

# زمین بان

گاهنامه شماره ۲



دانشگاه علوم پزشکی کرمان

تغییر از امروز برای فردایی سبزتر...

بهار ۱۴۰۴

صاحب امتیاز : جناب آقای دکتر مجید هاشمی

موسس و مدیر مسئول : خانم فاطمه رحیمی

سر دبیر : سرکار خانم دکتر مریم دولت آبادی

دبیر علمی : خانم فاطمه رحیمی

طراح : خانم راضیه ارم روشن

هیئت تحریریه :

خانم فاطمه شیروانی

خانم فاطمه رحیمی

خانم سعیده مرادعلی زاده

خانم ندا ادهمی

خانم حنانه ترک زاده

خانم انیس خاج غنی

خانم محدثه السادات حسینی مقدم

خانم فاطمه حسن زاده

شماره مجوز : ۱۲۱۲/۵۰/۱۰

گاهنامه علمی، فرهنگی و اجتماعی / جلد ۲

## فهرست

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| سخن سردبیر                                            | ۳  |
| پیش گفتار                                             | ۴  |
| گفت و گو با اساتید                                    | ۵  |
| فلزات سنگین در غذاهای دریایی                          | ۸  |
| سلول سوختی میکروبی                                    | ۱۱ |
| تخلیه پساب صفر (ZLD) و تخلیه پساب<br>حداقل (MLD)      | ۱۵ |
| تأثیر بهداشتی و زیست محیطی دفع زباله های<br>پلاستیکی  | ۱۸ |
| پایش کیفیت هوا با استفاده از هوش مصنوعی               | ۲۲ |
| بازیافت لیتیوم از باتری های لیتیوم - یونی             | ۲۷ |
| بررسی فرایند گازسازی پلاسما برای تولید انرژی از زباله | ۳۲ |
| منابع                                                 | ۳۶ |

جهان امروز بیش از هر زمان دیگری نیازمند آگاهی و اقدام در برابر تهدیدهای زیست‌محیطی است. در چنین شرایطی، هر ایده و هر تجربه می‌تواند چراغ راهی برای آینده‌ای سالم‌تر باشد. امروزه پیچیدگی فزاینده مسائل زیست‌محیطی نظیر آلودگی منابع آب‌وهوا، مدیریت ناکارآمد پسماند، تغییرات اقلیمی و گسترش آلاینده‌های نوظهور، توجه به این حوزه را، دوچندان کرده است. در چنین بستری، نقش تحقیقات علمی در شناسایی ریشه‌های بحران، ارائه راهکارهای کارآمد و هدایت سیاست‌گذاری‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. نشریه «زمین بان» باهدف توسعه دانش تخصصی، ارتقاء سطح علمی جامعه دانشگاهی و تقویت پیوند میان پژوهش و عمل در حوزه‌های مرتبط با سلامت و بهداشت محیط منتشر می‌شود. این نشریه می‌کوشد با انتشار مطالب علمی فضای مناسبی برای تبادل اندیشه‌ها، اشتراک‌گذاری نتایج پژوهش‌ها و گسترش ادبیات علمی فراهم آورد. امید است این نشریه، سهمی هرچند کوچک در ارتقاء سلامت عمومی، حفاظت از محیط‌زیست و دستیابی به توسعه پایدار ایفا نماید. ما باور داریم که تغییر از آگاهی آغاز می‌شود. به همین دلیل تلاش کرده‌ایم تا نشریه‌ای پویا، علمی و کاربردی فراهم کنیم که در خدمت جامعه علمی و تصمیم‌سازان باشد. از شما دعوت می‌کنیم با ارسال مقالات و نظراتتان، در ساختن آینده‌ای سبزتر و سالم‌تر با ما همراه شوید.



ایمیل: [Dolatabadimaryam222@gmail.com](mailto:Dolatabadimaryam222@gmail.com)

## ● پیش گفتار

در دنیایی که چالش‌های زیست‌محیطی هر روز گسترده‌تر می‌شوند، نقش مهندسی بهداشت محیط در حفظ سلامت انسان و پایداری اکوسیستم‌ها بیش از پیش اهمیت یافته است.

امروز در دانشگاه علوم پزشکی کرمان، افتخار آن را داریم که دومین گاهنامه نشریه زمین‌بان را، به همت اساتید برجسته و کوشش هیئت تحریریه‌ای توانمند گردآوری و به دست شما دانشجویان تشنه علم برسانیم.

در این نشریه، تلاش بر آن است تا دغدغه‌های روز جهان و به‌روزترین عناوین علمی در حیطه مهندسی بهداشت محیط را، با بیانی سلیس و شیوا، آن‌طور که فهم و لذت کسب دانش را دوچندان کند، در اختیار شما بزرگواران قرار دهیم.

زمین‌بان، صدای مهندسی بهداشت محیط است؛ علمی که در مسیر سلامت انسان و حفاظت از محیط‌زیست گام برمی‌دارد. از کنترل آلودگی هوا و تصفیه آب و فاضلاب گرفته تا مدیریت پسماند و پایش آلاینده‌های زیست‌محیطی، این رشته نقشی اساسی در ارتقای کیفیت زندگی و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی دارد.

در «زمین‌بان» باور داریم که دانش، آگاهی و مسئولیت‌پذیری ارکان اساسی در حفاظت از محیط‌زیست و سلامت عمومی‌اند.

امید است که این نشریه، نه‌تنها بستری برای انتشار تازه‌ترین یافته‌های علمی باشد، بلکه زمینه‌ای برای گفت‌وگوی علمی، تبادل اندیشه و توسعه فرهنگ زیست‌محیطی در میان دانشجویان و پژوهشگران این حوزه فراهم کند.

## گفت و گو با اساتید



گفت‌وگو با سرکار خانم دکتر مریم فرجی  
مدیر محترم گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان

از دانشجویی تا هیأت علمی: نگاهی به مسیر پرچالش اما پربار خانم دکتر مریم فرجی

دکتر مریم فرجی از جمله اعضای هیأت علمی پرتلاش دانشگاه علوم پزشکی کرمان است که مسیر تحصیلی و شغلی ایشان، نمونه‌ای الهام‌بخش برای دانشجویان و پژوهشگران این رشته تحصیلی به شمار می‌آید. در این گفت‌وگو، ایشان از تجربیات دوران تحصیل، چالش‌های حرفه‌ای، انگیزه‌ها، و سبک زندگی خود برایمان گفتند.

### تحصیلات و افتخارات علمی

دکتر مریم فرجی دوره کارشناسی خود را در دانشگاه علوم پزشکی تهران، کارشناسی ارشد را در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، و دکتری تخصصی را در دانشگاه علوم پزشکی تهران گذرانده‌اند. در دوره دکتری، با کسب رتبه ۳ در آزمون ورودی دکتری تخصصی، رتبه ۳ آزمون جامع، و رتبه ۱ در بین ۱۳ نفر هم‌رودی و انجام فعالیت‌های پژوهشی به عنوان یکی از دانشجویان استعداد درخشان و پژوهشگر برجسته وزارت بهداشت کشور شناخته شدند. ایشان همچنین در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۲ عنوان "پژوهشگر برتر دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان" را کسب کردند که نشان از استمرار و تعهد ایشان در مسیر پژوهش و تولید علم دارد.

### چالش‌ها، انگیزه‌ها و رمز پایداری

در پاسخ به این پرسش که «چگونه در مسیر پرچالش فعالیت دانشگاهی همچنان با انگیزه و پرنرژی باقی می‌مانید؟» ایشان گفتند:

« برای مقابله با چالش‌ها، پیش از هر چیز باید به بُعد معنوی خود توجه کنیم. اگر باور داشته باشیم که یک انرژی برتر، یعنی خداوند، در کنار ماست، قدرت پذیرش سختی‌ها بیشتر می‌شود. البته ایمان به تنهایی کافی نیست؛ باید تلاش مداوم هم داشت. این تلاش در هر مرحله از زندگی شکل خاص خودش را دارد، اما اصل مهم این است که خودمان را با خودمان مقایسه کنیم، نه دیگران. بهتر بودن نسبت به دیروز خود، کلید رشد است.»



دکتر مریم فرجی در ادامه، هدف‌مندی را سومین عامل مهم در پایداری مسیر حرفه‌ای دانسته و افزودند:

« وقتی هدف داشته باشید، مسیر مشخص‌تر و انرژی شما متمرکزتر می‌شود. همچنین مشورت گرفتن از افراد باتجربه، می‌تواند مسیر را برای ما روشن‌تر و خطاها را کمتر کند.»

### تجربه شخصی از چالش‌های دوران دانشجویی

در پاسخ به سؤال «بزرگ‌ترین چالش دوران دانشجویی‌تان چه بود؟»، دکتر مریم فرجی این‌گونه پاسخ دادند:

«همیشه تلاش می‌کردم در هر موقعیتی بهترین خودم باشم. این نگاه باعث میشد در هر مرحله از تحصیل و کار، از توانمندی‌هایم بیشترین استفاده را بکنم و با رضایت به جلو بروم.»

### تعامل با دانشجویان؛ خاطره‌ها و تأثیرات دوطرفه

از دکتر مریم فرجی پرسیدیم که «چه دانشجویانی در ذهن‌تان ماندگار می‌شوند؟» با لبخند گفتند:

«اکثر دانشجویان در ذهنم می‌مانند، اما دو گروه بیشتر در خاطر می‌مانند: آن‌هایی که بسیار پرتلاش و خوش‌اخلاق بودند، و متأسفانه آن‌هایی که بسیار چالش‌برانگیز بودند. خوشبختانه تعداد گروه اول بیشتر است و دیدن موفقیت آن‌ها در آینده، انگیزه‌ای بزرگ برای ماست.»

### زندگی خارج از دانشگاه: از کتاب تا طبیعت

در پاسخ به سؤال درباره تفریحات و علایق شخصی، ایشان از مطالعه کتاب‌های غیر درسی، ورزش و طبیعت‌گردی به عنوان مهم‌ترین فعالیت‌های فراغت خود یاد کردند:

«مطالعه کتاب یکی از بهترین ابزارهایی بوده که به من کمک کرده تا با چالش‌ها کنار بیایم. گاهی کتاب‌هایی را دوباره می‌خوانم که قبلاً خوانده‌ام و احساس می‌کنم هر بار نکته تازه‌ای از آن‌ها می‌آموزم. همچنین طبیعت‌گردی و سفر نیز نقش مهمی در بازگرداندن انرژی من ایفا کرده‌اند.»

● ادامه گفت و گو

## تجربه کار هم‌زمان با تحصیل

ایشان همچنین از سختی‌های دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد گفتند، زمانی که به‌طور هم‌زمان شاغل بودند:

«کار و تحصیل در دو استان مختلف واقعاً سخت بود. اما وقتی آگاهانه تصمیم می‌گیرید چند مسئولیت را هم‌زمان قبول کنید، باید آماده باشید که از بخشی از استراحت و تفریح خود بگذرید.»

## ویژگی‌های شخصیتی و نگاه به درون

از دکتر مریم فرجی خواستیم خودشان را در سه واژه توصیف کنند. ایشان گفتند:

«به نظرم دیگران بهتر می‌توانند در این باره قضاوت کنند، اما اگر بخواهم بگویم، پشتکار، نظم و... سومین ویژگی را از دانشجویانم بپرسید!»

در مورد نقاط ضعف شخصیتی نیز صادقانه چنین گفتند:

«با اینکه پشتکار زیادی دارم، اما گاهی دچار افت انرژی می‌شوم. برای مقابله با این حالت، سعی می‌کنم با ورزش، مطالعه کتاب‌های غیر درسی و سفر خودم را ریکاوری کنم.»

## سخن پایانی برای دانشجویان

«زندگی همیشه چالش دارد، در هر مرحله‌ای. ایمان، تلاش هدفمند، مقایسه خود با دیروز خود، و یادگیری از تجربه دیگران، چهار اصل مهم برای عبور از این چالش‌ها هستند. هیچ‌کس کامل نیست، اما هر کس می‌تواند هر روز نسخه‌ای بهتر از خودش باشد.»

«از زندگی‌تان لذت ببرید. از شرایط و امکانات اطرافتان برای رشد و یادگیری استفاده کنید. روی ویژگی‌های مثبت شخصیت‌تان کار کنید. ما به دنیا آمدیم تا انسان بهتری بشویم، نه فقط برای رسیدن به جایگاه‌های شغلی. آینده از آن کسانی است که هم هدف دارند، هم انگیزه، و هم انسانیت را فراموش نمی‌کنند.»

