پایداری آب از طریق استفاده بهینه از منابع آب غیر متعارف در شهر زاهدان

سحر سرگلزایی (نویسنده مسئول)[۱] ، ناصر حافظی مقدس[۲]، غلامرضا لشکری پور[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، sahar389@yahoo.com

[۲] دکتری زمین شناسی مهندسی، استاد دانشگاه فردوسی مشهد ، nhafezi@um.ac.ir

[۳] دکتری زمین شناسی مهندسی، استاد دانشگاه فردوسی مشهد ، lashkaripour@um.ac.ir

چکیده

بنا به اقلیم شهرستان زاهدان، استفاده مجدد از آبهای غیر متعارف، نقطه شروع تازه دراکولوژی زیست بوم زاهدان با امکان سنجی اجتماعی، فنی و مالی گزینه های استفاده از پساب و آبهای غیرمتعارف است. جهت تعیین کیفیت آب غیرمتعارف در محدوده مطالعاتی شهر زاهدان از تابستان سال ۱۳۹۴ تا زمستان سال ۱۴۰۰ اقدام به نمونه برداری از پساب آب شیرین کن RO به همراه آبهای غیرمتعارف موجود در مسیل های شهری زاهدان گردیده است. پساب در طی ۵ نوبت و از ۸ قسمت در مسیر حرکت پساب RO تا دریاچه های ایجاد شده در محدوده صنعتی کامبوزیا و انتهای رودخانه لار (مسیر حدود ۲۵ کیلومتر) جهت آنالیز برداشت شده است. پراکنش این منابع آبی درون محدوده مورد مطالعه متناسب و به گونه ای است که هیدرولوژی و هیدروشیمی آنها می تواند گویای کل مساحت مورد مطالعه باشد. با وجود حجم فراوان آب که ازکشور خارج و وارد به خاک دو کشور همسایه شرقی می شود و نیز عدم وجود استفاده مناسب از آب فراوان مطرح شده، می توان با اجرای طرح تبدیل مسیل شهری زاهدان به تصفیه خانه ارگانیک با تاکید بر ارتقا منظر شهری از خروج آب و شرایط بحرانی آب در درشت زاهدان جلوگیری نمود.

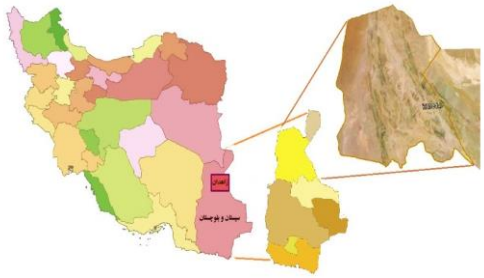
پساب RO همراه با پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر زاهدان، آب های جاری در مسیل های شهری با اندکی کاهش و یا افزایش در میزان حجم آب، به مسیر رودخانه لار پایین در شمال شرق زاهدان وارد شده و در نزدیکی شهرک صنعتی کامبوزیا تشکیل گودال های طبیعی از آب را می دهد و در امتداد مسیر رودخانه لار مشترک از مرز ایران خارج و وارد خاک پاکستان می گردد. می توان با استفاده بهینه از آبهای غیرمتعارف موجود با تاکید بر پایداری آب و اصول نوین طراحی شهری پایدار از خروج آب در شرایط نبود منابع آب در شهر زاهدان جلوگیری نمود. در این راستا امکانسنجی ایجاد منطقه گردشگری رودپارک با ایجاد شرایط بازیافت طبیعی از مبدا خروجی پساب RO تا روستای لار بررسی گردیده است.

واژه‌های کلیدی

آب شیرین کن RO، اکولوژی زیست بوم، مسیل شهری، رودخانه لار، رود پارک،

۱. مقدمه

محدود ی مورد مطالعه شهر زاهدان، مرکز استان سیستان و بلوچستان است. این شهر از کلان شهرهای ایران و در جنوب شرق کشور واقع است. شهر زاهدان از سمت شمال به شهرستان زابل و از سمت جنوب به شهرستان خاش و از سمت شرق به کشورهای افغانستان و پاکستان و از سمت غرب به شهرستان فهرج منتهی می شود. این شهر در موقعیت جغرافیایی ۲۹ درجه و۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه طول شرقی قرار دارد(شکل۱).



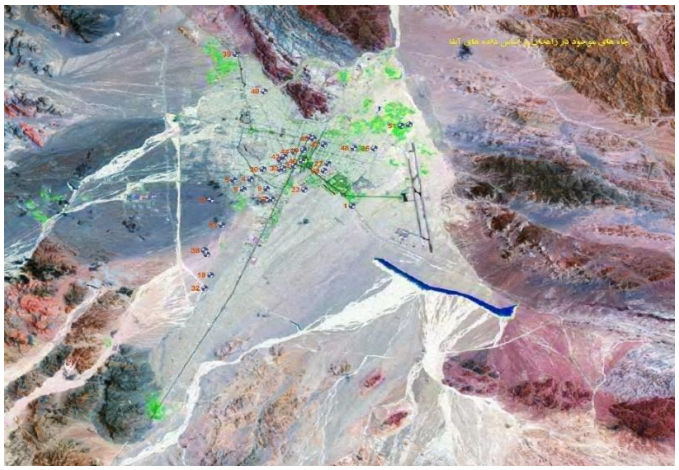
شکل۱: موقعیت شهر زاهدان

منطقه مورد مطالعه در زیر حوضه هامون قرار گرفته است و رودخانه فصلی لار در این حوضه قرار دارد. رودخانه لار که زهکشی آبهای زیرزمینی دشت زاهدان را انجام می دهد، از دامنه کوههای لار و پدگی واقع در جنوب شرقی زاهدان سرچشمه می گیرد. در شرق شهر زاهدان دره یا رودخانه لار محدوده کم ارتفاع ترین نقطه دشت زاهدان است، که پذیرنده تمام جریانهای سیلابی وارده شده و گذرنده از دشت است. آغاز تقاطع این رودخانه با محدوده شهر در جنوب شرقی شهر و از جاده کمربندی زاهدان به سمت میرجاوه است و در ادامه رودخانه لار با گذر از مسیر دو راه آهن موجود، از شرق بهشت محمد و فرودگاه زاهدان عبور کرده و به جاده دسترسی به تصفیه خانه فاضلاب رسیده است. در این نقطه رودخانه به دلیل عدم رعایت حد بستر و حریم آن و تجاوزات بسیار گسترده ای که برای برداشت مصالح شن و ماسه انجام شده، دستخوش تغییرات بسیار زیادی در بستر و کناره آن شده است.

