



شبیه سازی عددی پخش پساب آب شیرین کن (مطالعه موردی: کارخانه کنارک)

زکریا عزیزی^{۱*}، فرشید ابراهیمی اوردکلو^۲، مهدی ازدری مقدم^۳، مهدی رضاپور^۴

چکیده

امروزه با کمبود منابع آب شیرین، بشر به سمت استفاده از منابع دیگر آب موجود بصورت غیر شیرین از قبیل آب دریا ها و اقیانوس ها رفته و در این رابطه تکنولوژی های جدیدی در زمینه تصفیه و شیرین سازی آب دریا شکل گرفته است. کشور ایران با توجه به اینکه در مجاورت آبهای دریای عمان و خلیج فارس قرار گرفته است، پتانسیل خوبی در زمینه احداث آب شیرین کن ها و تولید آب شیرین جهت مصارف صنعتی و کشاورزی و حتی شرب دارد. لازمه افزایش و توسعه واحدهای آبشیرین کن مستلزم رعایت قوانین و استانداردهای محیط زیستی، جهت جلوگیری از افزایش آلاینده ها در محیط دریایی به دلیل خروجی پساب این واحدها می باشد.

در این مقاله بصورت موردی به شبیه سازی عددی پخش پساب آب شیرین کن در کارخانه کنارک پرداخته شده است؛ و با استفاده از نرم افزار Cormix تاثیر پارامترهای مهم خروجی پساب روی پخش شدگی و اثر شرایط محیطی روی آن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان داده است که زمان بهره برداری از واحد آب شیرین کن و خروج پساب به دریا می تواند با توجه به شرایط آب هوایی از قبیل زمان جذر ومد و سرعت جریان در دریا طوری مدیریت گردد که حداقل پخش شدگی آلاینده در محیط دریا پدیدار شود.

واژه‌های کلیدی: آب شیرین کن، پساب، خلیج فارس، دریای عمان، کارخانه کنارک، Cormix

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، سازه های هیدرولیکی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (* نویسنده مسئول)

^۲ دانشجوی دکتری عمران، آب و سازه های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

^۳ استاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۳ استادیار، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار



نخستین همایش ملی کم آبیاری و استفاده از آب های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹

مقدمه

با توجه به محدود بودن منابع آب شیرین و افزایش جمعیت جهان، برای تأمین آب این جمعیت در حال رشد، ناگزیر به استفاده از منابع نامتعارفی همچون آب شور دریاها هستیم. با توجه به اینکه ۷۵ درصد از شهرهای بزرگ (< 5 میلیون نفر) جهان در فاصله ۱۰۰ کیلومتری ساحل واقع شده‌اند شیرین سازی آب دریا می‌تواند به‌عنوان یک منبع جدید و قابل اعتماد آب به شمار رود [1].

منطقه دریای عمان به دلیل قرارگیری در مناطق خشک و استوایی دارای بارش بسیار کم و تبخیر بالا و محدودیت‌های تأمین آب شیرین می‌باشد. امروزه می‌توان با احداث کارخانه‌های آب شیرین‌کن در مجاورت دریای عمان با تبدیل آب شور به آب شیرین مشکل کم‌آبی در این منطقه را رفع نمود. کارخانه‌های آب شیرین‌کن دارای نسل‌های مختلفی می‌باشند که هر یک دارای مزایا و معایبی‌اند، بزرگ‌ترین مشکل همه این کارخانه‌ها وجود پساب خروجی از آنها می‌باشد، پساب حاصل از لحاظ شوری بسیار غلیظتر از آب دریا در محل رهاسازی می‌باشد که می‌تواند به محیط‌زیست منطقه آسیب جدی برساند. شوری و گرمای بیش‌ازحد ناشی از پساب می‌تواند اکوسیستم منطقه را از بین ببرد. لذا بررسی اثرات پساب کارخانه‌های آب شیرین‌کن و چگونگی خروج و تأثیر آن بر اکوسیستم منطقه ض‌ب‌های زیرزمینی مانند چاه و چشمه و منابع آب سطحی همچون رودخانه‌ها از گذشته‌های دور به‌عنوان منابع آب قابل دسترس، پاسخگوی نیاز آبی ساکنین کره زمین بوده‌اند. ولی انسان امروزی علیرغم توسعه فناوری‌های استحصال و تصفیه آب برای تأمین آب آشامیدنی، همچنان از کم‌آبی رنج می‌برد.

