازمان می‌باشد. سازمان موظف است از ادامه تولید و ورود وسایل نقلیه‌ای که حدود مجاز انتشار آلاینده‌های تعریف شده موضوع این قانون را رعایت نمی‌نمایند، جلوگیری نماید. پیش فروش یا فروش این گونه وسایل نقلیه موتوری ممنوع است.

تبصره- سازمان مکلف است با همکاری سازمان ملی استاندارد ایران طی مدت اجرای قانون برنامه پنجساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها را به استاندارد روز دنیا ارتقاء دهد. ماده ۵- تمامی خودروسازهای داخلی و واردکنندگان خودروهای خارجی مکلفند خودروهای مشتریان خود را تا حداقل دو سال تمام یا چهل هزار کیلومتر (به مجرد تحقق هر کدام از آن‌ها) ضمانت (گارانتی) کامل نمایند. کلیه قطعات، لوازم و تجهیزات مکانیکی، الکترونیکی، هشداردهنده و تعویضی متعلق به خودروها که وظیفه کنترل انتشار آلاینده‌های خودرو را بر عهده دارند در طی این مدت مشمول ضمانت کامل می‌باشند و در صورت خرابی، هزینه اصلاح، تعمیر، تنظیم و تعویض قطعه، به صورت رایگان، حسب مورد بر عهده خودروساز داخلی یا نمایندگی خودروساز خارجی است.

تبصره- واردکنندگان و عرضه‌کنندگان خودروهای خارجی مکلفند علاوه بر رعایت حداقل ضمانت مندرج در این ماده، سایر خدمات و ضمانت‌های مازاد شرکت سازنده را نسبت به بهره‌برداران داخلی اعمال نمایند.

ماده ۶- به منظور اطمینان از صحت عملکرد خودرو در زمینه‌های فنی و ایمنی و کنترل آلاینده‌های هوا و صدا، انجام معاینه فنی کلیه وسایل نقلیه موتوری اعم از سبک، نیمه سنگین، سنگین، موتورسیکلت که توسط بخش‌های دولتی، عمومی و غیردولتی به کار گرفته می‌شوند، در دوره‌های زمانی منظم و توسط مراکز مورد تأیید سازمان الزامی است.

تبصره ۱- دوره معافیت انجام معاینه فنی، از زمان تولید، برای وسایل نقلیه شخصی و دولتی چهارسال و برای وسایل نقلیه عمومی یکسال تعیین می‌شود.

راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی موظف است در صورتی که دارنده وسایل نقلیه موضوع این ماده با اتمام دوره معافیت یا انقضای اعتبار گواهی معاینه فنی از مراجعه به مراکز مجاز معاینه فنی و دریافت گواهی معاینه فنی خودداری نماید، ضمن متوقف نمودن خودرو، در ازای هر روز تردد بدون گواهی مذکور، نسبت به صدور قبض جرمه مطابق با قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی جهت دارنده خودرو اقدام نماید.

تبصره ۲- در صورتی که متصدیان و کارکنان مراکز مجاز معاینه فنی و یا مأموران و ناظران بر عملکرد آنان، بر خلاف مقررات موضوع این ماده، اقدام به صدور گواهی معاینه فنی نمایند به حداکثر مجازات جرم صدور گواهی خلاف واقع، موضوع ماده (۵۴۰) قانون مجازات اسلامی (کتاب پنجم - تعزیرات و مجازات‌های بازدارنده مصوب ۲/ ۳/ ۱۳۷۵ و اصلاحات و الحاقات بعدی) محکوم می‌شوند.

تبصره ۳- مراکز معاینه فنی که از ضوابط تأسیس، فعالیت و تعرفه انجام معاینات مربوط تخلف نمایند با اعلام سازمان، وزارت کشور یا وزارت راه و شهرسازی به جزای نقدی درجه شش موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی مصوب ۱/ ۲/ ۱۳۹۲ محکوم و در صورت تکرار تخلف حسب مورد به تعلیق پروانه فعالیت از یک ماه تا یکسال و یا لغو دائم پروانه فعالیت محکوم می‌شوند.

وجوه حاصل از اجرای این ماده پس از واریز به خزانه در چهارچوب قوانین بودجه سنواتی جهت ساماندهی، آموزش و ارتقای نظارت بر مراکز معاینه فنی توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و سازمان راه‌آورداری و حمل و نقل جاده‌ای به مصرف می‌رسد.

تبصره ۴- نرخ بهای خدمات صدور گواهی معاینه فنی موضوع این ماده توسط وزارتخانه‌های کشور و راه و شهرسازی تعیین و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

تبصره ۵- صدور گواهی معاینه فنی وسایل نقلیه ریلی، هوایی و دریایی بر اساس استانداردها و ضوابط سازمان‌های بین‌المللی مرتبط توسط دستگاه اجرائی ذی‌ربط انجام می‌گیرد و مسؤولیت کنترل و نظارت بر گواهینامه مذکور بر عهده سازمان است.

