مقاله علمی

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۱، تابستان ۱۴۰۱ صص ۸۵-۹۵

بررسی واحدهای عملکردی و روش ساخت تصفیه‌خانه‌های آب

فریبرز یوسفوند[۱]

رامین بیات[۲*]

ramin.bayat67@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۱۸ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۶**

چکیده:

زمینه و هدف: آب تصفیه شده یکی از ارکان بسیار مهم در سلامت جوامع انسانی می باشد، لذا سعی در تصفیه آب از طریق تصفیه خانه های آب حتی با هزینه های بالا امری قابل توجیه می باشد. آب های سطحی غالبا دارای تنوع بیشتری از آلاینده ها نسبت به آب های زیرزمینی هستند و به همین دلیل فرآیندهای تصفیه ممکن است برای این قبیل آب ها پیچیده تر باشد. در تصفیه خانه های آب، پروسه تصفیه از طریق لوله ورودی به تصفیه خانه شروع و با عبور از سازه های آشغال گیر، هوادهی، میکرواسترینر، اختلاط سریع، سوپرپولساتور، فیلتر شنی و مخزن وارد جریان آب شهری می گردد و در این بین سازه های همچون تغلیظ کننده ، تانک بازیافت و آب گیری مکانیکی آلوده را به دو بخش قابل تصفیه و غیر قابل تصفیه تقسیم کرده و مواد جامد غیرقابل تجزیه را به خارج از مخزن هدایت می نمایند.

روش بررسی: این مقاله با بررسی پایگاه های معتبر علمی و تجربیات نویسندگان به بررسی روش ساخت و عملکرد بخش های مختلف تصفیه خانه های آب به صورت اجرایی و علمی پرداخته است.

یافته ها: عملکرد بخش های مختلف تصفیه خانه و روش ساخت آن ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اهمیت و جایگاه هر یک از بخش ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

بحث و نتیجه گیری: فرآیند تصفیه آب از زمان ورود به تصفیه خانه تا خروج از آن به صورت جز به جز به انضمام روش ساخت مورد بررسی قرار گرفت که اطلاعات سودمندی جهت برنامه ریزان و طراحان و فعالان در این زمینه قرار می دهد.

واژگان کلیدی: تصفیه خانه آب، مخزن، فیلتر شنی، آلاینده، روش ساخت

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

۲- کارشناس اداره راهداری و حمل و نقل جاده ای استان کرمانشاه

Human and Environment, No. 61, Summer 2022, pp.85-95

Investigation of Functional Units and Method of Construction of Water Treatment Plants

Faribourz Yousefvand[1]
Ramin Bayat[2*]
ramin.bayat67@gmail.com

Received: November 9, 2019 **Accepted: February 5, 2020**

Abstract

Background and purpose: Purified water is one of the most important elements in the health of human societies, so trying to purify water through water treatment plants is justifiable even with high costs. Surface waters often have a greater variety of pollutants than underground waters, and for this reason, treatment processes may be more complicated for such waters. In water treatment plants, the purification process starts through the inlet pipe to the treatment plant and enters the urban water stream by passing through garbage collection structures, aeration, microstrainer, rapid mixing, superpulsator, sand filter and tank. Like the concentrator, the recycling tank and the contaminated mechanical dewatering are divided into two parts that can be treated and cannot be treated, and the non-degradable solids are directed out of the tank.

Research method: This article has investigated the construction method and performance of different parts of water treatment plants in an executive and scientific way by reviewing reliable scientific databases and the experiences of the authors.

Findings: The performance of different parts of the treatment plant and their construction methods have been analyzed and the importance and position of each part has been discussed.

Discussion and conclusion: The process of water purification from the time of entering the water treatment plant to the time of its exit was investigated in detail, including the construction method, which provides useful information for planners, designers and activists in this field.