# فلزات سنگین در غذاهای دریایی



نویسنده: خانم فاطمه شیروانی

کارشناسی مهندسی بهداشت محیط

ایمیل: Yalda.shirvani82@gmail.com

غذاهای دریایی یکی از مهمترین منابع پروتئینی، برای جوامع هستند. خطرات متعددی برای ایمنی مواد غذایی مرتبط با غذاهای دریایی وجود دارد. این محیطها به شدت تحت تأثیر مواد مختلف فیزیکی و شیمیایی قرار دارند که تأثیر قابل توجهی بر ایمنی غذاهای دریایی می گذارد. در سالهای اخیر مطالعات نگران کننده ای در خصوص آلودگی این مواد غذایی صورت گرفته است که نشان می دهد مواد فیزیکی نظیر ذرات نانو و میکروپلاستیک و مواد شیمیایی از منابع مختلف به بدن موجودات دریایی وارد می شود که بر روی کیفیت مواد غذایی تأثیر می گذارد. از جمله این مواد شیمیایی می توان به مواد ضد میکروبی، مواد دارویی مخصوصاً آنتی بیوتیک ها و فلزات سنگین اشاره نمود.

آلودگی فلزات سمی در محیطهای دریایی می تواند منجر به ایجاد اثرات سو بر سلامت شود. فلزات سنگین که از آلاینده های قابل توجه در محیطهای دریایی هستند، به راحتی در بافت های موجودات آبی، تجمع زیستی پیدا می کنند.

این موجودات می توانند فلزات سنگین ناشی از فعالیت های انسانی، نظیر آرسنیک، کبالت، کادمیوم، جیوه، منگنز، زینک و عناصر ضروری نظیر آهن و روی را در خود تجمع دهند که می تواند خطر بالقوه ای برای سلامت مصرف کنندگان ایجاد کرده و منجر به اثرات آسیب شناختی مختلف شوند.



مقدار و نوع این آلودگی می تواند بسته به گونه آبزیان و زیستگاه آنها متفاوت باشد. مطالعات نشان می دهند در میان آبزیان، نرم تنان بالاترین غلظت ها را داشته و پس از آنها ماهی ها و سخت پوستان قرار دارند. در برخی گونه های غذاهای دریایی، غلظت ها نیز از سطح "دستورالعمل های ایمنی غذایی سازمان جهانی بهداشت/سازمان غذا و کشاورزی" فراتر رفته است. همچنین ترتیب غلظت فلزات سنگین در ماهی های دریایی آب شور و آب شیرین متفاوت است. در ماهی های دریایی آب شور به ترتیب غلظت فلزات به صورت:

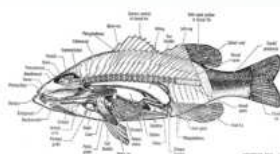
نیکل < سرب < کادمیوم

بوده و این غلظت در ماهی های آب شیرین به صورت:

سرب < نیکل < کادمیوم دیده شده است.



علاوه بر آن نشان داده شده است که تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی ها، به عنوان عمده ترین غذاهای دریایی به این ترتیب است: کبد < آبشش‌ها < عضلات < غدد جنسی < سایر قسمت‌های ماهی.



به طور کلی عادات تغذیه‌ای و منابع آلودگی در فراهمی زیستی و تجمع فلزات سنگین در غذاهای دریایی نقش دارند. تجمع زیستی و بزرگ‌نمایی زیستی فلزات سنگین در زنجیره غذایی می‌تواند منجر به سطوح خطرناکی در گونه‌های مصرفی؛ مانند کفشک‌ماهی‌ها یا پولک‌ماهی‌ها شود.

تحقیقات نشان داده است در میان نرم‌تنان دوکفه‌ای، صدف‌ها شاخص‌های مؤثری برای نظارت بر آلودگی دریایی هستند. بر این اساس، در سال ۲۰۲۴ Enkeleda Ozuni و همکاران، مطالعه‌ای بر روی گونه *Mytilus galloprovincialis* که نوعی صدف خوراکی است انجام دادند. نتایج حاصل از این پژوهش، به ویژه در خصوص سرب و کادمیوم بسیار نگران‌کننده بود. میانگین غلظت‌های این دو فلز به ترتیب  $2/15$  و  $4/14$  میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شد که به طور قابل توجهی از محدودیت‌های تعیین شده توسط مقررات ملی و بین المللی فراتر بود.

در یک مطالعه دیگر که بر روی نمونه‌های اختاپوس جمع‌آوری شده از اقیانوس آرام انجام شد، پنج فلز سنگین در تمام نمونه‌ها یافت شدند که به ترتیب غلظت به صورت زیر بود:

روی < مس < کادمیوم < سرب < جیوه



به طوری که بیشتر مناطق غلظت‌های کادمیوم و سرب بالاتر از حداکثر حد مجاز تعیین شده توسط استانداردها را نشان دادند. با این وجود مقادیر HQ و HI برای هر فلز سنگین از یک تجاوز نکرد، که نشان می‌دهد خطر سلامتی ناشی از مصرف اختاپوس وجود ندارد.



با این حال غلظت‌های برخی از فلزات سنگین در این نوع اختاپوس، بالا بود، بنابراین لازم است هنگام مصرف این گونه احتیاط شود، به‌ویژه در جوامع ساحلی که مصرف آن بالاتر است..

بررسی میزان فلزات سنگین در رسوبات و غذاهای دریایی آلوده نشان داد مصرف غذاهای دریایی کشت شده در این سایت‌ها، به‌ویژه خرچنگ، می‌تواند خطر سلامتی برای انسان به دلیل آرسنیک و کادمیم، بدون توجه به سن و جنسیت، ایجاد کند. روش پخت و پز معمول نمی‌تواند این خطر را کاهش دهد مگر درمورد آرسنیک که با جوشاندن کمی کاهش می‌یابد.

درنهایت می‌توان گفت جامعه ماهیگیران در معرض خطر بالاتری نسبت به سایر مصرف کنندگان غذاهای دریایی قرار دارند که می‌تواند به دلیل مصرف بیشتر و یا مواجهه با گونه‌های خاصی از ماهی باشد که آلوده‌تر هستند. به‌طورکلی اگرچه مصرف کوتاه‌مدت بیشتر غذاهای دریایی خطر قابل‌توجهی برای سلامتی ندارد، اما برخی گونه‌ها مانند *L. lambis* به دلیل سطوح بالای فلزات سنگین برای مصرف خطرناکند.

# سلول سوختی میکروبی

( برای تولید برق از فاضلاب )



**نویسنده: خانم فاطمه رحیمی**

کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط

ایمیل: Rahiimii.fatemeh.r@gmail.com

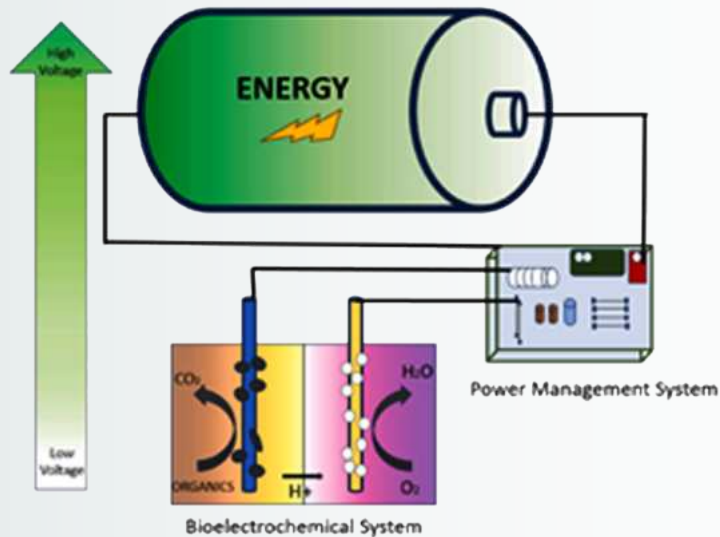
امروزه با افزایش جمعیت و توسعه صنعت، تقاضا جهت مصرف انرژی، روند صعودی پیدا کرده است. تأمین انرژی به عنوان یکی از مهم ترین چالش های بشریت به شمار می رود؛ زیرا منابع سنتی نظیر نفت و زغال سنگ روبه کاهش بوده و پاسخگوی نیازهای روزافزون جهانی نیستند.

از این رو توجه به روش های نوین، پایدار و سازگار با محیط زیست برای تولید انرژی اهمیت بیشتری پیدا کرده است. از جمله موارد مصرف انرژی می توان به استفاده از آن در فرایندهای تصفیه فاضلاب اشاره کرد.

بر اساس مطالعات، مشخص گردیده است فرایندهای متعارف تصفیه فاضلاب مقدار زیادی انرژی برای تصفیه فاضلاب مصرف می کنند به گونه ای که تقریباً ۳ تا ۵٪ از مصرف کل برق در تصفیه خانه های فاضلاب استفاده می شود.

لذا تقاضا برای فناوری تصفیه فاضلاب پایدار که می تواند مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهد، رو به رشد است. امروزه میتوان به منظور جلوگیری از آلودگی فاضلاب، آن را تصفیه و از آن انرژی تولید کرد که این عمل آن را به منبعی عالی برای تأمین نیازهای روزافزون انرژی جهان تبدیل میکند. در واقع فاضلاب از منابع مختلف به عنوان یک بستر مناسب برای تصفیه زیستی عمل میکند و کاربرد آن در فناوری سلول سوختی میکروبی (MFCs) طی مطالعات گوناگون ثابت کرده است که راه حلی ایده آل برای مشکل طولانی مدت مدیریت فاضلاب است.





هنگامی که رشد میکروبی روی آند شکل گرفت، میکروب‌ها مواد آلی (قندها و سایر مواد مغذی) را مصرف و الکترون‌های آزاد شده را به آند منتقل می‌کنند.

انتقال الکترون ممکن است از سه طریق به صورت انتقال مستقیم الکترون از دیواره سلول میکروبی به آند، استفاده از یک زیست مولکول واسطه برای رساندن الکترون به آند و انتقال از طریق زائده‌های رسانایی موسوم به نانوسیم که می‌توانند شبکه‌های گسترده‌ای ایجاد کنند، انجام شود. پس از آنکه الکترون‌ها به آند رسیدند از طریق یک مدار خارجی به سمت کاتد حرکت می‌کنند. در کاتد، الکترون‌ها با اکسیژن به‌عنوان اکسیدکننده و پروتون‌هایی که از طریق غشای تبادل پروتون از بخش آندی به بخش کاتدی منتقل شده‌اند واکنش داده و مولکول آب تشکیل می‌شود. این جریان الکترونی، همان جریان الکتریکی است که می‌توان با قراردادن یک بار الکتریکی از آن برق گرفت.

❓ در یک MFC، اکسیداسیون مواد آلی توسط باکتری‌های اگزوالکتروژنی روی الکتروند آند با واکنش کاهش اکسیژن در الکتروند کاتد برای تولید نیروی الکتریکی همراه می‌شود. سلول‌های سوختی میکروبی عمدتاً در رآکتورهایی در مقیاس آزمایشگاهی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و اغلب تنها از فاضلاب‌های سنتتیک استفاده شده است و با بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌ها، انرژی شیمیایی مواد آلی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. افزون بر این، MFCها نه تنها می‌توانند به تولید انرژی پایدار کمک کنند، بلکه در کاهش ضایعات زیستی و تصفیه فاضلاب نیز نقش مؤثری ایفا می‌کنند. تخمین زده شده است که MFC هزینه‌های انرژی را در مقایسه با تصفیه فاضلاب متداول به حدود نصف کاهش می‌دهد.