تبصره ۶- فروشندگان خودرو مکلفند در هنگام انجام معامله، نسبت به ارائه گواهی معتبر معاینه فنی اقدام نمایند.

ماده ۷- شهرداری‌ها، نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران، وزارتخانه‌ها و سازمان‌های ذی‌ربط موظفند نحوه تردد وسایل نقلیه موتوری و سامانه (سیستم) حمل و نقل شهری را به صورتی طراحی و ساماندهی کنند که ضمن کاهش آلودگی هوا جوابگوی سفرهای روزانه شهری باشد.

تبصره - آیین‌نامه اجرائی این ماده که در برگیرنده ساعات و محدوده مجاز تردد شهری، پیش‌بینی استفاده مطلوب و بیشتر از وسایل نقلیه عمومی می‌باشد توسط وزارت کشور، نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران و سازمان حداکثر ظرف مدت سه ماه از تاریخ ابلاغ این قانون تهیه می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۸- تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی مالک وسایل نقلیه موتوری اعم از سبک، نیمه سنگین، سنگین، موتورسیکلت مکلفند وسایل نقلیه خود را پس از رسیدن به سن فرسودگی از رده خارج کنند و مسؤولیت خود را از این جهت، نزدیکی از مؤسسات بیمه داخلی تحت نظارت بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران بیمه کنند. تعیین سن فرسودگی و بیمه انواع

وسایل نقلیه موتوری موضوع این ماده بر اساس آیین‌نامه‌ای است که حداکثر ظرف مدت سه ماه پس از ابلاغ این قانون به پیشنهاد مشترک سازمان و وزارت صنعت، معدن و تجارت و سازمان ملی استاندارد ایران و بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

حمل بار و مسافر، صدور گواهی معاینه فنی، تخصیص بیمه شخص ثالث، خرید و فروش، نقل و انتقال و تردد وسایل نقلیه موتوری فرسوده ممنوع می‌باشد. پلیس راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران خودروهای فرسوده را به ازای هر روز تردد با عنوان ورود و تردد وسایل نقلیه غیرمجاز در معابر، محدوده‌ها و مناطقی که ممنوع اعلام شده است، جریمه می‌کند.

تبصره ۱- دولت موظف است از محل صرفه‌جویی حاصل از بهبود و مدیریت سوخت ناشی از اجرای این قانون، ساز و کار و تسهیلات لازم جهت جایگزینی خودروهای فرسوده حمل و نقل عمومی با خودروهای نو را فراهم کند.

تبصره ۲- دولت مکلف است در بودجه سالانه ردیفی به منظور اعطای تسهیلات ارزان قیمت جهت جایگزین کردن خودروها و موتورسیکلت‌های فرسوده موجود با کارمزد چهاردرصد (۴٪) با بازپرداخت ده ساله تعیین کند و به تصویب مجلس شورای اسلامی برساند.

ماده ۹- وزارت کشور موظف است با همکاری وزارتخانه‌های صنعت، معدن و تجارت و امور اقتصادی و دارایی (گمرک جمهوری اسلامی ایران)، زمینه نوسازی ناوگان حمل و نقل عمومی شهری با اولویت شهرهای بالای دویست هزار نفر جمعیت را ظرف مدت پنج سال از محل منابع درآمدی ماده (۶) این قانون از طریق کمک بلاعوض، یارانه، تسهیلات یا صفر نمودن سود بازرگانی واردات خودروهای برقی - بنزینی (هیبریدی) و خودروهای الکتریکی و موتورسیکلت برقی، به انجام برساند.

تبصره- خودروهای برقی - بنزینی، موتورسیکلت و خودروهای الکتریکی تولید داخل از پرداخت مالیات بر ارزش افزوده معاف می‌باشند.

ماده ۱۰- وزارت کشور موظف است از محل درآمدهای عمومی شهرداری‌ها و بودجه عمومی خود در قانون بودجه (هر یک به میزان پنجاه درصد)، ناوگان حمل و نقل عمومی درون شهری را به میزان سالانه پنج درصد (۵٪) با اولویت کلانشهرها و شهرهای بالای پانصد هزار نفر جمعیت افزایش دهد.

ماده ۱۱- هرگونه احداث، توسعه، تغییر خط تولید و تغییر محل واحدهای تولیدی، صنعتی و معدنی مستلزم رعایت مقررات ابلاغی از سوی سازمان می‌باشد. سازمان موظف است حداکثر ظرف مدت یک ماه به استعلام‌های درخواست جواز تأسیس و بهره‌برداری را پاسخ دهد و در صورت عدم موافقت آن سازمان، دلایل آن را به استعلام کننده به صورت کتبی ارائه کند. عدم پاسخ در مدت یادشده، به منزله تأیید می‌باشد.