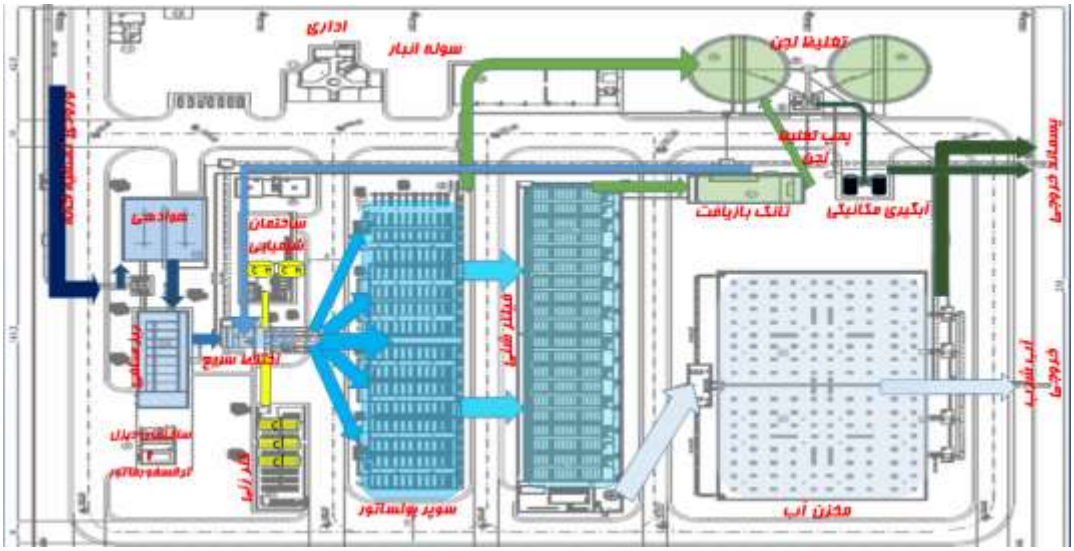
Keywords: Water treatment plant, tank, sand filter, pollutant, construction method

1- Department of Water Engineering, Technical and Engineering Faculty, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

2- Road Maintenance and Transportaion Organization, Kermanshah Province

مقدمه

همواره باید تلاش در این راستا باشد که تا حد امکان از خالص ترین منابع آب برای شرب استفاده شود، حتی اگر این امر به قیمت انتقال آب از مسیرهای طولانی و رساندن آن به مصرف کننده با هزینه فراوان تمام شود. فرآیندهایی که برای تصفیه آب آشامیدنی مورد استفاده قرار میگیرد بستگی به کیفیت منبع آب انتخاب شده دارند، بیشتر آب های زیرزمینی صاف و عاری از عوامل بیماری زا و همچنین فاقد مقادیر قابل توجهی از مواد آلی هستند این قبیل آب ها را میتوان با استفاده از حداقل مقدار کلر برای جلوگیری از آلودگی شبکه های توزیع در سیستم های آب آشامیدنی مورد مصرف قرار داد. آب های سطحی غالبا دارای تنوع بیشتری از آلاینده ها نسبت به آب های زیرزمینی هستند و به همین دلیل فرآیندهای تصفیه ممکن است برای این قبیل آب ها پیچیده تر باشد(یعقوبی، ۱۳۹۵). بیشتر آب های سطحی دارای کدورتی بیش از مقدار تعیین شده توسط استانداردهای آب آشامیدنی می باشد. به صورت کلی روند حرکت آب از ورود به تصفیه خانه تا خروج از مخزن در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱- پروسه تصفیه آب در تصفیه خانه

Fig1- Water treatment process in the treatment plant

آشغال گیری

در اولین مرحله از تصفیه آب شاخ و برگ درختان، لاشه حیوانات، لباس های کهنه و الیاف و سایر مواد شناور به وسیله شبکه های آشغالگیر از آب جدا میشوند. این شبکه ها مواد شناوری را که همراه آب است، در خود نگه میدارد و مانع ورود آنها به تصفیه خانه میشوند. آشغالگیر ممکن است قبل از ورود آب یا در محل ورودی آب به تصفیه خانه نصب شده باشد که در هر حال میبایست روزانه حداقل یکبار تمیز گردد. ورود این اشیا به تأسیسات، علاوه بر اینکه راندمان پالایش را کاهش میدهد ممکن است با اخلال در کار تجهیزاتی مانند شیرها و پمپ ها در عملیات تصفیه وقفه ایجاد نماید. بنابراین اولین مرحله تصفیه فیزیکی آب خام عملیات آشغال گیری می باشد (شکل ۲).