در بحث آلودگی منابع آب شیرین می‌توان به مواردی همچون تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و تخلیه پساب‌های کشاورزی به منابع آب اشاره کرد که در کشورهای در حال توسعه ۹۰ تا ۹۵ درصد از فاضلاب‌های شهری و صنعتی بدون تصفیه وارد منابع آب می‌شوند. پساب‌های کشاورزی به علت استفاده از کودهای شیمیایی دارای ترکیبات سمی و خطرناکی هستند که با ورود به منابع آب آنها را غیرقابل استفاده می‌کنند [2].

بنابراین در بسیاری از مناطق ساحلی کنار دریا کارخانه‌های آب شیرین‌کن احداث شده است. مهم‌ترین بحث زیست‌محیطی در ارتباط با اثرات منفی ناشی از کارخانه‌های آب شیرین‌کن بر دریا، بحث آلودگی زیست‌محیطی ناشی از تخلیه پساب این کارخانه‌های به دریا می‌باشد. این پساب که دارای ترکیبات خطرناکی بوده و عمدتاً دارای دما و شوری بالایی می‌باشد، محیط‌زیست دریا را دچار تأثیرات منفی کرده و دارای آثار نامطلوبی بر محیط دریا و حیات آبیان هست. بنابراین به نظر می‌رسد در جهت حفظ و کاهش آثار منفی ناشی از تخلیه پساب آب شیرین‌کن‌ها، انجام مطالعاتی مربوط به بررسی نحوه پخش و ترقیق پساب در محیط دریا ضروری می‌باشد [3].

نخستین همایش ملی کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

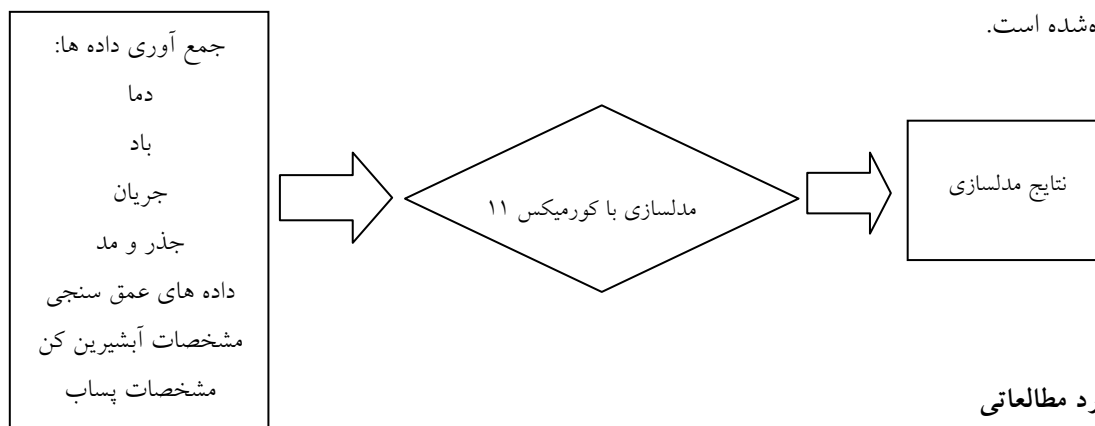
قطب علمی مدیریت کم‌آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹



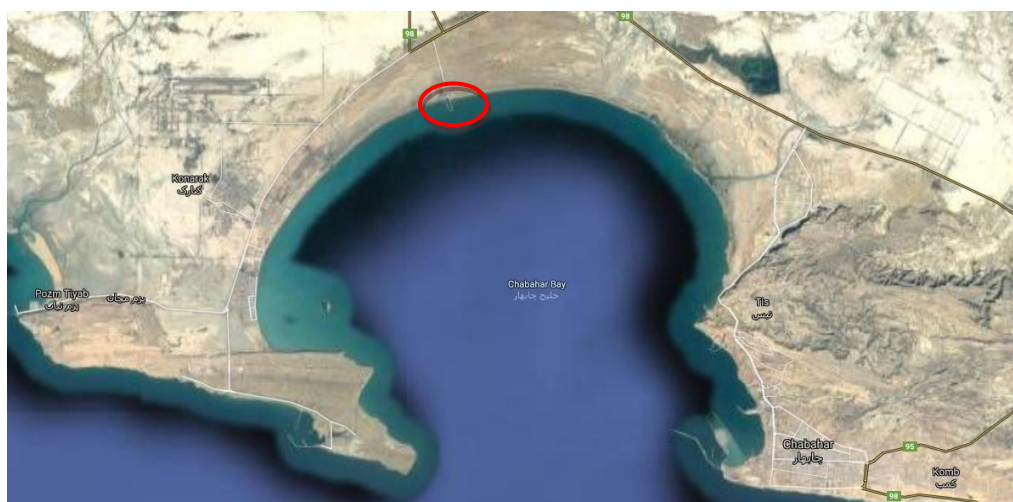
روش مطالعه

با جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مورد مطالعاتی تحقیق که شامل داده‌هایی از قبیل مشخصات آب خروجی از آب‌شیرین‌کن (غلظت آب خروجی، دبی، دما، هندسه خروجی و...)، شرایط محیطی شامل سرعت باد در منطقه، سرعت جریان آب و جذر و مد، عمق سنجی منطقه، مشخصات آب دریا و ... به راه‌اندازی مدل عددی پخش آلودگی در ساحل دریا با استفاده از نرم‌افزار Cormix11 پرداخته و نتایج خروجی با محدودیت‌های استاندارد محیط‌زیست سنجیده شده و به بررسی وضعیت موجود پرداخته شده است. در فلوجارت زیر روش کار به صورت خلاصه نشان داده شده است.



مورد مطالعاتی

مورد مطالعاتی تحقیق خروجی پساب آب‌شیرین‌کن کنارک در استان سیستان و بلوچستان و در ساحل شمال غرب خلیج چابهار در فاصله ۳۵ کیلومتری چابهار و ۱۵ کیلومتری کنارک واقع شده است در شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی این آب‌شیرین‌کن نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی آب‌شیرین‌کن کنارک (Google earth)

نخستین همایش ملی کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم‌آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹



آب شیرین‌کن چابهار از نوع RO و دارای ظرفیت اسمی ۲۸ هزار مترمکعب در روز هست. قرارداد عملیات احداث این آب شیرین‌کن در پایان سال ۱۳۸۶ منعقد شده است. در شکل ۱-۲ واحد آب شیرین‌کن کنارک نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- واحد آب شیرین‌کن کنارک

مدل منتخب در این تحقیق (CORMIX)

با توجه به مطالعات صورت گرفته و مشاهده تغییرات در مقادیر شوری و دما در راستای عمق بدنه آبی مربوط به کارهای مشابه، به نظر می‌رسد استفاده از مدل‌های سه‌بعدی مناسب‌تر باشد و از سوی دیگر با توجه به اینکه خیلی از نرم‌افزارهای موجود بزرگ‌مقیاس بوده و مناسب شبیه‌سازی این پدیده نمی‌باشد بنابراین در این تحقیق از مدل عددی CORMIX استفاده شده است.

نرم‌افزار CORMIX یک مدل هیدرودینامیکی است که در جهت آنالیز، پیش‌بینی و طراحی تخلیه مواد سمی و فاضلاب‌ها به محیط‌های آبی، تهیه و تنظیم شده است.

