

مطالعه آلودگی‌های حاصل از تأثیر فاضلاب‌های اطراف مرداب انزلی بر لایه‌های آبدار زیرزمینی با توجه به شرایط زمین‌شناختی و هیدروشیمیایی و گسترش گرادیان شوری در منطقه مورد نظر

فروز حفیظی^{۳۵}، دکتر محمد رضا اسپهبد^{۳۶} و دکتر احمد معتمد^{۳۷}

چکیده

حوزه آبریز مرداب انزلی در بخش جنوب غربی دریای کاسپین قرار دارد. این مرداب توسط کانال غازیان به دریا مرتبط است. سطح آب زیر زمینی در حوزه بطور کلی کم، در وسعت‌های زیادی از سطح دشت عمق سطح آب زیر زمینی کمتر از ۵ متر می‌باشد. مطالعه آلودگی منطقه با استفاده از مقایسه نتایج عددی آنالیز ۲۰ عنصر در ۶ حلقه چاه (بنام خواجکین، از رشت بطرف خممام) از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۸۳ صورت گرفته است، و سپس منحنی تغییرات و نمودار عناصر آلوده کننده رسم گردید، (بر حسب زمان، سال، مکان و نیز میانگین حسابی آنها)، سپس نتایج نمونه برداری‌ها در رابطه با اکوسیستم تالاب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. **کلیدواژه‌ها:** آدافیک، نیتروفیکاسیون، یوتروفیکاسیون، کاهش اکسیژن در اثر عوامل بیولوژیکی، کاهش اکسیژن در اثر عوامل شیمیایی؛ [اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی]، اکوسیستم

The impact of pollution of sewage system around Anzali Lagoon on underground water aquifers with regard to geological and hydro chemical conditions and electrical condition of the above guidance.

Farnaz hafizi, Dr. Mohammad Reza Espahbod and Dr. Ahmad Motamed

Abstract

Anzali lagoon's basin is located on the southwest part of the Caspian Sea. This lagoon is connected by the Ghâzian channel to the sea. The level of the underground water in this basin is low. And in the most area of there the depth of underground water is lower than 5 meters. The study of the pollution of this area has been done by the comparison of the result of the analysis of 20 elements in 6 wheels (named Khavchkin, from Rasht to Khomam). Between the period of 1377 to 1383, and then the

in relation with lagoons ecosystem were analyzed. graph of the changes and polluting elements drowned. (According to date, year, place average mathematical of them) and then the result of sampling

Keywords: Edaphique, Nitrification, yotrofication, BOD, COD, Ecosystem

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی گرایش آبهای زیر زمینی (آب‌شناسی) دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات،

E-mail: farnaz_hafizi@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی و دانشیار رشته زمین‌شناسی گرایش آبهای زیر زمینی دانشگاه آزاد اسلامی

۳- عضو هیئت علمی و استاد رشته زمین‌شناسی گرایش رسوب‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

از آنجا که مرداب انزلی یک زیستگاه مهم در حاشیه جنوبی دریای کاسپین از اهمیت فوق‌العاده برخوردار است، از این رو ریزش فاضلاب‌ها و پساب کارخانجات بدرون تالاب و نفوذ آنها به آبهای زیرزمینی به ویژه عناصر سنگین و مسموم کننده اثرات زیان بخشی در پاره‌ای مواقع به وجود آورده است. که بررسی منشاء این آلودگی‌ها برآبخانه‌های زیرزمینی و لایه‌های آبدار اطراف و نیز تالاب با توجه به فاکتورهای زمین شناختی حائز اهمیت است.

تحقیق بر روی تالاب انزلی به لحاظ تأثیر آلودگی‌های هیدروشیمیایی بر روی آبخانه‌های زیرزمینی به روش تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از نمونه برداری از فاضلاب‌های عمیق و کم عمق و بدست آوردن اطلاعات هیدروشیمیایی و ترسیم دیاگرام‌های مربوطه و ... صورت گرفته است.

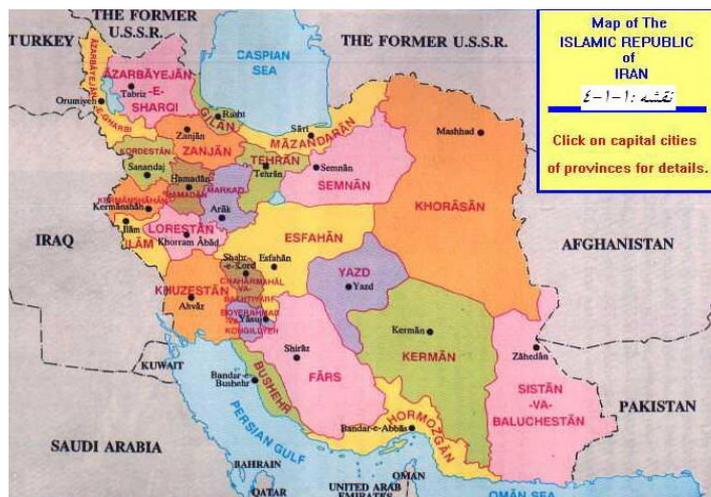
دریای کاسپین: دریای کاسپین در قسمت جنوبی حوزه آبریز دریای کاسپین واقع شده است و به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم می‌شود. عمده‌ترین رودخانه‌هایی که به دریای کاسپین تخلیه می‌گردد در ایران و روسیه می‌باشند. (مهمترین رودخانه ولگا نام دارد). دریای کاسپین بزرگترین دریاچه آب شور جهان است که به خاطر وسعت زیاد به آن دریا می‌گویند. اختلاف سطح دریای

کاسپین بین ۲۱/۳ تا ۳۰ متر پائین‌تر از سطح دریاهای آزاد جهان نوسان دارد.

حوزه آبریز مرداب انزلی: مساحت حوزه آبریز مرداب انزلی ۳۳۲۰ کیلومتر مربع است. این حوزه در تقسیم‌بندی هیدرولوژی ایران جزء حوزه آبریز دریای کاسپین بشمار می‌آید.

مشخصات تالاب انزلی: تالاب انزلی در محدوده‌ای با عرض جغرافیائی ۳۷°۲۸' شمالی و طول جغرافیائی ۴۹° ۲۸' شرقی در استان گیلان قرار دارد. این تالاب از شمال توسط باریکه‌ائی از زمین که شهر بندر انزلی بر روی آن بنا شده از دریای کاسپین جدا می‌شود. امروزه مساحت این تالاب حدوداً برابر با ۱۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد که در زمان متغیر بوده و همراه با سطح آب دریای کاسپین دستخوش نوسانات می‌باشد. تالاب از لحاظ خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و مورفولوژی به چهار بخش تقسیم می‌گردد: بخش شرقی (شیجان)، بخش مرکزی (هنده خاله)، بخش سیاه کشیم و بخش غربی (آبکنار یا ماه‌روزه). آبهای ورودی به تالاب توسط پنج رودخانه بزرگ که به زبان محلی به آن روگا می‌گویند از تالاب خارج شده و از طریق کانال کشتیرانی به آبهای دریای کاسپین می‌پیوندند، روگاها از شرق به غرب عبارتند از: سوسر روگا، پیر بازار روگا، راسته خاله روگا، نهنگ روگا، و شنبه بازار روگا.