در هر استان کمیسیونی با عضویت یکی از معاونان استاندار با تعیین استاندار (رئیس)، مدیرکل محیط زیست استان (دبیر)، مدیرکل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان، مدیرکل صنعت، معدن و تجارت استان، رئیس سازمان جهادکشاورزی استان، مدیرکل سازمان بازرسی استان و فرماندار مربوطه تشکیل می‌شود.

در صورت اعتراض متقاضی مرجع استانی فوق به اختلافات فیما بین حداکثر ظرف مدت یک ماه رسیدگی می‌کند و در

صورت آلاینده نبودن (بر اساس قوانین و دستورالعمل‌های ابلاغی سازمان)، مجوز مقتضی را صادر و در غیر این صورت تقاضا را رد می‌کند. دبیرخانه کمیسیون در اداره کل حفاظت محیط زیست هر استان مستقر می‌باشد.

تبصره ۱- کمیسیون مکلف است مبنای نظرات خود را در مورد موضوع این ماده از جمله در خصوص محدوده، حریم و فاصله با شهر و روستا را صرفاً با توجه به آلاینده‌گی آن‌ها تعیین کند.

تبصره ۲- متخلفان از مصوبات و تصمیمات سازمان و کمیسیون (در صورت بررسی در کمیسیون) ضمن پرداخت جریمه رفع آلاینده‌گی، مکلف به جبران خسارت وارده می‌باشند.

در صورت عدم جبران و یا ترمرد از تصمیمات سازمان و یا کمیسیون، موضوع مجدداً در کمیسیون مطرح می‌شود و با تصویب کمیسیون، ضمن توقف فعالیت با شکایت اداره کل محیط زیست متخلف به مرجع قضائی معرفی می‌شود و با حکم این مرجع به جزای نقدی درجه چهار موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی محکوم می‌شود.

تبصره ۳- واحدها و پروژه‌های بزرگ و متوسط درحال فعالیت یا جدید که برحسب قوانین و مقررات مشمول ارزیابی زیست محیطی می‌باشند، موظف به نصب و راه‌اندازی سامانه‌های پایش برخط لحظه‌ای (آنلاین) و ارسال اطلاعات روزآمد به مرکز پایش سازمان می‌باشند. صدور و تمدید پروانه‌های بهره‌برداری آن‌ها، منوط به اجرای این تبصره است.

تبصره ۴- کلیه مراکز، واحدهای صنعتی و تولیدی، حسب تشخیص سازمان مکلفند نسبت به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری آلودگی هوا، در فاصله زمانی ممکن و در چهارچوب خوداظهاری، در پایش اقدام کنند.

ماده ۱۲- سازمان مکلف است که تمامی مراکز و واحدهای صنعتی، تولیدی، عملیات معدنی، خدماتی، عمومی و کارگاهی را که آلودگی آن‌ها بیش از حد مجاز مصوب است، مشخص نموده و مراتب را با تعیین نوع، میزان آلودگی، وسعت منطقه تحت تأثیر و حساسیت منطقه به مالکان یا مسؤولان یا مدیران عامل و یا بالاترین مقام تصمیم‌گیر واحد ابلاغ کند تا در مهلت معینی که توسط سازمان تعیین می‌شود نسبت به رفع آلودگی یا تغییر تولید یا تغییر فرآیند تولید یا تعطیلی کار و فعالیت خود (براساس نوع آلودگی و ماهیت فرآیند کنترلی) اقدام نمایند. در طی مدت تعیین تکلیف این واحدها، طبق مفاد این قانون، به واحدهای مذکور، جریمه ایجاد و انتشار آلودگی تعلق می‌گیرد.

تبصره ۱- تصمیم‌گیری در خصوص تعطیلی کامل کار و فعالیت کارخانجات، معادن بزرگ و واحدهای آلاینده بزرگ که تأثیرات ملی و منطقه‌ای دارند بر عهده ستادی متشکل از وزیر صنعت، معدن و تجارت، رئیس سازمان، استاندار و بالاترین مقام دستگاه ذی‌ربط است.

تبصره ۲- در صورت عدم اجرای مفاد این ماده، در پایان مهلت مقرر، سازمان از ادامه فعالیت آن‌ها جلوگیری نموده و متخلف را جهت پیگرد قضائی، طبق مفاد این قانون به مرجع صالح قضائی معرفی می‌کند. واحد تولیدی علاوه بر جبران خسارات وارده به پرداخت جریمه نقدی معادل سه تا پنج برابر خسارات وارده به محیط زیست محکوم می‌شود. مجازات مقرر در این تبصره در خصوص مالکان، مسؤولان و مدیران کارخانجات، واحدها و کارگاه‌های تولیدی، صنایع نفتی و گازی، نیروگاه‌ها و سایر واحدهای تولیدی، خدماتی و معدنی آلوده کننده نیز که پس از تعطیلی، رأساً و بدون کسب اجازه از سازمان مبادرت به بازگشایی و ادامه فعالیت آن‌ها نمایند، اعمال می‌شود.