## !! به طور کلی سلول‌های سوختی میکروبی از اجزای اصلی زیر تشکیل می‌شوند:

- ❶ یک محفظه آندی حاوی میکروب‌های الکتروژنیک و سوبسترای آلی (شرایط بی‌هوازی)
- ❷ یک محفظه کاتدی با یک اکسیدکننده (شرایط هوازی)
- ❸ یک غشای تبادل پروتون که دو محفظه را از هم جدا می‌کند.
- ❹ الکترودهای آند و کاتد

## انواع سلول سوختی میکروبی

### ✓ سلول سوختی میکروبی تک محفظه:

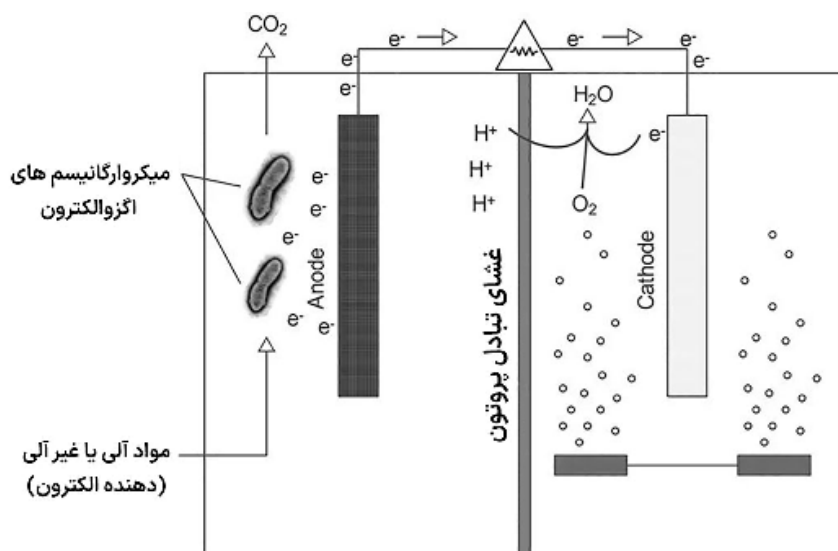
یک MFC تک محفظه از یک اتاقک تشکیل شده است. این فقط یک محفظه آند دارد؛ که آند را در خود جای داده است. هیچ محفظه کاتدی مشخصی وجود ندارد و کاتد در معرض هوا قرار می‌گیرد.

### ✓ سلول سوختی میکروبی دو محفظه‌ای:

دارای دو محفظه (محفظه آند و محفظه کاتد) که توسط یک جداکننده از هم جدا می‌شوند (جداکننده می‌تواند یک غشا یا یک پل نمکی باشد).

### ✓ سلول سوختی میکروبی انباشته:

MFCهای انباشته آنهایی هستند که به‌صورت سری یا موازی به هم متصل می‌شوند.



## مزایا سلول سوختی میکروبی

توانایی تولید برق از مواد آلی ضعیف یا ضایعات زیستی که به کاهش میزان ضایعات و حفاظت از محیط‌زیست کمک می‌کند. این فناوری با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش مهمی در مقابله با تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند. قابلیت استفاده گسترده در سیستم‌های تصفیه فاضلاب و تأمین انرژی برای دستگاه‌های قابل حمل در مناطق دورافتاده از دیگر مزایای این فناوری به شمار می‌آید. همچنین، استفاده از منابع ارزان و قابل تجدید برای تولید برق می‌تواند به کاهش هزینه های انرژی کمک شایانی کند.

## معایب سلول سوختی میکروبی

شار انرژی پایین آن نسبت به منابع انرژی سنتی مانند سوخت‌های فسیلی است که محدودیت‌هایی در کاربرد آن ایجاد می‌کند. هزینه‌های بالای اولیه برای ساخت و نگهداری MFCها نیز مانعی برای تجاری‌سازی گسترده این فناوری محسوب می‌شود. علاوه بر این، حفظ پایداری و دوام سیستم در طول زمان و در شرایط مختلف محیطی نیازمند کنترل دقیق و مستمر است. بهینه‌سازی انتقال الکترون‌ها از میکروارگانیسم‌ها به الکترودها و مقیاس‌پذیری فناوری از دیگر چالش‌های مهم هستند که نیازمند تحقیقات بیشتر هستند.

## چالش‌های پیشرو در توسعه سلول سوختی میکروبی!!

توسعه سلول سوختی میکروبی نیازمند پیشرفت‌های فنی و علمی متعددی است. یکی از چالش‌های اصلی، طراحی سیستم‌هایی است که بتوانند در مقیاس بزرگ‌تر به‌صورت بهینه عمل کنند و مقاومت داخلی سیستم را کاهش دهند. استفاده از مواد پیشرفته‌تر برای الکترودها مانند نمد کربن و کربن پارچه‌ای، و جایگزینی فلزات گران‌قیمت مانند پلاتین با کاتالیزورهای ارزان‌تر، از جمله راهکارهایی هستند که می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها کمک کند. علاوه بر این، درک بهتر فرایند انتقال الکترون‌ها از داخل سلول به الکترودها و شناخت دقیق‌تر تعاملات میکروارگانیسم‌ها با محیط اطراف، از دیگر مواردی است که نیازمند تحقیقات بیشتر است.

### مهندسی سیستم و مقیاس‌پذیری:

انتقال فناوری MFC از مقیاس آزمایشگاهی به مقیاس صنعتی نیازمند طراحی سیستم‌های مقیاس‌پذیر و بهینه است که شامل مدیریت حرارتی، جریان مواد و طراحی واحدهای چند محفظه می‌باشد. توسعه ماژول‌های قابل اتصال که امکان افزایش ظرفیت تولید برق با اتصال چندین ماژول به یکدیگر را فراهم می‌کنند، نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

### استفاده از مواد جدید و نوآورانه:

پژوهش‌های جاری بر روی توسعه مواد کربنی پیشرفته، پلیمرهای رسانا و مواد بیولوژیکی مانند جلبک‌ها و بیوکاتدها متمرکز است تا عملکرد MFCها بهبود بخشد و هزینه‌ها کاهش پیدا کند. استفاده از نانوذرات فلزی مانند نیکل، پلاتین، طلا و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  برای افزایش ظرفیت انتقال الکترون نیز از جمله این نوآوری‌ها است.

### نتیجه‌گیری

سلول‌های سوختی میکروبی به‌عنوان یک فناوری نوآورانه در حوزه تولید انرژی زیستی، پتانسیل بالایی برای جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی دارند. این فناوری با استفاده از فعالیت میکروارگانیسم‌ها قادر به تبدیل مواد آلی به انرژی الکتریکی است و می‌تواند در کاهش ضایعات زیستی و تولید انرژی پایدار نقش مهمی ایفا کند. با وجود مزایای متعدد، این فناوری همواره با چالش‌های متعددی همراه است. با ادامه تحقیقات و توسعه و نیز همکاری میان محققان، صنعتگران و سیاست‌گذاران، امکان رفع این چالش‌ها و بهره‌برداری کامل از پتانسیل‌های MFCها فراهم می‌شود. در نهایت، سلول‌های سوختی میکروبی می‌توانند به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی در انرژی پایدار آینده شناخته شوند.

### انتخاب و مهندسی میکروب‌ها:

انتخاب گونه‌های میکروبی باقابلیت بالای انتقال الکترون و مهندسی ژنتیکی این میکروب‌ها برای افزایش بازدهی و مقاومت در شرایط محیطی مختلف، دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. همچنین استفاده از کنسرسيوم‌های میکروبی که دارای میکروب‌های مکمل با توانایی‌های متنوع هستند، می‌تواند کارایی کلی MFCها را بهبود بخشد.

### بهبود شرایط عملیاتی:

تنظیم دقیق شرایط محیطی مانند pH، دما و بار آلی تأثیر قابل‌توجهی بر بازدهی MFCها دارد. این امر شامل کنترل دقیق شرایط در محفظه آندی و کاتدی است تا فعالیت میکروب‌ها و واکنش‌های الکتروشیمیایی بهینه شود. بهینه‌سازی میزان مواد آلی ورودی به MFC نیز از اهمیت بالایی برخوردار است تا فشار زیستی ایجاد نشود و بازدهی تولید برق افزایش یابد.

### اصلاح الکترودها:

بهبود ویژگی‌های سطحی و ساختاری الکترودها با استفاده از مواد نوین مانند نانوذرات کربن، نانولوله‌های کربنی و گرافن می‌تواند انتقال الکترون را افزایش داده و چسبندگی میکروب‌ها به الکترودها را بهبود بخشد. همچنین، تغییر ترکیب شیمیایی الکترودها با افزودن پلیمرهای رسانا یا پوشش‌دهی با مواد معدنی می‌تواند عملکرد الکترودها را بهبود بخشد.

سیستم تولید انرژی زیستی با استفاده از پیل سوختی میکروبی



# تخلیه پساب صفر (ZLD) و تخلیه پساب حداقل (MLD)



نویسنده: خانم سعیده مرادعلیزاده

کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط

ایمیل: Saeideh.moradalizadeh71@gmail.com

با رشد تقاضای آب و همچنین کمبود و محدودیت زیاد عرضه آب در جهان، جوامع بشری نیاز به تأمین آب شیرین شهری را به عنوان یکی از اولویتهای برنامه‌های خود قرار داده و در تلاش هستند تا بحران کمبود آب را در حال و آینده به حداقل برسانند. بر اساس داده‌های کمیسیون همکاری‌های زیست‌محیطی (Commission for Environmental Cooperation)، کشورهای کم درآمد ۸ درصد از آب خود را برای مصارف صنعتی مصرف می‌کنند، درحالی‌که این رقم در کشورهای با درآمد بالا به ۵۹ درصد می‌رسد.

تخلیه پساب‌های صنعتی، سلامت انسان و محیط‌زیست را به خطر انداخته است. برای دستیابی به حفاظت از آب و کنترل آلودگی و احیای پساب‌های صنعتی، دو رویکرد مدیریت پساب شامل تخلیه پساب صفر (ZLD) و تخلیه پساب حداقل (MLD) توسعه یافته‌اند. این سیستم‌ها به‌ویژه برای صنایعی که مصرف آب بالایی دارند و تحت قوانین سخت‌گیرانه زیست‌محیطی قرار دارند، مفید هستند. هدف اصلی ZLD این است که پساب تصفیه‌شده به‌گونه‌ای باشد که هیچ گونه تخلیه مایع (پساب) به محیط‌زیست نداشته باشد، درحالی‌که MLD هدفش کاهش حجم تخلیه مایع یا پساب است.

## تخلیه پساب صفر (ZLD)

ZLD یک فرایند تصفیه است که در آن تمام آب موجود در پساب از بین رفته و تمامی آلاینده‌ها یا بازیابی یا به حالت جامد دفع می‌شوند. این فرایند شامل مراحل مختلفی مانند پیش‌تصفیه، اسمز معکوس، تبخیر حرارتی و بلوریزاسیون (تبلور) است. هدف ZLD این است که هیچ‌گونه پساب مایع به محیط‌زیست تخلیه نشود و این فناوری باعث بازیابی آب و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود.