مدل CORMIX یک مدل محدوده اختلاط هیدرودینامیکی برای تخلیه آلاینده‌ها به داخل محیط‌های آبی می‌باشد. این مدل با تحلیل و پیش‌بینی وضعیت پخش آلودگی‌های ورودی به محیط‌های آبی، امکان طراحی و بهینه‌سازی سیستم تخلیه پساب را فراهم می‌سازد [4].



نخستین همایش ملی کم آبیاری و استفاده از آب های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب نامتعارف

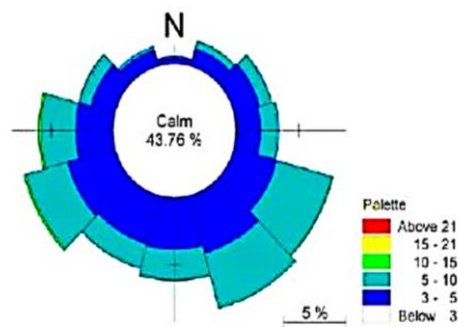
۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹

شرایط آب و هوای منطقه

شرایط آب و هوایی روی پدیده رقیق سازی و پخش پساب در دریا اثرات قابل توجهی دارد که به عنوان مثال هرچقدر ارتفاع جذر و مد و سرعت جریان بیشتر باشد درصد رقیق سازی نیز بیشتر خواهد شد. در ادامه شرایط حاکم بر منطقه آب شیرین کن کنارک آورده شده است.

باد غالب منطقه آب شیرین کن کنارک

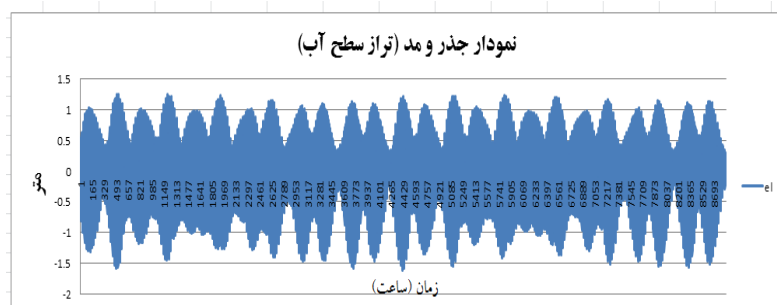
با تحلیل اطلاعات حاصل از ایستگاه سینوپتیک منطقه چابهار، گلباد مرتبط با آب شیرین کن کنارک مطابق شکل زیر نشان داده شده است. در این گلباد، سرعت کمتر از ۳ متر بر ثانیه به عنوان شرایط آرامش در نظر گرفته شده است. همچنین طول بردار نشان داده شده در هر سمت، درصد وقوع وزش باد با سرعت مشخص شده در آن جهت را نشان می دهد.



شکل ۱-۳- گلباد محدوده خلیج چابهار [۵]

جذر و مد در محدوده آب شیرین کن کنارک

اطلاعات جذر و مد منطقه از مدل خروجی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران برای سال ۲۰۱۹ در بازه یک ساعته استخراج گردید و ارتفاع سطح آب مطابق با نمودار شکل ۱-۳-۱۰ هست (هرسال ۸۸۵۶ ساعت هست).



شکل ۱-۴- نمودار جذر و مد در منطقه آب شیرین کن کنارک سال ۲۰۱۹ [6]



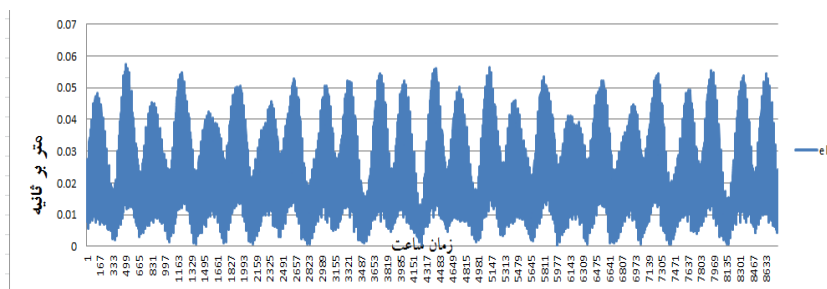
نخستین همایش ملی کم آبیاری و استفاده از آب های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹

سرعت جریان در محدوده آب شیرین کن کنارک

اطلاعات سرعت جریان منطقه از مدل خروجی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران برای سال ۲۰۱۹ در بازه یک ساعته استخراج گردید و سرعت جریان مطابق با نمودار شکل ۱-۳ است.