تبصره ۳- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا توسط سازمان پیشنهاد می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۱۳- حداکثر یک سال پس از لازم‌الاجراء شدن این قانون، تمامی مراکز صنعتی، تولیدی، عملیات معدنی، خدماتی، عمومی و کارگاهی اعم از دولتی و غیردولتی موظفند از سوخت استاندارد مصوب استفاده کنند. در صورت عدم وجود سوخت مناسب، واحدهای مذکور مکلفند به هر نحو ممکن ترتیبی اتخاذ نمایند تا آلاینده‌های منتشره، در حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا باشد.

ماده ۱۴- در مواردی که کاهش یا از بین بردن آلودگی ناشی از مراکز صنعتی، تولیدی، معدنی، خدماتی، عمومی و کارگاهی به تشخیص سازمان فقط از طریق انتقال تمام یا بخشی از خطوط تولید یا تأسیسات یا اماکن آنها به نقاط مناسب امکان‌پذیر می‌باشد و یا فعالیت مراکز مذکور در مناطق مسکونی سلامت ساکنان آن مناطق را به خطر بیندازد، مالکان و مدیران واحد موظفند در مهلت تعیین شده در طرح انتقال، نسبت به انتقال واحد مربوطه اقدام کنند. مستتکف از مفاد این ماده به پرداخت جزای نقدی معادل سه درصد (۳٪) درآمد سالانه ناخالص همان واحد محکوم می‌شود.

تبصره- مکان، زمان، مهلت و منابع اعتباری و تسهیلات و تشویقات لازم جهت انتقال واحدهای فوق‌الذکر بر اساس آیین‌نامه‌ای است که با پیشنهاد سازمان و با همکاری وزارتخانه‌های ذی‌ربط حداکثر ظرف مدت سه ماه از تاریخ ابلاغ این قانون تهیه می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۱۵- شهرک‌ها، مراکز و واحدهای صنعتی و تولیدی جدیدالاحداث مکلفند برحسب اقلیم، حداقل ده درصد (۱۰٪) از فضای تخصیص داده شده جهت احداث واحد مربوطه را به ایجاد فضای سبز مشجر و غرس درختان مناسب منطقه اختصاص دهند. بهره‌برداری از واحدهای مذکور منوط به رعایت این ماده و تأیید آن توسط سازمان است.

ماده ۱۶- کسانی که از انجام بازرسی مأموران سازمان برای نمونه‌برداری و تعیین میزان آلودگی ناشی از فعالیت مراکز صنعتی، تولیدی، معدنی، خدماتی، عمومی و کارگاهی ممانعت کنند و یا اسناد و مدارک و اطلاعات مورد نیاز سازمان را در اختیار ایشان نگذارند و یا اسناد و مدارک و اطلاعات خلاف واقع ارائه نمایند، به حداقل جزای نقدی درجه هفت و در صورت تکرار به حداقل جزای نقدی درجه چهار موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی محکوم می‌شوند.

تبصره ۱- تمامی مراکز و واحدهای متوسط پنجاه نفر به بالا موضوع این قانون برای انجام امور مربوط به نمونه‌برداری، اندازه‌گیری، پایش و کنترل مستمر آلودگی هوا مکلف به ایجاد واحد سلامت، بهداشت و محیط زیست (HSE) و به کارگیری متخصص محیط زیست می‌باشند.

تبصره ۲- آزمایشگاه‌های معتمد و همکار نیز در صورت ارائه گزارش غیرواقع، به جزای نقدی درجه شش موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی محکوم و در صورت تکرار، تعلیق یا لغو امتیاز می‌شوند.

تبصره ۳- بازرسی سازمان از مراکز طبقه‌بندی شده، مطابق آیین‌نامه‌ای است که به پیشنهاد مشترک سازمان، وزارتخانه‌های «دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح» و «اطلاعات» و سازمان انرژی اتمی حداکثر ظرف مدت سه ماه از تاریخ ابلاغ این قانون تهیه می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۱۷- تمامی بهره‌برداران منابع ثابت آلوده کننده هوا، ملزم به رعایت حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در موتورخانه‌ها و سامانه‌های احتراقی خود هستند. همچنین این مراکز مکلفند ضمن اتخاذ تدابیر لازم جهت جلوگیری از انتشار آلاینده‌ها در هوای آزاد، از سوخت مناسب (ترجیحاً گاز شهری) استفاده کنند و ملزم به انجام معاینه فنی سالانه سامانه موتورخانه و



سامانه‌های احتراقی توسط شرکتهای تأیید صلاحیت شده از سوی سازمان ملی استاندارد ایران، مطابق با حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها می‌باشند.