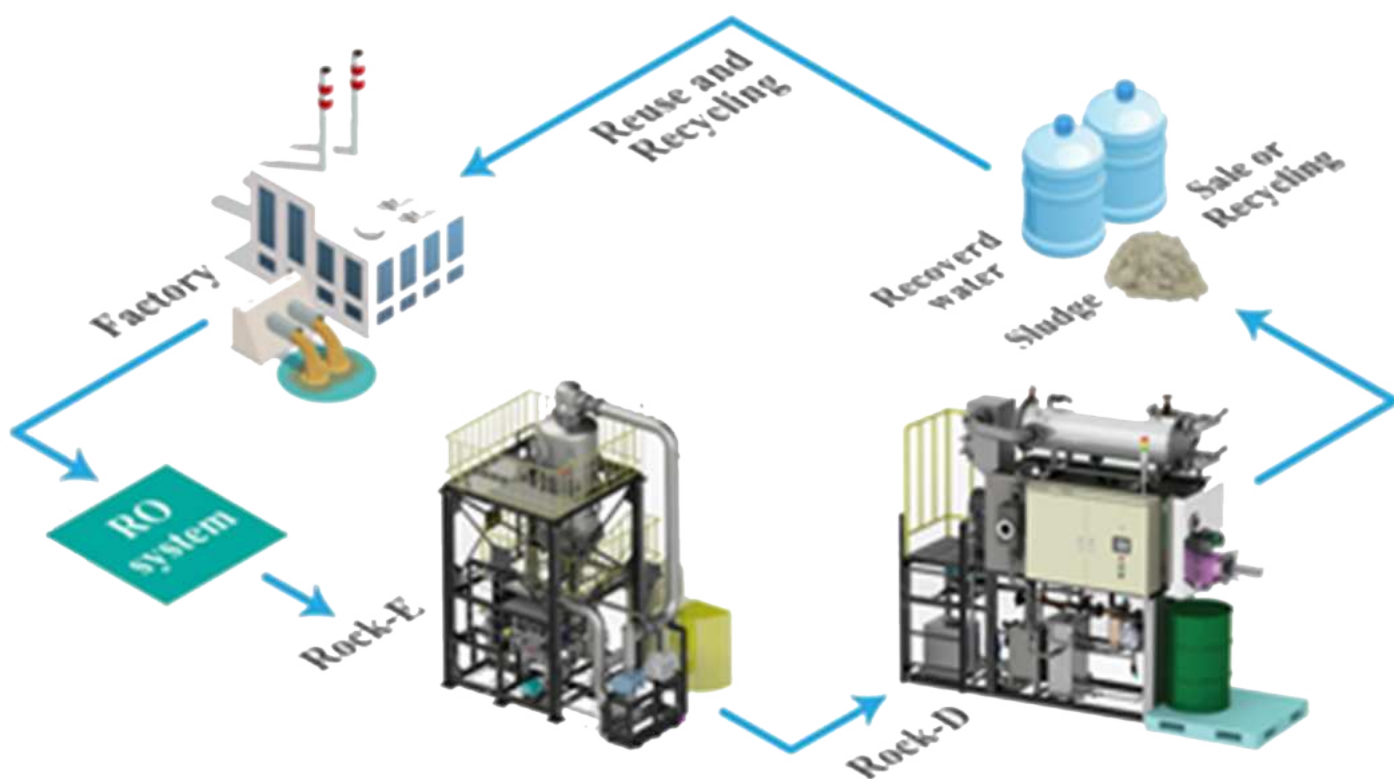
Zero Liquid Discharge (ZLD)

Minimum Liquid Discharge (MLD)



- اسمز معکوس: جهت حذف و کاهش غلظت مواد حل‌شده در پساب.
- تبخیر و بلوریزاسیون: جهت جداسازی آب از محلول نمک و بازیابی نمک‌های باارزش.
- تقطیر غشایی: استفاده از غشاهای هیدروفوبیک جهت جداسازی بخار آب.
- الکترودیالیز: جهت تصفیه پساب‌های غلیظ با نمک‌های بالا.

سیستم‌های ZLD برای نیروگاه‌ها و صنایعی مانند صنعت نساجی، داروسازی و فراوری مواد شیمیایی مناسب هستند. با این حال، چالش‌های اصلی ZLD شامل هزینه‌های بالای عملیاتی، مصرف انرژی و مدیریت پساب‌های جامد (مانند نمک‌ها) است.



## تخلیه پساب حداقل (MLD)

MLD یک فرایند تصفیه است که هدف آن کاهش حجم پسابی است که باید به محیط‌زیست تخلیه شود، اما برخلاف ZLD، هدف آن دستیابی به صفر تخلیه مایع (پساب) نیست. MLD بر کاهش ضایعات مایع به سطحی که مطابق با مقررات زیست‌محیطی باشد، تمرکز دارد و درعین حال بازیابی آب برای استفاده مجدد را به حداکثر می‌رساند. سیستم‌های MLD معمولاً ترکیبی از روش‌های تصفیه متداول مانند تصفیه بیولوژیکی، اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون را با فناوری‌های پیشرفته‌تر برای تصفیه و بازیابی آب به کار می‌گیرند. MLD به طور کامل تخلیه پساب را از بین نمی‌برد، اما تأثیرات زیست‌محیطی آن را نسبت به روش‌های سنتی به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. این سیستم‌ها به‌ویژه در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، جایی که حفظ منابع آبی در اولویت است، مفید هستند.

استراتژی ZLD و MLD یکی از بهترین روش‌های مدیریت پساب محسوب می‌شوند، با این وجود، این استراتژی بلندپروازانه مدت‌هاست که به دلیل هزینه بالای سرمایه‌گذاری و انرژی مورد انتقاد قرار گرفته است. پساب‌های صنعتی همیشه حاوی انواع نمک‌ها و آلاینده‌های آلی مقاوم با غلظت‌های بالا هستند. اگر چه فناوری های متداول تصفیه فاضلاب مانند انعقاد و فرایندهای بیولوژیکی ممکن است به آلودگی‌زدایی کمک کنند؛ اما فرایندهای تصفیه پیشرفته باید آب تصفیه‌شده را برای برآورده کردن معیارهای ZLD تصفیه نمایند. پیشرفت اخیر در اسمز معکوس یکی از روش‌های رسیدن به اهداف ZLD جهت مدیریت پساب‌های صنعتی است همچنین نوآوری در فناوری‌هایی مانند فرایندهای الکتروشیمیایی فرصت‌هایی را برای گسترش کاربرد ZLD با کاهش هزینه انرژی فراهم می‌کند. در سال ۲۰۲۰، اندازه بازار جهانی ZLD، ۶/۳۷ میلیارد دلار ثبت شده است که پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۲۸ به ۱۱/۷۷ میلیارد دلار برسد.

## نتیجه گیری

ZLD و MLD نقش مهمی در مدیریت پایدار منابع آب ایفا می‌کنند. درحالی‌که ZLD یک راه‌حل جامع‌تر است که تخلیه مایع را به طور کامل حذف می‌کند، MLD یک گزینه عملی‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر برای صنایعی است که به دنبال کاهش تأثیرات زیست‌محیطی هستند. هر دو سیستم در صنایعی که با کمبود منابع آبی و فشارهای قانونی مواجه هستند، به کاهش بار روی منابع طبیعی آب کمک می‌کنند.

# تأثیر بهداشتی و زیست محیطی دفع زباله های پلاستیکی



نویسنده: خانم ندا ادهمی

کارشناسی مهندسی بهداشت محیط

ایمیل: Adhami8174@gmail.com

موضوع زباله امروزه یک مسئله و دغدغه بسیار مهم در همه جوامع است که کل سیاره زمین را به عنوان تنها سکونتگاه بشر در معرض مخاطره قرار داده است و همه کشورها اعم از کشورهای پیشرفته صنعتی و کشورهای در حال صنعتی شدن با این مشکل مواجه هستند.

در میان زباله های تولید شده، حجم عظیمی از زباله های پلاستیکی وجود دارد. پلاستیک ها موادی هستند که نخستین بار به وسیله انسان ساخته شده اند. در ۶ دهه گذشته به دلیل پیشرفت مداوم تکنولوژی، پلاستیک و محصولات پلاستیکی که عمدتاً از مشتقات نفت خام تولید می شوند به طور چشمگیری افزایش یافته است. حدود ۳۱۱ میلیون تن پلاستیک در سراسر جهان تولید می شود که پیش بینی می شود تا سال ۲۰۳۴ دوبرابر و تا سال ۲۰۵۰ چهار برابر شود؛ از این رو جای تعجب نیست که محققان پیشنهاد کرده اند که تا سال ۲۰۵۰ ماهی کمتری نسبت به پلاستیک از نظر وزن در اقیانوس ها وجود خواهد داشت.

زباله های پلاستیکی از نظر نوع کاربرد و جنس به چند دسته تقسیم می شوند:

 **پلاستیک های سخت:** مانند بطری های نوشیدنی، ظروف غذایی و لوازم خانگی

 **پلاستیک های نرم:** مانند کیسه های نایلونی و بسته بندی مواد خوراکی

 **میکروپلاستیک ها:** ذرات ریزی که از تجزیه پلاستیک ها ایجاد می شوند این مواد در لوازم

آرایشی و شوینده و... به کار می روند.

زباله های پلاستیکی اثرات بسیار خطرناکتری نسبت به زباله های دیگر دارند چرا که این زباله ها تجزیه طولانی داشته و سال ها طول می کشد که یک کیسه پلاستیکی از بین برود و در طول این مدت زمان به دلیل تابش آفتاب بر روی آنها مواد سمی سازنده وارد محیط می شود و آلودگی زیست محیطی و بهداشتی به همراه دارد.



## ! اثرات زیست محیطی دفع زباله های پلاستیکی :

### آلودگی هوا

در بسیاری از کشورها (از جمله برخی مناطق ایران)، زباله های پلاستیکی در فضای باز سوزانده می شوند. این کار گازهای سمی مثل دی اکسین، فوران، هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای (PAHs) و ذرات معلق و گازهای گلخانه ای تولید می کند که منجر به آلودگی هوا و همچنین گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی می شود.

### آلودگی خاک

پلاستیک هایی که در محیط های خاکی دفن یا رها می شوند، به مرور زمان به ذرات ریز میکروپلاستیک تبدیل می شوند که می توانند جذب خاک شوند و ساختار آن را تغییر دهند. این ذرات مانع از نفوذ آب به ریشه گیاهان شده و چرخه طبیعی حاصلخیزی خاک را مختل می کنند. میکروپلاستیک ها باعث کاهش رشد گیاهان زراعی و کاهش عملکرد محصول می شوند.

### تهدید اکوسیستم ها

پلاستیک ها در اکوسیستم های طبیعی به عنوان عامل مخرب گونه های زیستی عمل می کنند. آبزیانی که پلاستیک می خورند، ممکن است گرسنگی بکشند؛ چون معده شان پر از مواد غیرقابل هضم است. همین مسئله چرخه های اکولوژیک را برهم زده و بر تنوع زیستی اثر می گذارد. تجمع زباله های پلاستیکی در اقیانوس ها باعث ایجاد جزایر پلاستیکی می شود. بزرگ ترین این جزایر در اقیانوس آرام قرار دارد که به نام "Great Pacific Garbage Patch" شناخته می شود. این جزایر نه تنها بر اکوسیستم دریایی تأثیر منفی دارند، بلکه به حمل و نقل دریایی و ماهیگیری نیز آسیب وارد می کنند.

### آلودگی منابع آبی

رودخانه ها و دریاها پذیرنده نهایی بسیاری از زباله های پلاستیکی اند. وقتی این زباله ها وارد آب می شوند، نه تنها محیط زیست آبی را تهدید می کنند، بلکه با جذب آلاینده های سمی مانند فلزات سنگین به بمب های شیمیایی متحرکی تبدیل می شوند که از طریق آبزیان وارد زنجیره غذایی انسان می گردند.

## اثرات بهداشتی زباله‌های پلاستیکی

تماس مستقیم یا غیرمستقیم با پلاستیک‌ها می‌تواند باعث ورود **مواد شیمیایی مضر** به بدن شود. فتالات‌ها از جمله این ترکیبات اند که باعث اختلال در سیستم غدد درون‌ریز، مشکلات باروری، بیماری‌های متابولیک و حتی سرطان می‌شوند. بررسی‌های اخیر دانشگاه هلند نشان داده است که ذرات میکروپلاستیک در خون انسان یافت شده‌اند. این ذرات به راحتی وارد بافت‌ها و اندام‌ها می‌شوند و اثرات آن‌ها بر سلامت بلندمدت هنوز به طور کامل مشخص نیست، اما نگرانی‌های فراوانی درباره آن وجود دارد.

پلاستیک‌ها نه تنها به طور مستقیم به بدن انسان آسیب می‌زنند، بلکه مواد سمی موجود در پلاستیک‌ها می‌توانند وارد زنجیره غذایی شوند. **موجودات دریایی** که پلاستیک‌ها را می‌بلعند، این مواد را به بدن خود جذب می‌کنند و در نهایت انسان‌ها از طریق مصرف ماهی و غذاهای دریایی ممکن است این مواد مضر را وارد بدن خود کنند.

تجمع زباله‌های پلاستیکی علاوه بر مشکلات زیبایی‌شناختی باعث ازدیاد جمعیت **باکتری‌ها و انگل‌ها** می‌شود که باعث بیماری انسان‌ها شده و تهدیدکننده سلامت موجودات هستند.

## راهکارهای مدیریت دفع زباله‌های پلاستیکی

برای کاهش تولید زباله‌های پلاستیکی، استفاده از مواد جایگزین مانند **پلاستیک‌های زیست‌تجزیه‌پذیری و بسته‌بندی‌های ارگانیک** می‌تواند یک راهکار مناسب باشد. این مواد به راحتی تجزیه می‌شوند و اثرات منفی پلاستیک‌ها را ندارند.