شکل ۲- نمایی از آشغال گیر

Fig2- A view of the garbage collector

هوادهی

واحد هوادهی یک راه حل کاربردی برای کنترل بو و طعم نامطبوعی است که بخاطر وجود عناصر سبک نظیر هیدروژن سولفید به وجود آمده است. این واحد برای خارج ساختن گازهای نامطبوع در آب یا افزودن اکسیژن به آب برای تبدیل مواد نامطلوب به شکلی مناسب تر استفاده می شود.

روشهای هوادهی عبارتند از:

الف) فرستادن آب به هوا

ب) دمیدن هوا به آب

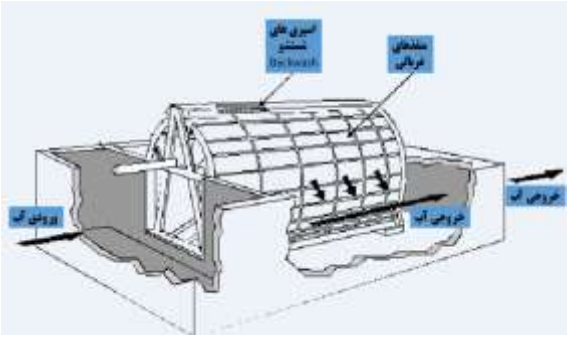
هوادهنده های آب در هوا طوری ساخته شده اند که قطرات کوچک آب را در هوا می پاشند در صورتی که هوادهنده های هوا در آب، حباب های هوا را به داخل آب می فرستند. هر دو روش طوری طراحی شده اند تا حداکثر تماس آب و هوا را به وجود آورند. هدف اصلی ساخت این سازه ایجاد حداکثر تداخل بین هوا و آب با صرف کمترین هزینه و انرژی است(حیدرزاده و همکاران، ۱۳۹۵).

در صورتی که کیفیت آب ورودی به تصفیه خانه خوب باشد آب خام با یک لوله کنارگذر (ByPass) بدون ورود به قسمت هوادهی وارد قسمت میکرواسترینر می شود.

میکرواسترینر

آب خروجی از واحد هوادهی به واحد میکرو استرینر منتقل می شود، کاربرد این واحد به منظور حذف جلبک ها از آب می باشد. همچنین دریچه و لوله کنارگذری در کنار میکرواسترینر طراحی شده است تا در مواقع غیرضروری آب بدون گذر از آن مستقیما از هوادهی به فلش میکسر وارد شود(زارعی و همکاران، ۱۳۹۵).

تعداد میکرواسترینرهای در نظر گرفته شده متغیر می باشد که بسته به ظرفیت و حجم جلبک ها وارد مدار می شوند. ریزصافی ها معمولاً بطور آماده توسط کارخانه ها و شرکتها عرضه میشوند. یک نوع از این سامانه ها متشکل از تعدادی سطح استوانه ای دوار است که از توری های شبک های دانه ریز پوشیده شده است. پساب از محور مرکزی به استوانه وارد و به صورت شعاعی از محیط جانبی خارج می گردد (شکل ۳).



شکل ۳- عملکرد میکرواسترینر

Fig 3- Microstrainer performance

اختلاط سریع

وظیفه واحد اختلاط سریع افزودن مواد منعقد کننده به آب خام ورودی جهت رفع کدورت و در مواقع لزوم افزودن مواد شیمیایی به آب می باشد، جهت این کار از همزن الکترومکانیکی در سازه استفاده شده است.

هدف از فرایند اختلاط سریع : انعقاد جامدهای کلوییدی و مواد معلق موجود در آن ، که یک توده جمع شده رابه وجودمی آورند، این توده در فرایند بعدی (سوپر پولساتور) حذف می شود(حمزه پور و همکاران، ۱۳۹۵).