تبصره ۱- مالکان، مسؤولان یا رؤسای مراکز اداری، بهداشتی، درمانی، خدماتی، عمومی و تجاری که موجبات آلودگی هوا را فراهم کنند در صورتی که پس از یک مرتبه تذکر کتبی توسط سازمان، اقدامی برای رفع آلودگی در مهلت مقرر انجام ندهند، به جزای نقدی درجه هشت موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی حسب مورد محکوم می‌شوند و در صورت تکرار، علاوه بر حداکثر جزای نقدی مذکور، با درخواست سازمان و حکم مرجع قضائی صالح به تعطیلی موقت از شش ماه تا دوسال محکوم می‌شوند.

تبصره ۲- منابع آلاینده خانگی در کلانشهرهای بالای پانصد هزار نفر جمعیت، صرفاً مشمول جزای نقدی می‌شوند.  
تبصره ۳- آیین‌نامه اجرائی این ماده از جمله روش‌های تشویقی در مرحله نخست و سپس روش‌های الزام‌آور و نحوه نظارت بر اجرای آن و هزینه‌های معاینات مراکز معاینه‌های دوره‌ای موضوع این ماده توسط سازمان با همکاری وزارتخانه‌های نفت، کشور، راه و شهرسازی، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان ملی استاندارد ایران ظرف مدت سه ماه از تاریخ ابلاغ این قانون تدوین می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۱۸- وزارت نفت مکلف است حداکثر تا سه سال پس از لازم‌الاجراء شدن این قانون، سوخت تولیدی کشور از جمله بنزین، نفت گاز، نفت کوره و نفت سفید را مطابق با استاندارد ملی مصوب عرضه کند. سازمان مکلف است از تولید سوخت غیراستاندارد جلوگیری نماید.

پس از مهلت موضوع این قانون، سازمان ملی استاندارد موظف است از واردات سوخت فاقد استاندارد ملی جلوگیری به عمل آورد. وزارت نفت، سازمان ملی استاندارد ایران و سازمان موظفند گزارش عملکرد موضوع این ماده را هر شش ماه یکبار منتشر کنند.

ماده ۱۹- وزارت نیرو مکلف است نسبت به توسعه، تولید و عرضه انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک بهینه به نحوی اقدام نماید که حداقل سی درصد (۳۰٪) افزایش سالانه ظرفیت مورد نیاز برق کشور از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین شود.

ماده ۲۰- انباشت پسماندهای بیمارستانی و صنعتی در معابر عمومی و فضای باز یا سوزاندن آن‌ها و انباشتن پسماندهای خانگی و ساختمانی در معابر عمومی و فضای باز خارج از مکان‌های تعیین شده توسط شهرداری‌ها و دهیاری‌ها یا سوزاندن آن‌ها و همچنین سوزاندن بقایای گیاهی اراضی زراعی پس از برداشت محصول ممنوع بوده و متخلف حسب مورد به جزای نقدی درجه شش موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی محکوم می‌شود.

وزارت جهاد کشاورزی مکلف است مفاد این ماده را به طرق مقتضی به اطلاع بهره‌برداران بخش کشاورزی، عشایری و منابع طبیعی برساند.

تبصره ۱- تعاریف پسماندهای مندرج در این ماده مطابق قانون مدیریت پسماند مصوب ۱۳۸۳/۲/۲۰ می‌باشد.

تبصره ۲- دولت و شهرداری‌ها موظفند ظرف مدت سه سال پس از ابلاغ این قانون برای شهرهای مختلف زمینه‌های تبدیل این پسماندها به انرژی یا کود را با کمک بخش خصوصی فراهم کنند.

تبصره ۳- در موارد استثنائی که آتش زدن نباتات یا بقایای گیاهی تنها راه دفع آفات و بیماری‌ها و آلودگی‌های گیاهی

باشد، براساس شرایطی که توسط وزارت جهادکشاورزی و با تأیید سازمان تدوین و ابلاغ میشود، اقدام می‌گردد. ماده ۲۱- وزارت راه و شهرسازی موظف است هنگام تهیه طرح‌های جامع و تفصیلی شهرها، شهرک‌ها و شهرهای جدید و طرح‌های هادی روستایی یا توسعه این مناطق، به نحوی برنامه‌ریزی کند که فصل جداگانه‌ای از مطالعات طرح به بررسی مسائل زیست محیطی اختصاص یابد و طراحی شهرها و شهرک‌ها و مجتمع‌های مسکونی از نظر فضای سبز و فضای باز، همجواری کاربری‌ها و رعایت حریم‌های قانونی، شبکه معابر و حمل و نقل، ضوابط تراکم ساختمانی، متناسب با شرایط اقلیمی، معیارهای زیست محیطی مورد تأیید سازمان و ضوابط، شرایط و استانداردهای پیوست سلامت مورد تأیید وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی باشد.