بازیافت پلاستیک‌ها یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای مدیریت این زباله‌هاست. با استفاده از تکنولوژی‌های جدید در فرایند بازیافت، می‌توان پلاستیک‌ها را به محصولات جدید تبدیل کرد و از ورود آن‌ها به طبیعت جلوگیری کرد. همچنین با فرایند بازیافت حفاظت از منابع و صرفه‌جویی در مصرف انرژی به مقدار قابل توجهی صورت می‌گیرد و هوا به مقدار کمتری آلوده می‌شود؛ و همچنین **آگاه‌سازی جامعه** درباره خطرات استفاده بیش از حد از پلاستیک و اهمیت بازیافت می‌تواند تغییرات مثبتی در رفتار مردم ایجاد کند. اقدامات دولت‌ها و سازمان‌ها برای آموزش عمومی و تشویق به استفاده از پلاستیک‌های قابل بازیافت و کاهش مصرف پلاستیک بسیار حیاتی است.





دولت مالزی چندین ابتکار برای رسیدگی به مشکلات مختلف مدیریت زباله در مالزی اتخاذ کرده است. در سال ۲۰۱۱، کمپین روز بدون کیسه های پلاستیکی توسط وزارت تعاونی های تجاری داخلی و مصرف گرایی راه اندازی شد که بر اساس آن، ارائه کیسه های پلاستیکی رایگان در فروشگاه های مواد غذایی در سراسر کشور ممنوع شد این کار با هدف افزایش آگاهی و کاهش استفاده از پلاستیک های یکبار مصرف در مالزی بود همچنین تبدیل زباله به انرژی از اقدامات دیگر دولت مالزی جهت کاهش زباله های پلاستیکی است .

## نتیجه گیری

زباله های پلاستیکی نه تنها به محیط زیست آسیب می زنند، بلکه تهدیدی جدی برای سلامت انسان نیز محسوب می شوند. مدیریت صحیح این زباله ها از طریق بازیافت، استفاده از مواد جایگزین و آگاه سازی عمومی می تواند کمک شایانی به کاهش اثرات منفی آنها کند. در نهایت، هر چه اقدامات پیشگیرانه بیشتری در این زمینه صورت گیرد، احتمال کاهش بحران آلودگی پلاستیکی و حفاظت از محیط زیست بیشتر خواهد شد.



# پایش کیفیت هوا با استفاده از هوش مصنوعی



نویسنده: خانم حنا زاده

کارشناسی مهندسی بهداشت محیط

ایمیل: Hananeh.tzd80@gmail.com

کیفیت هوا به عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی سلامت محیط‌زیست تأثیر مستقیم بر سلامت انسان، موجودات زنده و تعادل اکوسیستم‌ها دارد. در دهه‌های اخیر رشد جمعیت شهری، افزایش خودروها، گسترش صنایع و تغییرات اقلیمی باعث شده‌اند آلودگی هوا به یکی از مهم‌ترین تهدیدهای زیست‌محیطی جهان تبدیل شود.

در این میان پایش دقیق و مستمر کیفیت هوا برای شناسایی منابع آلاینده، تحلیل روندهای زمانی و مکانی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی و سیاستی ضروری است.

روش‌های سنتی نظیر ایستگاه‌های سنجش ثابت، گرچه از دقت بالایی برخوردارند اما به دلایل مختلفی مانند هزینه‌های زیاد، محدودیت در پوشش جغرافیایی و تأخیر در ارائه نتایج پاسخگوی نیازهای روزافزون شهرهای بزرگ نیستند. به همین دلیل توجه پژوهشگران و نهادهای اجرایی به سمت راهکارهای فناورانه مانند هوش مصنوعی جلب شده است که توانایی پردازش داده‌های حجیم، یادگیری از الگوها و ارائه تحلیل‌های پیشرفته را دارا است.



## ضرورت و مزایای استفاده از هوش مصنوعی در پایش کیفیت هوا

هوش مصنوعی (Artificial intelligence) با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین (Machine Learning) و یادگیری عمیق (Deep Learning) قادر است روابط پنهان میان متغیرهای مختلف زیست‌محیطی را کشف کند و از داده‌های متنوع مانند حسگرهای زمینی، تصاویر ماهواره‌ای، شرایط جوی و اطلاعات ترافیکی برای تحلیل و پیش‌بینی وضعیت کیفیت هوا استفاده کند.

این توانایی‌ها چند مزیت کلیدی را به همراه دارند که شامل:

 **پیش‌بینی دقیق و لحظه‌ای:** مدل‌های AI قادرند با یادگیری از داده‌های گذشته، وضعیت آتی کیفیت هوا را در مقیاس زمانی و مکانی بسیار دقیق پیش‌بینی کنند.

 **پوشش مکانی گسترده‌تر:** با ترکیب داده‌های حسگرهای کم‌هزینه و مدل‌های هوشمند، می‌توان مناطق بیشتری را تحت پایش قرارداد.

 **تحلیل چندبعدی و سریع:** AI توانایی تحلیل داده‌های حجیم و پیچیده را در مدت‌زمان بسیار کوتاه دارد که برای واکنش سریع در مواقع اضطراری مثل آلودگی حاد حیاتی است.

 **کاهش هزینه‌ها:** استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی در کنار حسگرهای هوشمند به‌مراتب هزینه کمتری نسبت به توسعه ایستگاه‌های سنجش سنتی دارد.

 **امکان شخصی‌سازی اطلاعات:** کاربران می‌توانند با استفاده از اپلیکیشن‌ها و پلتفرم‌های هوش مصنوعی به‌صورت محلی و شخصی اطلاعات مربوط به کیفیت هوا را دریافت کنند.

باتوجه به این مزایا به‌کارگیری هوش مصنوعی نه تنها یک انتخاب فناورانه بلکه ضرورتی برای آینده پایدار شهرها و سلامت عمومی محسوب می‌شود.



# کاربردهای هوش مصنوعی در پایش کیفیت هوا

هوش مصنوعی نه تنها ظرفیت تنوعی برای بهبود کاهش کیفیت هوا دارد؛ بلکه در عمل نیز در حوزه‌های مختلف از جمله پیش‌بینی آلودگی، تحلیل داده‌های حسگرها، تشخیص منابع آلاینده و بازسازی داده‌های ناقص به کار گرفته شده است.

در ادامه مهم‌ترین کاربردهای عملی هوش مصنوعی در این زمینه بررسی می‌شود:

 **پیش‌بینی کیفیت هوا:** پیش‌بینی مقادیر آلاینده‌ها مانند  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$ ،  $NO_2$  و  $O_3$  از پرکاربردترین حوزه‌های استفاده از یادگیری ماشین است. مدل‌هایی مانند شبکه‌های عصبی بازگشتی و مدل‌های حافظه بلندمدت، توانایی تحلیل سری‌های زمانی داده‌های محیطی را دارند و می‌توانند کیفیت هوا را برای ساعت‌ها یا روزهای آینده تخمین بزنند.

 **تحلیل داده‌های حسگرهای متحرک و ارزان‌قیمت:** امروزه حسگرهای ارزان‌قیمت و قابل حمل (مانند سنسورهای پوشیدنی یا نصب شده روی دوچرخه) داده‌هایی تولید می‌کنند که ناپایدار و همراه با نویز هستند. الگوریتم‌های و مدل‌های پردازش سیگنال با کمک AI به منظور پاک‌سازی و کالیبره کردن داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به طوری که خروجی آنها، به اندازه دقت ایستگاه‌های ثابت، نزدیک می‌شود.

 **شناسایی منابع آلاینده:** AI می‌تواند در تحلیل همبستگی‌های مکانی و زمانی میان آلاینده‌ها، داده‌های ترافیکی، صنعتی و متغیرهای هواشناسی به کار گرفته شود تا منشأ اصلی آلودگی شناسایی شود. بازسازی داده‌های گمشده و ناقص: در بسیاری از ایستگاه‌های پایش، داده‌ها به دلیل خرابی سنسورها یا شرایط جوی ناقص هستند. مدل‌های هوش مصنوعی برای پر کردن این شکاف‌ها به کار می‌روند و افزایش اعتبار تحلیل‌های بعدی کمک می‌کنند.

 **بازسازی داده‌های گمشده و ناقص:** در بسیاری از ایستگاه‌های پایش، داده‌ها به دلیل خرابی سنسورها یا شرایط جوی ناقص هستند. مدل‌های هوش مصنوعی برای پر کردن این شکاف‌ها به کار می‌روند و افزایش اعتبار تحلیل‌های بعدی کمک می‌کنند.

 **یکپارچه‌سازی داده‌ها از منابع مختلف:** هوش مصنوعی می‌تواند داده‌های متنوعی مثل تصاویر ماهواره‌ای، اطلاعات ترافیکی و اقلیمی را با هم ترکیب کرده و به مدل‌های جامع‌تری منجر شود. این کار از طریق الگوریتم‌هایی مختلفی انجام می‌شود که در پروژه‌هایی مثل Google Air View هم استفاده شده است.

## نقش مشارکت مردم در پایش کیفیت هوا

مردم می‌توانند از طریق ابزارهای مبتنی بر موبایل، حسگرهای شخصی، اپلیکیشن‌های مشارکتی و گزارش دهی محلی در جمع‌آوری و صحت‌سنجی داده‌های محیطی نقش مهمی ایفا کنند. پروژه‌هایی مانند Citizen Science نمونه‌ای موفق از مشارکت اجتماعی در علم محیط‌زیست است. همچنین آموزش و آگاه‌سازی عمومی از طریق رسانه‌ها و شبکه‌های اجتماعی می‌تواند به بهبود رفتارهای زیست‌محیطی و کاهش انتشار آلاینده‌ها کمک کند.



### مقایسه اقدامات پایش کیفیت هوا با استفاده از هوش مصنوعی در ایران و سایر کشورها

در بسیاری از کشورها استفاده از فناوری‌های نوین از جمله هوش مصنوعی به بخش مهمی از سیاست‌های محیط زیستی تبدیل شده است. در ادامه به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود:

**آمریکا:** در آمریکا سازمان حفاظت محیط‌زیست از داده‌های سنجش‌گرها، تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی کیفیت هوا و هشدارهای عمومی استفاده می‌کند.

**چین:** با توجه به بحران‌های جدی آلودگی هوا، چین سرمایه‌گذاری‌های عظیمی در استفاده از هوش مصنوعی برای پایش کیفیت هوا انجام داده است. شهرهایی مانند پکن از سیستم‌های پایش لحظه‌ای مجهز به AI بهره می‌برند که می‌توانند منابع آلاینده‌ها را مشخص کرده و به نهادهای مسئول هشدار بدهند. چین همچنین از هوش مصنوعی برای کنترل و کاهش انتشار آلاینده‌های صنعتی استفاده می‌کند.

**هند:** هند نیز با چالش‌های جدی آلودگی، به‌ویژه در شهرهایی مانند دهلی‌نو مواجه است. در پاسخ به این بحران پروژه‌هایی با پشتیبانی AI توسعه یافته‌اند. دولت هند همچنین از حسگرهای ارزان‌قیمت و مدل‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی آلودگی و آگاه‌سازی عمومی بهره می‌برد.



**ایران:** در ایران هنوز استفاده از هوش مصنوعی برای پایش کیفیت هوا در مراحل اولیه قرار دارد. سازمان محیط‌زیست و شهرداری تهران چند ایستگاه سنجش خودکار دارند اما نبود زیرساخت‌های داده‌ای یکپارچه، عدم دسترسی آزاد به داده‌ها و کمبود بودجه برای توسعه مدل‌های هوش مصنوعی روند پیشرفت را کند کرده است. با این حال پروژه‌های پژوهشی در دانشگاه‌هایی مثل دانشگاه صنعتی شریف، امیرکبیر و تربیت مدرس آغاز شده‌اند که نویدبخش آینده پیشرفته‌تر هستند.

## نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی با توانایی بالای پردازش داده‌های پیچیده، انقلابی در روش‌های پایش و مدیریت کیفیت هوا ایجاد کرده است. ترکیب فناوری‌های هوش مصنوعی با مشارکت فعال مردمی می‌تواند به ایجاد یک سیستم پایش هوشمند دقیق و پایدار کمک کند که هم سلامت انسان را حفظ کند و هم به سیاست‌گذاری‌های مؤثر زیست‌محیطی یاری رساند.