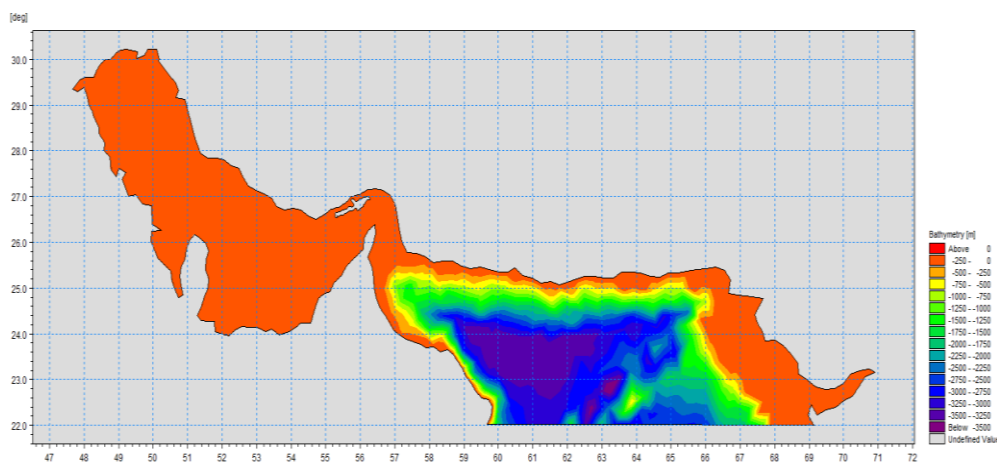


شکل ۱-۵- نمودار سرعت جریان در منطقه آب شیرین کن کنارک سال ۲۰۱۹ [6]

مطابق با داده ها ، بیشترین سرعت جریان ۰,۰۵۷ متر بر ثانیه هست و کمترین آن برابر با ۰,۰۰۰۱ متر بر ثانیه است.

ژرفاسنجی آب دریا در منطقه آب شیرین کن کنارک

داده های عمق سنجی از چارت های عمق سنجی عمومی اقیانوس ها (GEBCO) استخراج شده است. آخرین نسخه این داده ها GEBCO_2014 Grid با رزولوشن ۳۰ arc-seconds هست. داده های عمق سنجی برای خلیج فارس و قسمتی از دریای عمان در محدوده $21^{\circ} - 31^{\circ}N$ و $66^{\circ} - 72^{\circ}E$ دانلود شده است. در شکل زیر نقشه عمق سنج برای این محدوده نشان داده شده است.



شکل ۱-۶- شماتیک ژرفاسنجی خلیج فارس و دریای عمان (GEBCO)

عمق آب دریا برای نقاط مشخص شده در شکل زیر مطابق با جدول ۳-۱ می باشد. (فاصله هر نقطه با یکدیگر ۵۰۰ متر)

نخستین همایش ملی کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم‌آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹



شکل ۱-۷- شماتیک نقاط انتخاب‌شده برای محاسبه عمق آب دریا در محدوده آب‌شیرین کن کنارک

جدول ۱-۱- مشخصات نقاط انتخابی دریا در محدوده آب‌شیرین کن کنارک

ردیف	موقعیت جغرافیایی	موقعیت جغرافیایی	فاصله از ساحل	عمق
۱	شمال $25^{\circ}26'17''$ شرقی $60^{\circ}29'18''$	شمال ۲۵,۴۳۸۰ شرقی ۶۰,۴۸۸۳	۰	۰
۲	شمال $25^{\circ}26'2''$ شرقی $60^{\circ}29'25''$	شمال ۲۵,۴۳۷۷ شرقی ۶۰,۴۸۹۷	۵۰۰	۶
۳	شمال $25^{\circ}25'47''$ شرقی $60^{\circ}29'32''$	شمال ۲۵,۴۲۹۷ شرقی ۶۰,۴۹۲۲	۱۰۰۰	۸,۵
۴	شمال $25^{\circ}25'32''$ شرقی $60^{\circ}29'39''$	شمال ۲۵,۴۲۵۵ شرقی ۶۰,۴۹۴۱	۱۵۰۰	۱۰