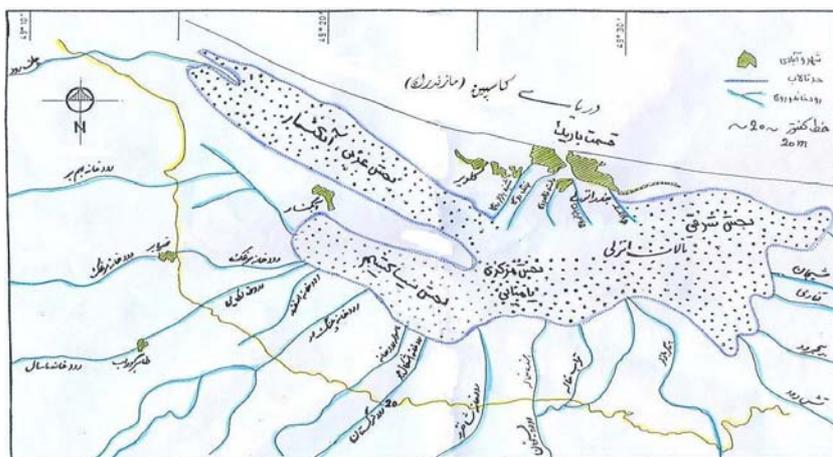
مطالعه آلودگی‌های حاصل از تأثیر فاضلاب‌های اطراف مرداب انزلی بر لایه‌های آبدار زیرزمینی با توجه به شرایط



شکل ۱- موقعیت دریای کاسپین

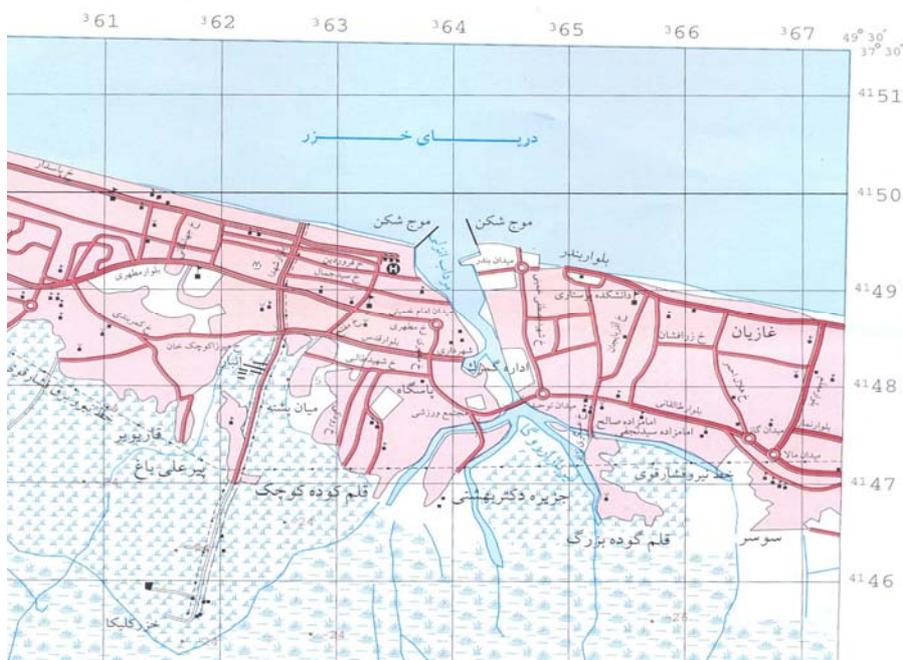


شکل ۲- عکس هوایی بندر انزلی



شکل ۳- موقعیت تالاب انزلی و رودخانه‌های منتهی به آن

سوی 753 K



شکل ۴- نقشه توپوگرافی بندر انزلی



شکل ۶- راسته خاله روگا



شکل ۵- شنبه بازار روگا (انزلی روگا یا تازه بکنده)

شهر انزلی: شهری با عرض نسبی کم و طول زیاد در امتداد شرق و غرب گسترش یافته که دهانه مرداب انزلی در محل اتصال با دریای کاسپین آنرا به دو قسمت شرقی، غازیان و غربی، انزلی تقسیم نموده است. جمعیت دائم شهر انزلی تا سال ۱۳۸۶ توسط مهندسین مشاور جاماب تحت عنوان نتایج کلان تحولات جمعیت شهرنشینی ۱۳۷۰، ۲۰۷۶۸۲ نفر پیش‌بینی شده است.

زمین‌شناسی: منطقه از قدیمی‌ترین رسوبات (در سازندهای پرکامبرین) تا عهد حاضر مورد بررسی قرار داده شده، بطور خلاصه از نظر آبهای زیرزمینی؛ سری پالئوزوئیک: که سنگ‌های فیلیتی و متامورفیک آن فاقد آبهای زیرزمینی بوده ولی آهک‌های منطقه که حدود ۵۰٪ از سطح فوقانی را در برمی‌گیرد. (تناوبی از آهکهای اوردوویسین و سیلورین) دارای درز و شکاف و شکستگی بوده و از نظر آبهای زیرزمینی قابل بررسی‌اند.

کرتاسه زیرین: در جنوب رشت، فومن و غرب ماسوله از نظر آبهای زیرزمینی حائز اهمیت بوده و با داشتن درز و شکاف می‌تواند مقدار قابل توجهی از نزولات جوی را در خود ذخیر کنند.

سری سنوزوئیک: در البرز شمالی دوره پالئوژن نداریم و نئوژن را که شامل دوره‌های میوسن و پلیوسن است داریم که پلیوسن تحتانی شامل لایه‌های ضخیم کنگلومرای است.

آب و هوا و پوشش گیاهی

پوشش گیاهی: در جنوب سواحل دریای کاسپین

انواع درختان برگ سوزنی مانند آنچه در سایر نواحی اروپا وجود دارد، دیده نمی‌شود که احتمالاً به خاطر این است که دریای کاسپین همانند سدی جلوی پیشروی یخبندان را گرفته (جنگل‌های سخت چوب ماقبل دوران سوم از بین نرفته است). دلیل دیگر می‌تواند مربوط به ویژگی ادافیک Edaphic و بالا بودن قلیائیت زمین در این منطقه باشد ($PH < 7/5$)، بطور کلی منشاء آهکی و کربناتی دارند و دارای طبقات سخت و فشرده هستند. دورتر از ساحل محل مساعد برای توسعه نیزارهاست.

دما: حداکثر دمای مطلق در انزلی برابر با ۳۷ درجه در ماه‌های تیر و مرداد و حداقل دمای مطلق برابر با ۱۱- درجه سانتیگراد در بهمن ماه می‌باشد.

رطوبت: میانگین کل رطوبت ۸۲ درصد در روز می‌باشد.

تبخیر: متوسط سالانه تبخیر در انزلی زیر خط ۹۰۰ میلیمتر واقع شده است.

ایستگاه هواشناسی شهر انزلی (متعلق به سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو): در پایان نامه از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک استفاده شده است.

بارندگی: بندر انزلی یکی از بیشترین مقادیر بارش سالانه را در کشور دریافت می‌کند. بارندگی سالانه در انزلی به طور متوسط برابر با ۱۹۳۲/۸ میلیمتر می‌باشد.

شرایط محلی فشار هوا و رژیم بادهای: متوسط سالانه فشار هوا در انزلی برابر با ۱۰۱۹/۱ میلی‌بار می‌باشد.

متوسط ساعتی سرعت باد در بندر انزلی برابر با

۴/۱ گره (معادل ۲/۱ متر بر ثانیه) می‌باشد. جهت بادهای غالب (چیره) در بندر انزلی عمدتاً از شمال شرقی است در زمستان بادهای غالب از جهت شمال غربی و در بهار و تابستان از جهت شمال شرقی و در پاییز از جنوب غربی می‌وزند.

لیمنولوژیک؛ آبریان دریای کاسپین Caspian Biota:

تعداد زیادی از گونه‌های موجود در دریای کاسپین صفات کاملاً مشخص از منشاء آب شیرین دارند. بسیاری ماهی‌های با ارزش شیلاتی در این تالاب یافت می‌شوند از جمله نوعی کپورماهی به نام سفید و نیز ماهی قزل‌آلا.

هیدروژئولوژی؛ (ترتیب تغذیه آبخانه (آکیفر) آب

زیرزمینی در منطقه):

۱- تغذیه آبخانه از بارندگی در دشت، ۲- تغذیه آبخانه از جریان‌های سطحی، ۳- تغذیه آبخانه از آب آبیاری، ۴- نفوذ از ارتفاعات، ۵- تغذیه آبخانه آب زیرزمینی از طریق فاضلاب شهری (خانگی) و صنعتی جهت جریان آب زیرزمینی در غرب دشت از غرب به شرق و در جنوب از جنوب به شمال است و اکثر جریانهای زیرزمینی به مرداب انزلی تخلیه می‌شود.

سطح آب زیرزمینی در حوزه کم و در وسعت‌های زیادی از سطح دشت عمق سطح آب زیرزمینی کمتر از ۵ متر (۹۰٪ سطح دشت) می‌باشد، حداکثر عمق سطح آب زیرزمینی ۳۰ متر در دامنه ارتفاعات و حداقل آن کمتر از ۱ متر می‌باشد.

چاه: از نظر عمق سطح برخورد به آب زیرزمینی، ۹۸٪ چاهها سطح برخورد به آب تا ۱۰ متر دارند (نشان دهنده بالا بودن سطح آبخانه آب زیر زمینی است). چاهها برحسب عمق، ۶۰٪ عمقی کمتر از ۳۰ متر دارند و ۴۰٪ بین ۳۰ تا ۱۰۰ متر دارند. از نظر آبدهی، ۹۳٪ بین ۰ تا ۱۰ لیتر در ثانیه و ۹۸٪ تا ۲۰ لیتر در ثانیه و فقط ۲٪ بین ۲۰ تا ۳۰ لیتر در ثانیه آبدهی دارند.

تقسیم‌بندی چاهها: ۱- چاههای عمیق، ۲- چاههای آرتزین، ۳- چاههای کم عمق

نحوه تأمین آب شهر

۱- چاههای فلن واقع در امامزاده هاشم: (۴ حلقه

چاه فلن)

۲- چاههای واقع در مسیر خط آبرسانی رشت -

انزلی: (۵ حلقه چاه)

۳- تأسیسات و مخازن ذخیره آب

شهر انزلی دارای شبکه آبرسانی نسبتاً کاملی است، ولی گاهی به علت کمبود میزان آب توزیع شده در شبکه آب مشروب شهر انزلی و امکان استفاده از آب چاه، ساکنین شهر ناچار کمبود آب مورد نیاز خود را از چاههای تعبیه شده در داخل منازل تهیه می‌نمایند.

آلودگی: محدوده مطالعاتی گروه آلودگی،

نمی‌تواند جدای از حوزه آبریز (با همان مشخصات جغرافیایی) باشد چرا که عمده‌ترین مراکز و کانون‌های آلودگی که پسابها و فاضلاب‌های حاصله از فعالیت آنان نهایتاً به تالاب انزلی منتهی می‌گردند در این منطقه قرار دارند.

منابع آلوده کننده (تالاب انزلی):

مورد مقایسه قرار گرفته است». همچنین در این منحنی‌ها از میانگین نتایج عددی پارامترهای آلوده کننده (میانگین حسابی) طی زمان نمونه‌برداری، استفاده شده است. این ۲۰ عنصر عبارتند از:

۱- آمونیاک، ۲- نترات NO_3 و نیتريت NO_2 ، ۳- فسفات، ۴- EC (هدایت الکتریکی)، ۵- PH، ۶- TDS (کل مواد جامد)، ۷- BOD (کاهش اکسیژن در اثر عوامل بیولوژیکی) ۸- COD (کاهش اکسیژن در اثر عوامل شیمیایی)؛ [اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی]، ۹- سدیم، ۱۰- پتاسیم، ۱۱- کلسیم، ۱۲- منیزیم، ۱۳- فلورور، ۱۴- کلرور، ۱۵- TSS (تقریبی فقط سال ۱۳۸۳= کل مواد جامد معلق)، ۱۶- بی-کربنات، ۱۷- کربنات، ۱۸- قلیائیت کل، ۱۹- میکروبی، ۲۰- سختی کل، و ($Q \text{ Debit}$ =آبدهی ویژه).

۱- رودخانه‌های ورودی، ۲- زهکش‌های طبیعی و شبکه آبیاری سفید رود، ۳- بخشی از مرداب که در مجاورت مناطق مسکونی و شهری است، ۴- رودخانه زرجوب، ۵- اکسیژن محلول (غلظت اکسیژن محلول در آب مهمترین معرف در پاکیزگی محیط می‌باشد «BOD و COD»، مثلاً تغییرات مقدار غلظت اکسیژن مستقیماً با نترات مواد آلی آلوده کننده با نسبتی عکس متناسب است).

۶ ایستگاه نمونه‌برداری (۶ حلقه چاه به نام خواچکین Khavchkin از رشت بطرف حمام) که آنالیز آماری حدود ۲۰ عنصر از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ و نیز سال ۱۳۸۳ در آنها مورد بررسی قرار گرفته و در منحنی‌های جداگانه آورده شده «تغییرات پارامتر آلوده کننده برحسب مکان نمونه‌برداری (چاهها) و زمان

جدول ۱- مربوط به آبدهی، عمق چاه، عمق نصب و سطح دینامیکی این ۶ حلقه چاه.

نام شهر	نوع موتور	نام چاه	آبدهی	عمق چاه	عمق نصب	سطح دینامیک
بندر انزلی	۳۴۵/۱	چاه شماره ۱ خواچکین	۲۰	۷۹	۲۵	۱۵
بندر انزلی	۳۸۴/۲	چاه شماره ۲ خواچکین	۱۵	۷۹	۳۰	۱۵
بندر انزلی	۳۴۵/۱	چاه شماره ۳ خواچکین	۱۷	۶۰	۲۴	۱۶
بندر انزلی	۳۸۴/۱	چاه شماره ۴ خواچکین	۲۳	۹۰	۲۴	۱۶
بندر انزلی	۳۸۴/۴	چاه شماره ۵ خواچکین	۱۸	۶۰	۲۴	۱۸
بندر انزلی	۳۸۴/۴	چاه شماره ۶ خواچکین	۲۰	۶۵	۳۰	۱۸

نتایج عددی آنالیز نمونه‌ها

نتایج آنالیز نمونه‌ها در پایان نامه بطور کامل آورده شده است.

منحنی‌ها از میانگین نتایج عددی (حسابی) پارامترهای آلوده کننده طی زمان نمونه‌برداری استفاده شده است.

۳- دبی Debit (آبدهی ویژه) رودخانه

منحنی تغییرات و نمودار عوامل آلوده کننده

۱- منحنی تغییرات زمانی پارامترهای DO - COD و NO₃ و NO₂ و آمونیاک و ... در هر یک از ۶ ایستگاه نمونه‌برداری (۶ حلقه چاه بنام خواچکین یا خواچگین در مسیر رشت - خمام) از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ و نیز در بعضی سال ۱۳۸۳ طی منحنی‌های ضمیمه آورده شده است.

۲- در منحنی‌های آورده شده تغییرات پارامتر آلوده کننده برحسب مکان و زمان نمونه‌برداری (چاهها) مورد مقایسه قرار گرفته است. در این

روش آنالیز نمونه‌ها

بطور کلی غرض از ذکر روش‌های بکار برده شده در آنالیز نمونه تاحدودی معرفی دقت کار در این مرحله از مطالعات است. بدیهیست که روش‌های مختلفی در کشورهای جهان برای آنالیز نمونه متداول است، علی‌الاصول آزمایشگاه موظف به معرفی روش‌های مورد استفاده برای آنالیز نمونه‌ها می‌باشد.

جدول ۲- روشهای مورد استفاده برای آنالیز نمونه‌ها جهت تعیین پارامترهای مورد نظر

روش مورد استفاده	پارامترهای مورد نظر	
کنداکتیومتری Conductivitymetry	EC هدایت التریکی	۱
دستگاه PH متر	PH	۲
بطریق وزنی	T.D.S	۳
بطریق وزنی	T.S.S	۴
تسلریزاسیون با کمک اسپکتروفتومتر	NH ₃ -N	۵
پروسین با کمک اسپکتروفتومتر	NO ₃ -N	۶
سولفانیلک اسید با کمک اسپکتروفتومتر	NO ₂ -N	۷
مولبیدات آمونیم با کمک اسپکتروفتومتر	PO ₄ -P اورتو	۸
وینکلر Winckler (حجمی)	DO	۹
دی کرومات پتاسیم به روش حجمی	C.O.D	۱۰

بحث

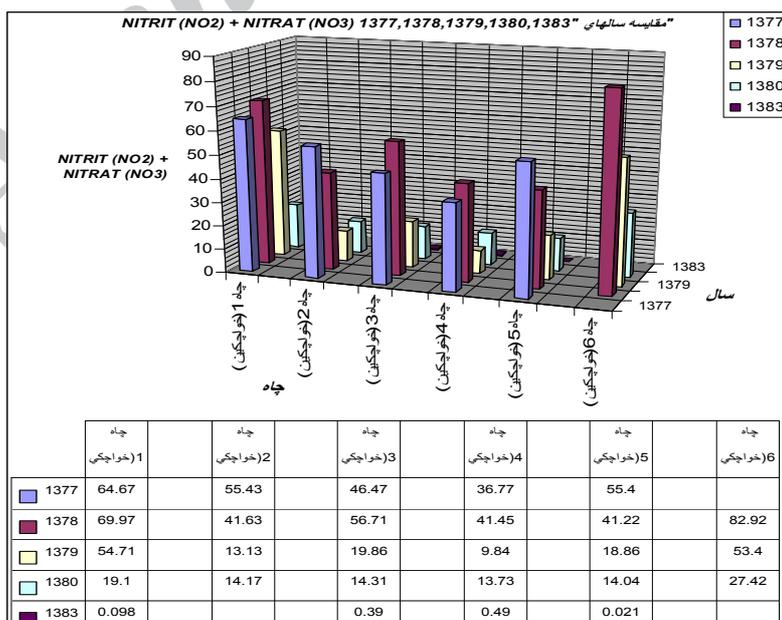
یک نمونه از این عناصر (نیترات No₃ و نیتريت No₂) را شرح می‌دهیم:

بخش زیادی از نیترات که حاصل فرآیند نیتریفیکاسیون می‌باشد به همراه مواد ازت‌دار کودهای

مطالعه آلودگی‌های حاصل از تأثیر فاضلاب‌های اطراف مرداب انزلی بر لایه‌های آبدار زیرزمینی با توجه به شرایط

خود نشان می‌دهد. نیتريت و نیترات مانند سایر عناصر یاد شده در بالا از نظر مقدار فراوانی و یا کاهش در ۶ حلقه چاه (خواجهکین) طی سالهای ذکر شده مقایسه شده اند. معمولاً برای بررسی نیتريت و نیترات چون مقدار نیتريت ناچیز و کم است جمع نیتريت + نیترات را مورد بررسی قرار داده که مقایسه ای نیزه این شکل صورت گرفته است. (ابتدا هر یک بطور جداگانه و سپس مجموع این دو در این سالها مورد مطالعه قرار گرفته است) و نیز میانگین حسابی آنها محاسبه شده است، که در اینجا فقط جدول میانگین حسابی نیتريت + نیترات بین سال-های ۱۳۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰ و ۱۳۸۳ آورده شده که کاهش چشمگیری را به طرف سال ۱۳۸۳ نشان می‌دهد، علت این امر به احتمال قوی افزایش خشکسالی و گرمای هوا و نیز افزایش جلبک‌ها و پوشش گیاهی تالاب می‌تواند باشد.

شیمیایی توسط آب باران یا آبیاری شسته شده و به تدریج از طریق آبراهه‌های حوزه‌های آبریز به دریاچه-ها و یا دریاهای آزاد سرازیر می‌شوند. میزان نیترات موجود در آب در زمستان بیشتر از تابستان می‌باشد (بدلیل کاهش پوشش گیاهی تالاب و محدود شدن منابع مصرف کننده نیترات). میزان زیاد نیترات (بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر) خطرناک است و باعث بیماری متهموگلوبولیناemia در نوزادان و خطرات جدی می‌شود. بیشترین میزان نیترات مشاهده شده در تالاب در ایستگاه راسته خاله و کمترین آن در بهمبر گزارش شده است. مقدار نیتريت در آب بیانگر نرخ یا شدت فرایند نیتريفیکاسیون می‌باشد. میزان آن از عوامل متعددی نظیر تراکم ماده آلی در آب، فعالیت میکروب‌های تخصصی یافته، میزان اکسیژن محلول در آب، درجه حرارت و... تأثیر گرفته و لذا تغییرات شدیدی از



جدول ۳- مقایسه میانگین حسابی بین سالهای ۱۳۷۷ و نیز ۱۳۸۳ مانند مورد نیترات، کاهش چشمگیر را بطرف سال ۱۳۸۳ نشان می‌دهد.

به نظر می‌رسد که بیشترین میزان تراکم مواد مغذی گیاهان در تالاب انزلی در انتهای تابستان باشد. در این زمان جریان آب بسیار آرام، دمای آب و هوا بالا است و نرخ تبخیر نیز افزایش می‌یابد که مصادف می‌گردد با کمترین میزان اکسیژن محلول.

در ساعات‌های روز به جهت عمل فتوسنتز میزان اکسیژن در آبهای تالاب بسیار بالا است، این امر به ویژه در تابستان کاملاً چشمگیر است و بیشترین میزان اکسیژن در ساعت ۱۴ مشاهده می‌گردد. در حالی که به هنگام شب و تاریکی این عمل وارونه می‌گردد و به دلیل مصرف اکسیژن توسط گیاهان آبی از میزان اکسیژن محلول به شدت کاسته می‌شود.

یکی از بهترین مطالعاتی که در این زمینه صورت پذیرفته، بررسی‌هایی است که سازمان حفاظت محیط زیست در سالهای ۱۳۶۴-۱۳۶۳ بر روی تالاب انجام داده است. این گزارش تحت عنوان تالاب انزلی منحصرأ بر روی میزان اکسیژن محلول و تغییرات آن در نقاط مختلف تالاب و ورودی‌ها و خروجی‌های آن است. علیرغم عدم توجه به ساعات نمونه برداری و عمق آنها که از نواقص عمده این گزارش است تنها مطالعه جامع در این زمینه محسوب می‌گردد.

نتایج فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی نمایانگر این واقعیت می‌باشند که تالاب انزلی در حالت یوتروفیک قرار دارد و درجه یوتروفیکاسیون از غرب به شرق شدت می‌یابد.

روگاهای خروجی که آبهای این بخش را به سوی بندرگاه انزلی و در نهایت دریای کاسپین هدایت می‌کند نیز خود در شرایط نامناسبی از نظر اکسیژن

یک نمونه دیگر از این عناصر BOD (کاهش اکسیژن در اثر عوامل بیولوژیکی) و COD (کاهش اکسیژن در اثر عوامل شیمیایی)؛ [اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی] را شرح می‌دهیم:

چنین به نظر می‌رسد که در تابستان افزایش کلی در میزان این دو پارامتر در تالاب و رودخانه‌های ورودی به آن به وجود می‌آید و با طغیان‌های پائیزی این وضعیت خاتمه می‌یابد.

طبق مدارک موجود رودخانه پیربازار نقش اساسی را در بالاترین میزان این دو پارامتر در آبهای تالاب ایفا می‌نماید. هرگونه کاهش کیفیت آب یا آغاز اضمحلال عمومی خصوصیات محیط زیست در شروع می‌تواند از طریق کاهش اکسیژن محلول و به دنبال آن افزایش بار دهی عمل نماید. به همین دلیل است که تراکم اکسیژن آب به عنوان مهمترین شاخص نمایاننده کیفیت آب ارزیابی می‌شود.

اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در ایستگاه شنبه بازار که آلوده ترین ایستگاه درون تالاب می‌باشد از همه بیشتر است. بجز رودخانه پیربازار، سایر رودخانه‌ها از شرایط مطلوب اکسیژن محلول برخوردارند. میزان اکسیژن محلول در آبهای تالاب نیز بالا است ولی با آغاز تابستان روند کاهشی در میزان آن مشاهده می‌گردد. کمترین میزان اکسیژن درست پیش از آغاز بارانهای پائیزی است.

در تابستان میزان اکسیژن محلول در ساعات شب و آغاز بامداد به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و شرایط نامناسبی جهت ارگانسیم‌های مصرف کننده اکسیژن به وجود می‌آید.

تکامل و تکوین تخم ماهیها بسیار بحرانی است. کمبود اکسیژن در این رابطه می‌تواند عامل نابود کننده‌ای باشد.

این موقعیت به ویژه در شنبه بازارروگا، جایی که میزان اکسیژن محلول در آبهای آن در ساعت ۳ بامداد به ۰/۲ میلی گرم در لیتر می‌رسد بسیار وخیم است.

احتمالاً حذف رسوبات آلی در این رابطه می‌تواند در بهبود شرایط محیط تأثیر بسزائی داشته باشد. ولی ورود عناصر مغذی و مواد آلی مصرف کننده اکسیژن نیز از عوامل مهم کمبود اکسیژن در چنین مواقعی می‌باشد. هر چند نقش گیاهان آبی نیز در این رابطه بسیار حائز اهمیت است. در حقیقت در تالاب انزلی ما کروفیت های غوطه ور متراکمی در تابستان به ویژه در حوضچه غربی به وجود می‌آید. وجود این ماکروفیت ها در بالا بردن میزان اکسیژن محلول در طول روز قابل ملاحظه است. در حوضچه غربی پرده شناوری را بر روی آب تشکیل می‌دهند که جذب کربن را در زیر آن ناممکن می‌سازد. بدین ترتیب در تابستان شرایط اکسیژن زدائی را در محیط به وجود می‌آورد.

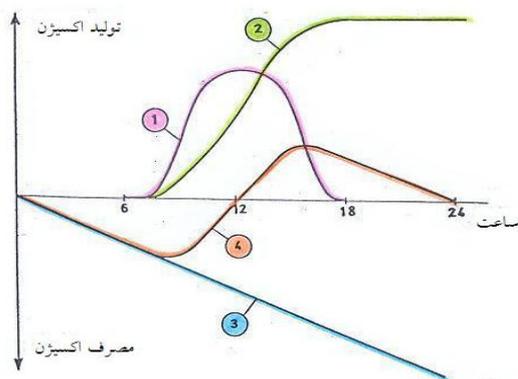
سازمان حفاظت محیط زیست بریتانیا حداکثر اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی برای به حداقل رساندن کیفیت آب را ۲۵ پی.پی.ام در نظر گرفته است.

اکسیژن مورد نیاز شیمیائی ملاک میزان ماده آلی قابل اکسید شدن (به طریق شیمیائی) می‌باشد بنابراین افزایش آن رابطه معکوسی با کیفیت آب دارد.

محلول قرار دارند. این مسئله با توجه به اینکه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آبهای این بخش می‌بایست در حوضچه شرقی تصفیه گردند و طبیعتاً از کیفیت بهتری در روگها برخوردار باشند، نشان از این حقیقت دارد که روگها در مسیر خود توسط فاضلابهای خانگی و کشاورزی آلوده می‌گردند، این پدیده دارای اهمیت خاصی است چرا که این روگها مسیر مهاجرت و ورود ماهیان با ارزش مهاجر از دریای کاسپین به سوی تالاب می‌باشند و آلودگی آنها به منزله سدی نامرئی است که جلوی ورود این ماهیان را می‌گیرد.

براساس نتایج آماری، سوسر روگا بدترین شرایط را از نظر اکسیژن محلول دارا است و نوسانات شدید میزان اکسیژن آن در طول سال نمایانگر شدت بار آلودگی است که بدان وارد می‌گردد (واریانس ۹/۸۸)، زیرا میزان این نوسانات در بالا دست این روگا بسیار کمتر از پایین دست آن است. (واریانس ۶/۱۹).

میزان اکسیژن محلول در آبهای تالاب انزلی به هنگام ساعات اولیه بامداد به ندرت از ۲/۵ میلی گرم در لیتر تجاوز می‌نماید. این میزان اکسیژن محلول برای بسیاری از ارگانسیم های مصرف کننده اکسیژن و از جمله ماهیها بسیار مخاطره آمیز است. به همین دلیل در هنگام نمونه برداری ها در ساعات اولیه بامداد و بیش از روشن شدن هوا، بسیاری از این ارگانسیم ها و به ویژه لارو ماهیها در سطح آب مشاهده شده اند که به دلیل کمبود اکسیژن در لایه های زیرین آب به سطح پناهنده شده بودند. از آنجائی که فصل تابستان در



تغییرات شبانه روزی میزان اکسیژن در آب و BOD, COD در ۵ چاه در دوره ی مطالعاتی خود بدست آوردیم.

- ۱- منحنی پرتوهای خورشیدی جذب شده
- ۲- منحنی تولید اکسیژن تابع ۱)
- ۳- منحنی تنفس جامعه
- ۴- بروقیل اکسیژن منسج

شکل ۷- تغییرات شبانه روزی میزان اکسیژن در آب BOD, COD را از ۵ چاه در دوره ی مطالعاتی خود بدست آوردیم. (بین سالهای ۱۳۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰ و ۱۳۸۳)

چاه ۱ مقدار BOD آن ۱۰، چاه ۲: ۶، چاه ۳: ۹،

چاه ۴: ۳ و چاه ۶: ۳ (پی.پی.ام) بود.

چاه ۴ و ۶ کاهش BOD و چاه ۱ بیشترین میزان

BOD را نشان می دهد.

• COD به همین شکل مورد بررسی قرار گرفت. چاه

۱: ۰، چاه ۲: ۱، چاه ۳: ۰، چاه ۴: ۱، و چاه ۶: ۰

(پی.پی.ام) را نشان می دهند. یعنی COD در این چاهها

بین ۰ تا ۱ (پی.پی.ام) در نوسان است.

ارقام BOD, COD برای این چاهها از سالهای قبل

یا موجود نبود یا در اختیار بنده قرار ندادند.

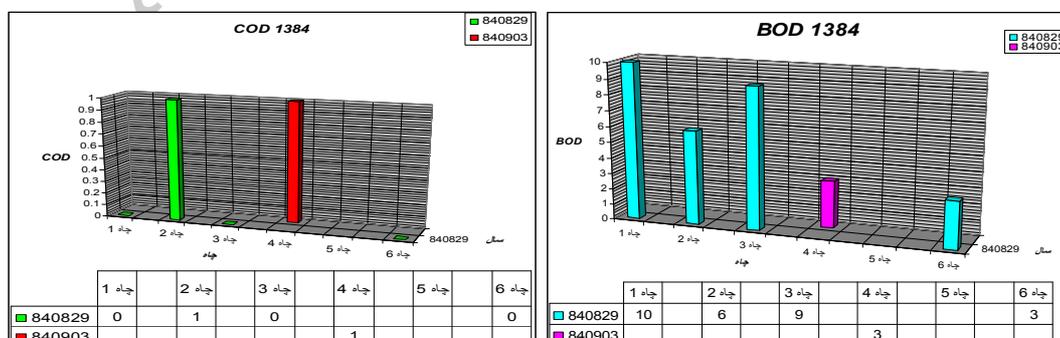
• BOD در سال ۱۳۸۴ در دو تاریخ مورد بررسی قرار

گرفت:

چهار حلقه چاه یعنی چاههای ۱، ۲، ۳ و ۶ در

تاریخ ۱۳۸۴/۸/۲۹ چاه ۴ در تاریخ ۱۳۸۴/۹/۳ مورد

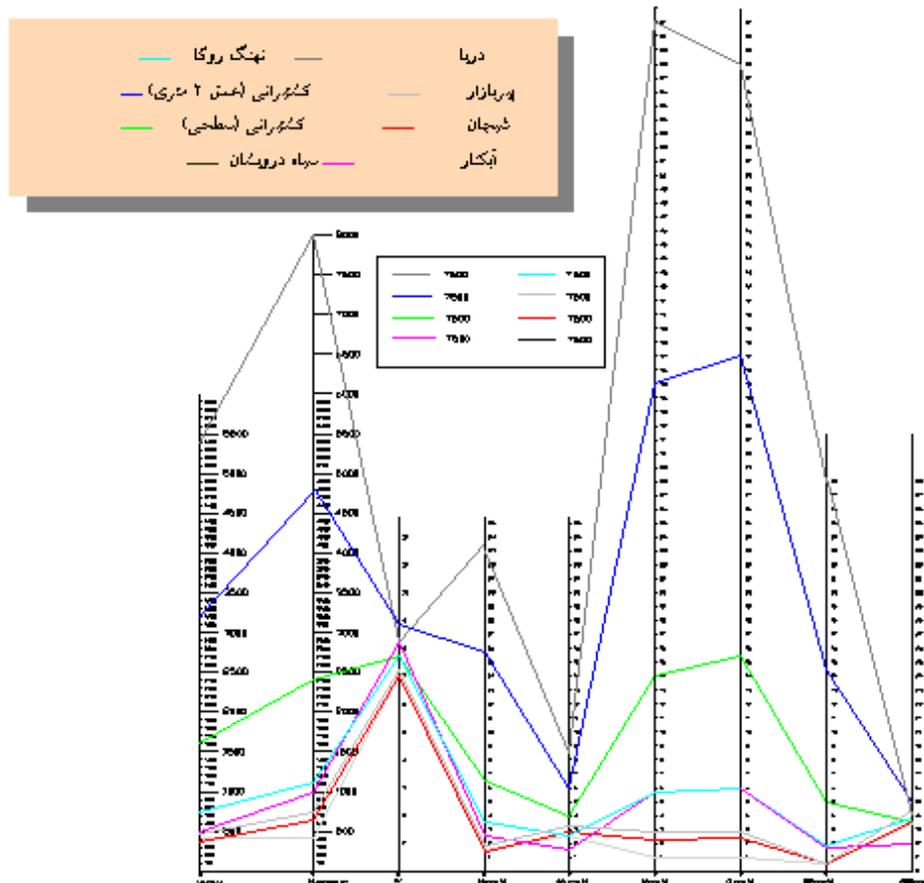
بررسی قرار گرفت.



جدول ۴- چاه ۴ و ۶ کاهش BOD و چاه ۱ بیشترین میزان BOD را نشان می دهد

هر چه به سوی دریا نزدیکتر می‌گردند ویژگی‌های شیمیایی آب‌های دریای کاسپین را بیشتر از خود نشان می‌دهد.

جدول ۵- COD در این چاهها بین ۰ تا ۱ پی.پی.ام در نوسان است. با استفاده از دیانگرام نیمه لگاریتمیک شولر مشاهده می‌گردد که آب‌های تالاب



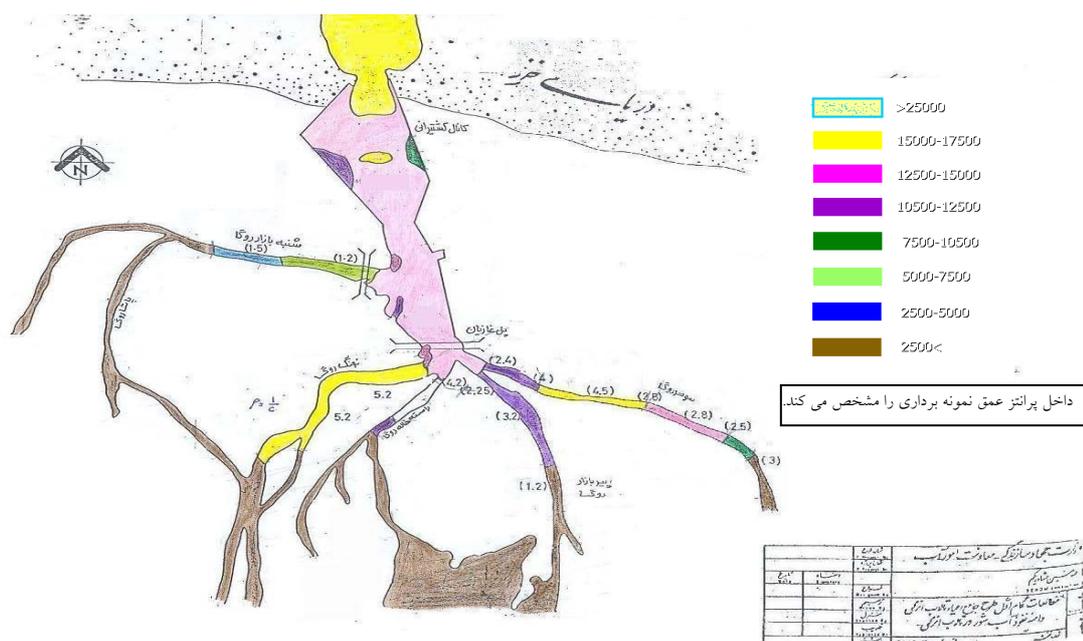
شکل ۸- دیانگرام نیمه لگاریتمیک شولر

اهمیت بوده و مطالعه آن از نظر بیولوژیک، آلودگی و رسوبات شایان توجه می‌باشد. شوری آب سطحی تالاب در روگنا و بویژه در ایام طوفانی از قدیم پدیده‌ای شناخته شده بوده است.

علیرغم وجود شیب شوری «هالوکالین» لایه بندی آب شور و شیرین کامل نیست. تلاطم ناشی از فشار امواج دریا نقش مهمی در افزایش شیب شوری دارد.

هدایت الکتریکی شوری آب

آنگونه که پیداست آب دریای کاسپین از لحاظ سولفات‌ها غنی ولی از لحاظ کلریدها فقیر می‌باشد. آب دریای کاسپین نسبت به دریاهای آزاد از شوری کمتری برخوردار است با این وجود میزان این شوری تقریباً ۵۰ بار بیشتر از شوری متوسط برخی از رودخانه‌های اصلی است که به تالاب انزلی می‌ریزند. نحوه برخورد آب شور و شیرین و حرکت آب شور در درون بخش‌های مختلف تالاب دارای



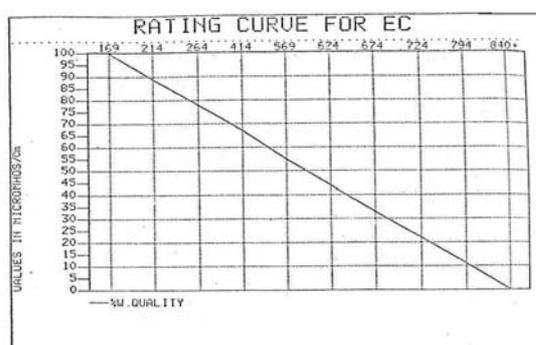
شکل ۹- تغییرات هدایت الکتریکی

مقدار کلر یا یون شوری نیز با جهت و روند تغییرات درجه هدایت الکتریکی همسوئی نشان می دهد بطوری که حداقل ۳ میلی گرم در لیتر در مخروط افکنه ها و حداکثر آن ۲۰۰ میلی گرم در لیتر در اطراف بخش شرقی و غربی مرداب انزلی می رسد.

این وضعیت خوب آبخانه آب زیرزمینی از نظر کیفیت را دو منبع قوی آب شور در معرض تهدید قرار می دهد، آب شور دریا در شمال و آب شور تحت فشار در عمق لذا هرگونه بهره برداری باید روی اصول صحیح فنی استوار باشد تا باعث آلودگی آبخانه آب زیرزمینی نشود. محدودیت دیگری که آبخانه آب زیرزمینی دارا می باشد، در بعضی از قسمتهای دشت در اعماق رسوبات دریاچه ای همراه با لایه ای از لجن است که حاوی

ترتیب روند افزایش آب زیرزمینی از دامنه ها به طرف مرداب انزلی می باشد، لذا در مخروط افکنه ها میزان درجه هدایت الکتریکی حداقل حدود ۱۴۰ میکروموس بر سانتیمتر و حداکثر درجه هدایت الکتریکی در قسمت انتهائی «اطراف مرداب انزلی» به حدود ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتیمتر می رسد، با توجه به وجود جریانهای تغذیه زیاد از دامنه به سوی دشت گسترش منحنی ۵۰۰ میکروموس بر سانتیمتر تا اواسط دشت کشیده شده که نشان دهنده وضعیت خوب آب زیرزمینی حوزه می باشد. اطراف مرداب به علت شیب کم و ریزدانه بودن رسوبات آبرفتی و دریاچه ای و دوری از محل تغذیه املاح آب افزایش یافته و به بیشتر از ۱۰۰۰ میکروموس در بخش شرقی و غربی می رسد.

که اجازه یک لایه‌بندی کاملاً مجزا مانند آنچه که معمولاً در مصب رودخانه‌های بزرگ دیده می‌شود را نمی‌دهد. از طرف دیگر، موج‌های نیرومند دریای کاسپین اگرچه توسط موج شکن‌های ساحلی تخفیف حاصل می‌کند ولی همچنان می‌توانند در درون کانال کشتیرانی و ابتدای روگاہا تأثیر فراوانی بر هرگونه لایه‌بندی آب داشته باشد.

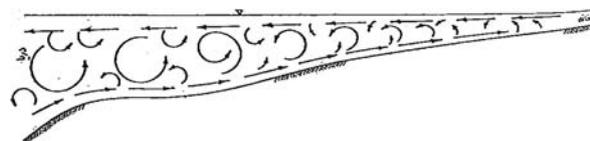


شکل ۱۱- منحنی معیار هدایت الکتریکی، اقتباس از سازمان حفاظت محیط زیست

از آنجا که نشانه‌های سازگاری در موجودات زنده آب شیرین در دست نمی‌باشد و اهمیت تغییرات شوری کاملاً شناخته شده نیست، در این بررسی چنین فرض شده است که بین شوری و کیفیت آب رابطه‌ای معکوس وجود دارد. شیب شوری در تالاب انزلی اساساً تحت تأثیر موج و نوسانات دراز مدت سطح دریای کاسپین قرار دارد.

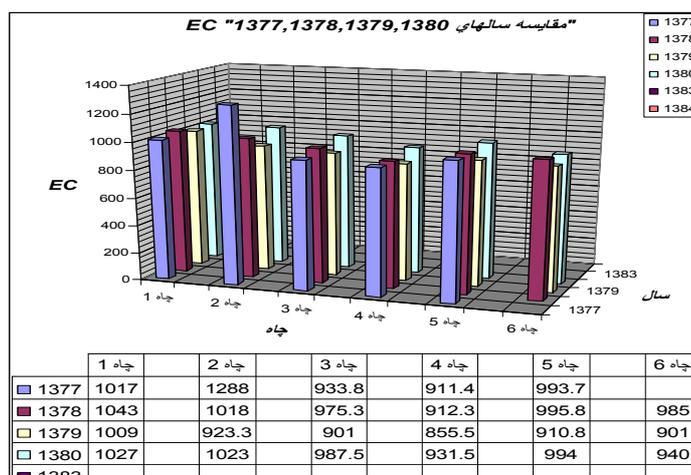
گازهای هیدروکربور و هیدروژن سولفور بوده و از بعضی چاههای آرتزین گازهای مذکور همراه با آب خارج می‌شود مجموعه این مسائل و محدودیت‌ها نشان دهنده آن است که علی‌رغم فراوانی آب در حوزه مشکلات متعدد بهره برداری حداقل از نظر کیفی وجود دارد که می‌باید در بهره برداری رعایت نکات توصیه شده، بشود.

تلاطم آب دریا در انتهای موج شکن باعث افزایش هدایت الکتریکی آب در سطح می‌شود. با پیشرفت آب شور از بخش زیرین آبراهه‌ها و کاهش تلاطم آب اختلاف بین شوری سطح و بستر آب افزایش می‌یابد (شیب شوری در نیمرخ آب زیاد می‌شود). به عبارت دیگر فاصله گرفتن از دهانه موج شکن اختلاف میزان شوری سطح و بستر آب ضرورتاً کاهش نیافته و در برخی از مناطق نیز افزایش می‌یابد. کاهش یکباره میزان هدایت الکتریکی در بخش‌های درونی روگاہا ناشی از قطع یکباره انتشار آب دریا می‌باشد.



شکل ۱۰- شمای عمومی تداخل آب دریای کاسپین و آب شیرین رودخانه‌ها.

میزان کم آبهای خروجی روگاہا و همچنین شوری نه چندان زیاد آب دریا از عوامل عمده‌ای هستند



جدول ۶- مقایسه میانگین حسابی بین سالهای ذکر شده ثباتی را از نظر مقدار EC در این چاهها طی این چند سال نشان می دهد بین ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ میکروموس که فقط چاه ۲ در سال ۱۳۷۷ افزایش تا حدود ۱۳۰ میکروموس را داشته است

کانونهای آلودگی

۱- آلودگی با منبع مشخص Point Source

۲- آلودگی با منبع نامشخص Non Point Source

که شامل:

۱- کودهای شیمیایی، ۲- سموم شیمیایی، ۳- فلزات

سنگین و مسموم کننده (Heavy Metals)

از بین عناصر مس، جیوه، کادمیوم، روی، سرب، نیکل و وانادیوم که در تالاب مورد بررسی قرار گرفته اند، فقط میزان نیکل در بعضی موارد کمی بیشتر از حد مجاز است بخصوص در نرم تن کاردیوم این فلز به میزان بیشتری نسبت به سایرین تراکم حاصل کرده است. کلاً هیچ یک از فلزات سنگین اندازه گیری شده درون تالاب انزلی از حد مجاز توصیه شده برای آبهای آشامیدنی تجاوز ننموده اند. ولی برخی از جمله سرب و روی به مقدار قابل توجهی در رسوبات کانال کشتیرانی گزارش شده است.

فاضلاب: بخش عمده اراضی شهر (حدود ۷۸٪)

در زیر رقم ۲۲- متر قرار داشته بجز دو باریکه در بخشهای انزلی، گازیان که در آنها حداکثر ارتفاع نقطه ای بحدود ۲۰- متر می رسد.

طرح فاضلاب شهر انزلی شامل شبکه جمع آوری فاضلاب، تصفیه خانه های فاضلاب، خطوط انتقال فاضلاب به تصفیه خانه ها و ایستگاههای تلمبه می- باشد. فاضلابی که توسط شبکه جمع آوری شده و نهایتاً به تصفیه خانه فاضلاب انتقال داده می شود، از مجموع فاضلابها و آبهای زیر حاصل می گردد:

۱- فاضلاب شهری (فاضلابهای خانگی)

۲- نشتابهای حاصل از نفوذ آبهای زیرزمینی به

مجاری فاضلاب

۳- قسمتی از آبهای سطحی که به مجاری

فاضلاب وارد می شود

۴- پسابهای کشاورزی

۵- فاضلابهای صنعتی

مقدار مواد جامد معلق TDS را ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد کرده‌اند. به منظور تخلیه پساب تصفیه شده به هریک از منابع آبهای سطحی ضروریست درجه تصفیه بیش از ۹۰٪ باشد و مقدار تراکم BOD و مواد جامد معلق بترتیب کمتر از ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر برسد و در صورت امکان به ترتیب به ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر باشد.

محل تخلیه فاضلاب تصفیه شده: (این محل ضروریست که در مجاورت یکی از منابع آبهای سطحی باشد.)

- ۱- تخلیه فاضلاب تصفیه شده به دریا،
 - ۲- تخلیه فاضلاب تصفیه شده به تالاب انزلی،
 - ۳- تخلیه فاضلاب تصفیه شده به رودخانه‌ها
- شاخص کیفیت آب تالاب انزلی:** (گروه‌بندی براساس بیشترین میزان آلودگی تا سالم‌ترین)
- شاخص کیفیت آب را بشکل ماهانه (۰ تا ۱۰۰) و سالانه (۰ تا ۱۲۰۰) داریم که با نزدیکی به ۱۰۰ و ۱۲۰۰ آب پاک‌تر و سالم‌تر می‌شود. براین اساس، آبی با شاخص سالانه (۱۰۰-۱۲۰۰) در حال حاضر در تالاب انزلی وجود ندارد. آب با شاخص سالانه (۱۰۶۹-۸۵۰) قابل استفاده با تمهیدات جزئی برای مصرف خانگی و صنعتی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

اثرات سوء اقتصادی بالا آمدن سطح آب دریای کاسپین باعث شده است که وزارت مسکن و شهر سازی طی ضوابط و مقررات استفاده از زمینهای

در انزلی به دلیل بالا بودن سطح آبهای زیر زمینی و نزدیکی آن به زمین الزاماً باید از ایستگاههای متعدد تلمبه (Pump Station) برای انتقال فاضلاب از نقطه‌ای به نقطه دیگر استفاده کرد (تلمبه‌های مستغرق).

تعیین محل و تعداد تصفیه‌خانه‌ها (لزوم تعدد تصفیه‌خانه‌ها در شهر انزلی)

۱- موقعیت جغرافیایی شهر انزلی: (بندر انزلی شهری با عرض نسبی کم و طول زیاد بوده و در امتداد شرق و غرب گسترش یافته است، لذا وجود چند تصفیه‌خانه ضروری است.)

۲- محل تصفیه‌خانه‌ها:

- تصفیه‌خانه شرقی (برای غازیان)
- تصفیه‌خانه غربی (برای قسمت انزلی)
- تصفیه‌خانه جنوبی (برای جزیره‌های میان رودخانه) - با توجه به بالا آمدن آب دریا و در نتیجه تالاب، محلی مناسبی جهت احداث این تصفیه‌خانه وجود ندارد. لذا فاضلاب این قسمت از طریق عبور از رودخانه‌ها به قسمتهای شرقی و غربی انتقال داده می‌شود.

نحوه انتخاب محل مناسب تصفیه‌خانه: (ضروری است که برای این انتخاب از شهر فاصله گرفته شود.)

- ۱- وجود اراضی مناسب، ۲- انتخاب رقوم مناسب: (تصفیه‌خانه‌ها باید در رقوم بالاتر از ۲۲- بنا شوند.)

مقدار بار آلودگی تصفیه‌خانه‌ها: برای شهر انزلی مقدار BOD را معادل ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر و

آبها را عاری از انواع باکتری، قارچ، میکروب و سایر مواد آلاینده نمود و نیز از بروز خزه و جلبک جلوگیری کرد و آنها را از بین برد.

معروفترین روشهای بهینه سازی آب استفاده از تکنولوژی نانو می باشد که دانش بسیار مهمی در آینده خواهد بود. بکمک تکنولوژی نانو و یا همچنین استفاده از ترکیب میکروارگانیسم های هوازی و بی هوازی که طی آن آب بصورت مایعی طبیعی در می آید می توان با آلودگی آب مبارزه نمود و از آلودگی هایی که بعضاً باعث آلودگی های آبهای زیرزمینی می گردند نیز جلوگیری کرد. نظر به این که شهر انزلی یک شهر توریستی است و نیز تالاب انزلی مکان تغذیه آبزیان بسیار می باشد و همچنین وجود چاههای خانگی که آب شرب اهالی را تأمین می کند و ... آلودگی آب در این منطقه معضل بزرگی محسوب می شود. بنابر دلایل فوق و بسیاری دلایل دیگر که در پایان نامه مطرح گردیده، استفاده و بهره گیری از این تکنولوژی کمک بسیار بزرگی در حل این معضل خواهد کرد (که درآمدهای آینده در صورت رفع و حل این معضل، جبران کنندهی هزینهی صرف شده در این راه خواهد بود). این طرح هم اینک در دست بررسی می باشد.

منابع

- دکتر اسپهبد. محمدرضا، (۸۵-۱۳۸۴). تاثیر عوامل زمین شناسی و مورفوتکتونیک بر روی نوسانات کلی دریای کاسپین با نگاهی ویژه به خلیج قره

واقع در معرض خطر بالا آمدن دریای کاسپین حریم دریا را ۲۲- متر برای کلیه بناهای دارای اهمیت اقتصادی و اجتماعی اعلام نماید. موقعیت خاص جغرافیایی شهر بندر انزلی و وابسته بودن سطح آب مرداب انزلی به سطح آب دریای کاسپین باعث شده است که شهر بندر انزلی از دو جهت شمال و جنوب در معرض پیشروی آب دریا و تالاب واقع شود. نقشه توپوگرافی شهر بندر انزلی نشان می دهد که بخش عمده اراضی شهر در زیر رقوم حریم اعلام شده توسط وزارت مسکن و شهر سازی قرار دارد. بجز دو باریکه در بخشهای انزلی و غازیان مابقی اراضی شهر به عبارتی در حدود ۷۸٪ از اراضی در زیر رقوم حریم دریا (۲۲- متر) و تقریباً صد درصد اراضی در زیر رقوم حریم تالاب (حدوداً ۲۰- متر) قرار دارند.

نظر به بالا آمدن بدون وقفه سطح آب دریا و مرداب و قرار گرفتن بخش عمده شهر در زیر رقوم حریم دریا و در نتیجه مشکلات فراوانی که در رابطه با آبهای سطحی و فاضلاب در بندر انزلی وجود داشته و خواهد داشت نیاز به تعمق بیشتر در برنامه ریزی طرحهای عمرانی در منطقه لازم می باشد.

پیشنهادات:

در زمینه بهینه سازی آب شامل آب آشامیدنی، آب استخرها، برکه ها، تالابها و آبهایی که مورد استفاده حیوانات و آبزیان قرار می گیرند تکنیک های جدیدی ارائه شده اند. به موجب این روشها، می توان

- بغاز گل - مقاله.
- دکتر اسپهبد و همکاران ...، (۸۵-۱۳۸۴) - تأثیر بیلان هیدرولوژی تغییرات سطح آب دریای کاسپین ناشی از عوامل تکتونیکی در ارتباط با دریاچه‌های ارومیه، وان و سوان - مقاله.
- طویلی، عزیز - ۱۳۷۰ - تاریخ جامع بندر انزلی - جلد اول.
- دکتر معتمد، احمد - ۱۳۸۵ - رسوب شناسی (جلد ۱ و ۲) - انتشارات دانشگاه تهران - چاپ هفتم.
- دکتر معتمد، احمد - ۱۳۸۲ - زمین شناسی عمومی - انتشارات دانشگاه تهران - چاپ ششم.
- بخشنامه وزارت مسکن و شهرسازی - مورخ ۱۳۷۱/۷/۱۸ و شماره ۸/۷۲۲۱-۱/۵۶۶۴ شورای عالی شهرسازی و معماری ایران فهرست ساختمانهای ممنوع در زیر تراز ۲۲- اراضی ساحلی دریای خزر - پایگاه ملی داده‌های علوم زمین - استان گیلان
- طرح جامع آب کشور (منابع آب زیرزمینی حوزه‌های آبریز، تالش، مرداب انزلی و سفید رود) - طرح فاضلاب و آبهای سطحی شهر بندر انزلی (گزارش قسمت اول مطالعات مرحله اول) - ضوابط و منابع طرح - شرکت آب و فاضلاب استان گیلان (مهندسین مشاور پارس کنسولت) - بهمن ماه ۱۳۷۱.
- مطالعات گام اول طرح جامع احیاء تالاب انزلی - دیماه ۱۳۶۷ - جلد سوم، گزارش آبهای زیرزمینی حوزه آبریز تالاب انزلی، مهندسین مشاور یکم.
- مطالعات مرحله‌ی اول - طرح فاضلاب و آبهای سطحی شهر بندر انزلی (گزارش مطالعاتی