

# هیدروژن و پیل سوختی

کمیته راهبری پیل سوختی / نشریه هیدروژن و پیل سوختی / سال پنجم / شماره ۴۸ / شهریور ۱۳۸۹



تحقق رویای پروازهای طولانی مدت  
به یمن استفاده از پیل سوختی



## پایش و ارزیابی فناوری

\* سنجش نیروی انسانی: که با وابستگی و استخدام دانشمندان و مهندسان به تفکیک حوزه تخصصی، درجه و زمینه علمی سنجیده می‌شود.

\* سنجش در تراز بین المللی: که با سنجش عملکرد کشور نسبت به جهان ارزیابی می‌گردد.

پایش و ارزیابی مستمر این شاخص‌ها برای شناخت بهتر توسعه فناوری، تعیین جایگاه کشور در منطقه و ارزیابی میزان رشد آنها بایستی به عنوان راهنمای تصمیم‌گیران این حوزه مد نظر قرار گیرد. اگرچه سایر شاخص‌های رشد این فناوری نیز به همت ذی‌نفعان این حوزه روند رو به رشد داشته است لیکن، یکی از این شاخص‌ها که به دلیل برگزاری اثربخش اولین سمینار هیدروژن و پیل سوختی در سال ۸۷ رشد بسیار زیادی داشته است، شاخص ارائه مقالات بین المللی است که به دلیل تعامل بسیار مناسب از سوی برگزارکنندگان کنفرانس با مسئولین مجله بین المللی انرژی هیدروژنی، میسر گردید و با ارائه مقالات برتر کنفرانس ملی هیدروژن و پیل سوختی و داوری مجدد آنها توسط داوران مجله مذکور، که از مهمترین مجلات در حوزه فناوری هیدروژن و پیل سوختی می‌باشد، تعداد ۳۳ مقاله در یک شماره اختصاصی از این مجله در سپتامبر ۲۰۱۰ منتشر گردید.

انتشار این مقالات علاوه بر بازتاب گسترده فعالیت متخصصین و مراکز فعال کشورمان در سطح بین المللی، شاخص ارائه مقالات که از مهمترین شاخص‌های توسعه فناوری می‌باشد را نیز ارتقا خواهد داد که بدین وسیله این موفقیت را به کلیه فعالان این عرصه تبریک عرض نموده و امید آن داریم تا شاهد موفقیت‌های بیشتر کشور در این حوزه باشیم.

ارزیابی فناوری در سطح ملی نیازمند ساختاری جامع و مناسب برای تحلیل توانمندی فناوری در کشور است. مطالعه مدل‌های مطرح‌شده در سطح بین‌المللی نشان می‌دهد هرکدام از این مدل‌ها بر ابعاد خاصی از توسعه فناوری و نوآوری تمرکز دارند و متناسب با مقتضیات زمانی و مکانی و برای هدف خاصی مطرح شده و کاربرد داشته‌اند.

در اکثر این مدل‌ها توسعه فناوری با رشد شاخص‌های علم سنجیده می‌شود که از مهمترین این شاخص‌ها می‌توان به معیارهای زیر اشاره نمود.

\* معیارهای اندازه‌گیری خروجی علم: که با تعداد مقالات با کیفیت بالا و داوری شده توسط ژورنال‌های مرتبه بالا، سودمندی دانش، تعداد مقالات ارجاع داده شده، سنجیده می‌شود.

\* سنجش فعالیت: که با بودجه اختصاص یافته به پژوهش‌های بنیادین نسبت به کل بودجه اختصاص یافته در حوزه تحقیق و توسعه، حمایت دولتی از پژوهش‌های انجام گرفته، نسبت بودجه پژوهش‌های کاربردی به کل بودجه تحقیق و توسعه، نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم دولتی بر روی تحقیق و توسعه به سرمایه‌گذاری نهائی و... سنجیده می‌شود.

\* سنجش آموزش علوم: که با درصد انتخاب پژوهشگران علمی جدید به عنوان حاملان علوم، توزیع کارشناس جدید، کارشناس ارشد و دکتر بر حسب زمینه تخصصی، تعداد درجه‌های علمی و مهندسی بر حسب درصد از کل درجه‌های علمی و مهندسی، حمایت (بصورت دستمزد) از دانشجویان تحصیلات تکمیلی تمام وقت، ارزیابی می‌گردد.

\* شاخص‌های علاقه به علوم: که با اعتبار و منزلت شغل علمی، اندازه‌گیری دانش علوم پایه دانشجویان و اندازه‌گیری دانش علوم پایه عموم مردم در مقیاس وسیع ارزیابی می‌گردد.

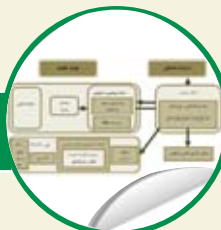
صفحه ۴

توسعه فناوری هیدروژن و پیل سوختی در نروژ



صفحه ۶

رشد نامطلوب توسعه فناوری پیل سوختی در کشور، چالش‌ها و راهکارها (قسمت پنجم)



صفحه ۸

آیا مایلید آخر هفته خود را روی آب بگذرانید؟ افزایش کاربردهای دریایی پیل‌های سوختی



صفحه ۱۱

سایت انرژی‌های نو طالقان: موزه و نمایشگاه زنده استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر



صفحه ۱۳

اخبار جهان



\* صاحب امتیاز: سازمان انرژی‌های نو ایران

\* مدیر مسئول: مهندس مهنام رحیم زاده

\* شورای سردبیری: دکتر مرتضی صادقی، مهندس مولود شیوا، مهندس مینو غلامی

\* مهندس مسعود رضایی، مهندس میترا غلامی / ویراستار: مهندس فاطمه کریمی

\* طراحی هنری، صفحه آرایی و طراحی جلد: مرکز مدیریت ارتباطات عارف - ۲۶۶۱۰۹۹ - ۰۳۱۱

\* مدیر داخلی: مهندس سمیه خطی / روابط عمومی: مهدیه رحیم پور

\* همکاران این شماره: مهندس شراره صادقی، مهندس مینا اعتمادی

\* نشانی: تهران، شهرک قدس، بلوار شهید دادمان، ساختمان معاونت امور انرژی، سازمان انرژی‌های نو ایران،

صندوق پستی ۱۴۶۶۵-۱۱۶۹، تلفن: ۸۸۰۹۸۹۹۹ - ۰۲۱

\* استفاده از مطالب مندرج در نشریه هیدروژن و پیل سوختی با ذکر منبع مجاز است.

\* کمیته راهبری پیل سوختی آماده دریافت مطالب علمی، خبری و همچنین پیشنهادات و انتقادات خوانندگان محترم می باشد.

\* آدرس سایت کمیته راهبری پیل سوختی:

www.fcc.gov.ir info@fcc.gov.ir

# توسعه فناوری هیدروژن و پیل سوختی در نروژ

منبع: IPHE.net, hynor.no, hydrogen.no

نویسنده: مینا اعتمادی

قسمت اول

فعالیت کشورها

نشریه هیدروژن و پیل سوختی / سال پنجم / شماره ۴۸ / شهریور ۱۳۸۹

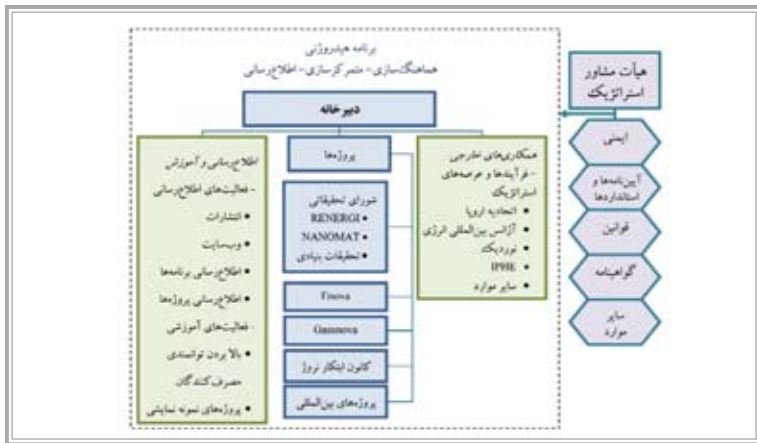
نمایندگانی از صنعت؛ دانشگاه و سازمان‌های غیر دولتی (NGO) و مؤسسه‌های دولتی برنامه ملی هیدروژن نروژ را تدوین کرد که از ابتدای سال ۲۰۰۶ اجرایی شد.

در دسامبر ۲۰۰۶، این شورا در جلسه‌ای برنامه عملیاتی خود را برای دو وزارت خانه نفت و انرژی و وزارت خانه حمل‌ونقل و ارتباطات ارائه کرد. در این برنامه همه فناوری‌های در ارتباط با هیدروژن از جمله تولید، توزیع، ذخیره و کاربرد آن در نظر گرفته شد و هر پروژه‌ای در زمینه تأمین انرژی بخش نیروگاهی و حمل‌ونقل که یکی از این حوزه‌های را پوشش دهد، مورد حمایت این برنامه قرار گرفت.

این برنامه با همکاری نزدیک شورای تحقیقات نروژ و کانون ابتکار نروژ مدیریت می‌شود.

شورای هیدروژن مجموعه‌ای از چشم‌اندازهای ملی را مطرح ساخت تا تحکیم و تثبیت موقعیت نروژ را به‌عنوان یک فعال بین‌المللی قابل توجه در حوزه هیدروژن تضمین کند.

شکل ۱- راهبرد هیدروژن



محیط زیست از دولت نروژ مبنی بر تهیه گزارشی در مورد «ارزش آفرینی، محیط زیست و فناوری‌های گاز» دولت تصمیم گرفت برنامه‌ای ملی در زمینه هیدروژن با هدف افزایش رقابت در پیشرفت فناوری هیدروژن تدوین کند.

به همین منظور در ژوئن ۲۰۰۳ دولت کمیته ملی هیدروژن را تشکیل داد.

این کمیته درست یک سال بعد پیشنهادات خود را در «گزارش رسمی نروژ در مورد هیدروژن به‌عنوان حامل انرژی آینده» (NOU 2004) به وزارت نفت و انرژی (وزارت نفت و انرژی مدیریت منابع انرژی خاک نروژ و آبراهه‌های آن را به‌عهده دارد) و نیز

فعالیت‌های مربوط به هیدروژن و پیل سوختی در نروژ، بیشتر بر اساس بخشی از برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ای بزرگ‌تر در حوزه منابع تجدیدپذیر انرژی انجام می‌شود.

نروژ به‌عنوان یک کشور غنی از منابع انرژی، مسئولیت ویژه‌ای در بخش تلاش‌های بین‌المللی برای توسعه هیدروژن به‌عنوان یک حامل انرژی به‌عهده دارد. نروژ از بسیاری از پیش‌نیازهای سرمایه‌گذاری بر روی هیدروژن برخوردار است. به‌طور مثال، این کشور ظرفیت تولید هیدروژن در مقیاس وسیع را از منابع آبی و گاز طبیعی داراست. از طرفی فعالان مهم صنعتی در این حوزه و جوامع تحقیقاتی نروژ از پیش‌قراولان حوزه‌های اصلی این فناوری به‌شمار می‌آیند.

با توجه به منابع عظیم گاز طبیعی نروژ، در حال حاضر تولید هیدروژن از گاز طبیعی همراه با جذب دی‌اکسیدکربن و ذخیره آن از بالاترین اولویت در نروژ برخوردار است. علاوه بر منابع گاز طبیعی، نروژ به مناطق وسیعی در دریای شمال دسترسی دارد که برای ذخیره دی‌اکسیدکربن مناسب است به‌طوری‌که برآورد شده این مناطق ظرفیت ذخیره تمام دی‌اکسیدکربنی را که ظرف ۶۰۰ سال از تولید برق در سراسر اروپای غربی تولید شود، دارند. به‌علاوه امکان‌پذیری استفاده از CO<sub>2</sub> در پالایش نفت، نویدی بزرگ در تولید نفت به‌شمار می‌رود که یک پروژه در حوزه نفتی گالفاسک هم در همین رابطه در دست اجراست.

شرکت نفت و گاز نروژ (استات اویل هیدرو (StatOilHydro)) یکی از پیشگامان جهانی در تولید الکترولیزاسیون و در بازار فناوری الکترولیزاسیون سالیان زیادی است شکل گرفته، رقابت می‌کند.

کمیته ملی هیدروژن نروژ، به تولید هیدروژن از منابع بومی فراوان گاز طبیعی به‌عنوان یک اولویت کلیدی نگاه می‌کند.

در خصوص پیل‌های سوختی، در سال ۱۹۹۰ چندین تحقیق در زمینه پیل‌های سوختی اکسید جامد با حمایت‌های مالی دولت صورت گرفت؛ اما بخش عمده این فعالیت‌ها ناتمام ماند و ادامه پیدا نکرد. اخیراً تعداد کمی پروژه در زمینه پیل‌های سوختی به‌واسطه حمایت از طرف سایر برنامه‌های تحقیقاتی انرژی انجام شده است.