ماده ۲۲- حداکثر تا ده سال پس از ابلاغ این قانون، شهرداری‌های شهرهای بالای پنجاه هزار نفر جمعیت موظفند با همکاری وزارت نیرو و ادارات منابع طبیعی شهرستان، سرانه فضای سبز خود را حداقل به پانزده مترمربع برسانند. تولید و تأمین نهال مورد نیاز (گونه‌های با نیاز آب کم، مقاوم و بومی) بر عهده ادارات منابع طبیعی و عملیات کاشت، نگهداری و بهره‌برداری بر عهده شهرداری‌ها می‌باشد. وزارت نیرو موظف به تأمین منابع آب مورد نیاز از محل پساب شهر ذی‌ربط، مشروط به استفاده از روش‌های نوین آبیاری توسط شهرداری می‌باشد.

آیین‌نامه اجرائی این ماده ظرف مدت شش ماه از تاریخ ابلاغ این قانون توسط وزارت کشور با همکاری وزارتخانه‌های نیرو، جهادکشاورزی، راه و شهرسازی و سازمان تهیه می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد. ماده ۲۳- دولت مکلف است با رعایت اصل هفتاد و هفت (۷۷) قانون اساسی به منظور ایجاد همکاری منطقه‌ای و بین‌المللی جهت جلوگیری از ایجاد رخداد گرد و غبار و نیز کاهش خسارات و پیامدهای مخرب آن در سطح کشور و منطقه با هماهنگی و همکاری نهادهای بین‌المللی ذی‌ربط و مشارکت کشورهای مؤثر و متأثر منطقه، اقدامات لازم را به عمل آورد.

ماده ۲۴- وزارت جهادکشاورزی (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری) مکلف است علاوه بر اجرای طرح‌های بیابان‌زدایی مقرر، جهت مهار کانون‌های مستعد بیابان‌زایی و تولید گرد و غبار در داخل کشور رأساً یا با مشارکت مردم، دستگاه‌های اجرائی محلی و سازمان‌های بین‌المللی با رعایت اصل هفتاد و هفت (۷۷) قانون اساسی و سازمان‌های مردم‌نهاد داخلی، سالانه حداقل معادل سیصد هزار هکتار نسبت به اجرای اقدامات مقابله با پدیده گرد و غبار با اولویت عملیات بیابان‌زدایی در مناطق بحرانی و کانون‌ها و زیست بوم‌های حساس اقدام کند. دولت مکلف است اعتبارات مورد نیاز برای اجرای عملیات موضوع این ماده را هر ساله در بودجه‌های سالانه منظور نماید.

ماده ۲۵- سازمان مکلف است با همکاری وزارت نیرو نیاز آبی زیست محیطی رودخانه‌ها، تالاب‌ها، خورها، دریاچه‌ها و زیست بوم‌ها را تعیین و وزارت نیرو متناسب با شرایط ترسالی، عادی و خشکسالی سالانه نسبت به تخصیص حق‌آبه موارد فوق اقدام کند.

ماده ۲۶- وزارت راه و شهرسازی (سازمان هواشناسی کشور) با همکاری سازمان مکلف است، حداکثر ظرف مدت دو سال پس از ابلاغ این قانون، شبکه ملی هشدار و پیش‌آگاهی رخدادهای سیل، طوفان و گرد و غبار را تکمیل کند.

ماده ۲۷- وزارتخانه‌های جهادکشاورزی (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری)، راه و شهرسازی و کشور از محل اعتبارات

مندرج در ردیف‌های بودجه‌ای و شهرداری‌ها و دهیاری‌ها از محل منابع مالی در اختیار اعم از عوارض و وجوه عمومی طی پنج سال که به تأیید سازمان می‌رسد، مکلفند حریم سبز بزرگراه‌ها و کمربند سبز شهرها و روستاهای تحت تأثیر رخدادهای گرد و غبار را با روش آبیاری مدرن و با اولویت استفاده از پساب‌های شهری و روستایی، ایجاد نمایند.

تبصره ۱- وزارت نیرو مکلف است منابع آب مورد نیاز را از آب مازاد حاصل از تغییر روش آبیاری سنتی به روش آبیاری نوین در مناطق موضوع این ماده تأمین کرده و تخصیص دهد و در صورت کسری منابع، تخصیص لازم را از محل پساب تولیدی یا منابع دیگر تأمین کند.

تبصره ۲- وزارت کشور (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور) مکلف است حداقل بیست درصد (۲۰٪) از منابع در اختیار خود را به توسعه کمربند سبز موضوع این ماده اختصاص دهد و به شهرداری‌ها و دهیاری‌ها پرداخت نماید.