نخستین همایش ملی کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم‌آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹



مشخصات پساب خروجی آب‌شیرین‌کن کنارک

مشخصات و ویژگی‌های پساب یکی از مهم‌ترین عوامل نحوه پخش پساب در آب دریا هست. در جدول زیر مقادیر داده‌های پساب آب‌شیرین‌کن کنارک جهت مدل‌سازی در نرم‌افزار corimx آورده شده است. جدول ۱-۲- مشخصات پساب آب‌شیرین‌کن کنارک (پرسش میدانی)

ردیف	نوع داده ورودی	واحد	مقدار
۱	غلظت پساب خروجی	mg/lit	۹۰۰۰۰
۲	اختلاف غلظت پساب با آب دریا	mg/lit	۶۰۰۰۰
۳	دبی پساب خروجی	$\frac{m^3}{s}$	۰,۸۳
۴	دما پساب	C	۳۲

سناریو های مدل‌سازی

آب‌شیرین‌کن کنارک دارای ظرفیت اسمی ۲۸ هزار مترمکعب در روز هست و پساب خروجی این آب‌شیرین‌کن توسط یک کانال مستطیلی به عرض ۱,۵ متر و عمق ۲ متر به صورت سطحی از سمت ساحل وارد آب دریا می‌گردد. مطابق با جدول زیر سناریوهای مختلف برای بررسی پخش پساب خروجی آب‌شیرین‌کن کنارک به داخل آب دریا مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱-۳ سناریوهای مختلف جهت مدل‌سازی پخش پساب آب‌شیرین‌کن کنارک

ردیف	سناریو	توضیحات
۱	سناریوی اول (حال حاضر)	آب‌شیرین‌کن با ظرفیت ۲۸۰۰۰ مترمکعب در روز و با دبی خروجی پساب ۰,۸۳ مترمکعب بر ثانیه
۲	سناریوی دوم (طرح آتی)	آب‌شیرین‌کن با ظرفیت ۵۰۰۰۰ مترمکعب در روز و با دبی خروجی پساب ۱,۵ مترمکعب بر ثانیه
۳	سناریوی سوم (طرح آتی)	آب‌شیرین‌کن با ظرفیت ۱۰۰۰۰۰ مترمکعب در روز و با دبی خروجی پساب ۳ مترمکعب بر ثانیه

نخستین همایش ملی کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

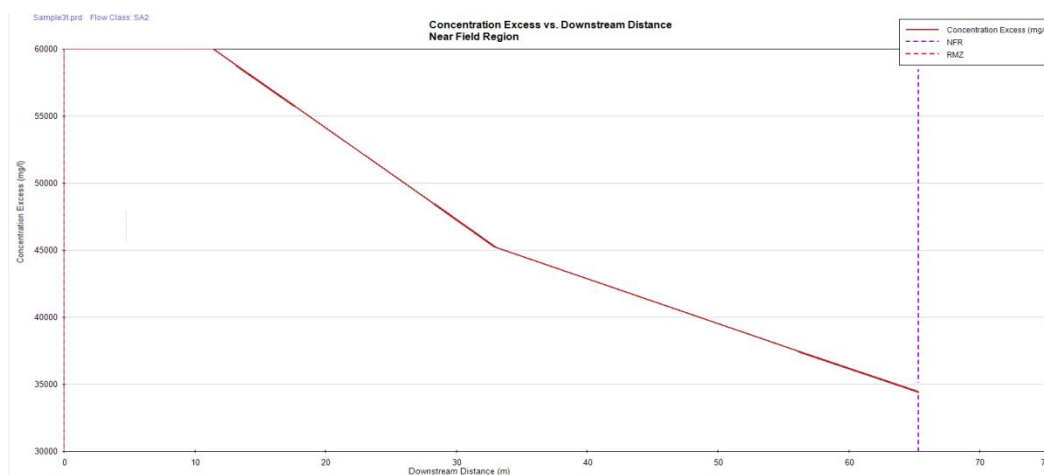
قطب علمی مدیریت کم‌آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹



بررسی اثر جذر مد روی پخش شوری پساب آب شیرین کن

برای بررسی سه سناریوی بالا می‌بایست برای آب دریا حالت جریان غیردائمی همراه با در نظر گرفتن شرایط جذر و مد لحاظ گردد، بنابراین برای هر سناریو دو حالت سرعت جریان بیشینه و کمینه در حالت‌های مختلف زمان با استفاده از نرم افزار Cormix مدل‌سازی گردید و به عنوان نمونه یک حالت آن در زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۸- الگوی پخش شوری در سناریو دبی ۳ مترمکعب بر ثانیه با سرعت جریان حداکثر ۰,۰۵۷ متر بر ثانیه و سرعت جریان در ۲ ساعت بعد از اسلگ برابر با ۰,۰۵۷ متر بر ثانیه

بررسی اثر جذر مد روی پخش شوری پساب آب شیرین کن



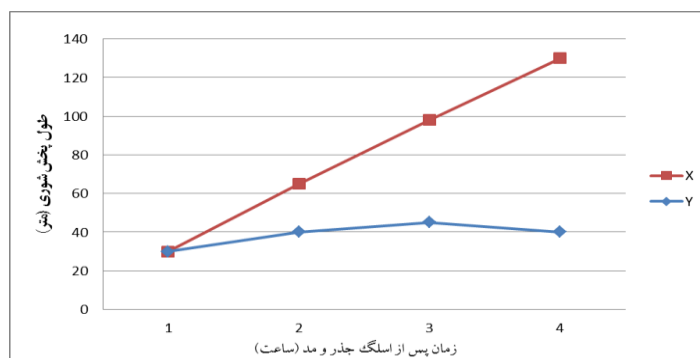
نخستین همایش ملی کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم‌آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹

با بررسی اثر جذر مد بر روی میزان پخش شوری پساب آب‌شیرین‌کن در سناریوهای مختلف نتایج زیر حاصل که به عنوان نمونه یک سناریو در این تحقیق آورده شده است.

سناریو: دبی ۰٫۸۳ مترمکعب بر ثانیه با سرعت جریان حداکثر ۰٫۰۵۷ متر بر ثانیه و سرعت جریان بعد از اسلگ برابر با ۰٫۰۵۷ متر بر ثانیه

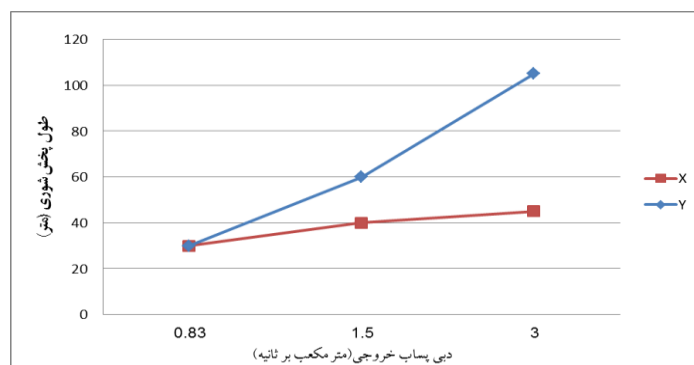


شکل ۱-۹- رابطه بین طول پخش شوری با زمان پس از اسلگ در جذر و مد در دو جهت X و Y

همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌گردد افزایش زمان پس از اسلگ در جذر و مد منجر به افزایش میزان طول پخش پساب در دریا می‌گردد که این عامل روی میزان پخش در جهت عمود بر خروجی (Y) تأثیر بیشتری از خود نشان می‌دهد و علت آن سرعت بالای جریان حاصل از جذر و مد که در راستای Y می‌باشد.