مواد شیمیایی باید بطور یکنواخت با آب مخلوط شود. به همین دلیل هم زدن آب باید شدید باشد و تزریق مادۀ شیمیایی باید در متلاطم ترین منطقه صورت پذیرد. عمل اختلاط باید سریع انجام شود، (زمان متداول برای اختلاط ۳۰ ثانیه پیشنهاد می شود) و ناپایدار شدن کلوئیدها نیز در زمان بسیار کمی حاصل می شود.

اختلاط شدید یا تلاطم برای پراکنده کردن مواد شیمیایی در حوضچه به طور یکنواخت است و همچنین باعث ایجاد ارتباط کافی بین مواد منعقد کننده و ذرات معلق می شود.

مراحل ساخت سازه اختلاط سریع در شکل (۴) نمایش داده شده است.

شکل۴- مراحل ساخت واحد اختلاط سریع

Fig4- Construction steps of rapid mixing unit

سالم سازی آب(کلرزنی)

کلرزنی سازه ای است برای نگهداری ایمن کپسـول هـای گـاز و آماده سازی گاز کلر جهت تزریق در دو مرحله اولیه و ثانویـه بـه آب برای گند زدایی و از بین بردن بعضی از ناخالصی های آب. این سازه ساختمانی سوله ای با فندانسیون بتنی و با دیواره های آجری می باشد و مهمترین بخش آن اتاق کلریناتور می باشد که در آن عمل تزریق گازکلر به‌وسیله‌ی دستگاه‌های کلرزنی خودکار و سیستم‌های کنترل و ایمنی مربوطـه انجـام مـی‌شود(سـاعی و همکاران، ۱۳۹۶).

- واحد کلرزنی شامل زیربخش های زیر می باشد:
- اتاق کلرزنی (کلریناتور)
- اتاق فرمان و کنترل (اتاق برق)
- محل استقرار سیلندرهای آماده مصرف
- انبار نگهداری سیلندرهای گاز کلر
- حوضچه ی خنثی سازی (شکل ۵)

شکل۵- عملکرد و اجزای مختلف سازه کلرزنی

Fig5- Performance and different components of chlorination structure

واحد شیمیایی

یکی از ناخالصی های مهمی که در آب های سطحی وجـود دارد و باید نسبت به حذف آن اقدام نمود، مواد کلوئیدی اسـت. ایـن مواد باید به طریقه مناسب حذف شوند تا آب زلال و بـا کـدورت پایین مطابق اسـتانداردها تحویـل مصـرف کننـده گـردد. روش متداول حذف کدورت، رسوب دهی شیمیایی کلوئیدی با استفاده

از مواد منعقد کننده است(ساعی و همکاران، ۱۳۹۶).

در ساختمان شیمیایی مواد شیمیایی در آن انبار وآماده سازی شده و در مواقع لزوم به نسبت آلودگی آب از طریق سازه اختلاط سریع در آب تزریق می شود. در ساختمان شیمیایی عمل تهیه محلول های شیمیایی و تزریق آنها صورت می گیرد که باید به کمک وسایل توزین دقیق و انتقال مواد، بالابر و وسایل تهویه هوا صورت گیرد. لوله کشی ارتباط بین مخازن تهیه محلول و انتقال آن به محل تزریق مواد شیمیایی باید کاملا امن و بدون کمترین انسداد و گرفتگی باشد.

برای ته نشینی ذرات معلق موجود در آبهای سطحی و زلال سازی از مواد شیمیائی بنام منعقد کننده استفاده می شود. این مواد پس از رقیق سازی در مخازن شیمیائی بوسیله پمپ های تزریق در حوضچه فلاش میکسر (اختلاط سریع) به آب اضافه می گردد. در این حوضچه یک دستگاه همزن برقی برای اختلاط سریع مواد شیمیائی با آب نصب شده است.

