



تصفیه آب خاکستری، از قالیشویی تا کارواش و سنگبری

تولید فیلتر و غشا سرامیکی نانو ساختار
شرکت دانش پژوهان صنعت نانو

DPSN



شناسنامه

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

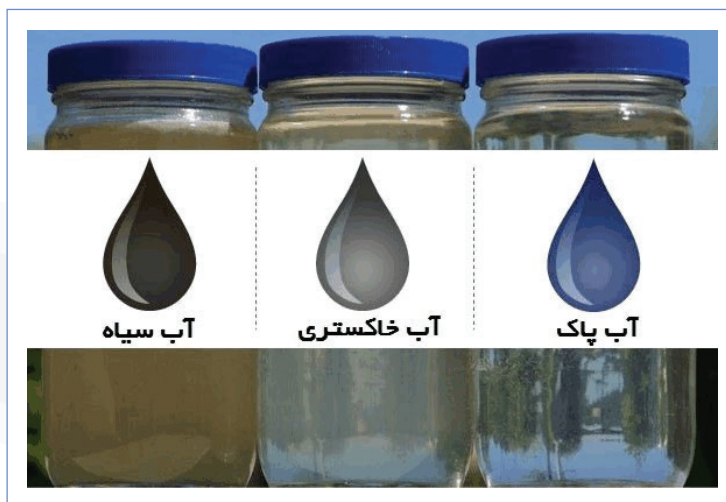
طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهرویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	مهدی کدخدائی	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
پست الکترونیک:	IND@nano.ir		www.INDnano.ir
سال انتشار:	۱۴۰۲	اینستاگرام نانو و صنعت:	@INDnano.ir

فهرست مطالب

۳	مقدمه
۴	ویژگی‌های آب خاکستری
۵	روش‌های تصفیه آب خاکستری
۵	کاربرد فناوری نانو در تصفیه آب خاکستری
۶	محصولات شرکت دانش‌پژوهان صنعت نانو
۹	کاربرد در صنعت
۱۱	دسترسی و خرید محصول

مقدمه

آب خاکستری، آب استفاده شده‌ای بوده که بر خلاف آب سیاه (فاضلاب توالت) به راحتی قابل بازیافت و استفاده مجدد است. آب سینک، پساب حمام و ماشین ظرف شویی و لباس شویی آب‌های خاکستری‌اند که پس از طی مراحل کوتاه و ساده قابل استفاده در آبیاری باغات، شستشو و فلاش تانک توالت هستند. استفاده مجدد از آب خاکستری، در واقع صرفه جویی در آب تصفیه شده است چرا که بدون استفاده از آب شیرین، می‌توان نیازهای روزمره را رفع کرد. به جای استفاده از آب آشامیدنی در باغ، از آبی استفاده می‌شود که معمولاً در فاضلاب رهاسازی می‌شود. آب خاکستری تنها در خانه‌ها تولید نمی‌شوند، بخشی از پساب‌های کارگاه‌های قالی شویی، کارواش‌ها و سنگ‌بری‌ها نیز آب خاکستری است چرا که این پساب‌ها آلوده به موادی هستند که به سادگی قابل تصفیه بوده و می‌توان از آن دوباره استفاده کرد.



یکی از راه‌های کاهش مصرف آب شیرین و جلوگیری از بروز فاجعه در آینده، تصفیه آب خاکستری و استفاده مجدد از آن است. این آب خاکستری قابل تصفیه بوده و پس از تصفیه آن می‌توان از این آب در آبیاری باغچه‌ها استفاده کرد. برخلاف کشورهای نظیر ایران که از آب آشامیدنی برای آبیاری مزارع استفاده می‌شود در کشورهای توسعه یافته معمولاً از آب خاکستری برای آبیاری مزارع استفاده می‌شود.

استفاده مجدد از آب خاکستری در نواحی خشک و نیمه خشکی مانند ایران دارای فواید متعددی بوده، اما معایبی را نیز به همراه خواهد داشت.

مزایا:

- کاهش تقاضای آب؛
- کاهش بارهای آلی و هیدرولیکی در سیستم فاضلاب شهری؛
- کاهش هزینه‌های قبوض آب؛

- پر کردن سفه‌های زیرزمینی و کمک به چرخه سالم آب؛
- حفاظت از اکوسیستم‌های آبیان.