ماده ۲۸- سازمان صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران و سایر رسانه‌های دولتی مکلفند برنامه‌های تولیدشده در زمینه فرهنگ‌سازی، ظرفیت‌سازی، آموزش و اطلاع‌رسانی مورد تأیید از سوی سازمان در خصوص آگاهی و مقابله با پدیده آلودگی هوا، رخدادهای گرد و غبار را در صورتی که ضوابط رسانه‌ای در آن رعایت شده باشد، در قالب برنامه‌های آگهی و یا آموزشی رسانه‌ای با أخذ پنجاه درصد (۵۰٪) بها، اطلاع‌رسانی و پخش کنند. طریقه جبران هزینه سازمان صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران و سایر رسانه‌های دولتی در بودجه سالانه پیش‌بینی می‌شود.

ماده ۲۹- ایجاد هر گونه آلودگی صوتی توسط منابع ثابت و متحرک، ممنوع می‌باشد. در مورد منابع ثابت، مرتکب به جزای نقدی درجه هفت موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی محکوم می‌شود.

تبصره ۱- نیروی انتظامی مکلف است راننده وسایل نقلیه موتوری را برای بار اول ملزم به پرداخت جریمه نقدی معادل یک میلیون (۱/۰۰۰/۰۰۰) ریال، در صورت تکرار برای بار دوم به پرداخت دو برابر جریمه مذکور و در صورت تکرار بیش از دو بار، به پرداخت جریمه نقدی معادل سه میلیون (۳/۰۰۰/۰۰۰) ریال محکوم نماید.

تبصره ۲- آیین‌نامه اجرائی این ماده توسط سازمان و با همکاری دستگاه‌های مربوطه حداکثر ظرف مدت سه ماه از تاریخ ابلاغ این قانون تهیه می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۳۰- سازمان مکلف است با همکاری سازمان انرژی اتمی ایران و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات نسبت به جلوگیری از انتشار خارج از حدود تعیین شده کلیه امواج رادیویی، الکترومغناطیسی، پرتوهای یون‌ساز و غیر یون‌ساز اقدام و به منظور حصول اطمینان از عدم افزایش میزان و شدت امواج و پرتوهای یون‌ساز و غیر یون‌ساز از حدود تعیین شده در هوای آزاد، شبکه پایش مربوطه را راه‌اندازی کند.

اشخاص حقیقی و حقوقی که حدود تعیین شده انتشار امواج و پرتوهای موضوع این ماده را رعایت نکنند، برای اولین بار به جزای نقدی درجه پنج موضوع ماده (۱۹) قانون مجازات اسلامی محکوم و در صورت تکرار علاوه بر حداکثر جزای نقدی، به ضبط اموال و تجهیزات مرتبط نیز محکوم می‌شوند.

تبصره- حدود تعیین شده انتشار امواج و پرتوهای موضوع این ماده توسط سازمان انرژی اتمی ایران و با همکاری مشترک سازمان، وزارتخانه‌های ارتباطات و فناوری اطلاعات و بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان ملی استاندارد ایران با رعایت ماده (۲۲) قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب ۱۳۶۸ ظرف مدت شش ماه از تاریخ ابلاغ این قانون تدوین

می‌شود و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۳۱- نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران و یگان حفاظت سازمان مکلفند به عنوان ضابط دادگستری، در موارد وقوع جرائم مشهود مذکور در این قانون رأساً یا در صورت اعلام سازمان یا با اطلاع از وقوع جرائم غیرمشهود مندرج در این قانون با نظر دادستان شهرستان ذی‌ربط اقدام لازم را در چهارچوب قوانین و مقررات با واحدهای آلوده کننده یا اشخاص حقیقی یا حقوقی مربوط به عمل آورند.

ماده ۳۲- برای رسیدگی به تخلفات و جرائم موضوع این قانون، به تشخیص رئیس قوه قضائیه شعبه‌ای تخصصی در هر حوزه قضائی اختصاص می‌یابد.

تبصره ۱- آن دسته از کارکنان سازمان که دوره آموزش ضابط دادگستری را زیر نظر دادستان مربوط طی کرده باشند، برای اجرای مفاد این قانون به عنوان ضابط دادگستری تعیین می‌شوند.

تبصره ۲- وزارت جهاد کشاورزی (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری) و سازمان، در دعاوی حقوقی و کیفری ناشی از فعالیت‌ها، وظایف و تکالیف قانونی مربوطه موضوع این قانون، از پرداخت هرگونه هزینه دادرسی معاف هستند.

ماده ۳۳- صد درصد (۱۰۰٪) درآمدهای حاصل از اجرای این قانون به حساب خزانه‌داری کل کشور واریز تا صرفاً در قالب بودجه سنواتی جهت تکالیف این قانون و مقابله با منابع آلوده کننده هوا هزینه شود. بیست درصد (۲۰٪) از وجوه مذکور از طریق مؤسسه عمومی غیردولتی صندوق ملی محیط زیست به منظور ارائه تسهیلات به منابع آلاینده هوا جهت رفع و کاهش آلودگی هوا اختصاص می‌یابد.