# بازیافت لیتیوم از باتری‌های لیتیوم - یونی

(چالش‌های محیط زیستی و روش‌های نوین)



**نویسنده: خانم انیس حاج غنی**

**کارشناسی مهندسی بهداشت محیط**

**ایمیل: Anishajghani81@gmail.com**

با رشد روزافزون استفاده از فناوری‌های الکترونیک، تقاضا برای لیتیوم نیز به طور چشمگیری افزایش یافته؛ به طوری که مصرف جهانی آن طی یک دهه بیش از دو برابر شده است. این در حالی است که ذخایر لیتیوم محدود، به طور نابرابر در سطح جهان توزیع شده‌اند و استخراج آن‌ها مستلزم مصرف بالای انرژی و ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی قابل توجه است. در کنار این موضوع، طول عمر کوتاه بسیاری از باتری‌ها، تغییر سریع فناوری و ارتقا مداوم محصولات دیجیتال، سبب شده تا حجم عظیمی از باتری‌های مصرف‌شده به مرحله دفن یا انبار برسند و موجب اتلاف منابع ارزشمند و تهدیدکننده سلامت انسان و محیط‌زیست شوند.

در حال حاضر، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰ بیش از ۵۸ درصد از خودروهای فروخته‌شده در جهان از نوع الکتریکی باشند؛ موضوعی که بدون تردید مصرف لیتیوم را به شکل بی‌سابقه‌ای افزایش خواهد داد.

این رشد تقاضا، فشار مضاعفی بر منابع محدود لیتیوم وارد می‌کند و اهمیت بازیافت را به عنوان راهکاری کلیدی برای پایداری منابع، بیش‌ازپیش برجسته می‌سازد. باتری‌های لیتیوم - یونی علاوه بر لیتیوم، شامل فلزات ارزشمندی نظیر کبالت و نیکل هستند. درحالی که نرخ بازیافت واقعی این فلزات در حال حاضر کمتر از ۳ درصد است، ادامه روند فعلی می‌تواند منجر به بحران منابع و چالش‌های جدی زیست‌محیطی در آینده‌ای نه‌چندان دور شود.

ازاین‌رو، ضرورت بازیافت باتری‌های مصرف‌شده و به‌کارگیری روش‌های نوین برای استخراج مجدد لیتیوم و سایر فلزات ارزشمند، بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود.

در این بخش تلاش می‌شود تا ضمن بررسی وضعیت فعلی مصرف و منابع لیتیوم، چالش‌های زیست‌محیطی مرتبط با استخراج و دفع باتری‌ها بررسی شده و روش‌های نوین و پایدار بازیافت لیتیوم معرفی گردد.

اگرچه لیتیوم کاربرد گسترده‌ای در صنایع مختلف دارد، اما ذخایر آن به طور مساوی در سطح جهان توزیع نشده است. کشورهای آمریکای جنوبی، به‌ویژه شیلی، بولیوی و آرژانتین، بیش از ۷۰ درصد از ذخایر جهانی لیتیوم را در اختیار دارند. استرالیا با سهم ۴۳/۵ درصدی، بیشترین میزان تولید لیتیوم در جهان را به خود اختصاص داده است و پس از آن شیلی با ۳۲/۸ درصد در جایگاه دوم قرار دارد. آرژانتین و چین نیز از صادرکنندگان عمده این عنصر هستند.

لیتیوم از دو منبع اصلی استخراج می‌شود:

۱ سنگ معدن (مانند اسپودومن، پتالیت و یوکرپیتیت) که دارای ترکیبات لیتیومی با غلظتی بین ۲ تا ۵/۵ درصد است.

۲ دریاچه‌های نمکی که به دلیل انرژی‌بر نبودن فرایند استخراج، منبع اقتصادی‌تری نسبت به سنگ معدن محسوب می‌شوند. امروزه ۸۷ درصد از لیتیوم جهان از این منابع تأمین می‌شود.

اگرچه لیتیوم در آب دریا نیز وجود دارد، اما غلظت بسیار پایین آن (۰/۱۷ میلی گرم در لیتر) باعث شده استخراج از این منبع مقرون‌به‌صرفه نباشد. با این حال، تحقیقات برای کاهش هزینه‌های استخراج از منابع مختلف ادامه دارد.

## ضایعات و بازیافت باتری‌های لیتیوم - یونی



بخش بزرگی از مطالعات بازیافت لیتیوم، بر باتری‌های لیتیوم - یونی تمرکز دارد. این باتری‌ها شامل چهار بخش اصلی آند، کاتد، الکتrolیت و جداکننده هستند. عمر مفید این باتری‌ها بسته به نوع استفاده از ۳ تا ۱۰ سال متغیر است. اما نرخ بازیافت آن‌ها هنوز بسیار پایین است؛ تنها ۲ تا ۵ درصد از باتری‌های لیتیومی در کشورهای پیشرفته جمع‌آوری می‌شوند. دلیل اصلی این موضوع، نبود زیرساخت مناسب و کمبود آگاهی مردم است.

## مراحل بازیافت لیتیوم از باتری‌های دور ریخته‌شده

برای بازیافت مؤثر لیتیوم، ابتدا باتری‌ها باید تحت یک فرایند پیش‌تصفیه قرار بگیرند تا مواد فعال (کاتد، آند) از اجزای غیرضروری جدا شوند. سپس، استخراج لیتیوم با یکی از سه روش اصلی پیرومتالورژی، هیدرومتالورژی و استخراج الکتروشیمیایی انجام می‌گیرد.



## فرایند پیش تصفیه

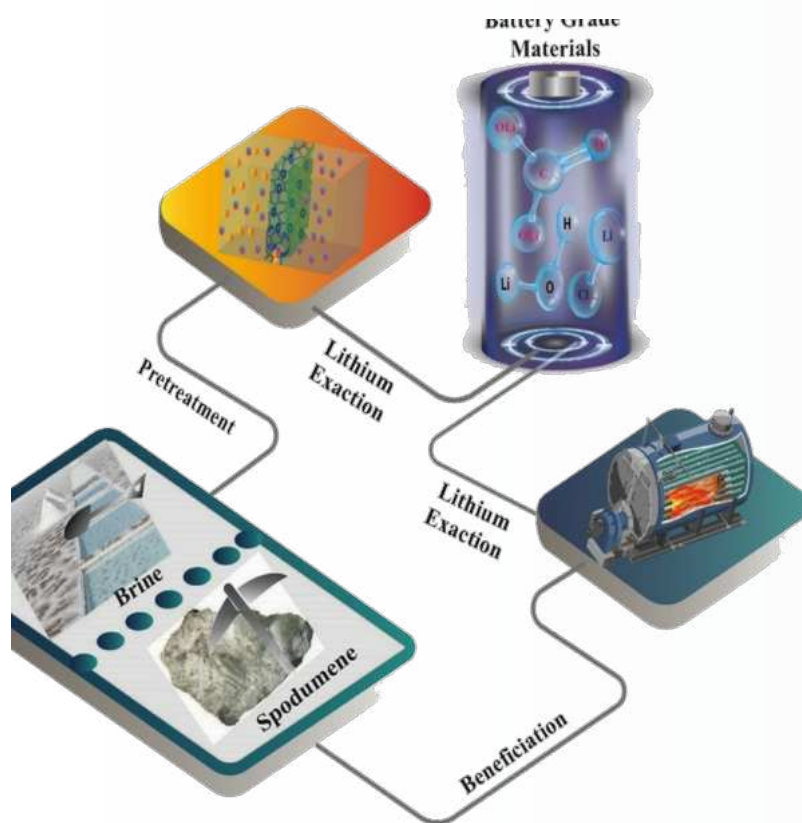
فرایند پیش تصفیه شامل سه روش اصلی پیش تصفیه مکانیکی، پیش تصفیه با حلال و پیش تصفیه کلسینه است. در پیش تصفیه مکانیکی که شامل خرد کردن فیزیکی باتری‌ها با دستگاه‌هایی مانند آسیاب چکشی یا سنگ شکن‌های تیغه‌ای است. سپس با الک کردن و جداسازی مغناطیسی، مواد فعال از سایر اجزا جدا می شوند. در پیش تصفیه با حلال، از حلال‌های خاصی جهت جدا کردن بایندهای پلیمری استفاده می شود تا مواد فعال از فویل‌های فلزی جدا شوند و نهایتاً در پیش تصفیه کلسینه باتری‌ها در دماهای ۱۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد تا چسب‌های پلیمری حذف شده و اجزای فعال راحت‌تر جدا شوند. این روش نیاز به تجهیزات گران قیمت دارد و ممکن است گازهای سمی آزاد کند.

## روش‌های استخراج لیتیوم

همان‌طور که ذکر شد استخراج لیتیوم با یکی از سه روش اصلی پیرومتالورژی، هیدرومتالورژی و استخراج الکتروشیمیایی انجام می‌گیرد. در روش پیرومتالورژی از حرارت بالا (بیش از ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد) برای واکنش ترکیبات لیتیومی استفاده می‌کند تا لیتیوم در آب حل شود و لیتیوم به شکل لیتیوم کربنات بازیابی گردد. مزیت این روش توانایی پردازش حجم بالا و سادگی فرایند است. در روش هیدرومتالورژی مواد فعال موجود در باتری ابتدا در اسید حل می‌شوند و سپس با استفاده از واکنش‌های شیمیایی، لیتیوم و سایر فلزات ارزشمند مانند کبالت، نیکل و منگنز جدا و بازیابی می گردند و نهایتاً در روش استخراج الکتروشیمیایی از اصول الکترولیز برای جداسازی یون‌های فلزی استفاده می‌شود.

بازیابی لیتیوم با عبور جریان الکتریکی از محلول حاوی لیتیوم، امکان پذیر است. همچنین می‌توان فلزاتی مانند نیکل و کبالت را نیز با تغییر شرایط الکترولیز بازیابی کرد.

انتخاب روش بازیافت مناسب، به نوع باتری، منابع در دسترس، و میزان سرمایه‌گذاری بستگی دارد. با این حال، ترکیب این روش‌ها با فناوری‌های نوظهور می‌تواند چشم‌انداز بازیافت سبز، مقرون به صرفه و با راندمان بالا را فراهم سازد.



Graphic abstract of the work

## نگاهی به فناوری‌های نوظهور در بازیافت لیتیوم

در سال‌های اخیر، پژوهشگران و شرکت‌های فناوری به دنبال روش‌های نوین و جدید برای استخراج پایدارتر لیتیوم هستند. برخی از این فناوری‌ها عبارت‌اند از:

### بازیافت زیستی:



در این روش، از میکروارگانیسم‌ها برای حل کردن و آزادسازی لیتیوم از ترکیبات معدنی یا کاتدهای بازیافتی استفاده می‌شود. این فرایند در دمای پایین و بدون مصرف مواد شیمیایی خطرناک انجام می‌شود و روشی دوستدار محیط‌زیست محسوب می‌گردد.

### استخراج با استفاده از نانو فیلترها:



استفاده از غشاهای نانوساختار در جداسازی یون‌های لیتیوم از محلول‌های آبی، در حال گسترش است. این روش بادقت بالا، انرژی کم و کارایی بالا همراه است.

### استخراج انتخاب‌پذیر:



در این روش از جاذب‌های هوشمند استفاده می‌شود که می‌توانند تنها یون‌های لیتیوم را از محلول استخراج کرده و سایر فلزات را عبور دهند. این فناوری در حال تجاری‌سازی است و نوید آینده‌ای اقتصادی‌تر را می‌دهد.

## چالش‌های زیست‌محیطی بازیافت لیتیوم از باتری‌های لیتیوم - یونی

در فرایندهای بازیافت حرارتی و شیمیایی، امکان آزادسازی فلزات سنگینی مانند کبالت، منگنز، نیکل و لیتیوم به آب، خاک و هوا وجود دارد. این فلزات در صورت عدم کنترل مناسب، می‌توانند موجب آلودگی منابع آبی، کاهش کیفیت خاک، و ایجاد اثرات سمیت زیستی برای انسان و سایر موجودات زنده شوند. همچنین تولید پسماندهای خطرناک طی فرایندهای جداسازی و تصفیه شیمیایی تولید می‌شوند که در صورت عدم مدیریت اصولی، ممکن است به منابع طبیعی نفوذ کرده و اثرات مخرب زیست‌محیطی به جا بگذارند. این مواد اغلب خورنده بوده و دفع غیراصولی آن‌ها منجر به تخریب اکوسیستم‌های محلی می‌شود. همچنین فرایندهای بازیافت رایج نظیر پیرومتالورژی (استخراج در دمای بالا) نیازمند انرژی بسیار زیادی هستند. مصرف این میزان انرژی معمولاً از منابع فسیلی تأمین می‌شود و منجر به افزایش ردپای کربنی این فرایندها و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد که با اهداف توسعه پایدار در تضاد است.