معایب:

- عدم توانایی در ذخیره‌سازی برای مدت بیشتر از ۲۴ ساعت (به دلیل تجزیه مواد مغذی موجود و ایجاد بوی نامطبوع)؛
- وجود صابون‌های زیست‌تخریب‌پذیر و مواد شوینده در آب خاکستری و استفاده از آن برای آبیاری، با گذشت زمان مشکل‌زا خواهد شد؛
- احتمال وجود مواد مضر برای گیاهان مانند چربی، روغن، مو، صابون، شوینده‌ها، نرم‌کننده‌ها و سایر مواد شیمیایی.

ویژگی‌های آب خاکستری

آلاینده‌های معمول موجود در آب خاکستری معمولاً مواردی نظیر نمک‌ها، تکه‌های غذا، روغن، سورفاکتانت‌ها و میکروارگانیسم‌ها هستند. در واقع ویژگی‌ها و خصوصیات آب خاکستری بسته به عواملی مانند سبک و عادات زندگی، رفتارهای اجتماعی و فرهنگ موجود، می‌تواند بسیار متغیر باشد. در جدول زیر ویژگی‌های مربوط به فاضلاب خاکستری یک خانواده معمولی درج شده است:

جدول ۱- ویژگی‌های مربوط به فاضلاب خاکستری یک خانواده معمولی

پارامترها	حمام/دوش	روشویی	آشپزخانه	شستن لباس	میانگین
PH	۷,۵	۷,۵	۶,۲	۹,۴	۷,۶
TDS (mg/l)	۲۷۷	۲۳۷	۲۴۵	۱۰۶۰	۴۵۵
COD (mg/l)	۴۶۱	۲۲۵	۶۰۲	۸۲۴	۵۲۸
BOD (mg/l)	۸۱	۴۳	۲۹۳	۲۶۹	۱۷۲
TSS (mg/l)	۱۴۸	۴۸	۳۰۸	۱۸۵۲	۵۸۹
آمونیاک - نیتروژن	۲,۱	۱,۶	۴,۷	۱۰,۷	۴,۸
نیترات - نیتروژن	۲,۶	۲,۵	۱۱,۴	۷۹	۲۴
ورق فسفات (mg/l)	۰	۰	۵,۳	۱۸	۱۱,۷
کالفرم‌های دفعی (MNP/۱۰۰ ml)	۹۳۰	۳۹	۲۳۰	۴۳۰	۴۰۷

این جدول برای شهرهای مختلف یک کشور نیز می تواند متفاوت باشد، بنابراین ویژگی های آب های خاکستری در مناطق مختلف، متفاوت است.

انتخاب و استفاده از روش بازیابی و استفاده مجدد از فاضلاب خاکستری منوط به قوانین و استانداردهای محلی است، از آنجا که این مبحث در ایران نوپا است، هنوز قوانین و مقررات مشخصی برای آن وجود ندارد. در کشورهای دیگر میزان پارامترها و شاخص های اجزای آب برای مصارف مختلف آب خاکستری مشخص شده و باید پس از تصفیه آب خاکستری این پارامترها به حد مورد نظر برسد.

روش های تصفیه آب خاکستری

■ روش های بی هوازی

از جمله روش های ساده جهت تصفیه فاضلاب خاکستری در مقادیر کم، استفاده از سپتیک تانک است که در ادامه با توجه به نوع استفاده از پساب از سیستم فیلتراسیون استفاده می شود.

■ روش های هوازی

روش های زیستی هوازی از جمله لجن فعال برای تصفیه فاضلاب خاکستری و بازیافت فاضلاب خاکستری مورد استفاده قرار می گیرد.

■ روش های شیمیایی

از روش تصفیه فاضلاب شیمیایی و کاربرد مواد منعقدکننده می توان جهت تصفیه فاضلاب خاکستری و کاهش میزان COD و BOD و مواد معلق موجود در فاضلاب خاکستری استفاده کرد. در ادامه به کار بردن سیستم های فیلتراسیون و گندزدایی جهت استفاده مجدد از پساب پیشنهاد می شود.

■ فیلتر شنی فشرده (DCSF)

فیلتر شنی در تصفیه آب یکی از متداول ترین و پرکاربردترین روش ها است. اساس کار این فیلترها، از طبیعت الهام گرفته شده است. در طبیعت، آب با عبور از لایه های مختلف خاک تصفیه می شود. این سیستم فیلتر شنی فشرده با هدف رفع مشکلات رایج فیلترهای شنی معمولی مانند گرفتگی، انتشار بوی نامطلوب و نیاز به فضای کمتر طراحی و تولید شد.