تعدیل میزان جریمه خسارت‌های وارده به محیط زیست مندرج در این قانون هر دو سال یکبار توسط سازمان با همکاری دستگاههای ذی‌ربط تهیه و در لایحه بودجه به تصویب مجلس شورای اسلامی می‌رسد.

ماده ۳۴- از تاریخ لازم‌الاجراء شدن این قانون، قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۷۴/۲/۳ و اصلاحات و الحاقات بعدی آن، تصمیم قانونی راجع به آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۵۴/۴/۲۹ کمیسیون‌های مشترک مجلسین، قانون راجع به اجازه تأسیس مؤسسه استاندارد ایران مصوب ۱۳۳۹/۳/۲، قانون مواد الحاقی به قانون تأسیس مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و اساسنامه مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب نسخ و اصلاحات ذیل اعمال می‌گردد:

الف) متن ذیل به انتهای بند (۲۰) قانون شهرداری‌ها مصوب ۱۳۳۴/۴/۱۱ کمیسیون‌های مشترک مجلسین الحاق می‌شود: «این بند با رعایت قانون هوای پاک اجرائی می‌گردد.»

ب) در تبصره (۱) ماده (۲) قانون حمایت از حقوق مصرف‌کنندگان خودرو مصوب سال ۱۳۷۴ عبارت «یکسال» به «دو سال» و «سی هزار کیلومتر» به «چهل هزار کیلومتر» اصلاح می‌شود.

پ) در ماده (۹) قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی مصوب ۱۳۸۹/۱۲/۸ عبارت «بیش از پنج سال» به عبارت «برای خودروهای شخصی و دولتی چهار سال و برای وسایل نقلیه عمومی یکسال» اصلاح می‌شود.

## پیوست ۲:

### استاندارد هوای پاک ایران مصوب مرداد ماه ۱۳۸۸

نوع آلاینده	۱۳۹۰		حداکثر مجاز برای تکرار در یک سال
	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
مونوکسید کربن (CO)			
حداکثر ۸ ساعته	۹	۱۰۰۰۰	-
حداکثر ۱ ساعته	۳۵	۴۰۰۰۰	-
دی اکسید گوگرد ( $\text{SO}_2$ )			
سالانه	۰/۰۰۷	۲۰	-
حداکثر ۲۴ ساعته	۰/۰۳۷	۱۰۰	۳ بار
دی اکسید نیتروژن ( $\text{NO}_2$ )			
سالانه	۰/۰۲۱	۴۰	-
$\text{PM}_{10}$			
سالانه	-	۲۰	-
حداکثر ۲۴ ساعته	-	۵۰	۷ بار
$\text{PM}_{2.5}$			
سالانه	-	۱۰	-
حداکثر ۲۴ ساعته	-	۲۵	-
اوزن ( $\text{O}_3$ )			
حداکثر ۸ ساعته	-	-	-
حداکثر ۱ ساعته	۰/۰۵	۱۰۰	۲۰ بار
سرب (Lead)			
سالانه	-	۵	-
بنزن			
سالانه	-	۵	-
بنزوالفا پائین			
سالانه	-	۱ ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	-

## استاندارد هوای پاک ایران مصوب ۱۳۹۵

حداکثر مجاز برای تکرار در یک سال	۱۳۹۵		نوع آلاینده
	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
هیچ گونه شاخصی اعلام نشده است	مونوکسیدکربن (CO)		
	۹	۱۰۰۰۰	حداکثر ۸ ساعته
	۳۵	۴۰۰۰۰	حداکثر ۱ ساعته
	دی اکسیدگوگرد (SO <sub>2</sub> )		
	۰/۰۷۵	۱۹۶	حداکثر یک ساعته
	۰/۱۴	۳۹۵	حداکثر ۲۴ ساعته
	دی اکسیدنیتروژن (NO <sub>2</sub> )		
	۰/۰۵۳	۱۰۰	سالانه
	۰/۱	۲۰۰	حداکثر یک ساعته
	PM <sub>۱۰</sub>		
	-	-	سالانه
	-	۱۵۰	حداکثر ۲۴ ساعته
	PM <sub>۲.۵</sub>		
	-	۱۲	سالانه
	-	۳۵	حداکثر ۲۴ ساعته
	اوزن (O <sub>3</sub> )		
	۰/۰۷۵	۱۵۹	حداکثر ۸ ساعته
	-	-	حداکثر ۱ ساعته
	سرب (Lead)		
	-	۰/۵	سالانه
	-	۰/۱۵	میانگین سه ماهه متحرک
	بنزن		
	-	۵	سالانه







# Climate Change



## Environmental Literacy Training Toolkit for Educators and Facilitators



سازمان حفاظت محیط زیست  
معاونت آموزش و مشارکت های مردمی  
مرکز آموزش محیط زیست و ترمیم محیطیان