باتری‌های لیتیوم - یونی در صورت آسیب فیزیکی، شارژشدن ناصحیح یا تماس با آب، پتانسیل بالایی برای آتش سوزی و انفجار دارند. در مراکز بازیافت، چنانچه فرایندهای ایمنی به‌درستی اجرا نشوند، این خطرات می‌تواند جان کارکنان و تجهیزات را به خطر بیندازند. در بسیاری از کشورها، به‌ویژه کشورهای درحال توسعه، سیستم‌های جمع آوری مؤثر و تفکیک باتری‌های مصرف‌شده هنوز به‌درستی اجرا نشده‌اند. این مسئله موجب اختلاط باتری‌های لیتیوم - یونی با سایر زباله‌ها و دشواری در کنترل دقیق فرایند بازیافت می‌شود. در مجموع، اگرچه بازیافت لیتیوم از باتری‌های لیتیوم - یونی برای حفظ منابع طبیعی و کاهش آلودگی ضروری است، اما تا زمانی که فرایندهای بازیافت بهینه‌سازی نشده و استانداردهای زیست‌محیطی به طور کامل رعایت نشوند، این کار می‌تواند به تهدیدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست تبدیل شود.



## نتیجه‌گیری

با رشد چشمگیر فناوری‌های مبتنی بر انرژی پاک و افزایش وابستگی جوامع به باتری‌های لیتیومی، نقش لیتیوم به‌عنوان منبعی استراتژیک، بیش‌ازپیش پررنگ شده است. اما این رشد می‌تواند منجر به بحران منابع، آلودگی‌های گسترده زیست‌محیطی و شکاف‌های اقتصادی بین کشورها شود. بازیافت لیتیوم، نه‌تنها راهکاری برای کاهش فشار بر منابع طبیعی، بلکه مسیری هوشمندانه برای کاهش هزینه‌ها، جلوگیری از آلودگی و ایجاد اقتصاد چرخشی در حوزه انرژی است. اگرچه چالش‌های فنی و زیرساختی هنوز پابرجاست، اما با سرمایه‌گذاری در پژوهش، آموزش و توسعه فناوری‌های نوین، می‌توان به آینده‌ای امیدوار بود که در آن مصرف و بازیافت منابع معدنی، در توازن با طبیعت و نیازهای انسانی پیش رود. نقش متخصصان، سیاست‌گذاران و عموم مردم در این مسیر حیاتی است؛ چرا که آینده‌ای پایدار، تنها در گرو همکاری همگانی و نگاهی مسئولانه به منابع زمین خواهد بود.

# بررسی فرایند گازسازی پلاσμα برای تولید انرژی از زباله



نویسنده: خانم محدثه سادات حسینی مقدم

کارشناسی مهندسی بهداشت محیط

ایمیل: Hosinemohadeseh6@gmail.com

جهان امروز با چالش‌های جدی در زمینه تأمین انرژی و حفاظت از محیط‌زیست روبروست. وابستگی روزافزون به سوخت‌های فسیلی، منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا شده و منابع انرژی محدود زمین را با سرعت نگران‌کننده‌ای تخلیه می‌کند.

در این راستا، جستجو برای منابع انرژی پایدار و جایگزین، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گازسازی زیست‌توده، به‌عنوان یک فناوری نوظهور، پتانسیل قابل‌توجهی برای پاسخ به این چالش‌ها نشان داده است.

این فرایند ترموشیمیایی، از منابع تجدیدپذیر مانند پسماندهای کشاورزی، جنگلی و زباله‌های شهری استفاده می‌کند و آنها را به گاز سنتز، یک سوخت قابل‌استفاده و انعطاف‌پذیر، تبدیل می‌کند. گاز سنتز تولید شده می‌تواند به‌عنوان سوخت در نیروگاه‌ها، برای تولید الکتریسیته یا در فرایندهای صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. در این بخش، فرایند گازسازی زیست‌توده، از مراحل مختلف آن تا انواع روش‌های موجود، پرداخته خواهد شد.

گازسازی یک فرایند ترموشیمیایی است که مواد جامد کربن‌دار مانند زغال‌سنگ یا زیست‌توده را به یک گاز قابل‌استفاده به نام گاز سنتز تبدیل می‌کند.

این گاز سنتز، عمدتاً از مخلوطی از هیدروژن و مونوکسید کربن است، اما ممکن است شامل مقادیر کمتری از دی‌اکسید کربن، متان و سایر گازها نیز باشد. گاز سنتز تولید شده در این فرایند، به‌عنوان یک واسطه مهم در تولید طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی، سوخت‌های مایع و انرژی الکتریکی به کار می‌رود.

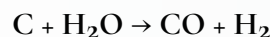


## مراحل اصلی فرایند گازسازی

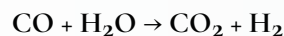
❁❁❁ ۱. **پیش تصفیه ماده اولیه:** قبل از ورود ماده اولیه به راکتور گازسازی، معمولاً مراحل مانند خرد کردن، خشک کردن و یکنواخت سازی اندازه ذرات انجام می شود تا فرآیند گاز سازی به طور مؤثرتری صورت گیرد.

⚗️ ۲. **پیرولیز (تجزیه حرارتی):** در این مرحله، ماده اولیه در معرض حرارت بالا (معمولاً بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد) و در غیاب یا کمبود اکسیژن قرار می گیرد. این فرآیند باعث تجزیه ترکیبات آلی موجود در ماده اولیه و تولید گازهای فرار، قطران و زغال میشود. گازهای فرار شامل هیدروژن، مونوکسید کربن، دی اکسید کربن، متان، گازهای هیدروکربنی، قطران و بخار آب هستند. میزان تولید گازهای فرار در پیرولیز زیست توده، به دلیل داشتن اجزای فرار بیشتر (۷۰ تا ۸۶ درصد وزنی به صورت خشک)، نسبت به زغال سنگ (حدود ۳۰ درصد) بالاتر است.

🔥 ۳. **گاز سازی:** در این مرحله، زغال حاصل از پیرولیز و همچنین برخی از ترکیبات آلی باقیمانده، در دمای بالاتر (معمولاً بین ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد) با یک عامل گاز ساز (مانند هوا، اکسیژن، بخار آب، یا ترکیبی از آن ها) واکنش می دهند. این واکنش ها منجر به تولید بیشتر، گاز سنتز می شود. یکی از واکنش های مهم در این مرحله، گاز سازی با بخار است که در آن زغال با بخار آب واکنش داده و مونوکسید کربن و هیدروژن تولید می کند:



علاوه بر این، واکنش جابه جایی آب - گاز نیز نقش مهمی در تنظیم ترکیب گاز سنتز ایفا می کند:



این واکنش به؛ به تعادل رسیدن غلظت مونوکسید کربن، بخار آب، دی اکسید کربن و هیدروژن در راکتور کمک می کند. دمای بالا به نفع تولید هیدروژن و مونوکسید کربن است، درحالی که فشار بالا به نفع تولید هیدروژن و دی اکسید کربن است.

🔥 ۴. **احتراق جزئی:** برای تأمین گرمای مورد نیاز برای انجام واکنش های گازسازی، معمولاً بخشی از ماده اولیه در داخل راکتور و با استفاده از مقدار کنترل شده ای از هوا، اکسیژن یا هوای غنی شده با اکسیژن سوزانده می شود. همچنین می توان از منابع خارجی مانند بخار فوق گرم، مواد بستر گرم شده، یا سوزاندن جداگانه برخی از ذرات یا گازها برای تأمین گرما استفاده کرد. انتخاب منبع گرما به فناوری گاز ساز مورد استفاده بستگی دارد.

🏭 ۵. **پاکسازی گاز سنتز:** گاز سنتز تولید شده در فرآیند گازسازی ممکن است حاوی ناخالصی هایی مانند ذرات معلق، قطران، ترکیبات گوگردی و ترکیبات نیتروژنی باشد. قبل از استفاده از گاز سنتز در کاربردهای مختلف، لازم است این ناخالصی ها حذف شوند. روش های مختلفی برای پاکسازی گاز سنتز وجود دارد، از جمله آن ها می توان به فیلتراسیون، جذب، و فرآیندهای کاتالیستی اشاره نمود.

## انواع روش‌های گازسازی زیست‌توده:

روش‌های مختلفی برای گازسازی زیست‌توده وجود دارد که در نوع رآکتور، نحوه تماس ماده اولیه با عامل گاز ساز، و شرایط عملیاتی با یکدیگر تفاوت دارند. در اینجا به برخی از رایج‌ترین این روش‌ها اشاره می‌شود:

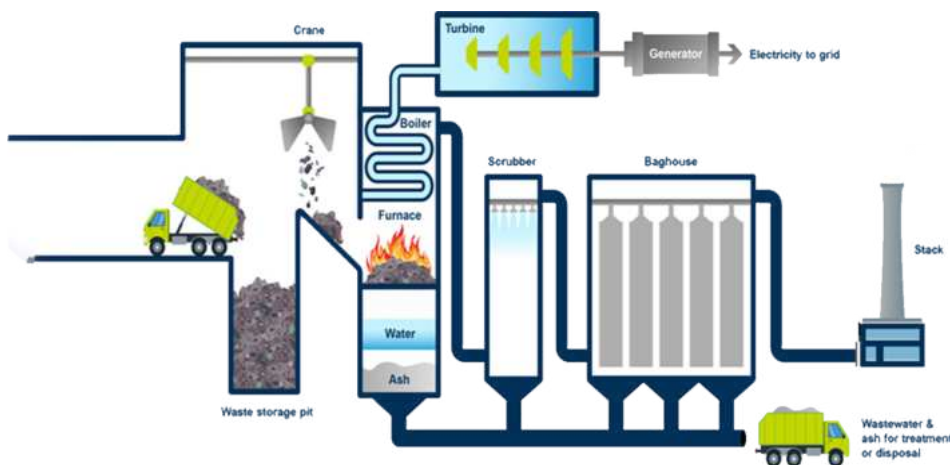
● **گاز ساز مخالف جریان:** در این نوع گاز ساز، زیست‌توده از بالای رآکتور وارد می‌شود و عامل گاز ساز (هوا، اکسیژن یا بخار) از پایین وارد می‌شود؛ بنابراین، ماده اولیه و گازها در جهت مخالف یکدیگر حرکت می‌کنند. این نوع گاز ساز معمولاً گاز متان و غنی از قطران تولید می‌کند و خاکستر از پایین رآکتور جمع‌آوری می‌شود.

● **گاز ساز هم جهت جریان:** در این نوع گاز ساز، زیست‌توده و عامل گاز ساز از بالا یا از طرفین وارد رآکتور می‌شوند و در یک جهت حرکت می‌کنند. بخشی از زیست‌توده سوزانده می‌شود و از طریق گلوگاه رآکتور به پایین ریخته و بستر زغال گرم را تشکیل می‌دهد که گازها باید از آن عبور کنند.

● **گاز ساز بسترسیال تحت فشار:** در این نوع گاز ساز، زیست‌توده پودری با اکسیژن و یا بخار تحت فشار وارد رآکتور می‌شود. شعله متلاطم در بالای رآکتور، بخشی از زیست‌توده را می‌سوزاند و گرمای زیادی (۱۲۰۰-۱۵۰۰ درجه سانتیگراد) برای تبدیل سریع زیست‌توده به گاز سنتز با کیفیت بالا فراهم می‌کند. خاکستر بر روی دیواره‌های رآکتور ذوب می‌شود و به صورت سرباره مذاب تخلیه می‌شود.