مهم‌ترین تلاش‌ها در طول ۵ تا ۱۰ سال گذشته برای تحقیق و توسعه بنیادین و پایه‌ای در زمینه علم مواد، غشاهای پیل سوختی، کاتالیزورهای مناسب برای پیل‌های سوختی پلیمری، الکترولیز و انواع مواد مناسب برای ذخیره هیدروژن (به‌ویژه هیدریدها) بوده است.

دولت و سیاست‌ها

به دنبال درخواست رسمی کمیته دائمی انرژی و

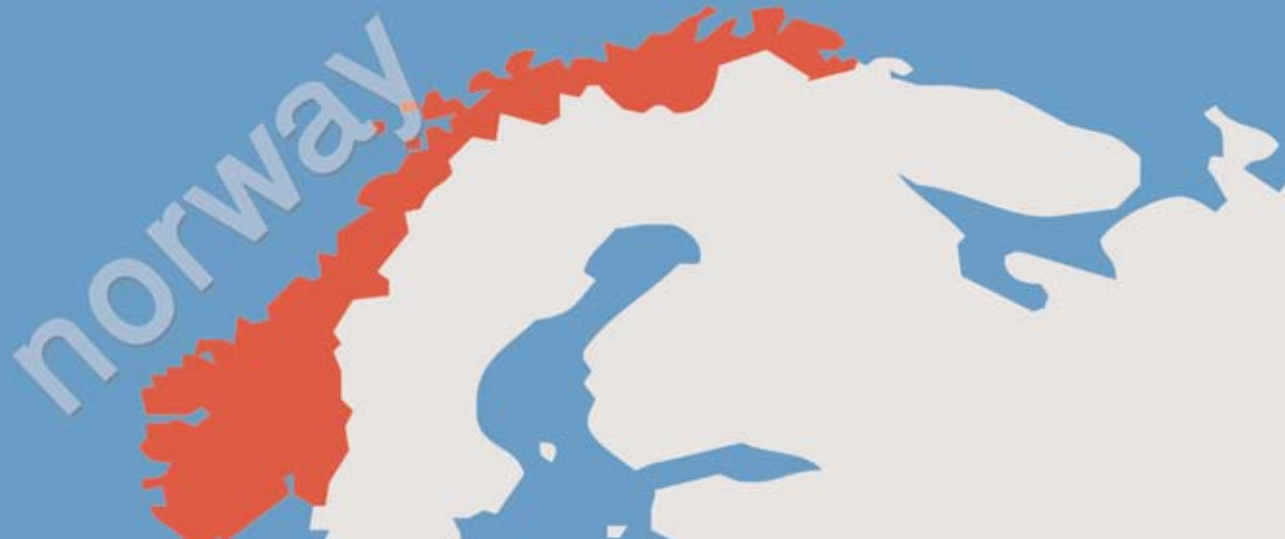
وزارت حمل و نقل و ارتباطات عرضه داشت. سپس این دو وزارتخانه با استفاده از این گزارش به تدوین راهبرد هیدروژن (شکل ۱) پرداختند که به تشکیل برنامه‌ای ملی برای هماهنگی سرمایه‌گذاری‌های اخیر در زمینه هیدروژن به‌عنوان حامل انرژی در بخش حمل‌ونقل و نیروگاهی اهتمام داشت. هماهنگ‌سازی فعالیت‌های هیدروژنی، افزایش تمرکز و توجه به هیدروژن، ایجاد چشم‌انداز و اهدافی مشترک و شفاف‌سازی نقش و مسئولیت افراد از اهداف تدوین این راهبرد به‌شمار می‌رود.

از اهداف تدوین این راهبرد به‌شمار می‌رود. از طرفی کمیته هیدروژن مجموعه‌ای از اهداف عملیاتی مربوط به سرمایه‌گذاری روی هیدروژن را شناسایی کرد که این مجموعه مبنای مهمی برای سازمان‌دهی فعالیت در زمینه هیدروژن است. این اهداف عبارتند از:

- تولید دوستدار محیط زیست هیدروژن از منابع گاز طبیعی نروژ
  - پیوستن به نخستین استفاده‌کننده‌های خودروهای هیدروژنی
  - موفقیت در ذخیره هیدروژن در سطح بین‌المللی
  - توسعه صنعت فناوری هیدروژن
- در پاییز ۲۰۰۵ شورای هیدروژن نروژ با حضور

- هیدروژن اهداف کلی پنج سناریوی مختلف در مورد ابتکار ملی هیدروژن را مشخص کرد. این سناریوها تا حدود زیادی در محتوا و دامنه شمول با هم تفاوت دارند و ادامه فعالیت‌های فعلی تا ابتکارات بزرگ و مهم هیدروژنی در نروژ را شامل می‌شوند. این سناریوها انعکاس‌دهنده سه اولویت مهم شورای هیدروژنی برای چنین ابتکاراتی است:
۱. تقویت تحرک و پویایی محققان و مشارکت آن‌ها در شبکه‌ها و نشست‌های بین‌المللی
  ۲. افزایش حمایت مالی از فعالیت‌های نمایشی
  ۳. افزایش حمایت مالی از فعالیت‌های R&D و توسعه تجهیزات آزمایشگاهی ملی
- شورای هیدروژن پیشنهاد کرد که سرمایه‌گذاری برای فعالیت‌های هیدروژنی در طول سه سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ افزایش پیدا کند.
- دولت نروژ منابع قابل توجهی را به تحقیق، توسعه و نمایش فناوری‌های مربوط به هیدروژن اختصاص داده است.

مجلس این کشور با تصویب قانونی از سال ۲۰۰۶ تنها خودروهای پیل سوختی هیدروژنی را از مالیات سالانه معاف کرد و این قانون حتی شامل خودروهای با موتور



احتراق داخلی با سوخت هیدروژنی نمی‌شود. به علاوه برای رانندگان این خودروها امتیازات دیگری نیز در نظر گرفته شد از جمله اجازه حرکت در خطوط ویژه اتوبوس و یا عدم پرداخت عوارض در اتوبان‌ها.

بخش دولتی تحقیقات هیدروژنی در نروژ از طریق دو برنامه تحقیقاتی بزرگ حمایت می‌شود و شورای تحقیقاتی این کشور اعتبار آن را تأمین می‌کند:

● RENERGI (انرژی پاک برای آینده): حمایت از تحقیقات کلی بر روی توسعه فناوری و سامانه‌های هیدروژنی

● NANOMAT (فناوری نانو و مواد جدید): تمرکز تحقیقات در زمینه مواد ذخیره‌سازی هیدروژن بودجه‌ای که در سال ۲۰۰۸ از منابع مختلف (RENERGI, NANOMAT) برای RD&D هیدروژن و پیل سوختی اختصاص یافت، ۱۵ میلیون دلار (۸۱ میلیون کرون نروژ) بود که پروژه‌هایی در زمینه ذخیره، تولید و حمل و جابه‌جایی هیدروژن، فعالیت‌های نمایشی و پیل‌های سوختی (کاربردهای نیروگاهی و سیار) را دربر داشت و این بودجه در سال ۲۰۰۹، ۱۱/۵ میلیون دلار (۶۳ میلیون کرون) بوده است. سرمایه‌گذاری در پروژه‌های نمایشی را دو وزارت نفت و انرژی و حمل‌ونقل و ارتباطات به عهده دارند. بودجه در نظر گرفته شده برای پروژه‌های نمایشی در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰، ۳۲ تا ۳۳ میلیون دلار و برای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴، ۱۶ تا ۱۸ میلیون دلار است. این سرمایه‌گذاری را بخش خصوصی و دولتی به صورت مشارکت پنجاه - پنجاه انجام می‌دهند.

حمایت مالی بخش تحقیق و توسعه: این بودجه سالانه باید به تدریج از ۶ میلیون دلار در سال ۲۰۰۵ به ۱۶ میلیون دلار در سال ۲۰۱۴ برسد به طوری که حدود ۱۰۰ میلیون دلار در طول ۱۰ سال صرف این بخش گردد. شورای تحقیقاتی نروژ، بیشترین سرمایه‌گذاری در این زمینه را انجام داده است. هرچند همه فعالان کلیدی از جمله مجموعه‌های تحقیقاتی و فعالان صنعتی نیز حضوری فعال در پروژه‌های مختلف هیدروژنی حمایتی برنامه‌های چارچوبی اتحادیه اروپا داشته‌اند.

حمایت مالی بخش آموزش و اطلاع‌رسانی: سالانه ۰/۵ تا ۰/۸ میلیون دلار برای این بخش هزینه می‌شود یعنی بین ۵ تا ۸ میلیون دلار برای ۱۰ سال در نظر گرفته شده است. سهم سرمایه‌گذاری دولتی در برنامه ملی هیدروژن

تقریباً ۱۳۳ تا ۱۵۷ میلیون دلار در طول ۱۰ سال (۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴) خواهد بود.

جدول ۱ آمده است. جدول ۱ - پروژه‌های RENERGI در سال ۲۰۰۹

حوزه تحقیقاتی	تعداد پروژه‌ها	سرمایه‌گذاری توسط شورای تحقیقات نروژ (میلیون دلار)
تولید هیدروژن	۱۵	۵/۲۶
ذخیره هیدروژن	۵	۰/۹۵
نمایش در بخش حمل‌ونقل	۱۲	۴/۹۳
مجموع	۳۲	۱۱/۱۴

### پروژه‌های تحقیقاتی

۱. برنامه تحقیقاتی RENERGI (انرژی پاک برای آینده)

RENERGI یک برنامه جامع توسعه فناوری انرژی است که بخشی از آن به تحقیق روی هیدروژن و پیل سوختی اختصاص یافته است. در این برنامه که به توسعه دانش و راه‌حلی‌هایی که اساس مدیریت زیست محیطی، اقتصادی و منطقی منابع انرژی کشور هستند، توسعه صنعتی بخش انرژی و افزایش قدرت رقابت‌پذیری کشور کمک می‌کند، روی بیش از ۲۵۰ پروژه با موضوعات انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، گرمایش - سرمایش عاری از CO<sub>2</sub>، سیاست‌های انرژی، سایر حامل‌های انرژی، و در بخش حمل‌ونقل: سوخت‌های زیستی، برق و هیدروژن سرمایه‌گذاری شده است.

هرچند در این برنامه برای تحقیقات هیدروژن و پیل سوختی تقریباً سالانه ۵/۶۶ میلیون دلار (۳۰ میلیون کرون) در نظر گرفته شده است ولی افزایش چشمگیری در این سرمایه‌گذاری‌ها دیده می‌شود:

۲۰۰۸: ۸ میلیون دلار

۲۰۰۹: ۱۶ میلیون دلار

از ابتدای ۲۰۱۰: ۱۳/۶ میلیون دلار

به طور کلی در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹، تقریباً ۳۲۱ میلیون دلار برای پروژه‌های RENERGI هزینه شده که ۵۰ درصد آن را شورای تحقیقات نروژ تأمین کرده است.

در مجموع ۳۲ پروژه هیدروژنی در برنامه RENERGI در سال ۲۰۰۹ انجام شد که اطلاعات بیشتر در مورد تعداد و میزان سرمایه‌گذاری هر یک در

### ۲. هیدریدهای فلزی / شیمیایی

در کشور نروژ در زمینه هیدریدهای فلزی برای ذخیره‌سازی هیدروژن در پنج پروژه با رویکردهای متفاوت سرمایه‌گذاری شده و تلاش‌های زیادی برای آن صورت گرفته است.

### ۳. آیمنی، آیپن نامه‌ها و استانداردها

در قالب پنج پروژه، جوانب و مسائل مختلف مربوط به یکپارچه‌سازی فناوری هیدروژن با سامانه‌های انرژی پوشش داده شده است. اهداف مهم آن شامل تدوین و توسعه آیمنی، آیپن نامه‌ها، استانداردها؛ تشخیص رفتار دینامیکی سامانه‌های پیل سوختی و ارزیابی پروژه‌های نمایشی است.

### ۴. پیل‌های سوختی پلیمری (PEM)

بیشتر تحقیقات در زمینه غشاهای الکترولیت پلیمری در دانشگاه علوم و فناوری نروژ (NTNU) انجام شده است.