■ راکتور ناپوسته متوالی (SBR)

در این فرآیند از نوعی لجن فعال استفاده می شود که تمام فازهای تصفیه زیستی در یک مخزن اتفاق می افتد. تفاوت اصلی این فرآیند با سایر فرایندهای متداول لجن فعال در عدم نیاز به مخازن جداگانه برای هوادهی و ته نشینی است.

کاربرد فناوری نانو در تصفیه آب خاکستری

یکی از روش های تصفیه آب خاکستری استفاده از غشاهای نانویی است. در واقع این غشاها با بهره مندی از ویژگی نانو ساختار سرامیکی خود، می توانند ذرات و عوامل آلاینده را از آب جداسازی کنند. شرکت دانش پژوهان صنعت نانو توسعه دهنده این فناوری در ایران است. در این فناوری، آب خاکستری به صورت هیبریدی با استفاده

از غشاهای نانوساختار سرامیکی چندکاناله تصفیه و گندزدایی می‌شود. جنس غشاهای به‌کاررفته در این دستگاه، سرامیکی بوده که اندازه حفرات این غشاها توسط مهندسان و متخصصان شرکت دانش‌پژوهان صنعت نانو با استفاده از فناوری نانو مهندسی شده است. این سامانه در دو مرحله میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون، پساب ورودی را تصفیه و آب را برای استفاده مجدد به سیستم بازی گرداند. در مرحله میکروفیلتراسیون چربی‌ها، شوینده‌ها و دیگر درشت مولکول‌ها و همچنین تا حدود زیادی میکروب‌ها و میکروارگانیسم‌ها و در مرحله اولترافیلتراسیون تمامی میکروارگانیسم‌ها و حتی لاشه میکروارگانیسم‌ها از آب ورودی حذف می‌شوند. محصول نهایی، آب با کیفیتی خواهد بود که دارای استانداردهای داخلی و جهانی است. همچنین فیلترهای این دستگاه را می‌توان با جریان معکوس آب تمیزی که تولید می‌شود، شستشو داد تا بدین ترتیب از گرفتگی غشاها جلوگیری شود؛ به این شکل که آب تمیز با فشار معینی در خلاف جهت جریان، از فیلتر عبور داده شده و باعث باز شدن حفره‌ها می‌شود. در نتیجه عمر غشاهای مورد استفاده در این دستگاه بسته به نوع پساب مورد استفاده، بین ۵ تا ۱۰ سال است.

علی زبردستی از مدیران این شرکت می‌گوید: «این فناوری برای حوزه‌های مختلف نظیر صنایع غذایی، کاشی و سرامیک و معادن، لبنیات و دیگر صنایع که پساب‌های مختلفی تولید می‌کنند، قابل استفاده بوده و می‌توانیم به این صنایع کمک کنیم تا پساب‌های خود را با استفاده از فناوری نانو تصفیه کنند و به استانداردهای محیط زیست برسانند. این امکان وجود دارد که پساب به گونه‌ای تصفیه شود که امکان بازیابی و استفاده مجدد نیز داشته باشد. در بخش تصفیه آب آشامیدنی در مقیاس صنعتی، ما می‌توانیم آب آشامیدنی مورد نیاز یک شهرک، روستا یا یک منطقه را با استفاده از فناوری نانو تصفیه و تأمین کنیم. حتی از این فناوری می‌توان برای تأمین آب یک صنعت از منابع مختلف و غیرمتعارف نظیر آب گل‌آلوده استفاده کرد که برای این کار می‌توان با هزینه کم تصفیه‌خانه‌ای طراحی کرد. یک رویکرد نیز تولید دستگاه تصفیه آب فردی یا خانگی است. این دستگاه برای نقاط محروم و شرایط بحران قابل استفاده است که ما آن را پکیج بحران نام‌گذاری کردیم. تأییدیه آب‌فانیز برای این فناوری گرفته شده است. زمانی که با سیل یا زلزله روبه‌رو هستیم و تأمین آب آشامیدنی برای مردم دشوار است، این دستگاه می‌تواند از منابع آب آلوده، آب آشامیدنی تولید کند. در برخی مناطق که آب‌رسانی به هر دلیل دشوار است یا ایجاد تصفیه‌خانه مقرون به صرفه نیست این فناوری قابل استفاده است.»

لازم به ذکر است که غشاهای سرامیکی نانوساختار برای تصفیه و بازیافت پساب‌های صنعتی و همچنین تصفیه آب‌های آشامیدنی این شرکت به عنوان طرح برگزیده مسابقه «میدون» شبکه سوم سیما در آذرماه سال ۱۳۹۹ شد.

محصولات شرکت دانش‌پژوهان صنعت نانو

■ پکیج بحران

این دستگاه به صورت یک دستگاه قابل حمل تصفیه



آب بوده و برای مناطق محروم و فاقد آب آشامیدنی قابل استفاده است. همچنین کسانی که به طبیعت‌گردی و کمپینگ علاقه‌مند هستند می‌توانند از این ابزار برای تأمین آب شرب مورد نیاز خود استفاده کنند. در مواقع بحرانی و بروز پدیده‌های طبیعی نظیر زلزله یا سیل و همچنین در هنگام جنگ معمولاً دسترسی به آب سالم دشوار می‌شود این دستگاه می‌تواند برای تأمین آب آشامیدنی در چنین شرایطی استفاده شود. این دستگاه سیار که ظرفیت ۲۰ لیتر آب را دارد، تقریباً ۷ کیلوگرم وزن داشته و در آن از غشاهای نانوساختار استفاده شده است. جنس بدنه آن نیز پلاستیک فشرده است.



■ دستگاه تصفیه آب خانگی سویچ مدل Pro:

این دستگاه با استفاده از فناوری غشای نانوساختار سرماییکی می‌تواند برای مصارف خانگی آب آشامیدنی تولید کند. در این دستگاه از دو مرحله برای تصفیه آب استفاده می‌شود. در مرحله اول یک بستر کربنی قرار دارد که وظیفه از بین بردن رنگ، بو و مزه آب را به عهده دارد. در مرحله دوم فیلتر غشای نانوساختار سرماییکی قرار دارد تا ذرات با ابعاد نانومتری را در آب از بین ببرد. عمر غشا در این دستگاه ۵ سال بوده، نیاز به برق داشته و آلودگی‌های میکروبی را نیز از بین می‌برد.

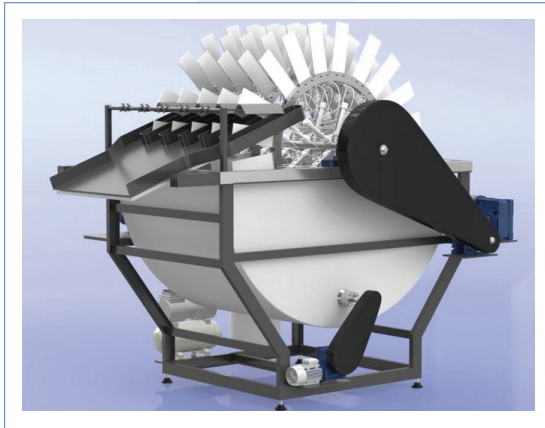
■ تصفیه و بازچرخانی پساب صنعتی (DIWS1):

در صنایع جوشکاری پساب تولید شده دارای مقادیر زیادی از آلاینده‌ها است که به دلیل مشکلات محیط‌زیستی باید آن را تصفیه کرد. این دستگاه با تکیه بر فناوری غشای نانویی توانایی بازچرخانی پساب در صنایع مختلف را با ظرفیت‌های متفاوت دارد. این دستگاه قابلیت کاهش درصد بالای از رنگ، مواد معلق، کدورت، روغن و چربی و همچنین آلودگی میکروبی را دارد.



■ سامانه فیلتراسیون دیسکی (DDFS1)

جداسازی ذرات معلق ارزشمند و بازچرخانی آب در صنایعی نظیر کاشی و سرامیک، سنگ‌بری و معدن یکی از چالش‌های این صنایع است. یکی از روش‌های مناسب برای حل این مشکل استفاده از سامانه‌های فیلتر پرس است. سامانه فیلتراسیون دیسکی (DDFS1) با استفاده از غشاهای سرامیکی امکان عملیات پیوسته برای جداسازی ذرات ارزشمند از محلول را دارد. این سامانه در مقایسه با سیستم‌های فیلتر پرس رایج از دقت و کارایی بالاتری برخوردار است.



■ سامانه‌های تصفیه و بازچرخانی آب خاکستری (DGWS1)

این دستگاه برای بازچرخانی آب در مجتمع‌های مسکونی نظیر خوابگاه‌ها، پادگان‌ها و مجتمع‌های آموزشی و همچنین مجموعه‌های تفریحی نظیر استخر، هتل و مجتمع‌های گردشگری بسیار مناسب است. از این فناوری برای تصفیه آب خاکستری کارواش‌ها و قالی شویی‌ها با توجه به ماهیت شیمیایی مواد آلوده‌کننده می‌توان استفاده کرد.



■ سامانه پیش تصفیه آب دریا (DRPS1)

در فرایند اسمز معکوس از غشای نیمه تراوا برای جداسازی نمک های محلول از آب شور دریا استفاده می شود. سیستم های اسمز معکوس نیاز به یک فرایند پیش تصفیه دارند تا عمر غشاها در آن ها افزایش یافته و کارایی فرایند نیز بهبود یابد. از مهم ترین اهداف سیستم های پیش تصفیه، رفع کدورت آب و کاهش SDI آن است. این دستگاه با بهره گیری از غشاهای نانو ساختار به رفع کدورت آب و کاهش SDI به زیر یک کمک می کند.



کاربرد در صنعت

از این فناوری تاکنون در حوزه های مختلف صنعتی استفاده شده است. رضا واثقی؛ مدیر کارواش سانترال نو که این فناوری را مورد استفاده قرار داده است، می گوید: «همیشه یکی از دغدغه های ما جلوگیری از هدر رفت آب بود و وجود سامانه ای برای تصفیه آب در کارواش می توانست به این نیاز ما پاسخ دهد. از سوی دیگر سباب کارواش به دلیل ترکیبات آلاینده می تواند به محیط زیست آسیب برساند که این موضوع نیز موجب شد تا به دنبال فناوری مناسبی برای تصفیه آب باشیم. بعد از آشنایی با فناوری ابداع شده در شرکت دانش پژوهان صنعت نانو، به این نتیجه رسیدیم که این فناوری هم از نظر اقتصادی و هم محیط زیستی می تواند برای کارواش مناسب باشد. از این رو تصمیم به استفاده از این فناوری گرفته شد. برآورد اولیه ما نشان می دهد که نصب این فناوری در ماه می تواند تا ۳ میلیون تومان کاهش هزینه برای ما داشته باشد.»

واثقی درباره برنامه های توسعه ای آتی این کارواش می گوید: «توافقی با شرکت دانش پژوهان صنعت نانو انجام شده که فیلترهای جدیدی نصب و سختی آب گرفته شود. با این کار آب تصفیه شده کیفیتی مشابه آب آشامیدنی پیدا می کند. مزیت استفاده از این نوع آب آن است که در صورت باقی ماندن آب روی بدنه خودرو، لک ایجاد نمی شود. در حال حاضر به دلیل وجود املاح زیاد در آب، اگر آب روی بدنه خودرو بماند، لک می زند. با این کار سباب کارواش بعد از تصفیه تبدیل به آبی با کیفیت بالا می شود.»

دکتر علی اکبر بابالو؛ مدیرعامل شرکت دانش‌پژوهان صنعت نانو درباره استفاده صنعتی از این فناوری تصفیه سباب می‌گوید: «این فناوری در یکی از کارواش‌های شهر تهران پیاده‌سازی شده و در حال حاضر از آن استفاده می‌شود. با توجه به نتایج جالب توجه این فناوری، این کارواش درخواست افزایش حجم تصفیه سباب را دارد.» بابالو معتقد است که این فناوری می‌تواند ۷۰ درصد سباب کارواش‌ها را تصفیه کند. از جمله مزایای این فناوری می‌توان به ابعاد کوچک دستگاه اشاره کرد که فضای بسیار کمی را اشغال می‌کند.

وی می‌افزاید: «شرکت‌های متعددی در حوزه‌های رادیاتورسازی، قالی شویی و کارواش برای خرید این فناوری اعلام آمادگی کرده‌اند. در تهران، تبریز و اصفهان در مجموع بیش از ۸۰۰ کارواش وجود دارد که این فناوری می‌تواند روزانه ۵ مترمکعب آب را در هر یک از این کارواش‌ها تصفیه کند؛ بنابراین در صورتی که این دستگاه در تمامی کارواش‌های این سه شهر نصب شود ۴۰۰۰ مترمکعب آب در روز تصفیه می‌شود.»

با در نظر گرفتن فعالیت بیش از ۴۰۰۰ کارواش در سطح کشور، استفاده از فناوری تصفیه آب موجب بازیافت حجم عظیمی از آب می‌شود. بابالو درباره مزیت استفاده از این فناوری می‌گوید: «اگر کارواشی از این فناوری برای تصفیه سباب‌های خود استفاده کند، مبلغی که سرمایه‌گذاری کرده در مدت یک سال بازمی‌گردد.»

طی سال‌های گذشته این شرکت توانسته است ظرفیت این غشاهای افزایش دهد تا بتوان از آن برای تصفیه آب روستاها نیز استفاده کرد. همچنین این شرکت سامانه‌ای برای تولید کنسانتره پروتئین‌های آب‌پنیر با استفاده از نانوغشاهای سرامیکی ارائه کرده است. در حال حاضر بیش از صد شرکت تولید مواد لبنی در کشور در حال فعالیت هستند که سالانه ۴۵۰ هزار تن پنیر تولید می‌کنند. حجم آب‌پنیر تولیدی توسط این شرکت‌ها به میزان ۲ الی ۳ میلیون تن در سال می‌رسد. این شرکت‌ها عموماً آب‌پنیر را خشک کرده به پودر تبدیل می‌کنند. تبدیل آب‌پنیر به پودر از یک سو موجب ضرر اقتصادی است و از سوی دیگر رهاسازی آن در طبیعت به عنوان سباب، آلودگی زیست‌محیطی را در پی دارد. تبدیل این حجم از آب‌پنیر به کنسانتره پروتئین می‌تواند موجب افزایش قابل توجه ارزش افزوده این محصول لبنی شود. شرکت دانش‌پژوهان صنعت نانو، سامانه‌ای مبتنی بر نانوغشاهای سرامیک ساخته است که می‌توان با راه‌اندازی آن در مقیاس نیمه صنعتی، روزانه ۱۰۰ لیتر کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر تولید کرد. کنسانتره پروتئین آب‌پنیر یکی از محصولات آب‌پنیر است که به دلیل دارا بودن خصوصیات ماندگاری، قابلیت هضم، حلالیت بالا، قابلیت تشکیل ژل و قابلیت زدن و تشکیل کف از ارزش بالایی برخوردار است و کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله صنایع تولید محصولات لبنی، صنایع نانوایی و فرآورده‌های گوشتی دارد. این محصول که از حذف مواد معدنی و لاکتوز از آب‌پنیر به دست می‌آید، می‌تواند حاوی درصد‌های مختلف پروتئین باشد و به صورت محلول یا پودر در دسترس خواهد بود. خواص عمل‌کنندگی آن در مواد غذایی بسته به میزان پروتئین آن متفاوت خواهد بود.

دستگاه تصفیه آب خاکستری با استفاده از غشاهای سرامیکی نانو ساختار از سال ۱۳۹۸ وارد فهرست بها شد. فهرست بها، کتابچه‌ای حاوی لیست قیمت مواد و مصالح یا خدماتی است که پیمانکاران عمرانی از آن‌ها برای پروژه‌های داخل کشور استفاده می‌کنند. هرساله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی از بهای رشته‌های مختلف پروژه‌های عمرانی را منتشر می‌کند. یکی از بخش‌های این فهرست به موضوع تأسیسات مکانیکی اختصاص داده شده که سامانه‌های تصفیه سباب از جمله زیرشاخه‌های آن محسوب می‌شوند. در لیست سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، دستگاه تصفیه آب خاکستری با استفاده از غشاهای سرامیکی نانو ساختار نیز درج شده است.

دسترسی و خرید محصول

لیست کاملی از محصولات شرکت دانش پژوهان صنعت نانو با درج قیمت، در سایت این شرکت قرار داده شده است. همچنین اطلاعات فنی و کارشناسی مربوط به هر دستگاه در صفحه مربوطه درج شده است. برای کسب اطلاعات بیشتر به سایت های زیر مراجعه کنید:

www.dpsn.ir

www.INDnano.ir

www.nanoproduct.ir



www.dpsn.ir

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو که در حوزه آب منتشر شده است:



■ کاربرد فناوری نانو در تصفیه آب ورودی و پساب معادن

■ کاربرد فناوری نانو در فیلترهای آنتی باکتریال قابل حمل

■ کاربرد فناوری نانو در آب شیرین کن‌های خورشیدی