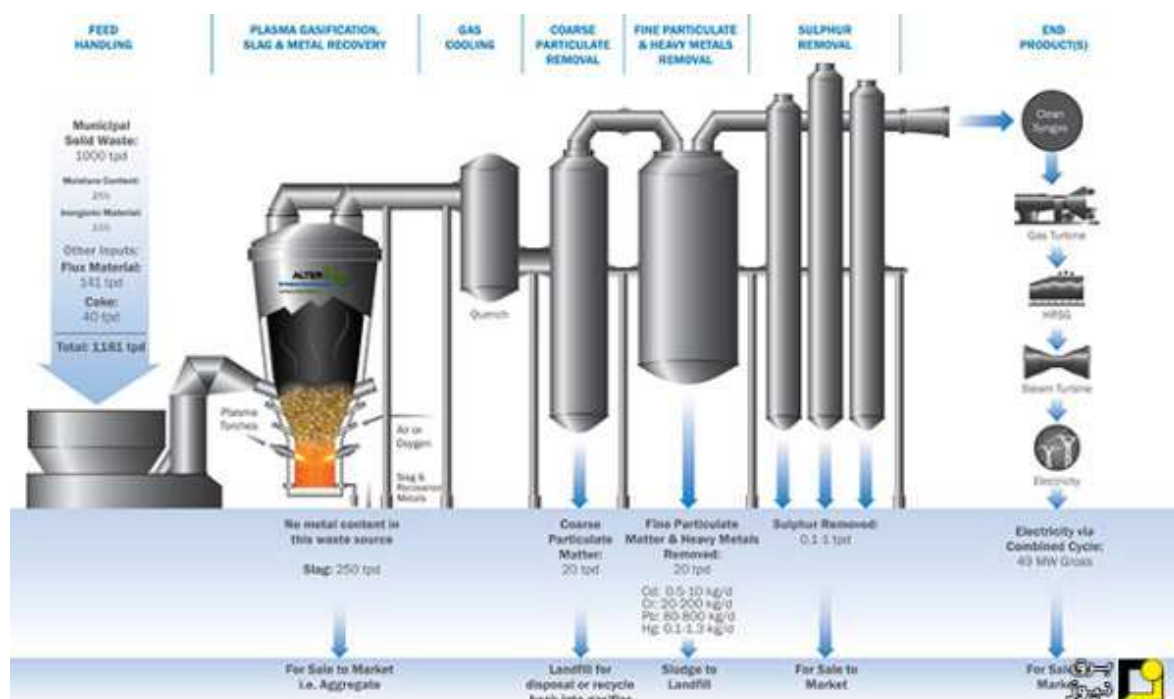
● **گاز ساز بسترسیال با جریان بالا:** در این نوع گاز ساز، یک بستر از مواد خنثی ریز (مانند ماسه) در پایین رآکتور قرار می‌گیرد. عامل گاز ساز (هوا، اکسیژن یا بخار) با سرعت بالا (۱-۳ متر بر ثانیه) از طریق بستر به سمت بالا دمیده می‌شود تا مواد را به هم بزند. زیست‌توده از کنار وارد می‌شود، مخلوط می‌شود و می‌سوزد، یا گاز سنتز تولید می‌کند که به سمت بالا خارج می‌شود. این فرآیند در دمای زیر ۹۰۰ درجه سانتیگراد انجام می‌شود تا از ذوب شدن مواد جلوگیری شود.

انتخاب روش مناسب گازسازی به عواملی مانند نوع و اندازه ماده اولیه، کیفیت گاز سنتز مورد نظر، و ملاحظات اقتصادی بستگی دارد.



## نتیجه‌گیری :

گازسازی زیست‌توده، به‌عنوان یک فناوری پاک و پایدار، راهکاری امیدوارکننده برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر ارائه می‌دهد. باوجود تنوع روش‌های گازسازی و چالش‌های فنی و اقتصادی موجود، پیشرفت‌های مستمر در این زمینه نویدبخش آینده‌ای روشن‌تر در تولید انرژی و کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی است. بهینه‌سازی فرایند، افزایش راندمان، کاهش هزینه‌ها و رفع موانع فنی، عوامل کلیدی در گسترش استفاده از این فناوری و تحقق پتانسیل بالای آن در تأمین انرژی پایدار هستند. تحقیقات و توسعه بیشتر در زمینه‌های بهینه‌سازی طراحی رآکتورها، بهبود کیفیت گاز سنتز، و کاهش هزینه‌های عملیاتی، ضروری است تا گازسازی زیست‌توده به یک منبع انرژی قابل‌اعتماد و اقتصادی تبدیل شود.



1. You J, Greenman J, Ieropoulos I. Novel analytical microbial fuel cell design for rapid in situ optimisation of dilution rate and substrate supply rate, by flow, volume control and anode placement. *Energies*. 2018;11(9):2377.
2. Jalili P, Ala A, Nazari P, Jalili B, Ganji DD. A comprehensive review of microbial fuel cells considering materials, methods, structures, and microorganisms. *Heliyon*. 2024;10(3).
3. Siddiqui S, Bhatnagar P, Dhingra S, Upadhyay U, Sreedhar I. Wastewater treatment and energy production by microbial fuel cells. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023;13(5):3569-92.
4. Gude VG. Wastewater treatment in microbial fuel cells—an overview. *Journal of cleaner production*. 2016;122:287-307.
5. Rossi R, Hur AY, Page MA, Thomas AOB, Butkiewicz JJ, Jones DW, et al. Pilot scale microbial fuel cells using air cathodes for producing electricity while treating wastewater. *Water Research*. 2022;215:118208
6. Cities. A Systematic Review of Pervasiveness, Bioaccumulation and Subduing Environmental Health Challenges. *Biol Trace Elem Res*. 2024 Apr;202(4):1356-1389. doi: 10.1007/s12011-023-03762-5. Epub 2023 Jul 31. PMID: 37518840.
7. Norisepehr M, Darvishmotevalli M, Qorbani M, Rahimi J, Moradnia M, Salari M, Gomnam F. Monitoring of urinary nickel and chromium in metal industries workers in Alborz, Iran. *Sci Rep*. 2024 Oct 26;14(1):25492. doi: 10.1038/s41598-024-77566-5. PMID: 39462091; PMCID: PMC11513090.
8. Zhang X, Yang X, Hu X, Meng Z, Yu Z, Sun Z, Zhang Y, Yang Z, Li S, Wang JS, Jia Q, Liu L, Zhou J. Biomonitoring and food surveillance on heavy metals reveal need for food safety in a coastal region. *Food Res Int*. 2025 Feb;203:115858. doi: 10.1016/j.foodres.2025.115858. Epub 2025 Jan 25. PMID: 40022381.
9. Razali NSM, Ikhwanuddin M, Maulidiani M, Gooderham NJ, Alam M, Kadir NHA. Ecotoxicological impact of heavy metals on wild mud crabs (*Scylla olivacea*) in Malaysia: An integrative approach of omics, molecular docking and human risk assessment. *Sci Total Environ*. 2024 Oct 10;946:174210. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.174210. Epub 2024 Jun 22. PMID: 38914323.
10. Guabloche A, Alvarino L, Acioly TMD, Viana DC, Iannacone J. Assessment of Essential and Potentially Toxic Elements in Water and Sediment and the Tissues of *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) from the Coast of Callao Bay, Peru. *Toxics*. 2024 Jan 14;12(1):68. doi: 10.3390/toxics12010068. PMID: 38251023; PMCID: PMC10819353.
11. Tong, T., & Elimelech, M. (2016). The Global Rise of Zero Liquid Discharge for Wastewater Management: Drivers, Technologies, and Future Directions. *Environmental Science & Technology*, 50(13), 6846–6855.
12. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2012). Guidelines for Water Reuse.
13. Panagopoulos, A. (2022). Minimal Liquid Discharge (MLD) and Zero Liquid Discharge (ZLD): Sustainable Wastewater Management Strategies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(1), 106867.
14. GWI (Global Water Intelligence). (2019). Market Insight: ZLD and MLD Technology Trends and Opportunities.

15. Adeniran AA, Shakantu W. The health and environmental impact of plastic waste disposal in South African Townships: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(2):779.
16. Derraik JG. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*. 2002;44(9):842-52.
17. Shetty SS, Deepthi D, Harshitha S, Sonkusare S, Naik PB, Madhyastha H. Environmental pollutants and their effects on human health. *Heliyon*. 2023;9(9).
- 18 . Zada L, Leslie HA, Vethaak AD, Tinnevelt GH, Jansen JJ, de Boer JF, et al. Fast microplastics identification with stimulated Raman scattering microscopy. *Journal of Raman spectroscopy*. 2018;49(7):1136-44.
- 19 . Rochman CM, Parnis JM, Browne MA, Serrato S, Reiner EJ, Robson M, et al. Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey (*Corbicula fluminea*) and their predator (*Acipenser transmontanus*). *PloS one*. 2017;12(11):e0187664.
- 20 . Chen HL, Nath TK, Chong S, Foo V, Gibbins C, Lechner AM. The plastic waste problem in Malaysia: management, recycling and disposal of local and global plastic waste. *SN Applied Sciences*. 2021;3:1-15.
- 21 .William P, Ramu G, Kansal L, Patil PP, Alkhayyat A, Rao AK, editors. Artificial intelligence based air quality monitoring system with modernized environmental safety of sustainable development. 2023 3rd International Conference on Pervasive Computing and Social Networking (ICPCSN); 2023: IEEE.
- 22 . Andrei N, Ioanid A, editors. Potential use of artificial intelligence and geospatial analysis in environmental monitoring: Air quality in a large city. *International Conference of Management and Industrial Engineering*; 2023.
- 23 . Castell N, Dauge FR, Schneider P, Vogt M, Lerner U, Fishbain B, et al. Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates? *Environment international*. 2017;99:293-302.
- 24 . Hussain M, Aleem S, Karim A, Ghazanfar F, Hai M, Hussain K, editors. Design of low cost, energy efficient, IoT enabled, air quality monitoring system with cloud based data logging, analytics and AI. 2020 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies (ICETST); 2020: IEEE.
- 25 . Iskandaryan D, Ramos F, Trilles S. Air quality prediction in smart cities using machine learning technologies based on sensor data: a review. *Applied Sciences*. 2020;10(7):2401.
- 26 . Kota SH, Guo H, Myllyvirta L, Hu J, Sahu SK, Garaga R, et al. Year-long simulation of gaseous and particulate air pollutants in India. *Atmospheric Environment*. 2018;180:244-55.
- 27 . Li X, Peng L, Hu Y, Shao J, Chi T. Deep learning architecture for air quality predictions. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016;23:22408-17.
- 28 . Zheng H, Huang J, Dong T, Sha Y, Zhang H, Gao J, et al. A novel strategy of lithium recycling from spent lithium-ion batteries using imidazolium ionic liquid. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 2022;41:246-51.
- 29 . Huang B, Pan Z, Su X, An L. Recycling of lithium-ion batteries: Recent advances and perspectives. *Journal of power sources*. 2018;399:274-86.
- 30 . Bae H, Kim Y. Technologies of lithium recycling from waste lithium ion batteries: a review. *Materials advances*. 2021;2(10):3234-50
- 31 . Duan X, Zhu W, Ruan Z, Xie M, Chen J, Ren X. Recycling of lithium batteries – a review. *Energies*. 2022;15(5):1611.
- 32 . Zhou L-F, Yang D, Du T, Gong H, Luo W-B. The current process for the recycling of spent lithium ion batteries. *Frontiers in chemistry*. 2020;8:578044.



- 33 . Wang R, Zhang Y, Sun K, Qian C, Bao W. Emerging green technologies for recovery and reuse of spent lithium-ion batteries—a review. *Journal of Materials Chemistry A*. 2022;10(33):17053-76.
- 34 . Sanlisoy A, Carpinlioglu M. A review on plasma gasification for solid waste disposal. *International journal of hydrogen energy*. 2017;42(2):1361-5.
- 35 . Erdogan AA, Yilmazoglu MZ. Plasma gasification of the medical waste. *International journal of hydrogen energy*. 2021;46(57):29108-25.
- 36 . Lal PM, Singh CJ. Plasma Gasification: A Sustainable Solution for the Municipal Solid Waste Management in the State of Madhya Pradesh, India. *International Journal of Environmental Sciences*. 2012;3(1):306.
- 37 . Pourali M, editor *Application of plasma gasification technology in waste to energy challenges and opportunities*. 2009 IEEE PES/IAS Conference on Sustainable Alternative Energy (SAE); 2009: IEEE.
- 38 . Rajasekhar M, Rao NV, Rao GC, Priyadarshini G, Kumar NJ. Energy generation from municipal solid waste by innovative technologies–plasma gasification. *Procedia Materials Science*. 2015;10:513-8.

راه های ارتباطی ، ارسال مطلب و همکاری با ما

 @Dolatabadi\_maryam

 @Yaldasunrise

زمین بان

بهار ۱۴۰۴