از پایین دست منطقه لار، یعنی جاده دسترسی به تصفیه خانه فاضلاب، محل های تخلیه مسیلهای موجود شهر زاهدان با مسیل فرودگاه آغاز می شود. در سراسر ساحل رودخانه لار مزارع کوچک و سطوح آبگیر فراوانی وجود دارد که با پسابهای تصفیه خانه فاضلاب و پساب آب شیرین کن آب شرب موجود سیراب می شوند. در ادامه رودخانه لار پس از گذر از محلهای تخلیه مسیل پاسداران و چند زهکش محلی اراضی کشاورزی، به محدوده ورودی شهرک صنعتی کامبوزیا می رسد. از این محدوده تا محل تخلیه آبراهه عبوری از همت آباد (ادامه مسیل سیستان) رودخانه لار به شدت تنگ شده است و به نظر می رسد حد بستر رودخانه رعایت نشده باشد. در ادامه رودخانه لار از محدوده شهر گذر نموده و بعد از عبور از بخش شمال غربی شهرک صنعتی، با وجود ماندابهایی در طول مسیر، رودخانه لار به سمت لار پایین در جریان است. با توجه به آنکه شیب شهر زاهدان به سمت منطقه لارمی باشد، تجمیع تمامی مسیل ها به رودخانه لارمی رسد. همچنین پساب آب شیرین کن و پساب تصفیه خانه فاضلاب به همراه آبهای جاری در مسیل های شهری، نیز به رودخانه لار سرریز می گردد.

شهر زاهدان حدود یک میلیون نفر را در خود جای داده که این جمعیت ۲.۵ برابر منابع آبی آن است. برای تامین آب مورد نیاز این جمعیت چند طرح پروژه اجرایی شده است که مهم ترین آن انتقال آب از چاه نیمه های زابل به زاهدان بوده است. خط دوم انتقال آب از چاه نیمه ها به زاهدان با توجه به خشکسالی های بیش از ۱۵ سال گذشته منطقه، عدم هماهنگی دریافت حق آبه رودخانه هیرمند به ایران از سوی کشور افغانستان، ایجاد سد کمال خانه بر روی بخشی از رودخانه هیرمند، خشکسالی شدید حاکم بر دشت سیستان و عدم ورود آب رودخانه هیرمند به چاه نیمه ها و دریاچه هامون بهره برداری نشده است. بنا بر اعلام سازمان آبفای استان با توجه به شرایط فعلی امکان بهره برداری این خط لوله طی چهار سال آینده وجود نخواهد داشت. پس از آنکه خط اول انتقال آب زابل به زاهدان در مدار مصرف آب شرب قرار گرفته است، حدود ۵۰ ٪ شهر را به خود وابسته نمود، لذا جهت تامین باقی آب مورد نیاز شهر زاهدان از ظرفیت چاههای شور موجود در سطح شهر زاهدان استفاده و شیرین سازی توسط نصب دستگاه های آب شیرین کن صورت گرفته است[۱].

تعداد ۴۸ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق در اطراف شهر زاهدان جهت انتقال آب به آب شیرین کن در سطح شهر زاهدان حفر گردیده که ۶ حلقه چاه موازی از خط اول و دوم انتقال آب از چاه نیمه به زاهدان نام بردمی باشد. بنا به آمار سازمان آبفا استان حدود ۲۷۵۰ لیتر در ثانیه نیاز آبی زاهدان است، که فقط ۱۷۵۰ لیتر تولید می‌شود و ساکنان این شهر با کمبود ۱۰۰۰ لیتری مواجه هستند.
بخش اعظم آب زاهدان، از طریق انتقال آب چاه نیمه های سیستان تامین می شود، که در فرآیند تصفیه دارای پساب قابل چشم پوشی است. همچنین بخش دیگری از آب با پمپاژ آب از طریق حدود ۴۸ حلقه چاه فعال در سطح شهر زاهدان برداشت می گردد(شکل ۲)، که این آب در آب شیرین کن با روش اسمز معکوس RO به شبکه آب شرب شهری زاهدان اضافه شده و پساب خروجی آن به میزان ۱۲۰ لیتر در ثانیه از تصفیه خانه خارج و در سطح شهر زاهدان روان می گردد. از آنجا که شهر زاهـدان به عنوان مرکـز استان سیستان و بلوچسـتان با کمبود آب به میزان بیش از ۱۰۰۰ لیتر بر ثانیه در پیکهای مصرف، همواره در معـرض تنش آبی قـرار دارد، می توان با اندکی بهبود کیفی و کمی طبیعی شرایط آب های غیر متعارف و پساب قابل توجه دستگاههای آب شیرین کن به پایداری آب از طریق استفاده بهینه از آبهای غیر متعارف موجود در سطح شهر زاهدان کمک قابل توجهی نمود.



شکل۲: نقشه پراکندگی چاههای حفر شده در شهر زاهدان

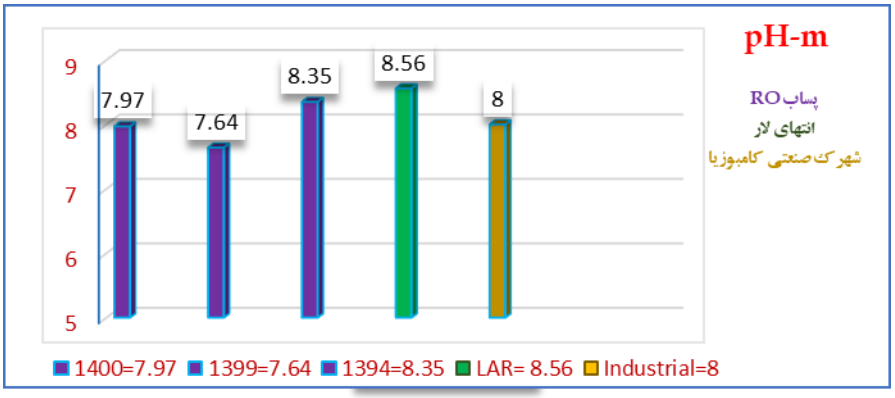
۲. بررسی پارامترهای فیزیکی اندازه گیری شده نمونه آبهای غیرمتعارف

- **اندازه گیری میزان pH**

اندازه گیری pH در طی سالهای ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۰ ، نشان داد که میزان غلظت نمونه‌ها از ۹ تا ۷/۶۴ متغیر می باشد و در محدوده قلیایی قرار گرفته است(شکل ۳).

- ❖ فضای سبز: استاندارد کیفی پیشنهادی جهت پساب و آب های برگشتی در آبیاری فضای سبز(کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران) میزان pH را ۶/۵ تا ۸/۴ اعلام نموده است، که با توجه به میزان آنالیز شده در طی شش سال از کل مسیل آبی مورد بررسی، آبهای غیرمتعارف موجود جهت آبیاری هرگونه فضای سبز قابل کشت و سازگار با خاک و اقلیم شهر زاهدان مناسب می باشد. همچنین بر اساس تقسیم بندی پساب های تصفیه شده (ثانویه) یا آبهای غیر متعارف برای آبیاری بر اساس محتویات شیمیایی و خطرهای احتمالی برای درختان، خاک و آب زیرزمینی (CSIRO,۱۹۹۹)، نیز میزان pH با حدود بین ۶/۵ تا ۸/۵ در نمونه های ارزیابی شده در محدوده تغییرات معمولی و مناسب آبیاری می باشد.
- ❖ پرورش آبزیان: با توجه به استاندارد پرورش ماهی بر اساس استاندارد شماره ۸۷۲۶ سازمان ملی استاندارد ، میزان pH مورد نیاز برای ماهیان گرم آبی ۶/۵ تا ۹/۵ و نیز میزان پرورش ماهیان سرد آبی ۶/۵ تا ۸ می باشد، که با توجه به میزان pH آنالیز شده در طی شش سال از کل مسیل آبی مورد بررسی، آب غیرمتعارف موجود جهت پرورش آبزیان گرم آبی و سرد آبی مناسب می باشد.

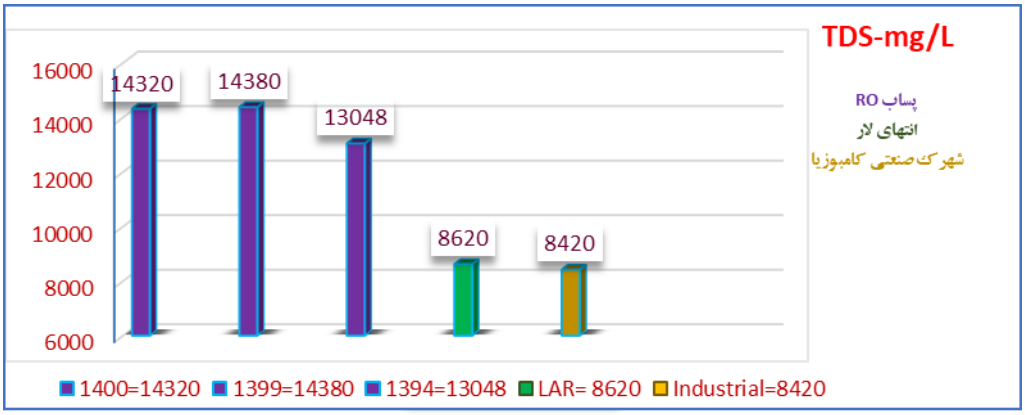
❖ مصرف دام و طیور: استانداردکیفیت آب برای دام و طیور(وزات جهادکشاورزی) حداکثر سطح قابل قبول آب را ۵ تا ۸ و محدوده مطلوب را ۶/۵ تا ۷/۸ اعلام نموده است. از لحاظ اسیدیته، مناسب ترین آب برای شرب دام، آبهایی با اسیدیته خنثی می باشند. با این حال دامها می توانند آبهایی با pH اسیدی یا قلیایی را نیز تا حدودی تحمل کنند. آبهای اسیدی با pH کمتر از ۵/۵ یا آبهای قلیایی با pH بیش از ۸/۵ اثرات نامطلوبی را بر روی دامها بجا می گذارد و سبب اسیدی یا قلیایی شدن خون آنها می شود. با توجه به میزان pH آنالیز شده در طی شش سال از کل مسیل آبی مورد بررسی، آب غیر متعارف موجود جهت پرورش دام و طیور مناسب می باشد.



شکل۳: غلظت pH در نمونه آبهای غیر متعارف طی ۶ سال گذشته

- **اندازه گیری میزان غلظت مواد جامد محلول در آب (TDS)**

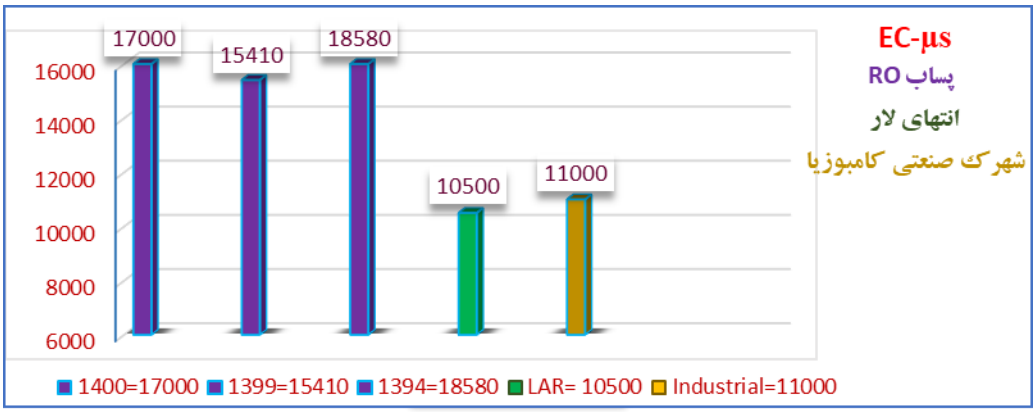
اندازه گیری میزان غلظت مواد جامد محلول در پساب نشان داد، میزان غلظت نمونه‌ها از ۱۳۰۴۸ تا ۱۷۰۰۰ mg/L متغیر می باشد (شکل ۴). این حجم عظیم غلظت مواد جامد محلول در آب علاوه بر سازند های مارنی منطقه می تواند به دلیل فعالیت های آنتروپوژنیک نیز باشد. میزان غلظت مواد جامد در سمت شمال و شمال شرق و جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه دارای بیشترین میزان غلظت می باشد. آنچه بر اساس آنالیزهای بدست آمده در خصوص TDS مشخص گردید، وجود مواد جامد محلول در پساب RO موجود بسیار بیشتر از استانداردهای مشخص شده برای آبیاری گیان(مورد نیاز کمتر ازmg/L ۲۰۰۰) و برای پرورش آبزیان (مورد نیاز کمتر از ۲۰۰mg/L) و همچنین برای پرورش دام و طیور (مورد نیاز کمتر ازmg/L ۳۰۰۰) می باشد.



شکل۴: نمودار غلظت TDS در نمونه آبهای غیرمتعارف طی ۶ سال گذشته

- **اندازه گیری هدایت الکتریکی در نمونه‌های آب (EC)**

اندازه گیری EC نمونه‌های پساب آنالیز شده نشان داد، میزان غلظت هدایت الکتریکی در نمونه‌ها از ۱۰۰۰۰ تا ۱۸۵۸۰ میکرو زیمنسµs و میلی زیمنس ms/cm متغیر می باشد(شکل۵). یکی از دلایل افزایش EC در نمونه های آب منطقه، بالا بودن میزان مواد جامد محلول در آب می باشد. میزان غلظت هدایت الکتریکی در سمت شمال و شمال شرق و جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه دارای بیشترین میزان غلظت می باشد. آنچه بر اساس آنالیزهای بدست آمده در خصوص EC مشخص گردید، وجود مواد جامد محلول در پساب RO موجود بسیار بیشتر از استانداردهای مشخص شده برای آبیاری گیاهان(مورد نیاز حدود µs ۳۰۰۰) و برای پرورش آبزیان (مورد نیاز حدودµs ۸۰۰۰) و همچنین برای پرورش دام و طیور (مورد نیاز کمتر از µ s ۷۰۰) می باشد.

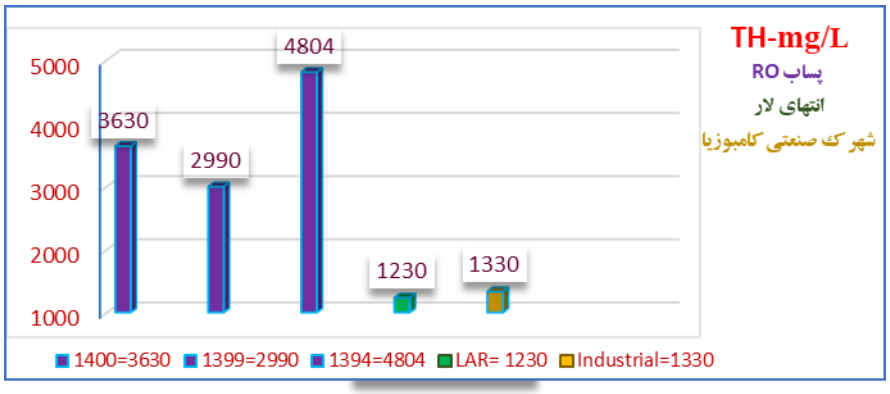


شکل۵: نمودار غلظت EC در نمونه آبهای غیرمتعارف طی ۶ سال گذشته

- **سختی آب (TH)**

ارزیابی میزان سختی کل در نمونه های پساب نشان داد، میزان غلظت سختی در نمونه های آب از ۱۳۰۰ تا ۴۸۰۰ $CaCo_3$ متغیر می باشد (شکل۶). یکی از دلایل افزایش سختی در نمونه های منطقه به دلیل ورود پساب های شهری به منابع آبی است، میزان سختی آب در محدوده شمال و شمال شرق بالا می باشد.

- ❖ فضای سبز: استاندارد کیفی پیشنهادی جهت پساب و آب های برگشتی در آبیاری فضای سبز(کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران) میزان TH را mg/L ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ اعلام نموده است، که با توجه به میزان آنالیز شده در طی شش سال از کل مسیل آبی مورد بررسی، آب به حساب نیامده موجود جهت آبیاری هرگونه فضای سبز قابل کشت و سازگار با خاک و اقلیم منطقه مناسب می باشد. همچنین بر اساس تقسیم بندی پساب های تصفیه شده (ثانویه) یا آبهای خاکستری رها شده برای آبیاری بر اساس محتویات شیمیایی و خطرهای احتمالی برای درختان، خاک و آب زیرزمینی (CSIRO,۱۹۹۹)، نیز میزان TH با حدود بینmg/L ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ در آبهای غیرمتعارف ارزیابی شده در محدوده تغییرات قابل قبول برای گیاهان خاص و سازگار با آب شور و علفی می باشد.
- ❖ پرورش آبزیان: با توجه به استاندارد پرورش ماهی بر اساس استاندارد شماره ۸۷۲۶ سازمان ملی استاندارد، میزان TH مورد نیاز برای ماهیان گرم آبی mg/L ۴۰۰ و نیز میزان پرورش ماهیان سرد آبی بیشتر ازmg/L ۴۰۰ می باشد، که با توجه به میزان TH آنالیز شده در طی شش سال از کل مسیل آبی مورد بررسی، با تصفیه مجدد و یا تغییر اندک شرایط آب های غیرمتعارف موجود جهت پرورش آبزیان گرم آبی و سرد آبی مناسب می باشد.
- ❖ مصرف دام و طیور: استانداردکیفیت آب برای دام و طیور(وزات جهادکشاورزی) حداکثر سطح قابل قبول TH آب را بین mg/L ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ و محدوده مطلوب را کمتر از ۱۰۰۰ اعلام نموده است.

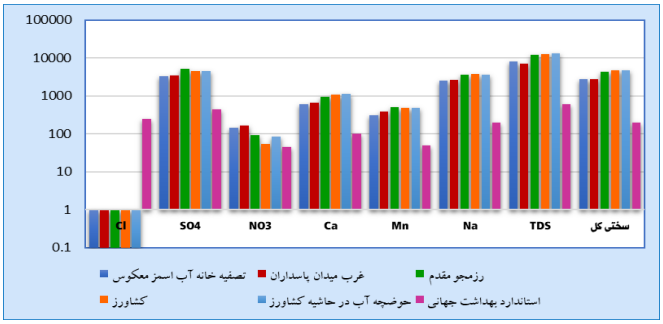


شکل۶: میزان غلظت سختی در نمونه های پساب طی ۶ سال گذشته

۳. بررسی مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های غیر فلزی

- بررسی مقادیر غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های غیر فلزی نشان داد، میزان غلظت بیکربنات از mg/L ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متغیر می باشد(شکل۷).
- میزان غلظت سولفات از mg/L ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ می باشد. بیشترین مقدار غلظت سولفات مربوط به نمونه پساب RO (آنالیز سال ۱۴۰۰) می باشد.
- میزان غلظت کلراید در نمونه ها از mg/L ۲۰۰۰ تا ۳۵۰۰ می باشد.
- میزان غلظت کلسیم از mg/L ۱۵۰ تا ۷۰۰ متغیر می باشد. بیشترین مقدار کلسیم مربوط به نمونه پسابRO (آنالیز سال ۱۴۰۰) می باشد. تمامی نمونه ها مقدار غلظت کلسیم بالاتر از استانداردهای مورد بررسی را نشان می دهند.
- میزان غلظت منیزیم از mg/L ۱۴۰تا ۴۰۰ می باشد. بیشترین غلظت مربوط به نمونه پساب RO (آنالیز سال ۱۴۰۰) می باشد. غلظت منیزیم در تمامی نمونه ها بالاتر از استاندارد های مورد بررسی می باشد.
- میزان غلظت سدیم از mg/L ۲۱۰۰ تا ۳۵۰۰ متغیر می باشد. بیشترین مقدار غلظت سدیم مربوط به نمونه پساب آب شیرین کن(آنالیز سال ۱۳۹۹) است. غلظت سدیم در تمامی نمونه ها بالاتر از استانداردهای پرورش آبزیان و دام و طیور است. غلظت سدیم تنها جهت آبیاری گیاهان خاص آب شور و در صورت همگن سازی خاک با گیاهان شور پسند قابل قبول می باشد.
- میزان غلظت پتاسیم از mg/L ۱۰ تا۸۰ متغیر می باشد.
- بر اساس استاندارد شولر غلظت کلسیم در نمونه های آب در منطقه مورد مطالعه در محدوده خوب تا قابل قبول قرار گرفته است. میزان غلظت منیزم از خوب تا متوسط، میزان غلظت سدیم از قابل قبول تا کاملاً نامتبوع، غلظت TDS از قابل قبول تا کاملاً نامتبوع، سختی، کلر و سولفات از قابل قبول تا نامناسب قرار گرفته است. بیکربنات نیز از خوب تا متوسط می باشد. میزان غلظت آنیون ها و کاتیون های غیر فلزی در نمونه های آب علاوه بر واحد های دولومیتی آهکی و واحد های سنگی گرانیتوئیدی در منطقه مورد مطالعه، تاثیر آبهای سطحی در افزایش غلظت عناصر فوق موثر می باشد.

بررسی کاتیون‌ها و آنیونهای غیر فلزی برای تعیین تیپ و رخساره آب در منطقه مورد مطالعه نشان داد، رخساره آب در منطقه مورد مطالعه از نوع سولفات سدیم می باشد. قرار گیری این رخساره برای نمونه های آب به دلیل انحلال هالیت در افزایش سدیم از واحد های دولومیتی و آبهای خاکستری در افزایش سولفات است. پساب تصفیه خانه آب دارای EC ۱۷۰۰۰µs، pH ۷/۸ ، نیترات و سدیم و کلسیم بالا است. نمونه های آنالیز شده در مسیر شیب زاهدان در امتداد شاخه های متصل شده به رودخانه لار پایین نشان می دهد، سطح کیفیت آب قابلیت بهتری به نسبت پساب RO دارد و هر چه در مسیر به سمت لار پایین می رود، قابلیت و امکان اجرای طرح های گیاه پالایی، تصفیه خانه ارگانیک با کمک سنگ ها و کانی های منطقه را نیز دارد.



شکل۷: مقدار غلظت آنیون ها و کاتیون های غیر فلزی و مقایسه آن با استاندارد سازمان بهداشت جهانی

۴. پایداری آب از طریق تصفیه خانه ارگانیک

پالایش آب به صورت ارگانیک و طبیعی به کمک سنگ ها و کانی های ویژه، گیاه پالایی، میکروارگانیزم ها و تغییر شرایط بایولوژیک آب امکان پذیر می باشد. پساب RO با خروجی به میزان ۱۲۰ لیتر در ثانیه در امتداد مسیل پاسداران در سطح شهر زاهدان در مسیری حدود ۲۵ کیلومتر روان می گردد(شکل ۸تا ۱۲). پساب آب شیرین کن همراه با پساب تصفیه خانه فاضلاب، فاضلاب های خانگی سطحی و آب باران های فصلی جاری در مسیل های شهر با اندکی کاهش و یا افزایش در میزان حجم آب در انتها به مسیر رودخانه لار پایین در شمال شرق زاهدان وارد شده و در نزدیکی مرز پاکستان تشکیل گودال طبیعی از آب را می دهد. بر اساس ارزیابی های کمی و کیفی پساب RO به همراه آبهای غیرمتعارف جاری در سطح شهر زاهدان می توان با ارائه مدل ایجاد رودپارک به پایداری آب از طریق بازیافت آب به منظور توسعه پایدار شهری رسید.

این مسیر در سطح شهر زاهدان در جهت شیب شمال شرقی شهر تا ورود به گودال طبیعی در مسیر رودخانه لار پایین می باشد. لذا می توان در منطقه لار حد فاصل شهرک صنعتی کامبوزیا تا روستای لار به امکان ایجاد یک منطقه گردشگری با تمرکز بر سه فضای اصلی مسیر آبی رودپارک، دریاچه مصنوعی، روستای بوم گردی چاه رحمان دست یافت.

شکل۸: مسیل پاسداران، ابتدای ورود پساب RO

شکل ۹: مسیل کشاورز، امتداد مسیل پاسداران و جریان حرکت پساب RO

شکل ۱۰: ورودی رودخانه همت آباد به رودخانه لار

شکل ۱۱: تالاب و نی زارهای ایجاد شده از آبهای غیرمتعارف در منطقه لار

شکل ۱۲: شدت جریان آبهای غیرمتعارف در محدوده روستای لار

وجود این رودپارک تأثیرات زیست‌محیطی، بیولوژیکی، تفریحی و فرهنگی قابل توجهی بر اکولوژی شهری زاهدان خواهد داشت. جهت ایجاد فضای شهری مناسب با توجه ویژه به آب غیرمتعارف در مسیر حرکت، در جهت مسیر مسیل های شهری بویژه مسیل پاسداران و همراستا با شیب توپوگرافی منطقه به طور تقریبی در هر صد متر از مسیر حرکت آب، آب بندهایی احداث می گردد. جنس آب بندها بر اساس کانی ها و سنگ های خاص با قابلیت پالایش می باشند. در این مدل سنگ ها به عنوان صافی طبیعی، آبهای غیر متعارف را تصفیه، برای آب نقش کاتالیزور داشته و در بهبود کیفی پساب و کاهش آلودگی های فیزیکی و شیمیایی آبهای غیرمتعارف نقش اساسی را ایفا می نمایند. ایجاد آبنماهایی با پایه سنگ بنتونیت و یا زیرسازی آب بندها با کمک سنگ های زئولیتی و یا دیواره هایی آهکی قابل اجرا می باشد. به علت قطبی بودن بالای زئولیت ها و منافذ موجود در ساختمان آن ها، جدا کردن فلزات سمی سنگین، سموم شیمیایی یا دیگر ترکیبات به راحتی از زئولیت ممکن است. ساختمان بلوری زئولیت ها به مولکول های کوچک تر از قطر منافذ، مانند جیوه اجازه عبور داده است و حین عبور آن ها را جذب می کند، در حالی که مولکول های بزرگتر نظیر کلسیم و پتاسیم را جدا نمی کند[۲].

آب بندها در جهت شیب، ارتفاع آب در رود پارک را افزایش داده و در هنگام بارندگی های فصلی و شدید در زاهدان قابلیت گشایش دارند. همچنین می توان از کانی کوارتز، مس، باریت و انواع کانی های رسی جهت استفاده طبیعی برای پالایش آب و ساخت آب بندهای مشخص شده در طرح استفاده نمود. استفاده از هر کدام از این کانی های به صورت ویژه و پس از تغییرات کیفی و کمی می تواند در مسیر حرکت آب، به فیلتر مناسب جهت ایجاد کیفیت بهتر آب در مسیر حرکت کمک نماید.

همچنین می توان با کمک گیاه پالایی و یا فیلترینگ طبیعی این بندها را به عنوان فیلترهای تصفیه آب استفاده نمود. بررسی و کاشت گیاهانی از جمله گونه ای سالیکورنیا از نظر تولید دانه که محتوی مقادیر قابل ملاحظه ای روغن خوراکی و پروتئین است، نیز با مناطقی همانند شهر زاهدان سازگار می باشد. با توجه به افت کیفیت آب و خاک کشاورزی به دلیل خشکسالیهای پی در پی، کشت گیاهان شورپسند (گیاهان شورزی) ضروری است. همچنین با تکثیر جلبک هایی خاص در هرکدام از زیست بوم های آبی تعریف شده در طرح، می توان به صورت طبیعی و با سرعت بیشتری پالایش آلودگی به نیترات از آب را اجرا نمود. گیاهان بومی برای مزارع پساب توصیه می شود. دو دلیل اصلی برای قرار دادن گیاهان در مزارع پساب(ETS Field) وجود دارد. پساب گاه از طریق تعرق در شاخ و برگ گیاهان خارج می شود و گاه مواد مضر در پساب و مفید برای گیاهان سازگار از پساب به ریشه گیاهان منتقل می شود و نگرانی از ورود مواد مضر موجود در آبهای غیرمتعارف به سطح آب زیرزمینی و غیره کمتر خواهد شد. بنابراین، گیاهانی که دارای سرعت تعرق بالا، رشد شدید و تحمل شرایط خاک مرطوب هستند بهترین می باشند. جهت کاشت فاصله بوته ها بسته به گونه و اندازه بالغ از گیاهان سازگار با آب شورمتفاوت است، اما معمولاً با ۱ بوته در هر متر مربع زمین محاسبه می شود. بنابراین یک زمین ۲۰۰ متر مربعی باید ۲۰۰ گیاه و غیره داشته باشد. هنگام کاشت گیاهان علفی یا نیلوفرهای کوچک‌تر، آنها را در فاصله ۵۰ تا ۷۵ سانتیمتر قرار می دهند، در حالی که درختان متوسط ممکن است در فاصله ۱.۲ تا ۱.۵ متری قرار گیرند، بنابراین به طور کلی با کاشت گونه‌های مخلوط، به طور تقریبی می توان ۱ بوته در هر ۱متر کاشت[۳]

برخی از گیاهان در این گونه محیط ها بهتر از سایرین عمل می کنند و برخی از گیاهان، درختان و درختچه های آب شور دوست می توانند به سرعت رشد کنند. نمونه از گیاهان سازگار با شرایط پساب بویژه پساب های ارزیابی شده اسمز معکوس شهر زاهدان و نیز آبهای غیرمتعارف موجود چون Astelia Grandis، این گیاه با شرایط بسیار سخت آب سازگار است. با ترجیح دادن خاک مرطوب، قادر به مقاومت در برابر ریشه های دائم در آبهای سخت و سنگین است.(Apodasmia Similis (Oioi، در باتلاق ها و مصب های ورودی دریاچه ها و تالاب های پساب رشد می کند. در اکثر شرایط اقلیمی، آب و هوایی و محیطی با هر گونه شرایط نوسانی آب سازگار است و با مقاومت بسیار بالا رشد خواهد کرد. uncus Gregiflorus، برای پوشش گیاهی مجدد در تالاب ها و مناطق ساحلی پساب ها ایده آل است و برای محوطه سازی مرطوب مفید است. Phormium Surfer، این گیاه از خانواده کتان، یک توده کوتوله فشرده بسیار عالی که به شکل دائمی شکل می گیرد و برگ های گریان سبز زیتونی با حاشیه های برنزی تولید می کند. برای اطراف تالاب هایی که به صورت دایره ای طراحی می شوند، بسیار مناسب می باشد. این گیاه در هر مکانی و با هر شرایط خاک از خشک تا مرطوب و با هر نوع شرایط آبیاری و استفاده از پساب ها سازگار است و به خوبی رشد می کند[۴].

در مسیر شیب زمین و حرکت آب از مسیل پاسداران تا محدوده اطراف کلاته کامبوزیا با کمک اختلاف تراز شیب طبیعی توپوگرافی زمین در شهر زاهدان، آبنماها و آبشارهای مصنوعی احداث می گردد. از ابتدای شهرک صنعتی کامبوزیا تا انتهای لار، دو مسیر مجزا جهت کشت گیاهان هر کدام به به طول ۱۰ کیلومتر و عرض ۵ متر مشخص می گردد. مسیر اول با تمرکز بر کاشت درختانی با قابلیت استفاده از چوب همچون نخل، زیتون تلخ، بنه، سنجد و مسیر دوم در پشت درختان به جهت کاشت گیاهان مثمر و خوراکی دیده شده است. بدین صورت دیوار حائل فضای سبز در مسیر رودپارک ایجاد می گردد. با توجه به میزان تبخیر منطقه و شرایط اقلیمی ایستگاه هواشناسی لار در صورت استفاده صحیح از پوشش های گیاهی خاکی و آبی سازگار با شرایط محیط همچون سالکونیا و نیلوفرهای آبی مقدار تبخیر آب به نسبت آب ورودی بسیار اندک خواهد بود. با تمرکز بر روستای چاه رحمان که در مسیر رودخانه لار و در انتهای تالاب های ایجاد شده توسط آب غیرمتعارف می باشد، مخرنی جهت نگهداری فروافتادگی اطراف این روستا می باشد. می توان با مدلی U شکل اطراف روستا را گودبرداری و با تغییر مسیر رودخانه محصور نمود و این فضای موجود را به صورت یک روستای بوم گردی در منطقه بکر و طبیعی لار بهبود بخشید. بر اساس آنالیزهای کیفی آبهای غیرمتعارف با پرورش آبزیان و ماهی های تزئینی، پرورش گیاهان خاص و سازگا با شرایط اقلیمی و آبی منطقه و پرورش شتر شرایط اقتصادی ساکنان منطقه ارتقا می یابد. در انتهای رودخانه لارپایین و نزدیک مرز ایران

با پاکستان کوههای گرانیتی در دره لار به شکل V می باشند. در آنجا امکان ایجاد یک بند آبی فراهم است. می توان مخزن سوم حفظ آبهای غیرمتعارف را در آن منطقه احداث و از خروج آب به خارج از ایران جلوگیری کرد. ساخت دریاچه در انتهای مسیر رودخانه لار و تغییر در شرایط موجود دریاچه های مصنوعی و طبیعی منطقه می تواند اهدافی همچون ایجاد فضاهای توریستی، تفریحی، ورزشی و ماهیگیری در راستای توسعه شهری پایدار زاهدان را در مدیریت شهری و بهبود شرایط اکولوژی شهری تحقق بخشد.

۵. نتیجه گیری

گسترش مناطق شهری منجر به تغییرات قابل توجهی در فرآیندهای طبیعی، کیفیت محیطی و مصرف منابع طبیعی شده است. نتیجه پیوند بین چرخه هیدرولوژیکی طبیعی و چرخه آب مهندسی شده در اکولوژی شهری ایجاد فضاهای خاص نگهداری آبهای نامتعارف با توجه به مشارکت زیرساخت های شهرسازی در نرخ شارژ و مسیل سازی رواناب می باشد. درک بهتر از نقش الگوهای توسعه شهری بر کمبود آب شهری نه تنها به تصمیم گیرندگان کمک می کند تا منابع تامین آب شهری را با کاهش تقاضای آب حفظ کنند، بلکه می تواند پیامدهای منفی رویدادهای آینده کمبود آب را بر سیستم های تامین آب کاهش دهد. آنچه در این مقاله بیان گردید، ارائه مدلی مناسب با توجه به داده های کیفی و کمی ارزیابی شده در طی ۶ سال گذشته و با استفاده از مسیل های شهر و حرکت روان آبهای جاری در سطح شهر و پساب دائمی آب شیرین کن شهر زاهدان به منظور ارتقا منظر شهری جهت استفاده بهینه از آبهای غیرمتعارف موجود می باشد.

با توجه به شرایط ارزیابی شده شهر زاهدان پتانسیل ایجاد فضاهایی چون رودپارک و یا بوستان آبی در کنار احداث دریاچه ای مصنوعی را در محیطی که دور از هرگونه رودخانه دائمی است به عنوان یکی از تاسیسات بزرگ آبی در کشور را دارد. این ایده ارزیابی شده قطعا نیازمند بررسی های تخصصی تر و نگاههای دقیق تر صاحب نظران، اساتید و مدیران شهری مرتبط می باشد، اما آنچه در طی ۶ سال گذشته با حضور اساتید و محققان و مدیران شهری در خصوص این ایده بدست آمده است، بیانگر این موضوع مهم می باشد که در نگاه تخصصی با کمی بهبود کیفی ارگانیک شرایط آبهای غیرمتعارف قابلیت اجرایی دارد و در نگاه عمومی ساکنان شهر اتفاقی متفاوت از آنچه تاکنون بر اکولوژی زیست بوم منطقه گذشته، می باشد. اجرای رودپارک با داشتن فضایی امن برای عموم قابل دسترسی است و مکانی فوق العاده برای تجربه جدید در منطقه خواهد بود.

مشکلات آبی و زیست محیطی یکی ازاساسی ترین مسائل شهر زاهدان و حاصل تعارض و تقابل با محیط طبیعی است، چرا که توسعه ی شهری با تسلط ساختمان ها، صنایع و حمل و نقل و فعالیت های اقتصادی بر فضاهای طبیعی همراه است و این تسلط به مرور زمان به شکل چیرگی شهر بر طبیعت تغییر یافته است و زمینه ساز نیاز فراوان به آب شرب و مصرف آب شیرین دریاچه های چاه نیمه سیستان و افزایش نامناسب سطح آب زیرزمینی در محدوده شهری زاهدان شده است. برای افزایش ارتقای کیفیت محیط زیست شهری از طریق اکولوژی سیمای آبی باید به ایجاد ساختارهایی در سطح شهرستان زاهدان با توجه به کریدورهای آبی پساب آب شیرین کن، پساب تصفیه خانه فاضلاب و آب های غیر متعارف موجود در مسیل های شهری و باران های فصلی اشاره کرد. آنچه که داده‌های زمین‌شناسی بویژه زمین شناسی مهندسی، آب شناسی و زمین شناسی شهری در راستای احداث روش های مطرح شده نشان می دهد، امکان طراحی سازه ها با توجه به مناسب بودن زمین برای ساخت انواع مختلف سازه‌ها و مهار مشکلات پس از ساخت بر اساس نیازهای آینده جامعه شهری زاهدان می باشد. ایجاد رودپارک در شهر زاهدان به بهبود کیفیت فضای شهری و بهبود خواص اکولوژیکی آن کمک می کند. توسعه صحیح مناطق در نزدیکی رودخانه و آب های غیرمتعارف موجود متأثیر زیادی بر سلامت محیط زیست شهری دارد و شرایط طبیعی و اقلیمی آن را بهبود می بخشد. زاهدان دارای منابع آبی اندک است و هم مرز بودن با دو کشور خشک در شرق ایران نیز سبب گردیده تا آب ورودی از زابل به زاهدان نیز بنا به عدم مدیریت صحیح صنعت آب از چرخه استفاده مجدد در داخل کشور خارج شده و به محدوده کشور پاکستان وارد شود. با توجه به آنکه در اقتصاد هماهنگی بین تولید و مصرف بر عهده شاخص بهره وری است، در صورت اجرایی شدن پیشنهادات شاخص بهره وری در استفاده بهینه از آب های سطحی و پساب موجود آب شیرین کن RO شهر زاهدان در بخشهای گوناگون مصارف پیشنهادی، تفاوت فراوان و صعود قابل ملاحظه ایی نسبت به وضعیت امروز شهر زاهدان خواهد داشت. پروژه های پیشنهادی و اجرایی استفاده از آبهای غیر متعارف و پساب با گسترش طیفی از خدمات و فرصت های مالی جدید، بخشی کلیدی در پیشبرد برنامه های شهری محسوب می شود.

نقش نادیده گرفته شده پساب آب شیرین کن شهر زاهدان و همچنین حجم زیاد روان آبهای موجود در مسیل های شهری در کنار پساب تصفیه خانه فاضلاب در طی ۶ سال گذشته در حفظ منابع آبی کشور و بهبود شرایط زندگی ساکنان شهر زاهدان سبب نگارش این مقاله می باشد. بررسی استفاده بهینه از روان آب شهری و پساب آب شیرین کن شهر زاهدان به منظور ارتقا منظر شهری از طریق تلاقی روش‌های بین رشته ای و مدل‌سازی آبی درک و ضرورت استفاده کاربردی از توسعه اکولوژیکی و مورفولوژیکی شهر زاهدان و پتانسیل استفاده از روشهای پیشنهادی را برجسته و مهم می نماید.

منابع

[۱] مطالعات آبرسانی شهر زاهدان، ۱۳۹۹، آبفا استان سیستان و بلوچستان.

[۲] Karmen ,M. Natasa ,Z. Mario ,S. Anamarija, F. ۲۰۱۳. Natural Zeolites in Water Treatment – How Effective is Their Use.

[۳] Water Resources Long Term Planning Framework;۲۰۱٦ Water UK.

[٤] Livermore Water Reclamation Plant Website, ۲۰۲۱.

[٥]رستمی زاده، ب، شهریاری، س، ۱۴۰۰، اصول طراحی پارک‌ها، فضای سبز و تفرج‌گاه‌های شهری، انتشارت ریشه.

[٦]شارما،ا، سینگ،و، کاراتا،س، مترجمان یوسفی، ح، بذرافشان،ا، اژدری، ز، ۱۴۰۰، هیدرولوژی شهری، آبخیزداری و مسایل اقتصادی اجتماعی، انتشارات شهرداری تهران.

[۷]برون،ا، ۱۴۰۰، اثرات استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در آبیاری، انتشارات سنجش و دانش.

[۸]افتخاری، ا، کامران کسایی، ح، ۱۴۰۰، تبیین اصول طراحی پارک ورزش با استفاده از منابع تجدیدپذیر، انتشارات ارشدان.

[۹]قربانعلی پور، ع، ۱۴۰۰، توسعه پایدار و طراحی شهری در فضای سبز شهر تهران با استفاده از تحلیل استراتژیکSWOT ، ناشر لیما.

[۱۰]سبزواری،ت، تراهی، م، ۱۴۰۰، هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آوند اندیشه.

[۱۱]الهی، ایمان، ۱۴۰۰، فضای سبز شهری، انتشارات جالیز.

[۱۲]جعفری، ع، نیکنام، م، ۱۳۹۸، اکولوژی شهر، انتشارات فرهوش.

[۱۳]هارنیک، پ، مترجمان صید بیگی، ص، رازجویان،م، فیضی مقدم، ز، ۱۳۹۸، شهر سبز- پارک‌های خلاقانه برای شهرهای کوچک، انتشارات هوشمند تدبیر.

[۱٤] Scholes, R. C.; Vega, M. A.; Sharp, J. O.; Sedlak, D. L. Nitrate Removal from Reverse Osmosis Concentrate in Pilot-Scale Open-Water Unit Process Wetlands. Environ. Sci. Water Res. Technol. ۲۰۲۱.

[۱٥] Rachel C. Scholes, Angela N. Stiegler, Cayla M. Anderson, and David L. Sedlak. ۲۰۲۱ Enabling Water Reuse by Treatment of Reverse Osmosis Concentrate: The Promise of Constructed Wetlands.

[۱٦] Van Houtte, E.; Verbauwhede, J.۲۰۲۱. Environmental Benefits from Water Reuse Combined with Managed Aquifer Recharge in the Flemish Dunes (Belgium). Int. J. Water Resour. Dev.

[۱۷] Potable Reuse Compendium; US EPA,۲۰۲۰.

[۱۸] Kambarani,, Masoud and Rezakhani, Naser,۲۰۲۱,Research eesults in unconventional water treatment, ,۳rd International Congress on Saltwater Decomposition,Zahedan.

[۱۹] Tajasosi, Sama,۲۰۲۱, Development of sustainable water treatment methods using local resources modern crust traditional core,۳rd International Congress on Saltwater Decomposition,Zahedan.