بررسی اثر دبی خروجی پساب روی پخش شوری پساب آب‌شیرین‌کن

در زیر به عنوان نمونه نسبت تغییرات طول پخش شوری نسبت به دبی خروجی پساب در حالت سرعت جریان ۰٫۵۷ (یک ساعت بعد از اسلگ) آورده شده است.



شکل ۱-۱۰- رابطه بین طول پخش شوری با اثر دبی خروجی پساب در دو جهت X و Y

همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌گردد، در زمان یک ساعت بعد از اسلگ، افزایش دبی خروجی پساب منجر به افزایش طول پخش شوری در آب دریا می‌گردد و همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد این افزایش دبی در راستای خروجی (Y) اثرش بیشتر است.



نخستین همایش ملی کم آبیاری و استفاده از آب های نامتعارف در کشاورزی مناطق خشک

قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب نامتعارف

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۹

نتیجه گیری

نتایج اصلی و مهم این تحقیق به شرح زیر می باشد:

- افزایش زمان پس از اسلگ در سرعت های بالای جریان جذر و مد، اثر بیشتری روی فاصله پخش شوری در جهت عمود بر خروجی پساب (X) دارد و منجر به افزایش طول پخش پساب در جهت X می گردد.
 - افزایش زمان پس از اسلگ در سرعت های پایین جریان جذر و مد، اثر بیشتری روی فاصله پخش شوری در جهت راستای خروجی پساب (Y) دارد و منجر به افزایش بیشتر طول پخش پساب در جهت Y می گردد.
 - دبی های بالاتر افزایش زمان پس از اسلگ هم در سرعت های بالای جریان جذر و مد و هم در سرعت های پایین جذر و مد، بیشتر منجر به منجر به افزایش بیشتر طول پخش پساب در جهت Y می گردد.
 - افزایش دبی خروجی پساب بیشتر روی طول پخش شوری در جهت Y دارد.
- با توجه به نتایج به دست آمده از سناریوهای مختلف می توان به طور کلی نتیجه گرفت که افزایش دبی پساب منجر به پخش شوری بیشتر در آب دریا می گردد اما در حالت هایی می توان این پخش را با سرعت جریان و زمان جذر و مد مدیریت کرد؛ به طوری که افزایش دبی تأثیر کمتری روی پخش آب شور در دریا داشته باشد. لذا با بررسی نتایج پیشنهاد می گردد پساب خروجی در ساعت های ۴ ساعت بعد از اسلگ صورت پذیرد و زمانی که پخش شوری در جهت X مدنظر می باشد و مسائل محیط زیستی اجازه افزایش غلظت در این جهت را نمی دهد بهتر است در سرعت های کمتر جریان خروجی پساب رخ دهد اما اگر مسائل محیط زیستی در جهت Y مهم می باشد بهتر است در سرعت های جریان بیشتر عملیات خروج پساب صورت بگیرد.

منابع

- [1] N. Kress, "Marine Impacts of Seawater Desalination," *Science Management and Policy, Elsevier, pages 1-10*, 2019.
- [2] Abdul-Wahab et al, "Optimization of multistage flash desalination process by using a two-level factorial design," *Applied Thermal Engineering* 27, 413-421, 2007.
- [3] Al-Subaie, z., "Precise way to select a desalination technology," *Desalination* 206, 29-35, 2007.
- [4] Robet L. doneker, Gerhad H. Jirka, "User manual for cormix," 2009.
- [5] انتخاب مناطق مناسب جهت احداث آب شیرین کن بر اساس "امین تمدنی and فاطمه عزیزپور , فرهاد قادری" *کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، دانشگاه تهران، "تحلیل وضعیت وزش باد در نواحی جنوبی کشور، 1395، 1395، بهمن ماه 27 و 26 تهران،*
- [6] "استخراج شده از مدل جوی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران"