



امکان یابی استفاده از نانو فیلتر برای تأمین آب شرب در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان

سارا زمانی^۱، مجتبی فاضلی^۲، عبدالله رشیدی مهرآبادی^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب و فاضلاب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

۲-۳- استادیار عمران-آب و فاضلاب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

Sara.zamani3@gmail.com

خلاصه

ایران، با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلیمتر در سال، در مقایسه با مقدار بارندگی متوسط جهانی، ۸۰۰ میلیمتر در سال، جزو کشورهای کم آب محسوب می‌گردد. کمبود سرانه آب شیرین تجدید شونده و کیفیت نامطلوب آن، در مناطق زیادی از کشور که دارای منابع آبی غیر متعارف هستند و وجود آلاینده های طبیعی یا مصنوعی در برخی نقاط باعث افت کیفی و آلودگی آب شده است. یکی از روشهای تصفیه این آبها، استفاده از فرآیندهای غشائی است. روش های مبتنی بر استفاده از غشاء، در واقع نوعی فیلتراسیون می‌باشند. از روش های فیلتراسیون غشائی، می‌توان به عنوان جانشین روش های متعارف تصفیه استفاده نمود.

کلمات کلیدی: فرآیندهای غشائی، آبهای غیرمتعارف، پهنه بندی کیفی آب در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان، نانوفیلتراسیون.

مقدمه

واحد های غشائی در واقع فیلترهائی هستند که فرآیند حذف مواد آلاینده در آنها بر اساس صاف شدن مکانیکی و یا جذب الکترواستاتیکی صورت می پذیرد. به عبارت دیگر در عبور آب از این صافی ها مواد معلق و یون های محلول با قطر بزرگتر از قطر منافذ غشاء امکان عبور از آن را نیافته و آب عبوری عاری از این مواد می باشد. اصول کار فیلتر های غشائی به گونه ای است که با عبور جریان از آنها (جریان ورودی^۴) بخشی از جریان از میان آن عبور می نماید (جریان تصفیه شده^۵) و بخش دیگری از جریان نمی تواند عبور کند و پس زده می شود (جریان پساب^۶). فیلترهای غشائی دارای امتیاز حذف بسیاری از آلاینده ها از جمله باکتری ها، املاح و فلزات سنگین از آب می باشند.

فیلتراسیون غشائی را می توان به دو دسته کلی تراوا « میکرو فیلتراسیون و اولترافیلتراسیون » و نیمه تراوا « نانو فیلتراسیون و اسمز معکوس » تقسیم نمود . زمانی که هدف جداسازی ذرات جامد معلق است، از روش های میکرو فیلتراسیون و اولترافیلتراسیون استفاده می شود . برای حذف نمک های محلول از آب ، از روش های نانو فیلتراسیون و اسمز معکوس استفاده می گردد .

غشاءهای نانو فیلتراسیون و اسمز معکوس بر اساس اصول منافذ کار نمی کنند ، بلکه در آنها برای جداسازی از اصل نفوذ از غشاء استفاده می گردد و فشار مورد نیاز در آنها بیشتر از فشار مورد نیاز در روش های میکرو فیلتراسیون و اولترافیلتراسیون است [۱]. در شکل شماره ۱ محدوده حدودی کاربرد سیستم های غشائی مشاهده می گردد.

^۱ کارشناس ارشد مهندسی عمران - آب و فاضلاب

^۲ استادیار عمران-آب و فاضلاب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

^۳ استادیار عمران-آب و فاضلاب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

^۴ Feed water

^۵ Permeat water

^۶ Reject



شکل ۱- روش های مختلف فیلتراسیون به تفکیک ذرات [۱]

چنانچه ملاحظه می گردد، نانوفیلتراسیون برای حذف بالای مواد آلی و حذف متوسط مواد کانی مناسب است. امروزه، از نانو فیلتراسیون در مراحل مختلف فرآیند تصفیه آب از قبیل کاهش سختی آب، رنگ زدایی و حذف آلاینده های میکروبی استفاده می شود. در فرآیند های صنعتی نیز از نانو فیلتراسیون در حذف مواد مختلف از قبیل مواد رنگی از آب استفاده می گردد. از جمله کاربرد های رایج نانو فیلتراسیون میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- سختی زدایی و حذف یون های دو و چند ظرفیتی از آب
- جداسازی فلزات سنگین به منظور استفاده مجدد از آب
- کاهش میزان نمک آب های شور و لب شور
- حذف آفت کش ها از آب های زیر زمینی
- بازیافت پساب های صنعتی و کشاورزی
- کاهش غلظت نیترات و [۲، ۳].

با توجه به ظرفیت نانوفیلتراسیون برای تعدیل کیفیت آب های لب شور و غیرمتعارف، می توان با شناسائی و پهنه بندی کمی و کیفی منابع آب در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در مورد ارزیابی امکان استفاده از نانو فیلترها برای تامین آب شرب در این قسمت از کشور اقدام نمود.

تقسیمات حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان

بر اساس آخرین نتایج تقسیمات حوضه های آبریز و کدگذاری حوضه ها توسط کمیته کدگذاری معاونت پژوهش و مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب، حوضه های آبریز کشور به ۶ حوضه آبریز اصلی یا درجه ۱ و ۳۰ حوضه آبریز درجه ۲ تقسیم شده است. حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان با کد ۲ شامل قسمت عمده ارتفاعات و دامنه های غربی، جنوب غربی و جنوبی رشته کوه زاگرس و نیز دامنه های جنوبی کوه های بشاگرد بوده و کلیه رودخانه های واقع در این محدوده چه از طریق خاک عراق و چه به صورت مستقیم به خلیج فارس و دریای عمان جریان دارند. حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان ۹ زیر حوضه درجه ۲ را در بر می گیرد. تقسیمات این حوضه آبریز به تفکیک حوضه های فرعی (درجه ۲) در جدول ۱ نشان داده شده است [۴، ۵].



جدول ۱- تقسیمات حوضه آبریز اصلی خلیج فارس و دریای عمان و زیر حوضه های فرعی (درجه ۲) آن و تعداد محدوده های مطالعاتی حوضه [۶]

تعداد محدوده های مطالعاتی حوضه های آبریز درجه ۱	تعداد محدوده های مطالعاتی حوضه های آبریز درجه ۲	مساحت (کیلومتر مربع)	کد حوضه آبریز درجه ۲	حوضه های آبریز درجه ۲	مساحت (کیلومتر مربع)	حوضه آبریز اصلی
۲۶۵	۲۴	۳۹۶۶۷	۲۱	حوضه آبریز رودخانه های مرزی غرب	۴۲۴۵۴۵	حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان کد (۲)
	۳۵	۵۱۶۴۳	۲۲	حوضه آبریز رودخانه کرخه		
	۴۲	۶۷۳۰۳	۲۳	حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگ		
	۲۴	۴۰۷۸۸	۲۴	حوضه آبریز رودخانه جراحی و زهره		
	۱۳	۲۱۷۷۳	۲۵	حوضه آبریز رودخانه حله و مسیل های کوچک دو طرف آن		
	۴۸	۴۷۶۵۴	۲۶	حوضه آبریز رودخانه مند و حوضه های بسته هرم کاریان و خنج		
	۴۲	۶۲۹۱۸	۲۷	حوضه آبریز رودخانه های کل مهران ، مسیل های جنوبی و جزایر		
	۲۲	۴۴۷۴۷	۲۸	حوضه آبریز رودخانه های بین بندر عباس و سدیح		
	۱۵	۴۸۵۵۱	۲۹	حوضه آبریز رودخانه های بلوچستان جنوبی بین سدیح و مرز پاکستان		
	۱۹	۵۷۱۹۶	۴۴	حوضه آبریز کویر ابرقو سیرجان		
	۲۱	۴۹۳۹۰	۴۵	حوضه آبریز هامون جازموریان		
	۳۶	۲۰۶۲۲۰	۴۶	حوضه آبریز کویر لوت		
	۵۰	۲۲۶۵۲۳	۴۷	حوضه آبریز کویر مرکزی		
	۱۱	۴۸۹۱۲	۴۸	حوضه آبریز کویرهای سیاه کوه ، ریگ زرین و دق سرخ		
۱۲	۵۰۵۰۸	۴۹	حوضه آبریز کویر های درانجیر و ساغند			

طبقه بندی آب از نظر شوری در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ : طبقه بندی آب از نظر شوری [۵]

هدایت الکتریکی ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	غلظت نمک (میلی گرم بر لیتر)	نام گروه
< 700	< 500	شیرین (Fresh)
$700-2500$	$500-1500$	کم شور (Marginal)
$2500-8000$	$1500-5000$	لب شور (Brakish)
$8000-12000$	$5000-8000$	شور (Saline)
$12000-20000$	$8000-12000$	خیلی شور (Very Saline)
> 20000	> 13000	ابر شور (Hyper Saline)

بررسی های کمی و کیفی آب های زیرزمینی شور و لب شور در محدوده های مطالعاتی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای

عمان

میزان بهره برداری و قابلیت توسعه از محدوده های مطالعاتی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان دارای آب های شور و لب شور کشور به صورت جدول شماره ۳ می باشد:



جدول ۳- وضعیت منابع آبهای زیرزمینی در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان [۷،۸]

حجم قابل توسعه از پهنه های شور و لب شور (میلیون متر مکعب در سال)	تعداد محدوده های دارای قابلیت توسعه از پهنه های لب شور و شور	حجم برداشت فعلی از محدوده های دارای پهنه های شور و لب شور (میلیون متر مکعب در سال)	تعداد محدوده های دارای پهنه های شور و لب شور	تعداد محدوده های دارای اضافه برداشت از ذخیره	تعداد محدوده های مطالعاتی	برداشت فعلی از آبخوان (میلیون متر مکعب در سال)	نام حوضه آبریز	کد حوضه
۵۹۸	۷۰	۲۲۷۴	۹۶	۱۹	۲۶۵	۱۱۶۷	خلیج فارس و دریای عمان	۲

نتایج بررسی ها و پهنه بندی آبهای شور و لب شور در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان نشان می دهد که از تعداد ۲۶۵ محدوده مطالعاتی در این حوضه آبریز، در ۹۶ محدوده پهنه هایی از آبهای لب شور و شور قابل شناسایی است. همچنین این حوضه آبریز با حجم قابل توسعه ۵۹۸ میلیون متر مکعب در سال (۳۴٪ کل حجم قابل توسعه از پهنه های شور و لب شور در کل کشور) بعد از حوضه آبریز فلات مرکزی در مکان دوم قرار گرفته است.

مواد و روش ها

برای بررسی ظرفیت استفاده از فناوری نانوفیلتراسیون جهت تصفیه آبهای شور و لب شور در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان پس از ارزیابی کیفی و کمی ذخائر آبهای شور و لب شور، از نرم افزار برای انتخاب غشاء مناسب نانوفیلتر در کیفیت های مختلف آب استفاده شده است.

نحوه پردازش اطلاعات

برای انتخاب نوع نانوفیلتر مناسب برای تصفیه آب زیر زمینی با ویژگی های کیفی مختلف، پارامترهای اندازه گیری شده در محدوده های مطالعاتی حوضه های آبریز مختلف در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان از قبیل غلظت یون های کلسیم، منیزیم، سولفات، کربنات، بی کربنات، کلرور، TDS و...، با استفاده از نرم افزار رزای^۷ مورد تحلیل قرار گرفته است. از آنجائیکه در این حوضه آبریز کشور محدوده تغییرات هدایت الکتریکی^۸ یا مواد جامد معلق^۹ بسیار متنوع است، این حوضه با توجه به ویژگی های کیفی منابع آب موجود به دو یا سه محدوده (زیر حوضه) مختلف تقسیم بندی شده و به طور مجزا توسط نرم افزار، پردازش شده است. بنابراین در برخی از زیرحوضه ها، دو یا سه نوع سیستم نانو فیلتر متفاوت جهت کاهش مواد جامد معلق پیشنهاد شده است.

نرم افزار رزا

در این تحقیق برای دستیابی به سطح مورد نیاز غشاءهای نانو فیلتراسیون، محصولات شرکت فیلمتک به عنوان نمونه انتخاب شده اند و می توان از محصولات دیگر شرکت ها نیز استفاده نمود.

نرم افزار رزا، نرم افزاری است که از آن برای انتخاب غشاء مناسب جهت تصفیه آب با کیفیت مواد محلول مختلف استفاده می شود. این نرم افزار توسط شرکت فیلمتک توسعه یافته و تنها در مورد غشاء های ساخت این شرکت قابل استفاده می باشد. نرم افزار به طور معمول دارای ۱۵٪ خطای طراحی می باشد^۹ [۹].

مراحل طراحی توسط نرم افزار رزا

- ۱- تعیین منبع آب خام، کیفیت و غلظت آلاینده ها در آب، دبی، و کیفیت استاندارد خروجی مورد نظر.
- ۲- انتخاب وضعیت و چگونگی جریان و تعداد خطوط تولید.
- ۳- انتخاب نوع غشاء مورد نظر.
- ۴- انتخاب (یا طراحی) شار متوسط عبوری از غشاء.
- ۵- محاسبه المان های مورد نیاز.

⁷ ROSA

⁸ EC

⁹ TDS

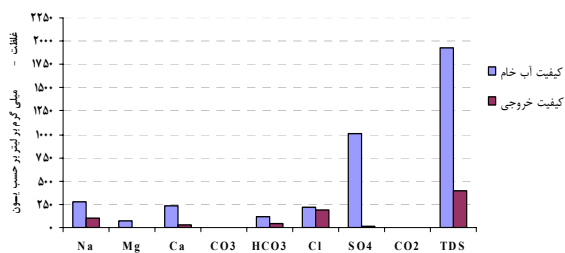
¹⁰ طی یک پروژه مطالعات پالوتی با نانوفیلتراسیون با غشاءهای NF ۹۰ و NF ۲۷۰ خطای تا ۵۰٪ نیز در نتایج خروجی مشاهده شد.



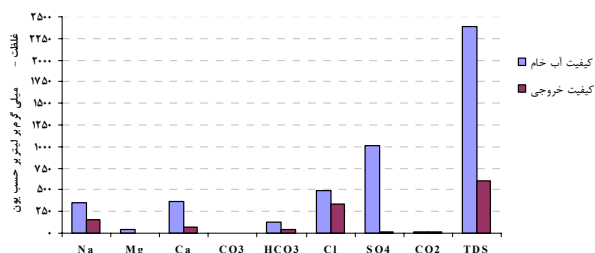
- ۶- محاسبه تعداد محفظه های فشار^{۱۱} مورد نیاز.
- ۷- انتخاب تعداد طبقات (مراحل سری) .
- ۸- انتخاب نسبت تعداد غشاء برای هر مرحله (یا طبقات).
- ۹- توازن نرخ جریان خروجی [۲ ، ۹] .

بررسی نتایج

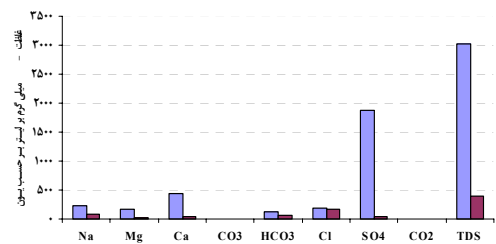
نتایج حاصل از تحلیل کامپیوتری با استفاده از نرم افزار رزا، در شکل‌های شماره ۲ تا ۱۵ نشان داده شده است.



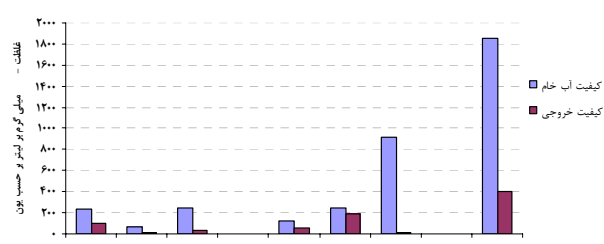
میزان تغییر غلظت پارامترهای آب با استفاده از نانو فیلتر ۲۷۰-۴۰۴۰ در زیر حوضه کد (۲۱)
شکل ۳- حوضه آبریز رودخانه های مرزی غرب (کد ۲۱)
حالت دوم



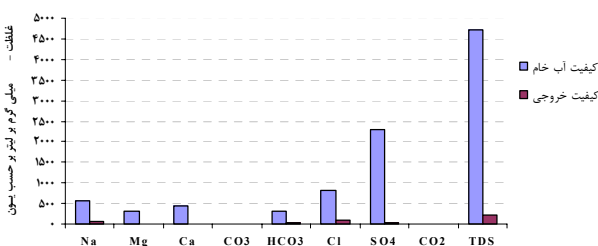
میزان تغییر غلظت پارامترهای آب با استفاده از نانو فیلتر ۲۰۰-۴۰۴۰ در زیر حوضه کد (۲۱(۱))
شکل ۲- حوضه آبریز رودخانه های مرزی غرب (کد ۲۱)
حالت اول



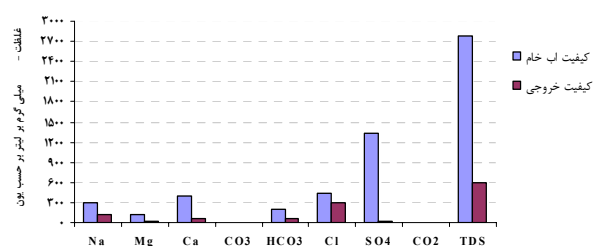
میزان تغییر غلظت پارامترهای آب با استفاده از نانو فیلتر ۲۷۰-۴۰۴۰ در زیر حوضه کد ۲۲
شکل ۵- حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگ (کد ۲۳)



میزان تغییر غلظت پارامترهای آب با استفاده از نانو فیلتر ۲۷۰-۴۰۴۰ در زیر حوضه کد ۲۲
شکل ۴- حوضه آبریز رودخانه کرخه (کد ۲۲)

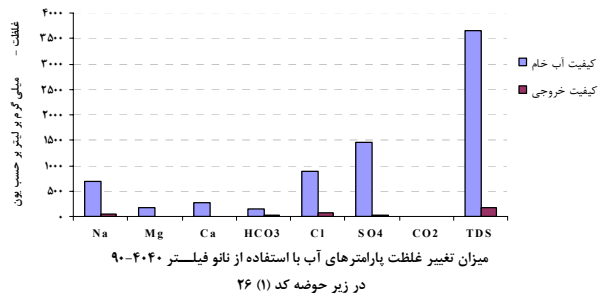
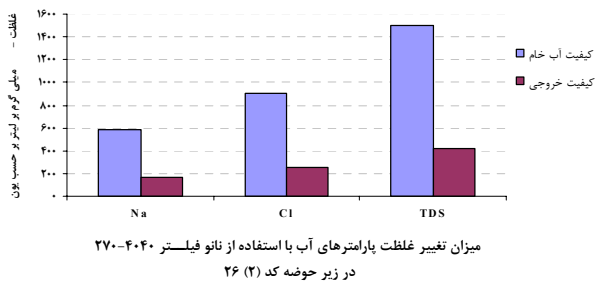


میزان تغییر غلظت پارامترهای آب با استفاده از نانو فیلتر ۹۰-۴۰۴۰ در زیر حوضه کد ۲۵
شکل ۷- حوضه آبریز رودخانه های حله و مسیل های دو طرف آن (کد ۲۵)



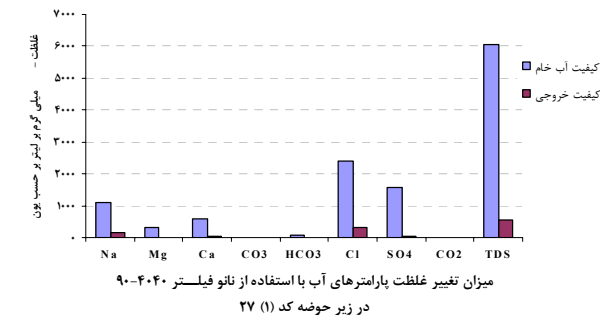
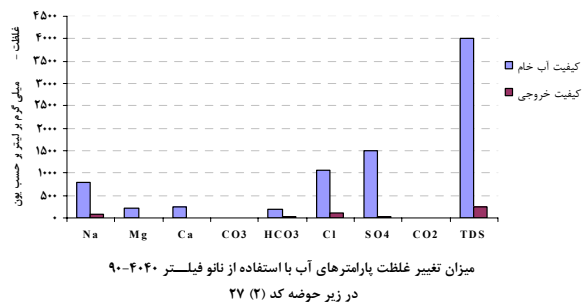
میزان تغییر غلظت پارامترهای آب با استفاده از نانو فیلتر ۲۰۰-۴۰۴۰ در زیر حوضه کد ۲۴
شکل ۶- حوضه آبریز رودخانه های جراحی و زهره (کد ۲۴)

¹¹ pressure vessels



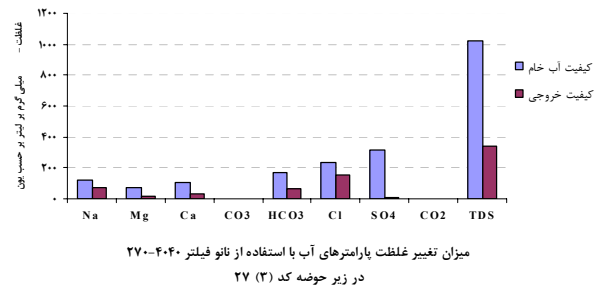
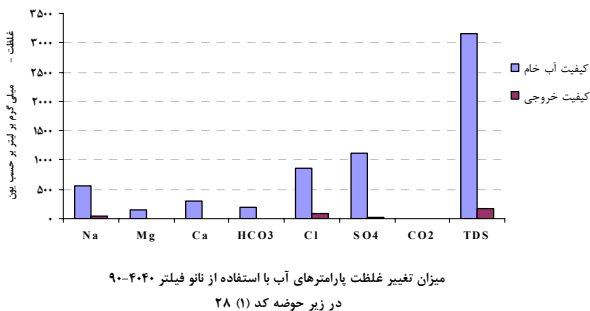
شکل ۹- حوضه آبریز رودخانه مند و حوضه های بسته هرم، کاربان و خنج (کد ۲۶) - حالت دوم

شکل ۸- حوضه آبریز رودخانه مند و حوضه های بسته هرم، کاربان و خنج (کد ۲۶) - حالت اول



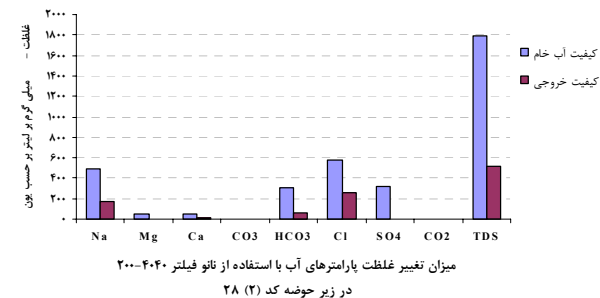
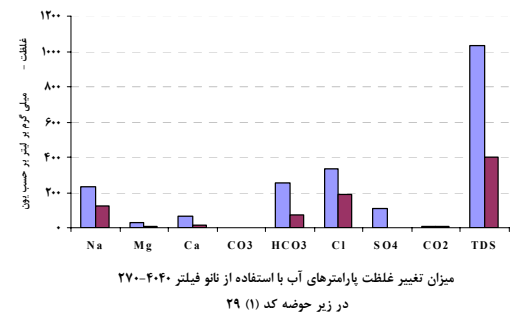
شکل ۱۱- حوضه آبریز رودخانه های کل،مهران،مسپیل های جنوبی و جزایر (کد ۲۷) - حالت دوم

شکل ۱۰- حوضه آبریز رودخانه های کل،مهران،مسپیل های جنوبی و جزایر (کد ۲۷) - حالت اول



شکل ۱۳- حوضه آبریز رودخانه های بندرعباس و سد یج (کد ۲۸) - حالت اول

شکل ۱۲- حوضه آبریز رودخانه های کل،مهران،مسپیل های جنوبی و جزایر (کد ۲۷) - حالت سوم



شکل ۱۵- حوضه آبریز رودخانه های بلوچستان جنوبی بین سد یج و مرز پاکستان (کد ۲۹)

شکل ۱۴- حوضه آبریز رودخانه های بندرعباس و سد یج (کد ۲۸) - حالت سوم

**سطح و تعداد مدول های مورد نیاز در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان**

با توجه به مطالب ذکر شده، با دانستن حجم بهره برداری فعلی و قابل توسعه درحوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان، نوع نانو فیلتر مناسب به منظور حذف سختی، شوری، کاهش غلظت کل مواد جامد محلول و بهبود کیفیت آب تا رسیدن به استانداردهای مطلوب آب آشامیدنی، سطح فعال غشاء مورد استفاده و متوسط فلاکس عبوری از آن (به دست آمده از تحلیل نرم افزاری) در این حوضه آبریز، می توان سطح کل غشاء مورد نظر و تعداد مدول لازم را محاسبه نمود.

جدول ۴- سطح و تعداد مدول های مورد نیاز انواع مختلف نانو فیلتر ۴۰۴۰-۹۰، ۴۰۴۰-۲۰۰ و ۴۰۴۰-۲۷۰ در زیر حوضه های خلیج فارس و دریای عمان

شماره	نوع نانو فیلتر	سطح فعال غشاء	متوسط فلاکس	حجم بهره برداری فعلی	حجم قابل توسعه	سطح کل غشاء	تعداد مدول
		مترمربع	لیتر بر ساعت بر مترمربع	لیتر بر ساعت	لیتر بر ساعت	مترمربع	
۲۱(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۰۰	۱۵/۲۴	۲۱/۷۰	۱۶۶۶۶۶۶/۶۷	۵۰۲۲۸۳/۱۱	۹۹۹۵۱/۶۰	۶۵۵۹
۲۱(۲)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۷۰	۱۵/۲۴	۴۱/۳۶	۶۶۶۶۶۶۶/۶۷	۲۰۰۹۱۳۲/۴۲	۲۰۹۷۶۳/۰۳	۱۳۷۶۴
۲۲(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۷۰	۱۵/۲۴	۴۲/۰۵	۲۱۱۱۸۷۲۱/۴۶	۳۹۹۵۴۳۳/۷۹	۵۹۷۲۴۵/۰۷	۳۹۱۸۹
۲۳(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۷۰	۱۵/۲۴	۳۷/۵۴	۱۹۶۳۴۷۰۳/۲۰	۱۶۵۵۲۵۱۱/۴۲	۹۶۳۹۶۴/۱۶	۶۳۲۵۲
۲۴(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۰۰	۱۵/۲۴	۲۱/۰۳	۶۹۶۳۴۷۰/۳۲	۷۳۰۵۹۳۶/۰۷	۶۷۸۵۲۶/۲۲	۴۴۵۲۳
۲۵(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۹۰	۱۵/۲۴	۱۸/۸۸	۲۴۴۱۵۰۶۸/۴۹	۷۴۲۰۰۹۱/۳۲	۱۶۸۰۸۸۷/۷۰	۱۱۰۲۹۴
۲۶(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۹۰	۱۵/۲۴	۲۱/۱۱	۳۶۸۷۲۱۴۶/۱۲	۵۶۵۰۶۸۴/۹۳	۲۰۱۴۳۴۵/۳۸	۱۳۲۱۷۵
۲۶(۲)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۷۰	۱۵/۲۴	۳۷/۴۳	۳۶۸۷۲۱۴۶/۱۲	۵۶۵۰۶۸۴/۹۳	۱۱۳۶۰۶۲/۸۱	۷۴۵۴۵
۲۷(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۹۰	۱۵/۲۴	۱۰/۱۴	۳۶۷۰۰۹۱۳/۲۴	۵۱۹۴۰۶۳/۹۳	۴۱۳۱۶۵۴/۵۵	۲۷۱۱۰۶
۲۷(۲)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۹۰	۳۰/۴۷	۱۷/۶۴	۱۶۳۱۱۵۱۷/۰۰	۲۳۰۸۴۷۲/۸۶	۱۰۵۵۵۵۴/۹۸	۳۴۶۴۲
۲۷(۳)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۷۰	۳۰/۴۷	۴۴/۳۲	۲۰۳۸۹۳۹۵/۲۵	۲۸۸۵۵۹۱/۰۷	۵۲۵۱۵۷/۶۶	۱۷۲۳۵
۲۸(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۹۰	۳۰/۴۷	۲۱/۳۶	۱۲۹۸۵۱۵۲/۸۲	۰/۰۰	۶۰۷۹۱۹/۴۷	۱۹۹۵۱
۲۸(۲)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۰۰	۱۵/۲۴	۲۱/۳۷	۱۸۱۷۹۲۲۳/۷۴	۰/۰۰	۸۵۰۶۸۸/۹۹	۵۵۸۱۹
۲۹(۱)	نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۷۰	۱۵/۲۴	۴۸/۲۶	۹۱۳۲۴۲/۰۱	۶۵۰۶۸۴۹/۳۲	۱۵۳۷۵۲/۴۱	۱۰۰۸۹

* اعداد داخل پرانتز نشاندهنده حالات مختلف غلظت کل مواد جامد محلول^{۱۲} در زیر حوضه ها می باشد.

نتیجه گیری

با توجه به جدول بالا، در صورت استفاده از فرآیندهای نانو فیلتراسیون و غشاء های نانو فیلتر حجم کل آب شور و لب شور و تعداد مدول های غشائی و سطح کل مورد نیاز آنها در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان به صورت زیر می باشد:

✓ جهت حذف سختی، شوری و کاهش غلظت کل مواد جامد محلول در ۱۴۷،۷۶ میلیون متر مکعب حجم کل آب شور و لب شور در سال ۵۶۸۱۶۸ مدول غشائی از نانو فیلتر ۴۰۴۰-۹۰ با سطح کل ۹۴۹۰۳۶۲،۰۱ متر مربع مورد نیاز خواهد بود.

✓ جهت حذف سختی، شوری و کاهش غلظت کل مواد جامد محلول در ۳۴،۶۲ میلیون متر مکعب حجم کل آب شور و لب شور در سال ۱۰۶۹۰۱ مدول غشائی از نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۰۰ با سطح کل ۱۶۲۹۱۶۶،۸۱ مترمربع مورد نیاز خواهد بود.

✓ جهت حذف سختی، شوری و کاهش غلظت کل مواد جامد محلول در ۱۴۳،۲۰ میلیون متر مکعب حجم کل آب شور و لب شور در سال ۲۱۸۰۷۴ مدول غشائی از نانو فیلتر ۴۰۴۰-۲۷۰ با سطح کل ۳۵۸۵۹۴۵،۱۴ متر مربع مورد نیاز خواهد بود.

بنابراین با توجه به حجم بالقوه و قابل توجه منابع آب شور و لب شور در این حوضه آبریزو تعمیم آن در کشور، سطح کل و تعداد مدول غشائی مورد نیاز جهت تصفیه آب های غیر متعارف، بررسی ظرفیت سازی مناسب فنی و اقتصادی استفاده از فناوری نانو فیلتراسیون در صنعت آب کشور امری ضروری خواهد بود.

از جمله کارهاییکه برای این ظرفیت سازی می توان انجام داد، عبارتند از:

- ایجاد یا انتخاب یک مشاور مادر برای هدایت طرح های نانو فیلتراسیون در کشور.
- انتخاب یک دانشگاه یا مرکز علمی به عنوان قطب نانو فیلتراسیون کشوربه منظور انجام پژوهش های لازم.
- ایجاد و تجهیز آزمایشگاه های مرجع جهت کنترل کیفیت و کارایی سیستمهای وارداتی و یا تولید داخلی.

¹² TDS



- انجام برنامه های ترویجی برای توسعه استفاده از این فناوری در جهت افزایش ظرفیت تأمین آب.
- ارائه راهکارهای تشویق سرمایه گذاری بخش خصوصی در بخش نانوفیلتراسیون.

مراجع

۱. فاضلی، رشیدی، ۱۳۷۹، « تصفیه آب و روشهای بهبود کیفیت آب آشامیدنی » دانشگاه صنعت آب و برق
2. Dow Liquid Separations “FILMTEC Membranes” Products and Specification Guide, Tapwater, Seawater and Brackish Water Elements, For Commercial, Industrial, and Municipal Applications, Published May 2002, Dow Europe Officia Building 1: De Boelelaan 7, 1083 HJ Amsterdam, P.O. Box 77777, 1070 MS Amsterdam, The Netherlands, Tel. +31 20 691 6268, Tel. +800 3694 6367
3. EPA 815-R-06-009, “MEMBRANE FILTRATION GUIDANCE MANUAL”, November 2005, Environmental Protection Agency, United States ,Fax +31 20 691 6418. E-mail: [dicinfo@euronet.nl](mailto:dicino@euronet.nl).
۴. دفتر مطالعات شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۵، گزارش وضعیت منابع آب شور و لب شور کشور.
۵. دفتر مطالعات مهندسی مشاور یکم، ۱۳۸۲، حوضه های آبریز کشور و بررسی های کمی و کیفی آب های زیرزمینی شور و لب شور در محدوده های مطالعاتی.
۶. دفتر مطالعات پایه منابع آب کشور، ۱۳۸۱، تقسیم بندی و کد گذاری حوضه های آبریز کشور.
۷. مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۷۸-۱۳۶۴، طرح جامع آب کشور.
۸. دفتر مطالعات پایه منابع آب کشور، ۱۳۸۱، گزارش سالانه وضعیت آب های زیرزمینی کشور و بررسی منابع آب های شور و لب شور.
9. <http://www.Filmtec.com>, (2006), “FILMTEC Membranes“