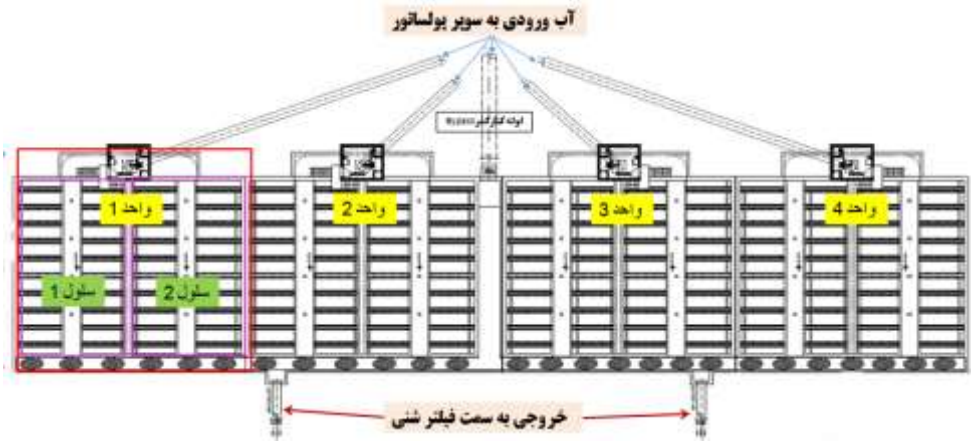
سوپرپولساتور (زلال ساز)

پولساتور تصفیه خانه آب دارای چندین واحد است که هر واحد شامل چند سلول مجزا بوده که هرکدام از این واحدها توسط یک لوله فولادی به طور مستقیم از اختلاط سریع تغذیه میگردد(Annor, et al.2014) .

آب پس از گذر از حوضچه اختلاط سریع ، وارد واحد زلال‌ساز می‌شود. این واحد دو فرآیند لخته‌سازی و ته‌نشینی را انجام می دهد. فرآیند لخته‌سازی با کمک تجهیزات مکانیکی مانند یک میکسر و با ایجاد شرایط خاص، لخته‌ها شکل گرفته و در قسمت ته‌نشینی فرو می‌نشیند. آب از طریق لوله های تحتانی وارد واحد های سوپرپولساتور میگردد که پس ازتماس با سطح صفحات زلالساز مواد کلوییدی از آب جدا شده و آب با کدورت پایین به سمت کانال های فوقانی جمع آوری آب حرکت می‌کند. مواد معلق شکل گرفته در فرایند اختلاط سریع و لجن ها در زیر سوپرپولساتور ته نشین می شود و به صورت دوره ای تخلیه می شوند.آب زلال از بالای سوپرپولساتور خارج و به سمت فیلترشنی می رود. لخته های تشکیل شده در واحد زلال‌ساز، بر اثر به‌هم‌زنی با پره‌های افقی یا قائم، به هم نزدیک شده و لخته‌های بزرگ قابل ته‌نشینی ایجاد می‌کند. رسوب دادن لخته‌های تشکیل شده در قسمت ته‌نشینی واحد زلال‌ساز انجام می‌گیرد (اشکال ۶ و ۷).

شکل۶- عملکرد واحد سوپرپولستار

Fig 6- Performance of the Superpolestar unit



شکل۷- ورود و خروج آب در سازه سوپرپولساتور

Fig 7- Water entry and exit in the superpulsator structure

فیلتر شنی (فیلتراسیون)

در فرایند فیلتراسیون آب از بین مواد متخلخل عبور می کند تا مواد معلق بسیار ریز از آب جدا شوند و آب با کیفیت بالا بدست آید. در زمان کار فیلترها ۹ دستگاه فیلتر در مدار می باشند و ۱ دستگاه در حال آماده بکار (Standby) می باشد. این فیلترها به صورت دوره ای شستشو می شوند . شستشوی فیلترها با آب و هوای تحت فشار انجام می شود (شکل ۸).

عمل تصفیه در این واحد به طور کلی بدین صورت است که در اثر عبور آب از خلل و فرج لایه های شن و ماسه سیلیس ذرات و مواد معلق آن به دام افتاده و آبی تقریبا عاری از مواد معلق به دست می آید . جمع شدن ذرات معلق در خلل و فرج صافی باعث افزایش فشار (اختلاف سطح آب روی سطح صافی و آب خروجی از صافی) می‌گردد که در صورت خروج این افت فشار از حد مجاز صافی فیلتر مورد شستشو قرار می گیرد .

فرآیند عملکردی واحد فیلتر شنی به طور کلی به ۲ فاز مختلف تقسیم بندی میشود:

۱- ورود آب به واحد فیلتر شنی و تصفیه آب و رفع کدورت آب زلال و خروج به سمت واحد مخزن ذخیره آب

۲- عمل شستشوی فیلترها در واحد ها با استفاده از آب برگشتی (Back Wash Water) از موتورخانه واحد فیلتر شنی(Gill,et al.2015) .

شکل۸- ساخت سازه فیلتر شنی

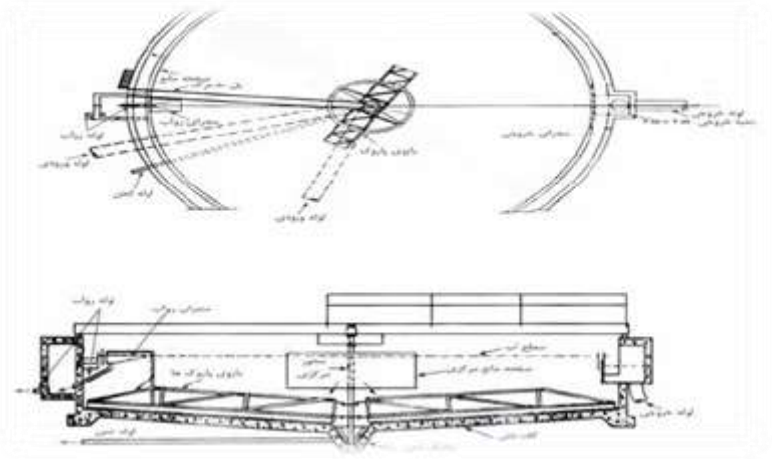
Fig 8- Construction of sand filter structure

تغلیظ کننده (تغلیظ لجن)

در تصفیه خانه ها علاوه بر واحدهایی که عمل تصفیه آب را انجام می دهند واحدهایی نیز برای تصفیه لجن و آماده سازی آن برای دفع به محیط خارج وجود دارد، واحد تغلیظ کننده یکی از آنهاست که جهت کاهش حجم لجن و به کمینه رساندن تلفات سامانه طراحی گردیده است، این واحد استخری است که غالبا به صورت استوانه ای ساخته می شود (Wright,et al.2015) .

واحد تغلیظ کننده لجناب ناشی از بک واش خروجی از زلال ساز

(سوپر پولساتور) و همچنین مواد معلق ته نشین شده در واحد ریکاوری را دریافت نموده، لجن را ته نشین کرده و تغلیظ می کند، این عمل به کمک یک همزن با سرعت دورانی بسیار کم انجام می گیرد. لجن های تغلیظ شده توسط لجن روب متصل به همزن به محل جمع آوری لجن هدایت شده و از آنجا به سمت واحد آبگیری لجن می رود (شکل ۹).



شکل۹- نحوه عملکرد تغلیظ کننده

Fig 9- How the concentrator works

تانک بازیافت

آبی که وارد سازه فیلتر می شود پس از فعل و انفعالاتی که روی آن انجام می شود به دو بخش تقسیم می شود یک بخش آن که تصفیه شده و برای مصرف شهری وارد مخزن می گردد اما بخش دیگر آن که قابلیت تصفیه پیدا نکرده و آب حاصل از شستشوی معکوس فیلتر می باشد وارد سازه ریکاوری می شود. در واحد تانک بازیافت در اثر نیروی گرانش و با توجه به سطح شیبدار کف تانک، لجن سنگین از آب جدا شده واز آنجا لجن جداسازی شده به سمت مخازن بازیافت پمپاژ می شوند و آب نیز مجددا از طریق پمپ ها به ابتدای واحد فرآیندی برگشت داده می شود .

آبگیری مکانیکی (خشک کن مکانیکی)

حذف آب همراه با لجن و در نتیجه افزایش درصد جامدات موجود در لجن را آبگیری لجن گویند. آبگیری لجن باعث کاهش هزینه انتقال لجن، افزایش کارایی سوزاننده های لجن و تبدیل لجن مایع به لجن جامد می شود

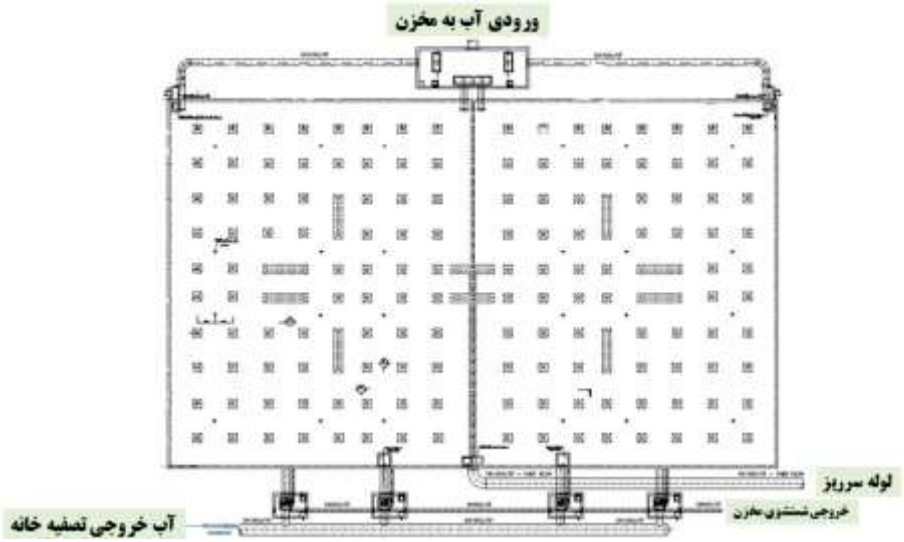
این واحد شامل دو بخش تهیه و تزریق پلی الکترولیت جهت آبگیری بیشتر از لجن و دستگاه های آبگیری می باشد. دستگاه های آبگیری از نوع فیلتر نواری می باشد، دستگاه فیلتر نواری شامل تجهیزاتی چون پمپ های تغذیه، پمپ های شستشو، غلتک گردان، پمپ هیدرولیک، تسمه نقاله و... می باشد.

لجناب تولیدی تصفیه خانه به نزدیک ترین مسیل تخلیه شده و لجن خشک شده از تصفیه خانه خارج و به محل مناسب دفع زباله انتقال می یابد.

مخزن نگهداری آب

آب خارج شده از واحد فیلتر شنی در مخزن بتنی نگهداری می شود. این مخزن دارای لوله های ورودی آب از سمت فیلتر شنی با قطر های مختلف به سمت کلکتور خروجی آب به سمت مصرف کننده می باشد.

مقدارآب مورد نیاز شهرها، شهرستانها و روستاها در مرحله ی اول به تعداد ساکنان آنها، تعداد کارخانجات، مؤسسات عمومی و فضاهای سبز آن منطقه بستگی دارد و در مرحلهٔ دوم به عواملی نظیر آب و هوا، آداب و رسوم و وجود چاه یا منابع دیگر آب بستگی دارد (اشکال ۱۰ و ۱۱).



شکل۱۰- ورودی و خروجی آب در مخزن

Fig10- Water inlet and outlet in the tank

شکل۱۱- مراحل ساخت مخازن آب

Fig11- Construction stages of water tanks

نتیجه گیری

آب تصفیه شده یکی از ارکـان بسـیار مهـم در سـلامت جوامـع انسانی می باشد، لذا سعی در تصفیه آب از طریـق تصـفیه خانـه های آب حتی با هزینه های بالا امری قابـل توجیـه مـی باشـد. تصفیه خانـه هـای آب در اکثـر مواقـع جهـت تصـفیه آب هـای سطحی کـه در معـرض آلـودگی هـای مختلفـی هسـتند مـورد استفاده قرار می گیرند. در تصفیه خانه های آب، پروسـه تصـفیه آب از طریـق لولـه ورودی بـه سـایت شـروع شـده و بـا طـی فرآیندهای مختلف از طریق خروجی مخزن نگهـداری آب پایـان می یابد. در جدول زیر به طـور خلاصـه فرآینـد تصـفیه آب در سازه های مختلف و عملکرد هر یـک از سـازه هـای بـه صـورت خلاصه ارائه می گردد.

جدول۱- فرآیند تصفیه آب در تفصیه خانه

Table 1- Water purification process in the water treatment

ردیف	واحد	عملکرد
۱	آشغال گیر	حذف آشغال و اشیا بزرگ
۲	هوادهی	هوادهی به آب
۳	میکرواسترینر	حذف جلبک ها
۴	اختلاط سریع	اختلاط مواد شیمیایی با آب
۵	کلرزنی	افزودن کلر به آب
۶	شیمیایی	افزودن مواد شیمیایی به آب
۷	سوپرپولساتور	حذف مواد معلق(پتوی لجن)
۸	فیلتر شنی	حذف مواد معلق بسیار ریز
۹	تغلیظ کننده	آماده سازی لجن جهت خروج از سایت
۱۰	تانک بازیافت	امکان تصفیه مجدد آب خروجی از فیلتر
۱۱	آب گیری مکانیکی	حذف مواد لجنی به خارج
۱۲	مخزن آب	نگهداری آب سالم

منابع

1- Yaqoubi Rikandei, Abbas, 2015, the performance of the wastewater treatment plant of Sari industrial town and the comparison of the effluent with the Iranian standard, International Conference on Architectural Engineering and Urban Planning, Tehran (In Persian)

2- Heydarzadeh Darzi, Hamid; Davoud Cherghani and Mahmoud Farrokhi, 2016, Biological removal of phenol from industrial wastewater using activated sludge, the third national conference of modern technologies in chemistry, petrochemical and nano Iran, Tehran (In Persian)

3- Zarei, Amnieh; Mohsen Nosrati and Mehrdad Rogigian, 2015, a review of activated sludge systems in treatment plants, National Conference on New Researches in Technical and Engineering Sciences, Ardabil(In Persian)

4- Hamzapour, Asia; Afshin Takdestan and Reza Jalilzadeh, 2015, investigation of the effectiveness of slow sand filter in removing organic matter (BOD, COD) and microbial index from the water of Karkhe River, 8th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering, Tehran (In Persian)

5- Sai, Farshid; Sahar Rezaiyan and Razieh Rahimi, 2016, Evaluation of Wastewater Treatment Plant Efficiency: A Case Study of Yazd City, 8th National Conference and Specialized Exhibition of

Environmental Engineering, Tehran (In Persian)

6- Annor, F.O., van de Giesen, N., Liebe, J., van de Zaag, P., Tilmant, A., Odai, S.N., 2014. Delineation of small reservoirs using radar imagery in a semi-arid environment: a case study in the upper east region of Ghana. Phys. Chem. Earth 34 (4–5), 309–315

7- Gill, A.C., McPherson, A.K., Moreland, R.S., 2015. Water Quality and Simulated Effects of Urban Land-use Change in J.B. Converse Lake Watershed,. Geological Survey,

8- Wright, K.C., Kim, H.S., Cho, D.J., Rabinovich, A., Fridman, A., Cho,Y.I., 2014. New fouling prevention method using a plasma gliding arc for produced water treatment. Desalination 345,64–71.

9- Banat, S.A.-A.F., Qtaishat, M., 2010. Treatment of waters colored with methylene blue dye by vacuum membrane distillation. Desalination 174, 87–96.

10- Petroleum, 2010. Petroleum Refining Water/Wastewater use and Management. IPIECA Operation Best Practice Series, IPIECA,London, UK.