در حال حاضر، بیشتر فعالیت‌ها بر روی دو هدف اصلی متمرکز شده است:

(۱) توسعه کاتالیست‌ها یا فرآیندهای جایگزین و در نتیجه کاهش استفاده از پلاتین به عنوان کاتالیست و (۲) انجام تحقیقات بنیادی بر روی PEM یا الکترولایزر برگشت‌پذیر

### ۵. SOFC

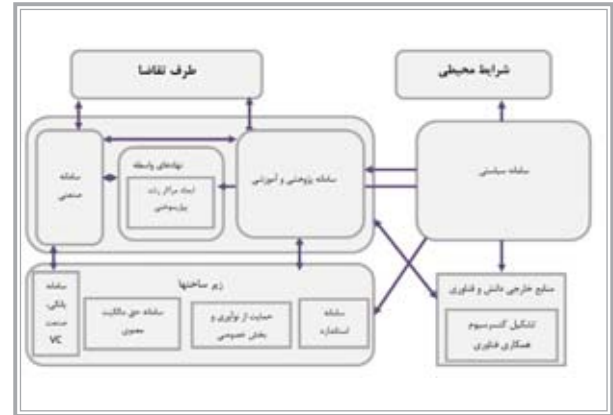
بهبود بازده و رقابت‌پذیری SOFCها در تولید برق از گاز طبیعی و بهبود فیلتراسیون هیدروژن ناشی از گازی‌سازی زیست‌توده به منظور رسیدن به مقدار خلوص مورد نیاز برای کاربرد در SOFC، از دیگر کارهای صورت گرفته، اجرای پروژه‌های برای تولید برق به وسیله SOFC در مناطق دور از ساحل می‌باشد.

ادامه دارد...



فناوری پیل سوختی در کاربردهای مورد نظر  
(و ایجاد مرکز رشد فناوری پیل سوختی)

شکل (۳): گام دوم توسعه نظام نوآوری فناوری پیل سوختی در ایران  
(۱۳۹۵-۱۳۹۱ هجری شمسی)



**گام سوم: تحریک عرضه و تقاضا، تحقیق و توسعه، آگاه‌سازی و به‌کارگیری فناوری**  
پس از تدوین سیاست‌های توسعه فناوری پیل سوختی در گام اول و به دنبال انجام فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی و توسعه زیرساخت‌های لازم در گام دوم، بنگاه‌های اقتصادی بایستی بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، در بستر زیرساخت‌ها و نهادهای آماده شده به تولید محصولات پیل سوختی بپردازند. در کنار تقویت بنگاه‌های تولیدی (طرف عرضه)، می‌باید طرف تقاضا نیز تحریک شده تا در یک حلقه مثبت، عرضه بیشتر و بهتر محصولات فناوری پیل سوختی به افزایش تقاضای داخلی و خارجی منجر شود و افزایش تقاضا نیز موج جدیدی از عرضه محصولات را به دنبال داشته باشد. اقدامات اساسی این گام عبارتند از:

- الف) ایجاد مشوق‌های مالیاتی شامل معافیت‌های مالیاتی
- ب) اعطای وام‌های بانکی بدون سود و مدت بازگشت سرمایه بلندمدت
- ج) خرید تضمینی برق با قیمت مناسب از تولیدکنندگان برق با استفاده از سامانه پیل سوختی

این سه گام جهت توسعه نظام نوآوری فناوری پیل سوختی در سند اول دیده شده است. اما به نظر می‌رسد پویایی نظام نوآوری پیل سوختی کشور بایستی مورد بازبینی قرار گیرد. این امر از سه منظر ضروری می‌نماید:  
۱. بررسی مقالات و متون علمی نشان می‌دهد در زمانی که سند اول تدوین گردیده است مفهوم پویایی نظام نوآوری تکنولوژیک، مورد توجه محققان و پژوهشگران قرار نگرفته بوده است.

با این وجود توجه محققین داخلی و تدوین‌کنندگان سند به این موضوع که کاربردهای نظام نوآوری فناوری پیل سوختی بر اساس مدلی باید محقق شود و تحقق این کارکردها دارای تقدم و تأخر نظام مند است و ارائه چنین روندی در سند

(مطابق شکل (۱)) درخور تحسین می‌باشد.

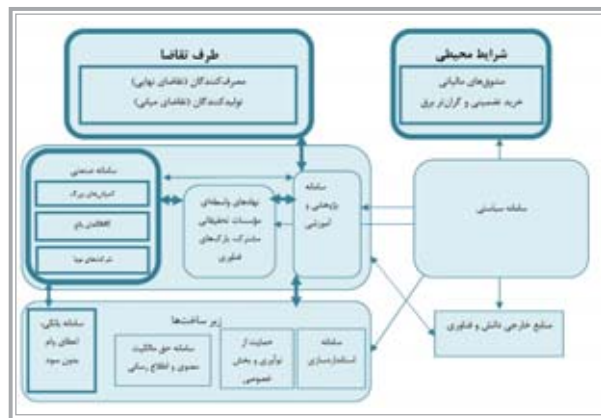
۲. نکته بسیار مهم دیگر که در ترتیبات اجرایی سند اول نیز بدان اشاره شده است این است که در انتهای گام سوم، توسعه نظام نوآوری فناوری پیل سوختی به پایان کار خود نمی‌رسد، بلکه با ارزیابی عملکرد و وضعیت داخلی و با توجه به تحولات بیرونی و تحولات فناوری، ممکن است ضروری باشد که با استفاده از بازخورد نتایج بدست آمده مراجعه مجددی به یکی از گام‌های اول یا دوم انجام شود. بررسی تحولات سیاسی، تکنولوژیک، حقوقی، اجتماعی و اقتصادی کشور در حال حاضر نشان می‌دهد که تغییرات محیطی فراوانی در کشور نسبت به زمان تدوین سند به وجود آمده است.

در زمینه محیط خارجی، کشور با فرصت‌ها و تهدیدات جدیدی مواجه شده است که از آن جمله می‌توان به اعمال تحریم‌های جدید علیه ایران، روند سریع تحولات فناوری پیل سوختی و الزامات جدید جهانی، جهت‌گیری اخیر کشورهای منطقه مخصوصاً ترکیه و امارات (شهر المصدر)، حرکت روبه‌رشد دنیا به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، تشکیل سازمان جهانی انرژی‌های نو (IRENA) و ... اشاره کرد. هم‌چنین در زمینه داخلی نیز کشور با توانمندی‌ها و ضعف‌های جدیدی مواجه شده است.

موفقیت قابل تحسین کشور در دستیابی پیش از موعد به بعضی اقدامات، ضعف در هیدروژن و زیرساخت‌های آن و ... از جمله این موارد است.  
۳. رشد کم و ناکافی توسعه فناوری پیل سوختی در کشور و نرسیدن به شاخص‌های دستیابی تعیین شده در برنامه ملی فوق که ممکن است ناشی از نواقص و کمبودهای موجود در طراحی نظام توسعه فناوری پیل سوختی در کشور باشد.

با توجه به موارد ذکر شده، به نظر می‌رسد در صورتی که سند توسعه فناوری پیل سوختی کشور، مورد بازنگری و تجدید نظر قرار گیرد و بر اساس آن، برنامه عملیاتی و اقدامات جدیدی تدوین گردد، فناوری پیل سوختی کشور در مسیر توسعه و پیشرفت سریع‌تر و روزافزون‌تر قرار گیرد و گام مهمی در جهت نیل به شاخص‌های چشم‌انداز بیست ساله کشور و اهداف متعالی کشور عزیزمان برداشته شود.

شکل (۴): گام سوم توسعه نظام نوآوری فناوری پیل سوختی در ایران  
(۱۴۰۰-۱۳۹۶ هجری شمسی)



# آیا مایلید آخر هفته خود را روی آب بگذرانید؟ افزایش کاربردهای دریایی پیل های سوختی

منبع: FuelCellBulletin، می ۲۰۱۰، صفحات ۱۷-۱۲

نویسنده: ویکی مک کنل (V. Mc Connell)، خبرنگار امریکای شمالی



طرح (Zemships) و بسیاری از کرجی های تفریحی، قایق های سریع و کلکها کاربرد فراوانی دارند. در حال حاضر هفت ناوگان دریایی بین المللی و هم چنین دسته های از خودروهای بدون سرنشین زیرآبی (UUV) از کشتی های زیردریایی شامل زیردریایی های غیرهسته ای استفاده می کنند.

## ۱. غواصی در عمق

همان طور که می دانیم زیردریایی های نظامی نیازمند عملیات های مخفیانه، توانمندی های رزمی و غوطه وری در مدت طولانی هستند. عملکرد بی صدای یک پیل سوختی، طراحی مدولار آن با قابلیت انعطاف برای اجزای مکان یابی سامانه در کل زیرساخت زیردریایی و هم چنین پیش رانش مستقل از هوا (AIP) موجب برآورده شدن همه ی این نیازهاست. برای مثال در آلمان پیل سوختی پلیمری با نام SiNavy شرکت زیمنس از سال ۱۹۹۷، نیروی AIP مورد نیاز در زیردریایی های غیرهسته ای ساخته شده بوسیله ی شرکت کشتی سازی HDW را تأمین می نماید.

هم اکنون در کل دنیا ۳۰ زیردریایی پیل سوختی شرکت HDW با مدل های 212 و 214، مشغول ارائه خدمات هستند. ایتالیا، یونان، کره جنوبی، بریتانیا، برزیل و به زودی ترکیه، کشورهای دیگری هستند که علاوه بر آلمان این کشتی ها را برای ناوگان دریایی خود به کار گرفته اند.

نخستین مدل زیردریایی 212 A شرکت HDW با ظرفیت ۲۷ خدمه، ۵۶ متر طول و ۱۴۵۰ تن وزن با نام U31 در سال ۲۰۰۵ وارد ناوگان دریایی آلمان شد. در این کشتی ۹ پیل سوختی پلیمری SiNavy شرکت زیمنس با توان ۳۴ تا ۳۰۰ کیلووات برای تولید توان استفاده شده است. طبق گزارش HDW از هر ۱۰۰ کیلووات ساعت انرژی ذخیره شده در سوخت با احتساب افت انرژی (مانند سرمایش)، ۶۵ کیلووات ساعت انرژی خالص از طریق سامانه پیل سوختی برای رانش زیردریایی و یا تأمین بار الکتریکی onboard تولید می شود.

در سال ۲۰۰۵ ناوگان دریایی یونان استفاده از زیردریایی ۱۷۰۰ تنی و ۶۵ متری HDW با مدل 214 (Papanikolis) را آغاز کرد که نیروی آن را موتور الکتریکی Permasyn زیمنس با دو پیل سوختی پلیمری SiNavy با توان ۱۲۰ کیلووات و باتری (که هر دو را مولد دیزلی تغذیه می کند) تأمین می کرد. علاوه بر آن در جولای گذشته کشتی رانی

پیل های سوختی، پتانسیل زیادی برای استفاده به عنوان منبع تولید انرژی الکتریکی در شناورها دارند. از پیل های سوختی، می توان در کشتی های تجاری و نظامی برای مواردی همچون تأمین برق اضطراری؛ تولید برق به خصوص در آب ها و بندرهای که قوانین زیست محیطی سختی در آن ها حاکم است؛ تولید بخشی از توان لازم برای ایجاد نیروی رانش؛ تولید توان الکتریکی برای شبکه برق کشتی و در صورت نیاز برای رانش در کشتی هایی که مجهز به سامانه رانش الکتریکی هستند، استفاده کرد.

علاوه بر این پیل سوختی برای اجرای طرح سامانه پیش رانش مستقل از هوا بر روی زیردریایی ها از جایگاه ویژه ای برخوردار است. در این مقاله به بررسی فعالیت هایی پرداخته می شود که تاکنون در دنیا برای به کارگیری سامانه های مختلف پیل سوختی در کشتی های تجاری، نظامی و زیردریایی ها صورت پذیرفته است. از کرجی های بادی گرفته تا قایق های موتوری و از کشتی های خودرور تا زیردریایی ها، همه و همه از وسایل آبی متنوعی است که فناوری پیل سوختی در آن ها کاربرد دارد و در آینده نزدیک هم این کاربردها افزایش خواهد یافت.

پیل های سوختی تقریباً از ۵۰ سال پیش و در ابتدا با تأمین توان اضطراری onboard، استفاده شدند و سیر تکاملی یکنواختی، از زیردریایی های کوچک تک نفره در دهه ۶۰ میلادی به نام های Star I و Deep Quest تا طرح های فوق مدرن کشتی (کشتی Orcell و Organik) دیده می شود. جدول فهرستی از وسایل آبی استفاده شده تا به امروز را نشان می دهد.

این وسایل آبی برای عملیات روی آب (مانند کشتی تدارکاتی دریای شمال با نام Viking Lady)، تاکسی های آبی کوتاه برد (قایق های موتوری کوچک مانند

Gölcük Naval ترکیه سفارشی برای ساخت زیردریایی های مدل 214 به شرکت HDW داد. هر دو مدل 212 و 214 از ذخیره اکسیژن مایع و هیدریدهای فلزی برای ذخیره هیدروژن استفاده می کنند و مقدار سوخت در حدی است که امکان شناوری به مدت ۲ تا ۳ هفته فراهم می شود.

هم چنین HDW قسمت های Plugin، شامل سامانه های پیل سوختی مربوط به زیردریایی های ۳۰ سرنشینه مدل 209 را خودش عرضه می کند.

زیمنس، چگالی توان پیل سوختی SiNavy مدل BZM34 و BZM120 خود را به ترتیب ۶۰۰ mA/cm<sup>2</sup> در ۰/۷۲ ولت و ۱۰۰۰ mA/cm<sup>2</sup> در ۰/۷۰ ولت گزارش می کند.

هر پیل ۲/۲ میلی متر ضخامت دارد و در مدل BZM34 از ۷۲ پیل و مدل BZM120 از ۳۲ پیل استفاده شده است. دمای عملیاتی بین ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد است که با مرطوب سازی گاز ساخته شده درون استک پیل سوختی همراه است. نیاز کم به تعمیر و نگهداری، افت ولتاژ کم، سیکل سریع روشن/خاموش و عدم حضور الکترولیت خورنده مایع از دیگر مزایای پیل سوختی است.

Navantia SA در کارخانه کشتی سازی Cartagena یک زیردریایی جدید با نام S-80 برای ناوگان دریایی اسپانیا ساخته که قرار است ماژول پلیمری ۳۰۰ کیلوواتی ساخت شرکت Hamilton Sundstrand (یک شرکت تابعه از شرکت سهامی United Technologies) در آن نصب شود. S-80 یک زیردریایی ۲۴۰۰ تنی است که برای استفاده گارد ساحلی طراحی شده و در سامانه رانش مستقل از هوای آن، پیل سوختی با اتانول تبدیل شده و اکسیژن کار می کند و انتظار می رود تا پایان سال ۲۰۱۰ طراحی استک با پیل کاملاً مناسب برای این زیردریایی به پایان برسد.

## ۲. تحقیقات دریایی امریکا

دفتر تحقیقات دریایی امریکا (ONR) برنامه خدماتی کشتی پیل سوختی (SSFC) شامل تحقیقات بنیادی الکترو شیمی و هم چنین آنالیزهای پیشرفته سامانه شامل مدل سازی و شبیه سازی را در اواسط دهه ۱۹۹۰ آغاز کرد. بهینه سازی تعادل بین پیچیدگی طراحی سامانه و بازدهی عملیاتی و هم چنین استفاده از سوخت های لجستیک JP-5 و JP-8 از اهداف کلی این برنامه بود. با نصب پیل های سوختی در هر کشتی، میلیون ها دلار صرفه جویی در هزینه سوخت صورت می گیرد. از این رو دفتر تأمین سامانه های نیروی دریایی (NAVSEA) دفتر تحقیقات دریایی امریکا و مرکز تسلیحات زیردریایی و هجومی نیروی دریایی (NUWC) امریکا تسهیلاتی را برای آزمایش و تحلیل این سامانه ها در نظر گرفتند.

پیل سوختی در کاربرد دریایی با چالش هایی روبروست که عبارتند از: هوای نمکی، نیاز به بادوام سازی سامانه به منظور کنترل دائمی تغییر شرایط دریا که باعث ایجاد ضربه و ارتعاش می شود، نیاز به فضا و حجم مشخص روی کشتی که خود مستلزم بالا بودن چگالی توان است و در نهایت داشتن قابلیت اطمینان مورد نیاز.

تا به امروز همه آزمایش هایی که ONR در خشکی بر روی استک و سامانه های پیل سوختی تأمین کنندگان مختلف انجام داده، اهداف طرح را با قابلیت اطمینان زیادی، برآورده کرده است. گوگرد و سوخت های لجستیک شامل گوگرد می توانند یک جزء مسموم کننده، به ویژه در واحدهای پیل سوختی پلیمری باشند که طی این برنامه یک پیل سوختی مستقیم بر پایه فناوری کربنات مذاب شرکت FuelCell Energy در خشکی آزمایش شد و با سوخت

JP-5، در مدت بیش از ۲۵۰ ساعت به بازدهی ۴۸ درصدی رسید؛ البته هدف ناوگان دریایی ۵۲ درصد است.

همچنین در ابتدا چگالی توان هر سامانه ۱۰ وات در لیتر بوده که با استفاده از یک سامانه فشرده تر قابل مقایسه با یک توربین دیزلی از نظر اندازه این مقدار به ۳۶ وات در لیتر افزایش یافته است.

در تحقیقات ONR به اکسیداسیون شیمیایی مستقیم نیز توجه شده است ولی به نظر می رسد رفرمینگ چاره سازترین راه حل در ساخت پیل های سوختی برای رقابت با سوخت های لجستیک است.

شرکت FCE از ابتدای برنامه SSFC تحقیقات دریایی امریکا با آن همکاری داشته و در این زمینه اقدام به ساخت واحد نمایشی پیل سوختی ۰/۵ مگاوات کرده که با سوخت های لجستیک در خشکی آزمایش شده است.

طبق گزارش مایکل لوکاس (M.Lukas)، از محققان ارشد شرکت BoP، FCE این واحد که برای فرآوری سوخت های دریایی رقیق تا ۱ درصد گوگرد طراحی شده است، با فرآوری بیش از ۱۷ تن سوخت حاوی گوگرد بالا و کاهش قابل توجه آلاینده‌ها تا کمتر از ۱۷/۵ ppm مگاوات ساعت برق تولید می کند. علاوه بر آن اصلاحات سامانه داخلی با پیل سوختی مستقیم منجر به بازدهی بالا یعنی چندین درصد بیش تر از بازدهی توربین ها و موتورهای پیستونی مصرف کننده سوخت مایع شد.

### ۳. AUV های مستقل

ایمینی ذاتی پیل های سوختی و مزایای صوتی آن ها برای عملکرد بی صدا در حوزه سلاح های زیر دریایی بسیار مناسب است. به گونه ای که هم اکنون ONR (از طریق NUWC) قابلیت کاربرد سامانه های پیل سوختی اکسید جامد برای به حرکت درآوردن سامانه های UUV را آزمایش می کند.

از قابلیت های سامانه پیل سوختی اکسید جامد می توان به افزایش زمان مأموریت، افزایش انرژی ویژه به میزان بیش از ۳۰۰ Wh/kg و نیاز نداشتن به تأمین انرژی از روش های دیگر در هنگام تأمین گرما برای رفرمرها اشاره کرد. NUWC یک استک پیل سوختی اکسید جامد با ۳۰ واحد پیل از شرکت Delphi و یک استک دیگر با ۲۸ پیل از شرکت Versa Power Systems، را در برنامه پیمان تبدیل انرژی حالت جامد (SECA) وزارت انرژی امریکا آزمایش کرده است.

نتایج آزمایش اجزا و یکبارگیری پیل های سوختی به همراه BoP درون محفظه تنگ و محدود UUV ها می تواند سرانجام برای اهداف ۲۰۱۶ «ناوگان بزرگ سبز» وزارت انرژی امریکا و هم چنین کشتی های ناوگان دریایی این کشور کارایی داشته باشد.

شرکت تولیدی AlumFuel Power در حال طراحی مولدی هیدروژنی برای UUV ها می باشد که از ترکیب آلومینیوم، آب و افزودنی های خاص، هیدروژن تولید می کند. هم چنین این شرکت در حال توسعه یک مولد بخار است و در نظر دارد چگالی انرژی را با تلفیق دو فناوری هرچه بیشتر افزایش دهد. چگالی انرژی چنین سامانه هیبریدی، تا ۵ برابر چگالی انرژی باتری های لیتیومی گزارش شده است. به گفته محققان این شرکت، هر مولد می تواند در زمان های مختلف، بسته به برنامه زمان بندی فعال شود.

تاکنون صدها بار با خودروهای زیر دریایی خودکار (AUV) تجاری غواصی شده است. برای مثال می توان به Urashima اشاره نمود که مدلی اولیه بوده و صنایع سنگین میتسوبیشی ژاپن در سال ۲۰۰۰ آن را توسعه داده و با

پیل سوختی پلیمری در سال ۲۰۰۴ تجهیز شده است. از جمله مزایای AUV ها، فعالیت به صورت مستقل یا بدون اتصال به کشتی مادر و همچنین قابلیت برنامه ریزی برای مأموریت هایی با مدت زمان های متغیر است.

Urashima با ۱۱ متر طول و ۱۰ تن وزن، دو واحد پیل سوختی پلیمری خنک شده با آب را درون مخزن فشاری از جنس آلایژ تیتانیوم جای داده است و هیدروژن خروجی از هیدرید فلزی را با گاز اکسیژن خالص ترکیب می کند. Urashima به عنوان رباتی زیر دریایی برای بررسی اقیانوس قطب شمال از زیر یخ، جمع آوری مدارک زمین لرزه های زیر دریا و هم چنین بررسی جزئی عمق دریا از آتشفشان کُج در Kumano Trough ساحل ژاپن طراحی شده است.

در AUV های مدل 3000 و HUGIN 4000 شرکت دریایی Kongsberg و مؤسسه تحقیقات دفاعی FFI نروژ، از باتری های لیتیومی یا باتری های شبه پیل سوختی آلومینیوم/اکسیژن با توان ۳۵ kWh برای به کار انداختن سامانه های ۴ کیلوواتی به مدت ۶۰ ساعت استفاده شد. هم چنین AUV های مدل HUGIN می تواند در اعماق ۳۰۰۰ متر (۹۰۰۰ فوت) برای اقیانوس نگاری، نظارت محیطی، نقشه برداری بستر اقیانوس برای صنعت نفت و گاز و هم چنین عملیات مین روبی در کاربردهای نظامی فعالیت نمایند. در مدل HUGIN 3000، ۶ پیل با ۲۸ آند آلومینیومی و کاتدهای فیبر کربنی به کار رفته است. در این سامانه پراکسید هیدروژن در حجم ثابت به الکترولیت قلیایی در حال گردش در دمای محیط اضافه می شود تا اکسیژن آزاد شود.

### ۴. کشتی های بزرگ

برای کشتی های بزرگ تجاری مانند کشتی های خودروبر و کامیون بر، برق کمی مورد نیاز به حداقل ۲۵۰ کیلووات و در رانش اولیه به ۵ مگاوات می رسد.

طرح های مطالعاتی APU و سامانه رانش اصلی بهینه شده برای چنین کشتی هایی در برنامه کشتی پیل سوختی (FCSHIP) از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ با مشارکت ۲۱ شرکت تحقیقاتی و به رهبری انجمن مالکان کشتی نروژ اجرا شد. برای این منظور سامانه های پیل سوختی از شرکت آلمانی MTU Friedrichshafen (برای تأمین فناوری های پیل سوختی کربنات مذاب و پلیمری)، شرکت ایتالیایی پیل های سوختی Ansaldo (برای تأمین فناوری پیل سوختی کربنات مذاب) و شرکت فنلاندی وارتسیلا (برای تأمین فناوری پیل سوختی اکسید جامد) تهیه شد.

آژانس ناوگان دریایی Det Norske Veritas (DNV) نروژ پروژه (۲۰۰۷-۲۰۰۳) FellowSHIP را رهبری کرده که نصب سامانه پیل سوختی کربنات مذاب Hot Module، محصول شرکت MTU Onsite Energy را به صورت onboard روی کشتی Viking Lady نروژی به دنبال داشت.

کمسیون اروپایی در سال ۲۰۰۵، ۹/۹ میلیون یورو را به برنامه ۵ ساله «سامانه تجدیدپذیر توان اضطراری بر پایه متانول در کشتی های تجاری» (METHAPU) اختصاص داد. هدف METHAPU توسعه یک سامانه نمایشی پیل سوختی اکسید جامد ۲۰ کیلوواتی با سوخت متانول با قابلیت استفاده در کاربردهای دریایی بود.

شرکت وارتسیلا در این پروژه وظیفه یکپارچه کردن سامانه ها را برعهده داشت و تعدادی سامانه های برقی را برای تنظیم و توزیع انرژی از پیل سوختی کربنات مذاب به شبکه الکتریکی ۳۲۰ کیلوواتی توسعه داد.

طبق گزارش شرکت MTU Onsite Energy یکی از شرکت های گروه صنعتی Tognum، که در شهر فریدریش هافن آلمان واقع است بازدهی الکتریکی Hot Module در صورت برگشت گرمای خروجی به سامانه، به ۹۰ درصد می رسد که این به معنای کاهش ۲۰ درصدی نشر سالیانه CO<sub>2</sub> کشتی Viking Lady است.

علاوه بر آن به گفته ارکو فونتل (E. Fontell)، مدیر بخش پیل های سوختی شرکت وارتسیلا، واحدی با نام WFC20 که یک استک مسطح پیل سوختی اکسید جامد تغذیه کننده از سوخت متانول است را شرکت دانمارکی پیل سوختی Topsoe، به زودی به صورت onboard روی کشتی خودروبر Undine متعلق به خطوط کشتی رانی Wallenius Wilhelmsen سوئدی نصب خواهد کرد.

فونتل می گوید: «تصویب قانون برای الزام بخش دریایی به کاهش قابل توجه نشر دی نیتروژن مونوکسید (N<sub>2</sub>O) و اکسید گوگرد، به ویژه در مناطق ساحلی و بندرگاه ها می تواند فرصتی برای محصولات پیل سوختی فراهم آورد تا به بخش مهمی از روش های تولید توان پاک و مؤثر تبدیل شوند.» در همین زمینه خطوط کشتی رانی Wilhelmsen Wallenius در نظر دارد در آینده کشتی باری بدون آلاینده خود را که Oracelle نام دارد، وارد خطوط کشتی رانی کند.

### ۵. کرجی های تفریحی

مالکان قایق های بادبانی، به ویژه کرجی های مخصوص مسابقه، به تجهیز قایق های خود با فناوری های جدید، از جمله پیل های سوختی معروفند. از سال ۲۰۰۲ قایق های بادبانی مسابقات قایق رانی در دو سوی اقیانوس اطلس، (مانند Emerald Beneteau 411 و Pogo) توانستند با استفاده از سامانه های پیل سوختی پلیمری یا متانول مستقیم در این مسابقات به رتبه های بالایی دست یابند. کینیچی هوری (K. Horie) در سفر دریایی انفرادی خود در پاسیفیک که ۶۸ روز طول کشید، از پیل سوختی متانول مستقیم استفاده کرد. وی افزایش زمان استفاده در مقایسه با باتری های معمول و هم چنین سهولت استفاده از متانول را از جمله مزایای این سامانه عنوان می کند. شرکت آلمانی پیل سوختی SFC Smart از پیل سوختی متانول مستقیم EFOY بر روی کرجی تفریحی SY Mamelie با مزیت وزن سبک (۷ کیلوگرم) و بازدهی بالای سوخت، بهره گرفته است. در این سامانه APU برای طی مسافت ۳۵۰۰ مایل دریایی تنها ۲۶ کیلوگرم یا ۳۰ لیتر سوخت نیاز دارد در حالی که ژنراتور دیزلی برای طی همین مسافت ۱۹۰ لیتر سوخت مصرف می کند.

در سال ۲۰۰۳ نیز فناوری پیل سوختی MTU به صورت onboard در یک کرجی ۱۲ متری برای استفاده در دریاچه کانستنس استفاده شد. علاوه بر آن دانشگاه ژوزف فوریه (UJF) در شهر گرونوبل فرانسه و شرکت تابع انتقال فناوری این دانشگاه با نام Floralis، از فناوری پیل سوختی به صورت onboard روی کرجی مدل RM 1200 با طول ۱۲ متر استفاده کرده است. این کرجی برای جمع آوری اطلاعات علمی در مورد آلودگی، در دریای مدیترانه دریانوردی می کند.

شرکت Independenc Green Yachts (واقع در ایالت مریلند امریکا) و شرکت HJB Marine (واقع در ایالت کنکتیکات امریکا) از سرمایه گذاری مشترکی برای توسعه کرجی بدون آلاینده 60 Independence خبر داد. این کرجی قادر است به سرعت ماکزیمم ۱۳ گره دریایی برسد و با سرعت ۸ گره دریایی ۶۰۰ مایل طی کند. در فناوری

سامانه رانش این کرجی، اجزای پیل سوختی، خورشیدی و بادی برای اجرای طرح کرجی فوق سبز، یکپارچه شده‌اند. این کرجی تفریحی ماهیگیری با توجه به رعایت اصول طراحی قایق‌های بادی و بهینه‌سازی طراحی کشتی با استفاده از فناوری HB Marine و سامانه رانش الکتریکی هیبرید خورشیدی/ هیدروژنی شرکت Independence Green Yachts، با قیمتی قابل رقابت با قیمت کشتی‌های دیزلی امروزی عرضه شده است.

علاوه بر آن شرکت HB Marine کاربرد فناوری خود را برای یک قایق دو بدنه و ایجاد سوخت‌گیری onboard برای وسایل آبی مشخص یا قایق‌های تفریحی بررسی و آزمایش می‌کند.

طبق گزارش‌های اخیر در یک سفر دریایی ۴ ساله که Pangaea Expedition نام دارد، از پیل سوختی برای طی آب‌های قطب شمال استفاده خواهد شد.

### ۶. تاکسی‌های آبی

در دهه اخیر از تاکسی‌های آبی پیل سوختی با ورود تاکسی

آبی Hydra با ظرفیت ۲۲ سرنشین در آلمان و به دنبال آن تاکسی Nemo H2 با ظرفیت ۸۲ سرنشین در هلند، استقبال شده است. شرکت هیدروژنیکس واقع در کانادا چندین سال پیش در یک پروژه تاکسی آبی در شهر ونیز ایتالیا شرکت کرده و به تازگی نیز با مرکز بین‌المللی فناوری‌های انرژی هیدروژنی UNIDO ترکیه برای پروژه قایق گردشگری با ظرفیت ۵۰ مسافر قرارداد بسته است. این شرکت ۶ مازول پلیمری ۳۰ کیلوواتی مدل HD8 HyPM™ و مخازن ذخیره هیدروژن از جنس کامپوزیت کربن را به همراه قطعات یدکی آن‌ها به مدت دو سال تأمین خواهد کرد. پروژه تاکسی آبی Nemo H2 را شرکت هلندی Fuel Cell Boat BV، که ائتلافی از پنج شرکت پیل سوختی واقع در آمستردام می‌باشد، اجرا کرده است. Nemo H2 دو پیل سوختی پلیمری با توان ۶۰ تا ۷۰ کیلووات و ۵۵ باتری سرب- اسید برای کمک به تأمین سرعت ماکزیمم ۱۶ کیلومتر در ساعت دارد.

شرکت NedStack واقع در شهر آرنهم هلند از همکاران این پروژه است که سامانه‌های پیل سوختی آن‌را تأمین

می‌کند. هم‌چنین این شرکت همراه با شرکت Electry Gen (واقع در استرالیا) در حال تجهیز یک کرجی ماهیگیری صید میگو با وزن ۴۰ تن است.

در این کرجی، یک مازول ۳۰ کیلوواتی پیل سوختی پلیمری است که تنها ۱ مترمربع فضا اشغال می‌کند و درون یک محفظه فولاد ضد زنگ قرار گرفته و به صورت هیبریدی همراه با باتری کار می‌کند.

از نخستین تاکسی‌های آبی پیل سوختی تاکسی‌هایی هستند که در پروژه Zemship (کشتی‌های بدون نشر) به نمایش درآمدند.

این تاکسی‌ها با پیل‌های سوختی پلیمری آب خنک و توان ۵۰ کیلووات شرکت آلمانی Proton Motor، تجهیز شده‌اند. نخستین تاکسی Zemship با ظرفیت ۱۰۰ مسافر نام FCS Alsterwasser نام داشت که با سرمایه‌گذاری ۲/۴ میلیون یورویی اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۸ در دریاچه آلستر هامبورگ استفاده شد. این تاکسی آبی برای سوخت‌گیری ۵۰ کیلوگرم هیدروژن فشرده تقریباً ۱۲ دقیقه زمان نیاز دارد و آن‌را از یک ایستگاه هیدروژن مایع که شرکت لینده روی دریاچه ساخته است، تأمین می‌کند.

### نتیجه‌گیری

در صورتی که همه انواع قایق‌های تفریحی انرژی خود را از پیل سوختی تأمین کنند و به قایق‌هایی کاملاً پاک تبدیل شوند، همه در جواب سؤال «آیا مایلید آخر هفته خود را روی آب بگذرانید؟» با صدایی پرطنین «بله» خواهند گفت.

نوآوری‌های در حال شکل‌گیری، گستره وسیعی از وسایل آبی در اندازه‌های مختلف را پوشش می‌دهد. به عنوان مثال در عرصه قایق‌های موتوری می‌توان به این موارد اشاره کرد Riviera 600 که با سامانه سوخت‌گیری آسان با کارتریج هیدروژن فشار بالای خود، بخشی از پروژه هیدروژنی Future اتریش می‌باشد؛ قایق سبک Cobalt 233 ZET شرکت zebotec که برای دریاچه‌هایی که تنها در آن‌ها استفاده از الکتریسیته به‌عنوان نیروی محرکه مجاز است، مانند دریاچه کانستنس آلمان، طراحی شده است؛ قایق دو بدنه Hydroxy 3000 متعلق به کشور سوئیس.

از طرفی شرکت دانمارکی فناوری پیل سوختی IRD به آزمایش یک DMFC روی یک قایق بارکشی ۲۱ Neah Power فوئی پرداخته و در امریکا نیز شرکت برای شرکت قایق‌سازی Hobbie Cat (که به خاطر قایق‌های دو بدنه تفریحی خود مشهور است) می‌باشد.

در یونان شرکت فناوری‌های سبز Tropical یک پیل سوختی پلیمری ۱ کیلوواتی ساخته که روی یک قایق موتوری با طول ۷/۳ متر نصب شده و هم‌اکنون در حال آزمایش با سوخت LPG تبدیل شده و هیدروژن تولید شده از گاز فشرده یا هیبرید فلزی است.

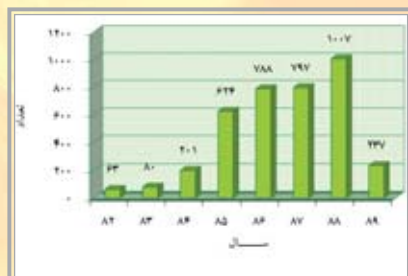
پروژه‌های دانشجویی نیز شامل همه انواع کشتی‌ها و پیل‌های سوختی از UUVها تا قایق‌های بادبانی هستند. برای مثال سال گذشته دانشجویان دانشگاه نسلر یک قایق بادبانی به نام New Clermont را بر روی رودخانه هادسون نیویورک به حرکت درآوردند که برق اضطراری آن را دو واحد پلیمری GenDrive™ شرکت Plug Power تأمین کردند.

این مقاله مرور جامعی بر همه کاربردهای دریایی پیل سوختی نیست و بی‌شک موارد بیشتری نیز وجود دارد. سؤالی که مطرح می‌شود این است که کدام یک از انواع کشتی‌ها از فناوری پیل سوختی برای APU یا رانش اولیه بیشتر سود می‌برند.

نام کشتی، مشخصات	زمان	توان قدرت	نوع پیل سوختی	کشور	تأمین کننده‌های کابردی
زیردریایی‌های غیر هسته‌ای					
Star 1	۱۹۹۶	۱۰۰ کیلووات	AFC	آمریکا	General Dynamics/Alic-Chatham
Deep Quest	۱۹۹۷	۳۰ کیلووات	AFC	آمریکا	Lockheed Martin & Space Systems
Shary PEMFC	۲۰۰۵	۹ کیلووات	PEMFC	آلمان	Dysson/Grupp Marine Systems/HDW
زیردریایی‌های UUV/AUV					
AUV نظریات با نام ARCS	۱۹۸۷	۱۰۰ کیلووات	AFC	آلمان	ISE Research Ltd
PC-14	۱۹۸۸	۴ کیلووات	PEMFC	آمریکا	Pony Technologies/Ballard
JUGEN	۲۰۰۰	۳۵ کیلووات	PEMFC	ژرمنی	FTI
DeepC	۲۰۰۲	۱۶۰ کیلووات	PEMFC	آلمان	Atlas Elektronik/ZSW
Autonomous	۲۰۰۴	۹ کیلووات	PEMFC	آلمان	صاحب سنگان مستورینی
کرجی‌ها					
Mal's Mermaid III	۲۰۰۲	۳۰ کیلووات	DMFC	آلمان	شرکت هوبی
Bronco III	۲۰۰۲	۲۰۰ کیلووات	PEMFC	سوئیس	ISE-EPD
Sho 1	۲۰۰۴	۸۹ کیلووات	PEMFC	آلمان	MTU CIC Solutions/Ballard
Man Power	۲۰۰۴	۹۱ کیلووات	DMFC	آلمان	Man Power
411	۲۰۰۷	۵ کیلووات	PEMFC	آمریکا	Vulter Energy
2	۲۰۰۹	۶۱۰ کیلووات	DMFC	آلمان	SFC Smart Fuel Cell
کشتی‌های نظریات					
Albing	۲۰۰۸	۱۰ کیلووات	PEMFC	آلمان	Islands New Energy/Ballard
Wiking Lady	۲۰۰۸	۳۰ کیلووات	MCFC	آلمان	MTU Diesel Energy/Wirtzoll
قایق‌های موتوری / تاکسی‌های آبی					
Hydra	۲۰۰۰	۹۶ کیلووات	AFC	آلمان	Faig GmbH
Duffy	۲۰۰۴	۴ کیلووات	PEMFC	آمریکا	Duffy Electric Boat Co /Ames/Millstream Cell
FCS Alsterwasser	۲۰۰۸	۳۰ کیلووات	PEMFC	آلمان	Proton Motor
Onesmo II	۲۰۰۸	۶۰ کیلووات	PEMFC	هلند	Fuel Cell Boat BV
قایق‌های تفریحی					
Hydrocell Oy	۲۰۰۰	۳۰ کیلووات	AFC	فنلاند	Hydrocell Oy
Hydroxy 3000	۲۰۰۴	۴ کیلووات	PEMFC	سوئیس	ISE-EPD/ZeTak Power
Barlowe	۲۰۰۷	۵ کیلووات	PEMFC	آلمان	Barlowe
Horizon Fuel Cell/Plug Power	۲۰۰۷	۳۰ کیلووات	PEMFC	آمریکا	Horizon Fuel Cell/Plug Power
Biviera 600	۲۰۰۸	۴ کیلووات	PEMFC	آلمان	Ferion International/Water GmbH
Chaloupe	۲۰۰۸	۱ کیلووات	DMFC	دانمارک	IRD Fuel Cell Technology
Plug Power	۲۰۰۸	۹ کیلووات	PEMFC	آمریکا	Tropical Green Technologies

# سایت انرژی‌های نو طالقان: موزه و نمایشگاه زنده استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

تهیه کننده: سمیه خطی

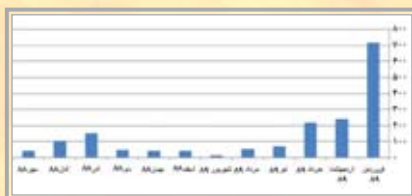


سامانه پیل سوختی ۲۵ کیلووات به همراه تجهیزات جانبی با هدف اتصال به شبکه در سال ۸۷ و الکتروولتیر با ظرفیت تولید ۳۰ نرمال مترمکعب هیدروژن در سال ۸۸ که هر دو سامانه هم‌اکنون در حال فعالیت هستند.

هم‌چنین بهره‌برداری از سامانه پیل سوختی مولد هم‌زمان برق و حرارت ۵ کیلووات که متخصصان مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان آن را ساخته‌اند و ماه گذشته در این سایت نصب شد.

در سایت انرژی‌های نو طالقان، نیروگاه فتوولتائیک با توان ۳۰ کیلووات هم‌کار می‌کند که برق این نیروگاه به شبکه متصل است.

سایت طالقان از برق شبکه استفاده می‌کند اما چند ساختمان این سایت دارای برق مستقل از شبکه هستند از جمله ساختمان نگهبانی سایت که نمای آن از پنل‌های فتوولتائیک پوشانده شده و برق خود را تأمین می‌کند و در زمان اضطراری می‌تواند از برق شهر استفاده کند و کانکسی که برقرش را انرژی هیدروژنی تأمین می‌کند.



سایت انرژی‌های نو طالقان هشت سال پیش به عنوان مرکزی برای نمایش توانایی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید برق راه‌اندازی و از سال ۸۲ با گردآوری مجموعه‌ای از تجهیزات مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر و در اختیار قراردادن اطلاعات در مورد تاریخ انرژی، انواع انرژی، تبدیل انرژی، راه‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی، محیط‌زیست و انرژی‌های تجدیدپذیر، آماده بازدید متخصصان، محققان، دانشجویان و دیگر علاقه‌مندان شد.

در سال اول راه‌اندازی این مجموعه، ۶۵ بازدیدکننده، ثبت شده است که بیشتر آنان پیمانکاران اجرایی و مسؤولان شرکت توانیر بوده‌اند اما با گذشت شش سال و تلاش برای گسترش آگاهی‌ها در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، آمار بازدیدکنندگان، ۱۵ برابر شده و به بیش از ۱۰۰۰ نفر رسیده است.

این تفاوت نشان از آشنایی بیشتر مردم با انرژی‌های تجدیدپذیر دارد که از اهداف اصلی سازمان انرژی‌های نو است.

تدوین و تکمیل تحقیقات کاربردی، پژوهشی و آموزشی در زمینه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر از دیگر اهداف این سازمان در راه‌اندازی سایت انرژی‌های نو طالقان بوده است که سهم بیشتر استادان دانشگاه، دانشجویان، دانش‌آموزان و مسؤولان کشوری از این بازدیدها، نشان از موفقیت سازمان انرژی‌های نو در دستیابی به این اهداف دارد.

در این سایت، نمونه آزمایشگاهی هیدروژن خورشیدی و پیل سوختی شامل سامانه فتوولتائیک ۱۰ کیلووات، الکتروولتیر ۵ کیلووات و پیل سوختی ۱/۲ کیلووات وجود دارد و نیروی برق مجموعه‌ای را مستقل از شبکه تأمین می‌کند.

و اما دیگر فعالیت‌های سایت طالقان در زمینه انرژی هیدروژنی: تأمین، نصب و راه‌اندازی یک

برق خانه‌ای در سایت طالقان را هم پنل‌های فتوولتائیک تأمین می‌کنند و سرمایه‌ش و گرمایش آن به روش زمین گرمایی و ذخیره انرژی آن در باتری وانادیومی صورت می‌گیرد.

مهندس یونسی که از سال ۸۶، سرپرستی سایت انرژی‌های نو طالقان را به عهده گرفته است و بر نصب و راه‌اندازی سامانه‌ها، فعالیت‌های سایت و تنظیم بازدیدها نظارت دارد، سایت طالقان را مجموعه‌ای برای آشنایی مردم با انرژی‌های تجدیدپذیر می‌داند که گسترش این نوع انرژی را به دنبال دارد و می‌گوید: «با توجه به افزایش قیمت جهانی و بحران سوخت، حرکت به سمت استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، شتاب بیشتری خواهد گرفت و موانع را برطرف خواهد کرد.»

وی با وجودی که از روند افزایش آمار بازدیدکنندگان سایت طالقان اظهار رضایت می‌کند اما هنوز هم انرژی‌های نو و تجدیدپذیر را در کشور، ناشناخته می‌داند و می‌گوید: «راه‌اندازی سایت‌های مشابه سایت طالقان با تنوع بیشتر و کاربرد تفریحی برای همه مردم، می‌تواند در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر مؤثر باشد.»

مهندس یونسی با اشاره به نصب و راه‌اندازی نمونه‌های آزمایشی کوچک برای تولید برق، با استفاده از انرژی‌های نو در سایت طالقان، می‌گوید: «قرار است در آینده تولیدات پراکنده در این سایت جمع‌آوری و یک شبکه هوشمند تولید و مصرف برق ایجاد شود اما نقشه راه مکتوبی برای این توسعه وجود ندارد.»

## ۲۷ مهر آخرین مهلت ارسال مقاله به دبیرخانه سمینار پیل سوختی ایران

## جایگاه بین‌المللی ایران در مقالات هیدروژن و پیل سوختی ارتقا یافت

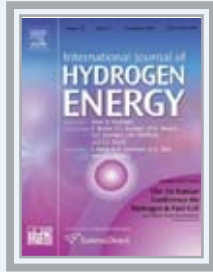
دبیرخانه چهارمین سمینار پیل سوختی ایران تا ۲۷ مهر پذیرای مقاله‌های پژوهشگران، دانشجویان و دیگر علاقه‌مندان به فناوری پیل سوختی، حاصل تحقیقات و تجربه‌های آنان در این زمینه است. پیل سوختی، محیط زیست و آموزش، تحقیق و توسعه در فناوری پیل سوختی و نوآوری‌های موجود، کاربردهای پیل سوختی، محورهای اصلی این سمینار برای تدوین مقاله و ارسال به دبیرخانه است. برپایی نشست‌های علمی، تخصصی و کارگاه‌های آموزشی از برنامه‌های سمینار پیل سوختی است و علاقه‌مندان تا ۱۵ آبان فرصت دارند طرح‌های پیشنهادی خود را برای کارگاه‌های آموزشی در همین محورها به دبیرخانه سمینار بفرستند.

گردهمایی بزرگ پژوهشگران، صنعتگران و سیاستگذاران پیل سوختی در کشور، آشنایی با آخرین پیشرفت‌های علمی و فناوری کشور و جهان، گسترش ارتباط دانشگاه، صنعت و دولت و بومی‌سازی صنعت پیل سوختی کشور از جمله اهداف برگزاری سمینار پیل سوختی ایران است.

این سمینار را دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی با حمایت انجمن الکتروشیمی ایران، سازمان انرژی‌های نو ایران، دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری و شرکت صبا باتری در سوم و چهارم آبان، میزبانی می‌کند.

آدرس اینترنتی دبیرخانه:

[www.iranecs.ir/fuelcellseminar](http://www.iranecs.ir/fuelcellseminar)  
[fuelcell@iranecs.ir](mailto:fuelcell@iranecs.ir)



در پی برگزاری اولین کنفرانس ملی هیدروژن و پیل سوختی در بهمن ماه ۱۳۸۷ توسط پژوهشکده سبز دانشگاه علم و صنعت ایران، طی هماهنگی‌های صورت گرفته با سردبیری مجله بین‌المللی انرژی هیدروژنی (Hydrogen Energy) مجموعه مقالات این کنفرانس از طریق وبگاه آن ژورنال و توسط هریک از مؤلفین ارسال شد و در پایان پس از طی مراحل داوری و در یک دوره زمانی نزدیک به یک سال، ۳۳ مقاله شرایط چاپ را احراز نمودند. هم‌اکنون مقالات پذیرفته شده در یک نسخه ویژه از ژورنال بین‌المللی انرژی هیدروژنی (جلد ۳۵، شماره ۱۷، سپتامبر

سال ۲۰۱۰ میلادی، صفحات ۸۸۳۱ تا ۹۵۲۶ مجموعاً ۶۹۵ صفحه) به چاپ رسیده است.

لازم به ذکر است ژورنال بین‌المللی انرژی هیدروژنی، مجله‌ای نمایه شده در ISI با ضریب تأثیر ۳/۹۴۵ بوده و در نوع خود یکی از معتبرترین ژورنال‌های تخصصی در زمینه انرژی، به خصوص هیدروژن و پیل سوختی به‌شمار می‌رود. چاپ این تعداد مقاله از یک کنفرانس ملی در شماره‌ای ویژه از آن ژورنال، موفقیت بسیار بزرگی به‌شمار می‌رود که نشان دهنده کیفیت بالای دستاوردهای پژوهشگران عزیز میهن اسلامی مان می‌باشد.

مجموعه هماهنگی‌های لازم تا زمان چاپ، نظارت بر کلیه ساز و کارهای داوری علمی و دبیری میهمان (Guest editor) در پژوهشکده سبز دانشگاه علم و صنعت ایران توسط خانم دکتر روشن ضمیر انجام شده است.

مقالات پذیرش شده در چهار بخش، «پیل‌های سوختی الکترولیت پلیمر جامد»، «پیل‌های سوختی اکسید جامد»، «هیدروژن» و «برنامه استراتژیک توسعه پیل سوختی در ایران» تقسیم‌بندی و همراه با مقدمه دبیران میهمان، به صورت برخط در وب‌گاه مجله بین‌المللی انرژی هیدروژنی از مجموعه انتشارات Elsevier قرار گرفته است.

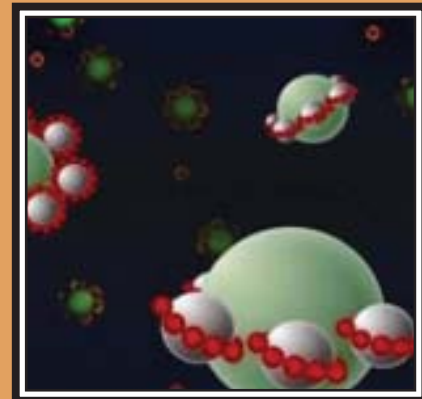
## پیشنهاد گروه تحقیقی دانشجویان دانشگاه صنعتی شریف برای بهبود عملکرد پیل‌های سوختی

شریف و مجری این طرح تحقیقاتی، با اشاره به این که یکی از واکنش‌های مهم در پیل‌های سوختی واکنش احیای کاتدی اکسیژن است، یکی از چالش‌های موجود در این زمینه را کاهش پتانسیل این واکنش دانست و گفت: استفاده از کاتالیزور نانو نقره می‌تواند این پتانسیل را تا حد زیادی کاهش دهد.

وی برتری ساختار ترکیبی میکروالیاف - نانوذره نقره بر نانوذرات نقره را رسانش بهتر داخل کامپوزیت، به دلیل یک بعدی بودن این ساختار بیان کرد و افزود: به روشی جدید و با کمک الیاف سلولزی پنبه، موفق به سنتز ساختار ترکیبی میکروالیاف - نانوذره نقره شدیم.

شریفی، سادگی این روش را از مزایای آن نسبت به روش‌های موجود برشمرد.

در روش پیشنهادی محققان صنعتی شریف، ابتدا نانوذرات نقره با واکنش‌های شیمیایی، روی بستر الیاف سلولزی پنبه نشانده شده است سپس به کمک حرارت، الیاف سلولزی از داخل پوششی که متشکل از نانوذرات است حذف می‌شود تا الیاف سلولزی به عنوان قالب عمل



دانشجویان دانشگاه صنعتی شریف، با سنتز ساختار ترکیبی میکروالیاف - نانوذره نقره و به‌کارگیری موفقیت آمیز آن در واکنش احیای اکسیژن، این روش را برای بهبود بازده پیل‌های سوختی پیشنهاد کردند. نفیسه شریفی، دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی

کنند و نانوذرات، ساختار الیاف سلولزی را به خود گیرند. این الیاف از زنجیره‌های نانوذرات ساخته شده‌اند و به دلیل سطح مؤثر زیاد و رسانش خوب نقره و نیز یک بعدی بودن، علاوه بر اجرای نقش کاتالیزور در واکنش احیای اکسیژن، به عنوان هادی نیز عمل می‌کنند.

در مرحله بعد، این الیاف نانو ساختار نقره با غلظت‌های مختلف، وارد الکتروکامپوزیتی گرافیت می‌شوند که حضور ساختار ترکیبی میکروالیاف - نانوذره نقره، چگالی جریان را افزایش و در نتیجه پتانسیل احیا را کاهش می‌دهد.

بدین صورت واکنش‌های احیای اکسیژن بهبود داده می‌شود و انتظار می‌رود که این الیاف بتوانند در پیل‌های سوختی بسیار مؤثر واقع شوند. جزئیات این پژوهش که با راهنمایی دکتر فریبا تاج آبادی و دکتر نیما تقوی نیا انجام شده، در مجله بین‌المللی Hydrogen Energy (جلد ۳۵، صفحات ۳۲۶۲-۳۲۵۸، سال ۲۰۱۰) منتشر شده است.

منبع: خبرگزاری ایسنا

## پرواز نمونه اولیه نسل جدید پهپاد پیل سوختی تا ۵۰ ساعت، در سال آینده

سوختی در کاربردهای هوانوردی با استفاده از یک بستر آزمایش پرواز یعنی آنتارس DLR-H2 پرداخته‌اند. در طول یکی از این آزمایش‌ها، ارتفاع پروازی معادل ۲۵۶۰ متر ثبت شد که آنتارس H<sub>3</sub> به طور قطع، عملکرد بسیار بهتری را به نمایش خواهد گذاشت.

مؤسسه ترمودینامیک فنی DLR در اشتوتگارت که در نسل قبلی هم مسئول سامانه پیل سوختی آنتارس DLR-H<sub>2</sub> بود، مسئولیت مونتاژ سامانه پیل سوختی مدولار و بازرسی فنی آن را به عهده دارد.

دکتر ژوزف کالو (J.Kallo) مدیر سامانه‌های الکتروشمیایی مؤسسه ترمودینامیک فنی DLR گفت: «آنتارس پیل سوختی علاوه بر عاری بودن از دی‌اکسیدکربن، نسبت به دیگر گلایدرهای موتوری مشابه، آلودگی صوتی بسیار کمتری دارد و نقطه عطفی در بحث بازدهی و تبدیل انرژی بدون آلاینده‌گی به‌شمار می‌رود.»

وی افزود: «ما در سه سال آینده مشارکت خود را با شرکت تحقیقات هواپیمایی Lange که کار یکپارچه‌سازی کلی و راه‌اندازی هواپیما را انجام می‌دهد، ادامه خواهیم داد.» این مؤسسه هم‌چنین در حال توسعه یک سری سامانه‌های پیل سوختی است که بتوانند جایگزین نسل فعلی منابع تغذیه بدون وقفه (APU) در هواپیماهای مسافربری همچون Airbus A320 شوند.

منبع: DLR

در نظر دارند این مقادیر را تا ۱۰ برابر افزایش دهند. در این پهپاد فاصله دو بال ۲۳ متر و حداکثر وزن به هنگام بلند شدن ۱/۲۵ تن و حداکثر ظرفیت حمل بار ۲۰۰ کیلوگرم است و چهار محفظه خارجی برای جای دادن پیل‌های سوختی و مخزن سوخت دارد.

کیفیت ارتقاء یافته و جابه‌جایی ساده آنتارس، این امکان را فراهم می‌کند که هم به‌صورت آزمایشی و هم در مراحل بعدی توسعه، بدون سرنشین به پرواز درآید.

آنتارس H<sub>3</sub> به عنوان یک خودروی بدون سرنشین هوایی، قادر به انجام دادن کارهای بسیاری از قبیل مشاهده و بازرسی زمین است.

مرکز هوا-فضای آلمان (DLR) با همکاری شرکت تحقیقات هواپیمایی Lange، اجرای پروژه جایگزینی آنتارس H<sub>2</sub> با H<sub>3</sub> را از آگوست امسال شروع کرده است و انتظار می‌رود نخستین نمونه آنتارس H<sub>3</sub>، سال ۲۰۱۱ به پرواز درآید.

پهپاد جدید از نظر فنی مانند نسل قبلی خود (DLR-H<sub>2</sub>)، بر مبنای گلایدر مدل آنتارس E20 ساخته می‌شود. آنتارس E20 شرکت هواپیمایی Lange، یک گلایدر موتوری خود راه‌انداز با نیروی پیشرانه برقی به کمک باتری است که تولید انبوه آن از سال ۲۰۰۴ شروع شد. پیل سوختی که جایگزین باتری‌های مدل E20 شده است، با هیدروژن کار می‌کند.

از آغاز امسال، شرکای این پروژه که به دنبال سامانه‌های ابتکاری تأمین انرژی برای کاربردهای هوانوردی هستند، به بررسی چگونگی عملکرد پیل‌های



نمونه اولیه از پهپاد پیل سوختی آلمانی آنتارس H<sub>3</sub> با مدت پرواز بیش از ۵۰ ساعت و برد حداکثری ۶۰۰۰ کیلومتر، در سال ۲۰۱۱ به پرواز در می‌آید.

آنتارس (Antares H<sub>3</sub>) جایگزین آنتارس DLR-H<sub>2</sub> نخستین پهپاد پیل سوختی در دنیا می‌شود که سامانه پیل سوختی تأمین همه قدرت مورد نیازش را در مدت پرواز به عهده دارد.

برد مسافتی و مدت پرواز در آنتارس DLR-H<sub>2</sub> به ترتیب ۷۰۰ کیلومتر و ۵ ساعت است که توسعه دهندگان

## دستیابی به روش تولید هیدروژن از هیدروکربن‌ها با کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری

طبق برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته، این سامانه در جریان گاز خروجی از تجهیزات گازی ساز ذغال Eastman، از پیش‌تازان جهانی در حوزه گازی‌سازی صنعتی، در سال ۲۰۱۲ در شهر کینگزپورت ایالت تنسی آمریکا به نمایش درآمده و آزمایش می‌شود.

اگر این آزمایش موفقیت‌آمیز باشد، این فناوری که می‌تواند به تولید فوق‌العاده پاک برق از ذغال کمک کند به تدریج تحت لیسانس Eltron در دسترس دیگر صنایع مربوط قرار خواهد گرفت. علاوه بر این، به‌زودی بسته کامل این فناوری در اختیار صنعتی که تولید هیدروژن در آن‌ها از هیدروکربن‌هایی مانند گاز طبیعی صورت می‌گیرد، قرار خواهد گرفت.

وزارت انرژی آمریکا و Eltron چندین سال است برای توسعه غشای پیشرفته جداسازی هیدروژن، که هم‌اکنون به‌نظر می‌رسد برای آزمایش در مقیاس بزرگ‌تر آماده است، همکاری می‌کنند و Eastman که همواره به دنبال فرصت‌های تجاری پایدار در بازارهای مختلف می‌باشد، برای مشارکت و همکاری در این پروژه تمایل نشان داده است.

منبع: fuelcellsworks.com



تحقیق و توسعه پیش‌تاز با سی سال سابقه در تولید فناوری برای صنایع شیمیایی و وابسته به انرژی است، با سرمایه‌گذاری وزارت انرژی آمریکا، به این مرحله رسانده و این وزارتخانه ۸ میلیون دلار برای ادامه این پروژه توسعه‌ای سرمایه‌گذاری می‌کند. شرکت شیمیایی Eastman نیز در این پروژه مشارکت دارد.

جداسازی هیدروژن با خلوص بالا از مخلوط گازها، با استفاده از سامانه غشایی فلزی که کاهش قابل توجه هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی را به دنبال دارد، پس از هشت سال تحقیق به مرحله آزمایش نمونه اولیه و افزایش مقیاس رسید.

این سامانه غشایی را، Eltron که یکی از سازمان‌های

## فروش تجاری پیل سوختی پلیمری: سه برابرکننده زمان پرواز UAV کوچک

این سامانه جدید به‌عنوان جایگزینی برای باتری‌ها طراحی شده و می‌تواند با حداقل اصلاحات درون هواپیما جای داده شود و از نظر قیمت نسبت به باتری‌ها بسیار ارزان‌تر است.

از مزایای این سامانه می‌توان افزایش ظرفیت پایدار برای مأموریت‌های تجسسی، عملکرد بی‌صدا و ارائه انرژی قابل اطمینان برای عملیات سری، انجام دادن چندین مأموریت در یک پرواز، حذف شارژرهای سنگین باتری، قابلیت افزایش مقیاس برای ایجاد توان بالاتر با طولانی‌تر کردن زمان کاربری، استفاده از سوخت هیدرید شیمیایی ایمن و غیرقابل اشتعال، در صورت تمایل امکان استفاده از باتری هیبرید در مواقع پیک توان و قابلیت شکل‌دهی مخزن سوخت آن برای جایگیری در فضای UAV را برشمرد.

سامانه جدید پیل سوختی، علاوه بر استفاده در هواپیماهای بدون سرنشین (UAV) کوچک و افزایش زمان پرواز آن، می‌تواند برای تأمین نیروی سامانه‌های زمینی کنترل از راه دور و ایستگاه‌های سوخت‌گیری، تأمین نیروی نسل جدید سفینه‌های هوایی بدون سرنشین یا به عنوان منبع نیروی الکتریکی برای UAVهای بزرگ‌تر نیز استفاده شود.

هوریزون هم‌اکنون فروش AEROPAK را به پیش‌تازان تولیدکننده UAV در سراسر دنیا آغاز کرده است. صنایع هوا - فضای رژیم اشغالگر قدس (IAI)، از جمله خریداران AEROPAK است که آن را در سامانه هوایی بدون سرنشین Bird Eye 650، یکپارچه‌سازی کرده و طول عمر پرواز این هواپیما را بدون هیچ‌گونه افزایش در وزن هنگام برخاستن هواپیما از ۲ به ۶ ساعت در مقایسه با باتری یون - لیتیم رسانده است.

منبع: Horizon Energy Systems



آورده که پیش از این امکان‌پذیر نبوده است. کمتر شدن تعداد دفعات بلند شدن هواپیما از زمین در یک مأموریت، کاهش خطر بروز سانحه و احتمال افزایش آرایش‌های تاکتیکی، همچنین صرفه‌جویی در هزینه‌های پشتیبانی و عملیاتی از جمله این قابلیت‌هاست.

توان خروجی پیوسته	۲۰۰ وات
پیک توان	۶۰۰ وات برای کمتر از ۱۰ دقیقه (با باتری‌های اختیاری هیبریدی)
جریان خروجی پیوسته	۱۰ آمپر
ولتاژ خروجی	۲۰ تا ۳۲ ولت
وزن سامانه	۲۷۰ گرم
زمان عمر در توان اسمی	۵۰۰ ساعت

فروش سامانه پیل سوختی پلیمری AEROPAK با توان ۲۰۰ وات ساخت شرکتی سنگاپوری که قادر به ایجاد زمان طولانی پرواز برای خودروهای هوایی بدون سرنشین کوچک است؛ آغاز شد. AEROPAK نخستین محصول تجاری پیل سوختی برای پرواز با نیروی برق است که شرکت هوریزون آن را برای سه برابر کردن مدت پرواز هواپیماهای بدون سرنشین (UAV) کوچک با ۵ تا ۱۰ کیلوگرم وزن، طراحی کرده و کارایی آن از همه سامانه‌های باتری بازار بهتر است.

در AEROPAK، سامانه پیل سوختی فوق سبک هوایی هوریزون که مشخصات آن در جدول ارائه شده با یک کارتریج هیدرید شیمیایی سوخت خشک تلفیق شده تا ۹۰۰ وات ساعت انرژی قابل استفاده و ۸ تا ۱۰ ساعت پرواز، تنها در ۲ کیلوگرم وزن تأمین شود. این افزایش ۳۰۰ درصدی طول مدت پرواز با AEROPAK، توانمندی‌های عملیاتی جدیدی به وجود

## برپایی دومین ناوگان نمایشی از وسایل نقلیه پیل سوختی در تایوان تا سال آینده

سبک ساخته است، تأمین می‌شود. چانگ (H. S. Chang)، مدیر پروژه APFCT، هدف از این پروژه را نمایش و تأیید ناوگانی از وسایل نقلیه پیل سوختی در شرایط عملیاتی و محیطی جاده بیان کرد و دومین مسأله مهم را تأیید زیرساخت تأمین هیدروژن جامد کم فشار با مدل تعویض سیلندر، که خود APFCT پیشنهاد دهنده آن بوده است، دانست.

این دومین قرارداد APFCT با دولت تایوان مبنی بر ساخت ناوگان وسایل نقلیه پیل سوختی به شمار می‌رود. نخستین قرارداد مربوط به اواخر سال گذشته است که در آن، این شرکت موظف شد ناوگانی نمایشی از ده اسکوتر پیل سوختی ZES4.6، آماده کند. ساخت این اسکوترها در تیرماه امسال به پایان رسید و هم‌اکنون در مرحله نمایش یکساله و جمع‌آوری اطلاعات به‌سر می‌برد.

هر یک از این اسکوترها باید حداقل ۱۰۰۰ کیلومتر مسافت را طی کنند تا اطلاعات جمع‌آوری شده، ارزش استفاده برای توسعه‌های بعدی را داشته باشد.

منبع: [www.FuelCellToday.com](http://www.FuelCellToday.com)

نمایشی از ۱۰ خودروی کوچک پیل سوختی برپا و تایوان را آماده گذر از مرحله آزمایشگاهی به تجاری سازی می‌کند.

شرکت فناوری‌های پیل سوختی آسیا پاسیفیک (APFCT)، این ناوگان را با سفارش دولت تایوان و «برنامه نمایش و تأیید صنعت انرژی هیدروژنی» این کشور، برپا می‌کند تا به مرحله تجاری‌سازی نزدیک شود. رسیدن به این مرحله با برپایی ناوگان‌های نمایشی که برای پیشرفت فناوری و گذشتن از مرحله آزمایشگاهی ضروریست، امکان‌پذیر می‌شود.

APFCT، ساخت و توسعه این ناوگان را از همین ماه (سپتامبر) آغاز کرده است و انتظار دارد آن را در سال ۲۰۱۱ به پایان برساند سپس در پانزده ماه، به جمع‌آوری اطلاعات از این ناوگان نمایشی می‌پردازد.

هر یک از این خودروهای کوچک با سامانه توانی این شرکت که باتری هیبرید پیل سوختی ۴۸ ولت با توان اسمی ۳ و حداکثر ۵ کیلووات است، تجهیز می‌شوند. سوخت هیدروژن آن هم با استفاده از مخازن هیدرید فلزی کم فشار که همین شرکت برای خودروهای پیل سوختی - برقی



شرکت تایوانی آسیا پاسیفیک (APFCT)، ناوگانی

## ریه انسان الهام بخش محققان برای افزایش بازدهی پیل سوختی پلیمری

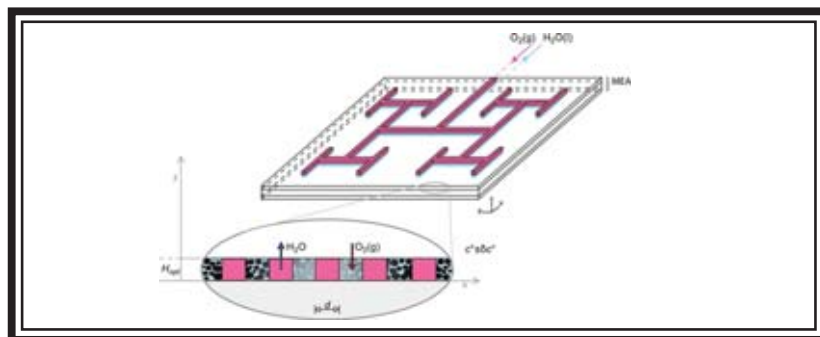
کی جل استرپ (Kjelstrup)، با یادآوری اینکه MEA از هر دو طرف با لایه انتقال متخلخل (PTL) پوشیده می‌شود که اندازه حرارت آن از مرتبه میکرو است، گفت: «تأمین سریع اکسیژن از طریق PTL و لایه کاتالیزوری به سایت‌های فعال می‌تواند مشکل ساز باشد. سرعت کم تأمین اکسیژن موجب گرا دیان عمودی و هم چنین موازی با غشا می‌شود که در نهایت افت پتانسیل را به دنبال دارد. البته گرفتگی حرارت با آب نیز همین مشکلات را به وجود می‌آورد.»

در روش ابداعی محققان نروژی، یک سری روش‌های ریاضی برای دستیابی به ضخامت، اندازه تخلخل درشت و پهنای مطلوب ستون نانومتخلخل در لایه الکتروکاتالیزوری که تحت نفوذ سامانه تأمین گاز است، ارائه شده است.

آنان نشان داده‌اند که اندازه بهینه تخلخل درشت لایه کاتالیزوری معادل نصف مدل انتخابی است و بهترین ضخامت لایه کاتالیزوری به ضریب سینتیک واکنش درجه یکی که در کاتد اتفاق می‌افتد، ثابت نفوذ اکسیژن در فاز گاز و غلظت اکسیژن در جریان ورودی بستگی دارد و از ضخامت لایه بالایی می‌توان به‌عنوان پهنای ستون استفاده کرد.

گفتنی است این روش عمومی و قابل اجرا برای هر نوع کاتالیزور در لایه نانومتخلخل کاتالیزوری است که به صرفه‌جویی ۴ تا ۸ برابری کاتالیزور مصرفی منتهی می‌شود. نتایج به‌دست آمده از این طرح در شماره اخیر مجله انرژی و سوخت ACS به چاپ رسیده است.

منبع: [greencarcongress.com](http://greencarcongress.com)



گاز در شرایط بسیار مشابه با ریه انسان کار می‌کند، گفت: «در ریه انسان دو نوع رژیم جریان وجود دارد: یکی برای جریان جابه‌جایی و دیگری برای نفوذ. ساختار آن به‌گونه‌ای است که تولید آنتروپی در هر دو نوع رژیم ثابت است و حاکی از تولید حداقلی آنتروپی در کل ساختار می‌باشد و این دقیقاً همان موقعیتی است که ما به دنبال آن بودیم.»

وی با بیان اینکه معمولاً در هر سل PEM پنج لایه فعال با حرارتی با اندازه‌های مشخصه مختلف وجود دارد که سه لایه، تشکیل دهنده مجموعه غشا الکتروکاتالیزوری (MEA) هستند، افزود: «در مرکز این سه لایه، یک غشای تبادل یونی (معمولاً نیون) پر شده با آب است که در آن هدایت بار را پروتون‌ها انجام می‌دهند و انتقال آب از طریق الکترواسمز و نفوذ اتفاق می‌افتد. دو لایه کاتالیزوری شامل نانو حرارت هم دو طرف این غشا را احاطه کرده است که پلاتین، کربن و پلیمر در آن پخش شده است.»

محققان آکادمی علم و دانش نروژ، با الهام از ریه انسان بازدهی تولید انرژی را در پیل سوختی پلیمری، ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش دادند و موجب صرفه‌جویی ۴ تا ۸ برابری در مصرف کاتالیزور شدند.

این گروه شیوه جدید خود را روی تک سل، با کاتالیزور پلاتین در جریان‌هایی با دانسیته بالا اجرا کرده‌اند.

در این روش با الهام از ریه انسان، برای سامانه‌های تأمین گاز و خروج آب، ساختاری فراکتال (اشکال شکسته) طراحی و آنتروپی به‌طور یکنواخت تولید شده و با استفاده از ریاضیات پیچیده و قضیه هم‌بخشی تولید آنتروپی، بازدهی انرژی به حداکثر رسیده است.

به‌گفته این محققان، با ساختار درختی شکل توزیع گاز که بر روی صفحات دو قطبی حک شده (مطابق شکل)، نیاز به لایه‌های متخلخل مخصوص انتقال گاز حذف می‌شود.

کی جل استرپ (Kjelstrup)، مدیر گروه پژوهش آکادمی علم و دانش نروژ با اشاره به این‌که یک توزیع‌کننده

## پیروزی خودروی هیدروژنی در رقابت با خودروی بنزینی

شرکت هیدروژنیکس، توان پیوسته ۸ کیلووات را برای به حرکت درآوردن دو موتور برقی آن تأمین می‌کند.

از ویژگی‌های جالب این خودرو بدنه آن است که بیش از ۷۰ درصد آن از مواد تجدیدپذیری چون الیاف طبیعی مانند کنان و رزین‌های خاص با پایه زیستی شرکت DSM ساخته شده است. ابتکار دیگر به کار

رفته در این خودرو امکان تولید و ذخیره انرژی ترمز است که زمینه افزایش آنی و موقتی توان تا ۳۳ کیلووات را فراهم می‌کند.

امکان رانندگی با چرخ‌های سمت چپ و راست عقب به‌صورت جداگانه از دیگر جلوه‌های ممتاز این اتومبیل است.

فرمول صفر (Formula Zero) در سال ۲۰۰۳ تأسیس شد و نخستین مسابقه اتومبیل‌رانی با خودروهای پیل سوختی هیدروژنی را در سال ۲۰۰۸ برگزار کرد. مسابقه فرمول صفر در لاهه بخشی از مجموعه مسابقات قهرمانی نمایشی بین خودروهای ساخت برجسته‌ترین دانشگاه‌های دنیا به‌شمار می‌رود.

منبع: [Formula Zero](http://Formula Zero)

چهارم از خودروی بنزینی عقب ماند و این دور را واگذار کرد.

در دور پایانی باز هم خودروی هیدروژنی با سرعت کمی بیشتر از خودروی بنزینی پیشی گرفت و با ثبت زمان ۲۲/۹۱ ثانیه از خط پایان گذشت و نتیجه مسابقه را ۴ به ۱ از آن خود کرد.

برای آماده سازی مسیر مسابقه از آب شکر استفاده شده بود تا اصطکاک در حرکت خودرو افزایش یابد.

اما Ho-Pintung، راننده چینی - هلندی Forze III که سومین راننده تیم مسابقه‌ای اتومبیل فرمول ۱ شرکت رنو است؛ با رانندگی ماهرانه اش توانست توانایی های Forze III را بر سطح لغزنده شهر اسپویلا این هلند به نمایش گذارد.

تیم فرمول صفر دانشگاه دلفت هلند که نخستین تیم مسابقه‌ای رسمی هیدروژنی در دنیا است، دو ماه پیش از این مسابقه، اتومبیل هیدروژنی اش را آماده رقابت کرده بود. حداکثر سرعت اتومبیل مسابقه‌ای کوچک Forze GreenChoice، ۱۲۰ کیلومتر در ساعت است که در کمتر از ۵ ثانیه سرعت آن از ۰ به ۱۰۰ کیلومتر در ساعت می‌رسد و پیل سوختی پلیمری هیدروژنی



اتومبیل بدون آلایندگی Forze III ساخت دانشگاه دلفت هلند، در مسابقه اخیر اتومبیل‌رانی فرمول صفر خودروهای پیل سوختی شهر لاهه (Hague)، گوی سبقت را از خودروی بنزینی ربود.

رقابت بین خودروی Forze III ساخت تیم مسابقه هیدروژنی Forze GreenChoice و گوکارت (نوعی اتومبیل کوچک مسابقه‌ای بنزینی) ساخت شرکت Kombikart در پنج دور و مسیر حدود ۲۵۰ متر، نزدیک حومه شهر برگزار شد.

سه دور نخست را خودروی تیم دانشجویی دانشگاه دلفت هلند، با اختلاف چند دهم ثانیه برد. اما در دور

H<sub>2</sub>O

HYDROGEN AND FUEL CELL

design by Maziar Safavi

# چهارمین سمینار پیل سوختی ایران 4<sup>th</sup> Iranian Fuel cell seminar

سوم و چهارم آذر ماه ۱۳۸۹  
November 24 & 25, 2010



## محورهای سمینار

- ◆ پیل سوختی ، محیط زیست و آموزش
- ◆ تحقیق و توسعه در فناوری پیل سوختی و نوآوری های موجود
- ◆ کاربردهای پیل سوختی

مهلت دریافت مقالات کامل : ۱۳۸۹/۷/۲۷  
مکان : تهران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

Site : [www.iranecs.ir/fuelcellseminar](http://www.iranecs.ir/fuelcellseminar)

Email : [fuelcell@iranecs.ir](mailto:fuelcell@iranecs.ir)



صبا بازری



سازمان انرژیهای نو ایران



انجمن الکتروشیمی ایران



دانشگاه شهید بهشتی



دفتر همکاری های فناوری  
ریاست جمهوری

با مشارکت اعضای هیات علمی دانشگاه های ذیل :

دانشگاه تربیت مدرس ، دانشگاه صنعتی شریف ، پژوهشگاه صنعت نفت ، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، دانشگاه تبریز ، دانشگاه تهران ،  
دانشگاه علم و صنعت ایران ، دانشگاه صنعتی اصفهان ، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل ، دانشگاه مازندران ، دانشگاه یاسوج ، پژوهشگاه مواد و انرژی.