Journal of Water & Wastewater Science & Engineering (jwwse)
Autumn 2017, Vol. 2, No. 3.
DOI: 10.22112/jwwse.2018.101606.1046

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب
سال دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

A Survey of Physical, Chemical and Microbial Quality of Drinking Water in Ahvaz Compared to the Drinking Water Standards in Year 2016-2017

Ferdos karimi[1], Naghmeh Orooji[2] and Afshin Takdastan[3*]
1- M.Sc. in Civil Engineering, Managing Director of Ahvaz Water and Wastewater Company, Ahvaz, Iran.
2- Ph.D. Student, Department of Environmental Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran.
3- Associat Professor, Environmental Health Engineering and Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
* Corresponding Author, Email: afshin_ir@yahoo.com

Received: 19/10/2017
Revised: 3/2/2018
Accepted: 3/2/2018

Abstract

The physical, chemical and microbial properties of water are crucial criteria for its drinking suitablity. Unfavorable changes in these parameters may threat consumers' health. The aim of this study was to give a clear view of physical, chemical and microbial quality of drinking water distribution network in Ahvaz compared to the national and WHO standards. This study was a cross-sectional survey conducted based on 48-week sampling program in Ahwaz water treatment plants No. 1, 2, 3, 4 and 5 as well as in six points in water distribution networks. Water analyses were implemented according to the standard methods. Nine tube of fermentation method was used to determine fecal and total coliform bacteria. The mean values of measured parameters were as follows: electrical conductivity 2282.5 ðs/cm, turbidity 2.3 NTU, pH 7.8, alkalinity 144.8, hardness 535.5 mg/L as CaCO3, calcium 137.2, magnesium 46.3, chloride 473.2, sodium 311.2, residual chlorine 1, TDS 1382.7, fluoride 0.53, nitrate 6.7, sulphate 370.2 mg/L, total coliform (0) MPN/100 ml, and fecal coliform (0) MPN/100 ml. Accordingly, the quality of drinking water in Ahvaz was not problematical from the health point of view and except the EC, hardness, sodium, and sulphate, all cited results met the national and WHO standards.

Keywords: Drinking water, Physiccal-chemical quality of drinking water, Standard no. 1053, WHO.

بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر اهواز و مقایسه آن با استانداردهای آب شرب در سال ۱۳۹۵

فردوس کریمی[۱]، نغمه عروجی[۲] و افشین تکدستان[۳*]
۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران، مدیرعامل و رئیس هیئت مدیره شرکت آب و فاضلاب اهواز، اهواز ، ایران.
۲- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران.
۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات فناوری‌های زیست‌محیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز ، ایران.
* نویسنده مسئول، ایمیل: afshin_ir@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۲۷
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی مبنای قضاوت قابل شرب بودن آن است. تغییرات نامطلوب در این پارامترها می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید کند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب شرب شهر اهواز و مقایسه آن با استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی (WHO) است. در این مطالعه که از نوع توصیفی - مقطعی بوده، نمونه‌برداری در مدت زمان ۴۸ هفته (سال ۱۳۹۵) از تصفیه‌خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ شهر اهواز و ۶ نقطه در شبکه توزیع آب انجام شد. تحلیل نمونه‌های آب براساس روش‌های مندرج در استانداردها صورت گرفت. آزمایش‌های میکروبی کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی با روش تخمیر ۹ لوله‌ای انجام شد. میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده شبکه توزیع آب به‌ترتیب هدایت الکتریکی ۲۲۸۲/۵ میکروزیمنس بر سانتیمتر، کدورت ۲/۳ NTU، pH ۷/۸، قلیائیت ۱۴۴/۸ و سختی کل ۵۳۵/۵ میلی‌گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم، کلسیم ۱۳۷/۲، منیزیم ۴۶/۳، کلراید ۴۷۳/۲، سدیم ۳۱۱/۲، کلر باقی‌مانده ۱، کل جامدات محلول ۱۳۸۲/۷، فلوراید ۰/۵۳، نیترات ۶/۷ و سولفات ۳۷۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر، کلیفرم کل (۰)، کلیفرم مدفوعی (۰ MPN/100mL) بود. کیفیت بهداشتی آب آشامیدنی شهر اهواز مشکل‌آفرین نیست. به‌جز EC، سختی، سدیم و کلراید، کلیه پارامترها استانداردهای ملی (۱۰۵۳) و WHO آب آشامیدنی را برآورده می‌کنند.

کلمات کلیدی: آب آشامیدنی، کیفیت فیزیکوشیمیایی آب، استاندارد ۱۰۵۳، WHO.

۱- مقدمه

آبی را که قرار است به عنوان آب اشامیدنی استفاده شود، باید مطابق با استانداردهای موجود باشد، که از طرف سازمان‌های معتبر ملی یا جهانی ارایه می‌شود. هدف اصلی بررسی‌های کیفی آب آشامیدنی، حفظ بهداشت عمومی و سلامت مصرف‌کنندگان است (Radmanesh et al., 2013). منبع اصلی تامین آب شرب شهر اهواز از رودخانه کارون است. رودخانه کارون به‌عنوان یکی از شریان‌های مهم آبی کشور، بیش از ۹۰۰ کیلومتر از مسیر ۱۲۰۰ کیلومتری خود را در استان خوزستان طی می‌کند. با توجه به طبقات و لایه‌های زمین و ترکیبات رودهای فرعی، وجود آب شور در مسیر رودخانه و همچنین حمل رسوبات و نمک‌های محلول دیگر از کیفیت آب می‌کاهد. تخلیه مستقیم و بدون پالایش انواع زهاب‌های اراضی کشاورزی، پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری خانگی و روستاهای مسیر، در دشت خوزستان موجب افزایش انواع آلودگی‌های فیزیکی یا شیمیایی و بیولوژیکی آب رودخانه کارون در اثر تخلیه مستقیم و بدون پالایش این پساب‌ها است.

شایان ذکر است که سایر بلاهای طبیعی نظیر طوفان‌ها، گرد و خاک‌های شدید در سطح استان، حرکت شن‌های روان، وجود دود و گازهای سمی‌خطرناک حاصل از فعالیت انواع مراکز و کارخانجات صنعتی منطقه نظیر صنایع فولاد، شرکت نورد و لوله اهواز، شرکت کرین ایران، چاه‌های نفت منطقه و غیره تاثیر به‌سزایی در آلودگی منابع سطحی و زیرزمینی این نواحی دارد (Hanjra and Qureshi, 2010). بنابراین این موضوع، نگرانی‌های زیادی در مورد امکان آلودگی منابع آب آشامیدنی شهر اهواز با انواع آلاینده‌ها به‌وجود آورده است.

بنابراین تحقیق در مورد وجود و شناسایی انواع آلاینده‌ها و میزان آن‌ها در منابع آب آشامیدنی، از اهمیت زیادی برخوردار است. چنان‌چه آلاینده‌های آب و میزان آن‌ها مشخص شدند، در این‌صورت در مرحله بعد می‌توان راهکارهای حذف این آلاینده‌ها را مورد بررسی و اجرا قرار داد و مانع از وارد شدن زیان و خسارت بیشتر به شهروندان شد. از طرفی چنان‌چه مشخص شود آلاینده‌ای در منابع آب حضور ندارد و یا غلظت آن‌ها از میزان مجاز کمتر است، این امر باعث آرامش خاطر مسئولین و نیز آرامش و امنیت روانی بیشتر شهروندان خواهد شد. از این منظر، خواص فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب از جمله پارامترهای مهمی هستند که در بهداشت و سلامت آب مصرفی و همچنین سطح رضایت‌مندی مصرف‌کنندگان جایگاه خاصی دارند. باید توجه داشت که در این بین بررسی عوامل میکروبی و شیمیایی به‌دلیل عدم قضاوت با چشم ظاهری از اهمیت بالاتری برخوردارند. کیفیت آب را با خواص فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آن بیان می‌کنند. مثل شفافیت، رنگ، بو، نمک‌های محلول در آب، سختی، pH، کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی و غیره (Hanjra and Qureshi, 2010).

مطالعات زیادی در رابطه با کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی در مناطق مختلفی از جهان ارائه شده است. Rajaei et al. (2012) در بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن به این نتیجه رسیدند که میزان سختی، سولفات، سدیم، کلراید، هدایت الکتریکی فراتر از حداکثر مجاز استاندارد ملی و میزان فلوئور در ۹۲٪ از نمونه‌های تحلیل شده کمتر از حداقل فلوراید توصیه شده است. ملکوتیان و مومنی (۱۳۹۱) طی مطالعه‌ای در بررسی کیفیت آب شرب بردسیر به این نتیجه رسیدند که میزان نیتریت و نیترات در کلیه نمونه‌ها کمتر از حد مجاز استاندارد ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی است. رضایی کلانتری و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی کیفیت آب شرب روستاهای استان قم به این نتیجه رسیدند که میزان رنگ، TDS، کدورت، pH، کلسیم، منیزیم، فلوئور و آمونیاک در مناطق مورد مطالعه از وضعیت مطلوب و قابل قبولی نسبت به استانداردهای داخلی برخوردار است ولی میزان فسفات، سختی و کلرور در این مناطق بیش از حد مجاز می‌باشد.

مسافری و اجلالی (۱۳۹۲) در بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی آب‌های شرب شهرستان‌های استان آذربایجان غربی به این نتیجه رسیدند که در مقایسه با استانداردهای ملی و بین‌المللی آب شرب در برخی از این مناطق، مقادیر بعضی از پارامترهای کیفی آب شرب مطابق با حدود مجاز نبوده و لازم است اقدام اصلاحی در این خصوص صورت گیرد. اصل هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی آب شرب شهر هریس به این نتیجه رسیدند که اگرچه این آب از نظر pH مشکلی ندارد اما از نظر سختی و قلیائیت شاهد یک روند افزایشی است که ممکن است مصرف‌کنندگان آب شرب را به استفاده از منابع ناسالم دیگر سوق دهد. Naji Ebrahim et al. (2013) در بررسی کیفیت فیزیکی شیمیایی آب آشامیدنی شهری در یمن به این نتیجه

رسیدند که غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و ترکیبات نیتروژنی مطابق با استاندارد WHO بوده اما غلظت همه عناصر و یون‌های فلزی کمتر از استاندارد پذیرفته شده برای آب اشامیدنی است.

طی مطالعه‌ای Gyamfi et al. (2012) در بررسی تحلیل شیمیایی نمونه‌های آب آشامیدنی در شهر آکرا در غنا، نشان دادند که غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب برای مصرف آب شرب از کیفیت مطلوبی برخوردار است. pH در تمام نمونه‌ها در محدوده استاندارد WHO از ۸/۵ - ۶/۵ به‌دست آمد، اما غلظت EC و کلراید بیشتر از رهنمود WHO بود. Belgin (2006) طی مطالعه‌ای بر روی منابع تامین‌کننده آب استان افیون[1] ترکیه، به‌این نتیجه رسید که میزان غلظت نیتریت و نیترات به‌ترتیب در ۱۱٪ و ۱۸٪ نمونه‌ها بیش از حد استاندارد است. بنابراین با توجه به اهمیت و نقش پایش کیفی آب در تامین آب شرب سالم و بهداشتی، این مطالعه به‌منظور بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب شرب شهرستان اهواز انجام شد، تا با مقایسه نتایج حاصل با استانداردهای کیفیت آب در ایران و رهنمودهای WHO وضعیت کیفی آب شرب جمعیت تحت پوشش کنترل و مشخص شود.

۲- مواد و روش‌ها

مرحله نمونه‌برداری یکی از مهم‌ترین مراحل انجام مطالعه است، زیرا اگر نمونه‌های انتخاب‌شده نماینده واقعی جمعیت مورد مطالعه نباشد، نتایج آزمایش بی‌معنی خواهد بود. تحقیق حاضر یک مطالعه توصیفی است که به‌صورت مقطعی برای بررسی کیفیت آب از نظر فیزیکی و شیمیایی به‌مدت ۱۲ ماه در شبکه آب آشامیدنی شهر اهواز (شامل شش نقطه: کیکاووس (۳۰ متری - خیابان شهید رستگاری)، ملاشیه، غزنوی، سپیدار، کوت عبدا... (شهر کارون) و زرگان) و خروجی آب تصفیه‌خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ اهواز انجام شده است. نمونه‌های این تحقیق، تحت نظارت شرکت آب و فاضلاب شهر اهواز و براساس فاصله از تصفیه‌خانه‌ها و پراکندگی در سطح شهر انتخاب شدند. کلیه نقاط نمونه‌برداری تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب اهواز قرار دارند و به‌صورت روتین نمونه‌برداری و مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

مشخصات و موقعیت جغرافیایی تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۱ و موقعیت نقاط نمونه‌برداری روی نقشه در شکل شماره ۱، ارائه شده است. در مجموع تعداد آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شده در آب تصفیه‌خانه‌های اهواز ۳۸۴۰ مورد و تعداد آزمایش‌های شبکه توزیع ۷۶۸ و تعداد آزمایش‌های میکروبی ۵۲۸ مورد بوده است. در تحلیل داده‌ها میانگین نتایج به‌دست آمده مدنظر بوده است. روش نمونه‌برداری لحظه‌ای انتخاب شد. قابل‌ذکر است برای برداشت نمونه‌ها از ظروف ۲ لیتری پلی‌اتیلنی تمیز و مواد شیمیایی استفاده شد که همگی ساخت شرکت مرک آلمان[2] با درجه خلوص بالا بودند. نمونه‌های برداشت شده برای انجام آزمون‌های شیمیایی، فیزیکی و میکروبی به آزمایشگاه مرکزی آب اهواز منتقل و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

به‌طور کلی آزمایش‌ها در دو دسته آزمایش‌های دستگاهی و تیتریمتری براساس روش‌های استاندارد طبق جدول ۲، برای آزمایش‌های آب و فاضلاب صورت پذیرفت (APHA, 2005). بر این اساس برای نمونه‌برداری میکروبی، از ظروف شیشه‌ای استریل حاوی تیوسولفات سدیم استفاده شد. نمونه‌ها در مجاورت یخ نگهداری و برای انجام آزمایشات میکروبی بلافاصله به آزمایشگاه آب و فاضلاب منتقل و مورد آزمایش قرار گرفتند. اندازه‌گیری دما، EC، pH، DO و کلر باقی‌مانده، ابتدا در محل‌های نمونه‌برداری و با استفاده از دستگاه EC متر مدل (WTW)، pH متر پرتابل مدل (WTW330/SET)، دستگاه DO متر پرتابل مدل (WTW340/SET OXI) ساخت کشور آلمان و کلر باقی‌مانده با استفاده از کیت کلرسنجی اندازه‌گیری شد. سنجش کلراید، سختی، کلسیم، منیزیم و قلیائیت به روش تیتریمتری، آنیون‌ها و کاتیون‌های فلوراید، آهن، فسفات، نیترات، نیتریت، آمونیاک، آلومینیم و COD با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR5000 مارک HACH، TOC با استفاده از دستگاه TOC متر SHIMADZU مدل TOC-VCSH، سدیم، لیتیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و برای اندازه‌گیری غلظت دیگر عوامل از دستورالعمل مندرج در کتاب روش‌های استاندارد استفاده شده است. سنجش باکتری‌های کلی‌فرم کل و مدفوعی نیز طبق روش تخمیر چندلوله‌ای انجام شد و نتایج به‌صورت MPN/100mL گزارش شدند. در نهایت نیز نتایج به‌دست آمده توسط نرم‌افزار EXCELL و با استفاده از تحلیل واریانس یک‌طرفه[3] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین غلظت‌های به‌دست آمده با استاندارد ملی ۱۰۵۳

جدول ۱- نشانی و مشخصات جغرافیایی تصفیه‌خانه‌های اهواز

ردیف	نام تصفیه‌خانه	نشانی جغرافیایی				
		محل	مختصات ورودی تصفیه خانه آب			
			سیستم مختصات UTM		سیستم مختصات جغرافیایی	
			X	Y	Latitude	Longitude
۱	شماره ۱	فلکه ملی راه، روبروی زوویه ۲	۲۸۱۶۴۸	۳۴۷۱۲۹۷	۳/۳۵۵۶۴۵۸	۴۸/۷۰۴۴۹۷۴
۲	شماره ۲	اتوبان شهید مدرس، روبروی شهرک زردشت	۲۷۸۸۱۷	۳۴۷۲۴۰۰	۳۱/۳۵۶۰۵۲۵	۴۸/۶۷۴۱۱۳۱
۳	شماره ۳	خ آبیاری، جنب مرقد حضرت علی بن مهزیار	۲۷۹۹۸۶	۳۴۶۸۶۷۸	۳۱/۳۳۱۷۲۰۱	۴۸/۶۸۷۶۱۵۰۱
۴	شماره ۴	اتوبان آیت ا... بهبهانی، کوت عبدا...	۲۷۷۴۴۱	۳۴۶۰۵۳۳	۳۱/۲۵۷۸۰۵	۴۸/۶۶۲۶۹۹۱۲
۵	شماره ۵	معین زاده، جنب منازل سازمانی نیروی انتظامی	۲۷۴۴۴۳	۳۴۶۲۲۷۷	۳۱/۲۷۲۹۴۹۶	۴۸/۶۳۰۸۴۴

شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری روی نقشه شهر اهواز

جدول ۲- پارامترهای مورد بررسی

پارامتر مورد بررسی	روش مورد استفاده	پارامتر مورد بررسی	روش مورد استفاده
کدورت	2130 Turbidity B, Nephelometric Method	فسفات	4500-p/D, Stannous Chloride Method
pH	4500-H+ B, Electrometric Method	COD	5220-Chemical Oxygen Demand (COD)-D, Closed Reflux, Colorimetric Method
قلیاییت	2320.B- B, Titration Method	TOC	5310 B, High-Temperature Combustion Method
آلومینیم	3500-Al-B, Eriochrome Cyanine R Method	آمونیاک	4500-NH3 F, Phenate Method
EC	2540 C, Total Dissolved Solids Dried at 180 ºC	پتاسیم	3500- K.B., Flame Emission Photometric Method
DO	Celloxi 325, wtw oxi 34i	آهن	3500-FE-B, Phenanthroline Method
کلراید	4500-CL B, Argentometric Method	لیتیم	3500-Li-B, Flame Emission Photometric Method
سختی	2340C-Edta Titrimetric Method	سدیم	3500-Na sodium-B, Flame Emission Photometric Method
کلسیم	3500-CAB, Edta Titrimetric Method	فلوراید	4500-F-D, SPADNS Method
نیترات	4500 – No_3^- – B. Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method	سولفات	4500-SO42-E, Turbidimetric or Spectrophotometric Method
کلی‌فرم مدفوعی	F. 9221 Multiple, *Escherichia Coli* Procedure Using Fluorogenic Substrate	نیتریت	4500-No_2 -B, Colorimetric Method
کلر باقی‌مانده	4500-Cl G, DPD Colorimetric Method	کلی‌فرم کل	9221 Multiple-B, Standard Total Coliform Fermentation Technique

ایران و استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقایسه شد (موسسه ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۸؛ WHO, 2011).

۳- نتایج و بحث

پس از نمونه‌برداری و انجام آزمایش بر روی نمونه‌های آب، میانگین مقادیر پارامترهای مختلف مطابق با جداول ۳ تا ۶ و مقایسه صورت گرفته با استانداردهای ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی نشان داده شده است (موسسه ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۸؛ WHO, 2011).

نتایج پارامترهای کلی‌فرم کل و مدفوعی برای تمام نمونه‌های جمع‌آوری شده صفر به‌دست آمد. که این موضوع نشان‌دهنده سالم بودن آب شرب شهر اهواز از لحاظ میکروبی است. بررسی نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین میزان سختی کل

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر کاتیون‌های اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

پارامتر	واحد	استاندارد ملی ایران		استاندارد WHO	*T_1	*T_2	*T_3	*T_4	*T_5	شبکه توزیع
		حد مطلوب	حداکثر مجاز							
کلسیم	mg/L	۳۰۰	-	۷۵ - ۲۰۰	۱۳۶/۸	۱۳۳/۶۶	۱۴۰/۳	۱۴۱/۴	۱۴۱/۸	۱۳۷/۲
منیزیم	mg/L	۳۰	-	۳۰ - ۵۰	۳۷/۲	۴۴/۰۷	۴۱/۳	۴۵/۵	۴۶/۸۱	۴۶/۳
پتاسیم	mg/L	-	-	۸ - ۱۲	۲/۶	۲/۵۷	۲/۷	۲/۷	۲/۶۳	۲/۸
آلومینیم	mg/L	۰/۱	۰/۱ – ۰/۲	۰/۱ – ۰/۲	۰/۰۴۷	۰/۰۲۵	۰/۰۳۴	۰/۰۱۱	۰/۰۲۶	۰/۰۲
آهن	mg/L	۰/۳	-	۰/۳	۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱
لیتیم	mg/L	-	-	-	۲/۶	۲/۳۳	۲/۷	۲/۷	۲/۶	۲/۶۷
سدیم	mg/L	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۴۲	۲۶۶/۵	۲۷۲/۳	۲۹۴/۸	۲۸۱/۴	۳۱۱/۲

(*T_1: تصفیه‌خانه شماره ۱، T_2: تصفیه‌خانه شماره ۲، T_3: تصفیه‌خانه شماره ۳، T_4: تصفیه‌خانه شماره ۴، T_5: تصفیه‌خانه شماره ۵)

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر آنیون‌های اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

پارامتر	واحد	استاندارد ملی ایران		استاندارد WHO	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	شبکه توزیع
		حد مطلوب	حداکثر مجاز							
فلوراید	mg/L	۰/۵	۱/۵	۰/۵ – ۱/۵	۰/۵۸۵	۰/۵۳	۰/۵۶۵	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳
سولفات	mg/L	۲۵۰	۴۰۰	۲۰۰ - ۴۰۰	۳۵۲/۴	۳۴۲/۷۳	۳۸۵	۳۵۷/۵	۳۷۳/۱۹	۳۷۰/۲
بیکربنات	(HCO_3) mg/L	-	-	۱۵۰ - ۵۰۰	۸۲/۲۹	۸۵/۳۶	۸۰/۸۴	۸۸/۶۶	۹۱/۲۴	۸۸/۳
نیتریت	mg/L	-	۳	۰/۱	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹
نیترات	mg/L	-	۵۰	۲۵ - ۵۰	۶/۳۹	۶/۶۵	۶/۳۹	۷/۱۱	۷/۰۶	۶/۷
کلراید	mg/L	۲۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۳۵۳/۲	۴۴۵/۰۱	۴۰۳/۶	۴۴۹/۴	۴۶۹/۱	۴۷۳/۲
کربنات	mg/L	-	-	-	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فسفات	mg/L	۰/۱	۰/۲	-	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰/۰۰۳

(*T_1: تصفیه‌خانه شماره ۱، T_2: تصفیه‌خانه شماره ۲، T_3: تصفیه‌خانه شماره ۳، T_4: تصفیه‌خانه شماره ۴، T_5: تصفیه‌خانه شماره ۵)

جدول۵- مقایسه میانگین مقادیر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

پارامتر	واحد	استاندارد ملی ایران		استاندارد WHO	*T_1	*T_2	*T_3	*T_4	*T_5	شبکه توزیع
		حد مطلوب	حداکثر مجاز							
سختی کل	mg/L ($CaCO_3$)	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰ - ۵۰۰	۴۹۵/۶	۵۱۷/۴۶	۵۲۳/۴	۵۱۲/۲	۵۵۱/۰۸	۵۳۵/۵
سختی دائم	mg/L ($CaCO_3$)	-	-	-	۳۶۰/۷	۳۷۵/۷۹	۳۹۰/۷	۳۶۷/۱	۴۰۱/۴۲	۳۹۰/۷
سختی موقت	mg/L ($CaCO_3$)	-	-	-	۱۳۴/۹	۱۴۰/۶۷	۱۳۲/۶	۱۴۵/۲	۱۴۹/۵۹	۱۴۴/۸
قلیائیت کل	mg/L ($CaCO_3$)	۱۲۰	-	۲۰۰ - ۵۰۰	۱۳۴/۹	۱۴۰/۶۷	۱۳۲/۶	۱۴۵/۲	۱۴۹/۵۹	۱۴۴/۸
اسیدیته کل	mg/L ($Caco_3$)	-	-	-	۴/۲۸۳	۴/۸۱	۴/۰۸	۴/۸۴۳	۳/۸۱	-
گاز کربنیک	mg/L ($CaCO_3$)	-	-	-	۳/۷۶	۴/۲۳	۳/۶	۴/۲۶	۳/۳۵	-
مواد آلی	mg/L ($kmno_4$)	-	-	-	۳/۴۷۵	۳/۵۶	۲/۶۷۳	۳/۷۱	۴/۱۳	۳/۵۵
COD	mg/L	-	-	-	۲/۱	۲/۵۷	۲/۵۶	۱/۸	۲/۵۵	۲/۶۳
TOC	mg/L	-	-	-	۰/۸۳۷	۰/۹۲	۰/۹۹	۱/۷۱۲	۱/۸۲	۱/۳۸
آمونیاک	mg/L	۱/۵	-	۰/۰۵ – ۰/۵	۰/۱۶۳	۰/۱۲	۰/۱۴۳	۰/۱۴۵	۰/۱۸	۰/۱۳
DO	mg/L	-	-	Min = ۴	۶/۶۹	۶/۴۸	۶/۷۳	۶/۵۴	۶/۴۹	۶/۵
کلر آزاد باقیمانده	mg/L	-	۰/۵ - ۱		۱/۱۵۸	۱/۱۲	۱/۱۵	۱/۲۷۵	۱/۱۵	۱
EC	µs/cm	-	-		۱۹۷۱/۸	۲۱۸۶/۳۲	۲۱۵۰	۲۲۹۷/۳	۲۳۱۶/۳	۲۲۸۲/۵
TDS	mg/L	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۱۱۹۳/۸	۱۲۹۸/۴۴	۱۳۲۸/۳	۱۴۳۱	۱۴۲۹/۷	۱۳۸۲/۷

(*T_1: تصفیه‌خانه شماره ۱ ، T_2: تصفیه‌خانه شماره ۲ ، T_3: تصفیه‌خانه شماره ۳ ، T_4: تصفیه‌خانه شماره ۴ ، T_5: تصفیه‌خانه شماره ۵)

مربوط به تصفیه‌خانه شماره ۵ (۵۵۱/۰۸ mg/L $CaCO_3$) و کمترین مقدار مربوط به تصفیه خانه ۱ (۴۹۵/۶ mg/L $CaCO_3$) است. میانگین سختی کل در چهار تصفیه‌خانه و شبکه توزیع به‌جز تصفیه‌خانه ۱ از حد مطلوب استاندارد ۱۰۵۳ ایران تجاوز کرده و مقدار آن از حداکثر مجاز نیز بالاتر است. همچنین با مقایسه میزان سختی کل با استانداردهای مدون داخلی و خارجی مشخص شد که این آب در ردیف آب‌های سخت و خیلی سخت قرار می‌گیرد. این درحالی است که از آنجا که در تصفیه‌خانه‌های مورد آزمایش، عملیات سختی‌گیری صورت نمی‌گیرد، سختی به‌دست آمده در آب رودخانه در آب آشامیدنی هم وجود خواهد داشت. نتایج این تحقیق با مطالعه جعفرزاده و همکاران (۱۳۸۶) همخوانی دارد.

حداکثر میزان کلسیم در تصفیه‌خانه ۵ (۱۴/۸ mg/L) و حداقل میزان آن در تصفیه‌خانه ۲ (۱۳۳/۶۶ mg/L) به‌دست آمد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان کلسیم در تمام تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع، زیر حد استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی (WHO) است. ویژگی اصلی کمبود کلسیم در کودکان، نرمی‌استخوان و تغییر شکل ساختاری استخوان‌های در حال رشد است، در حالی‌که در بزرگ‌سالان در پوکی استخوان نقش دارد. نتایج به‌دست آمده برای منیزیم

جدول ۶- مقایسه میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

پارامتر	واحد	استاندارد ملی ایران		استاندارد WHO	*T_1	*T_2	*T_3	*T_4	*T_5	شبکه توزیع
		حد مطلوب	حداکثر مجاز							
کدورت	NTU	≤۱	۵	≤۵	۱/۴	۱/۱۶	۱/۴۲۵	۳/۵	۳/۸۹	۲/۳
pH	-	۸/۵ – ۶/۵	۹- ۶/۵	– ۶/۵ ۸/۵	۷/۶۷	۷/۷۳	۷/۷۳	۷/۷۳۵	۷/۷۹	۷/۸
درجه حرارت	^0C	-	-	-	۲۵	۲۱/۷۳	۲۳/۳۳	۲۵/۳۷	۲۴/۵۴	۲۳/۹

(*T_1: تصفیه‌خانه شماره ۱ ، T_2: تصفیه‌خانه شماره ۲ ، T_3: تصفیه‌خانه شماره ۳ ، T_4: تصفیه‌خانه شماره ۴ ، T_5: تصفیه‌خانه شماره ۵)

در مقایسه با استانداردهای ملی ایران و WHO نشان داد که منیزیم در ۱۰۰٪ نمونه‌ها فراتر از حد مطلوب استاندارد ملی ایران ولی در محدوده قابل قبولی نسبت به استاندارد WHO قرار دارد. کمبود منیزیم باعث فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی و عروقی، بیماری آتروژنیز، دیابت نوع ۲ و سکته مغزی می‌شود (WHO, 2009).

میانگین کدورت در نمونه‌های مورد مطالعه از حد مطلوب استاندارد ملی تجاوز کرده و در محدوده مجاز قرار دارد ولی نسبت به استاندارد WHO در دامنه قابل قبولی قرار دارد. کدورت از عوامل پایش کیفیت روزانه آب است که بر دیگر خصوصیات کیفی نیز تاثیر دارد. مقدار متوسط pH در تمامی نمونه‌ها، تغییرات نامحسوسی داشته است و در حد مطلوبی نسبت به استانداردهای مدون داخلی و خارجی قرار دارد و محدودیتی از نظر مصارف شرب و صنعتی ایجاد نمی‌کند. حداکثر مقدار TDS در استاندارد ملی برابر ۱۵۰۰ mg/L و حداکثر آن از نظر WHO، ۱۰۰۰ mg/L است. نتایج نشان داد که میزان کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی به‌ترتیب بین ۱۱۹۳/۸ mg/L تا ۱۴۳۱ و ۱۹۷۱/۸ تا ۲۳۱۶/۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر است که این میزان برای TDS، از حد مطلوب استاندارد بالاتر و در محدوده مجاز قرار دارد. علت بالا بودن EC و TDS وجود املاح سدیم و نمک‌های معدنی بسیار بالا در آن‌ها، سدسازی، کاهش جریان آب رودخانه کارون، ریختن زهاب‌های کشت و صنعت نیشکر، ریختن فاضلاب‌های شهری و روستایی و صنعتی است. با افزایش دما، میزان EC افزایش می‌یابد، بنابراین در طی سال‌هایی که خشک‌سالی رخ می‌دهد و دمای هوا افزایش می‌یابد، می‌توان انتظار داشت که EC و TDS افزایش پیدا کند (زاهدی کولاکی، ۱۳۸۳).

حداکثر میزان قلیاییت در تصفیه‌خانه ۵ مشاهده شد. میزان قلیاییت از حد مطلوب استاندارد ملی بالاتر ولی نسبت به استاندارد WHO در محدوده قابل‌قبولی قرار دارد. میانگین آمونیاک، نیتریت و نیترات در محدوده استاندارد ۱۰۵۳ ایران و WHO قرار دارد. از این منظر آب شربی که در سیستم توزیع اهواز در جریان است از لحاظ وجود آمونیاک، نیتریت و نیترات مشکل جدی ندارد و محدودیتی از نظر بهداشتی برای مصرف‌کنندگان ایجاد نمی‌کند. وجود نیترات در آب شرب باعث بروز بیماری کودکان آبی می‌شود که در این بیماری هموگلوبین خون با نیترات ترکیب شده و متهموگلوبین تشکیل می‌دهد که قدرت اکسیژن‌رسانی نداشته و باعث خفگی کودکان می‌شود (WHO, 2005). تغییرات اسیدیته و گاز کربنیک به‌ترتیب بین ۳/۸۱ mg/L $CaCO_3$ تا ۴/۸۴ و mg/L $CaCO_3$ ۳/۳۵ تا ۴/۲۶ بوده است. استانداردی برای اسیدیته و گازکربنیک آب توسط مراجع بهداشتی تعیین نشده است. نتایج فلوراید نشان داد که تغییرات نامحسوسی بین خروجی تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع وجود دارد و میانگین به‌دست آمده در محدوده قابل‌قبولی نسبت به استانداردهای ملی و WHO قرار دارد. اطلاعات اپیدمیولوژیکال گواه بر این مطلب است که غلظت بالاتر ۱/۵ mg/L این ماده احتمال مسمومیت دندانی را بر اثر فلوئور به طور خطرناکی بالا می‌برد (بصیر و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین میزان یون فلوراید رودخانه‌های مارون، کارون و کرخه مورد بررسی قرار گرفته است و مشخص شد که متوسط غلظت یون فلوراید برابر ۰/۵ mg/L بوده است (بصیر و همکاران، ۱۳۸۵).

غلظت کلرور در تمام نمونه‌های مورد مطالعه از حد مجاز فراتر رفته و سبب تشدید طعم شوری در آب شده است ولی در تصفیه‌خانه ۱ در نزدیکی حداکثر مجاز استاندارد ملی قرار دارد. غلظت‌های اضافی کلراید سرعت خورندگی فلزات در شبکه توزیع را بسته به قلیاییت آب افزایش می‌دهد و این مورد می‌تواند به غلظت زیاد فلزات در آب منجر شود. براساس نتایج به‌دست آمده، میزان سولفات اندازه‌گیری شده در تمام نمونه‌ها، از حد مطلوب بالاتر و در نزدیکی حد مجاز استاندارد قرار دارد. حداکثر میزان سولفات در تصفیه‌خانه ۵ اندازه‌گیری شده است. غلظت بالای سولفات در آب آشامیدنی منجر به اسهال زودگذر می‌شود. USEPA برای حفاظت کودکان مقدار حداکثر مجاز برای سولفات را بر اساس اثرات گوارایی آن ۲۵۰ mg/L در نظر می‌گیرد (EPA, 2004). غلظت کربنات در تمامی‌نمونه‌ها ۰ mg/L اندازه‌گیری شده است. حداکثر میزان بیکربنات در تصفیه‌خانه ۵ با مقدار ۹۱/۲۴ mg/L به‌دست آمد. حداکثر سختی دائم و موقت در تصفیه‌خانه ۵ اندازه گیری شد.

غلظت فسفات در تمام نمونه‌ها در دامنه قابل‌قبولی نسبت به استاندارد ملی و WHO قرار دارد. نتایج آزمایش سدیم بیانگر بیش از حد مجاز بودن میزان سدیم در تمام نمونه‌ها بیش از حد مطلوب توصیه شده برای مصارف آشامیدنی است. سدیم در غلظت‌های بالا در آب آشامیدنی برای افرادی که دچار بیماری‌های قلبی، کلیوی و دستگاه گردش خون هستند خطرناک است. غلظت پتاسیم در تمام نمونه‌ها از حد استاندارد WHO پایین‌تر بود. در مطالعه‌ای در کشور هند، علت افزایش سدیم و پتاسیم در آب، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی ذکر شده است (Guo and Wang, 2004). حداکثر میزان آهن در تصفیه‌خانه ۲ (۰/۰۰۹ mg/L) اندازه‌گیری شده است بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار این کاتیون از لحاظ شرب نسبت به استاندارد مشکل‌ساز نیست. میزان تغییرات لیتیم بین ۲/۳۳ mg/L تا ۲/۷ اندازه‌گیری شده است.

لیتیم در استانداردهای اولیه آب آشامیدنی لحاظ نمی‌شود و حداکثر مقدار پیشنهادی آن ۵ mg/L است. حداکثر مقدار آلومینیم در تصفیه‌خانه ۳ (۰/۰۳۴ mg/L) و حداقل آن در تصفیه‌خانه ۵ معادل ۰/۰۱۱ mg/L اندازه‌گیری شد و در تمامی نمونه‌ها زیر حد استاندارد ملی و WHO توصیه شده قرار گرفته است. در کل ارتباط مثبت بین AL موجود در آب آشامیدنی و بیماری آلزایمر در چندین مطالعه اپیدمیولوژی به ثبت رسیده است (بصیر و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به نتایج، غلظت اکسیژن محلول در تمامی نمونه‌ها تغییرات نامحسوسی داشته است. هرگز استانداردی برای DO عمدتاً به‌دلیل غیرسمی بودن توسط مراجع بهداشتی تعیین نشده است. حداکثر میزان مواد آلی از طریق ارزش پرمنگناتی و TOC در تصفیه‌خانه ۵ به‌ترتیب ۴/۱۳ mg/L و ۱/۸۲ به‌دست آمد. حداکثر میزان COD در شبکه توزیع معادل ۲/۶۵ mg/L اندازه‌گیری شد. استانداردی برای مواد آلی توسط مراجع بهداشتی تعیین نشده است. امین و همکاران (۱۳۹۲) طی مطالعه‌ای بیان کردند که اگر چه ارتباط معناداری از نیتریت، نیترات و TOC محتوی در آب با بیماری‌های دستگاه گوارش ثبت نشد، اما باید در نظرداشت که این چنین تهدیدکننده‌های سلامتی ممکن است به مرور زمان به‌وجود آید و کیفیت محتوای آب باید برای جلوگیری از بیماری‌های مختلف کنترل شود. حداقل میزان کلر باقی‌مانده در شبکه توزیع معادل ۱ mg/L و حداکثر آن در تصفیه‌خانه ۴ معادل ۱/۲۷۵ mg/L به‌دست آمد. مقدار توصیه شده کلر آزاد باقی‌مانده پس از مدت زمان نیم‌ساعت در شرایط عادی حداقل ۰/۸ - ۰/۵ در هر نقطه از شبکه و حداقل ۰/۲ در محل مصرف آب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر است (WHO, 2005).

Mohemmad Rafi et al. (2011) در بررسی تجزیه و تحلیل آب آشامیدنی در برخی از مناطق روستایی Nandyal هند به‌این نتیجه رسیدند که غلظت بسیاری از پارامترهای مورد بررسی در نمونه‌های آب آشامیدنی در بعضی از مناطق (۷/۳۹ – ۵/۴۷ pH:، ۴۹-۱۱۶۸ s/cmμ EC:، ۴۱/۲ – ۷۳ mg/L SO_4:، ۱۱/۱۹ – ۳۹/۷۶ mg/L NO_3:، ۰/۰۷ – ۰/۱۸ mg/L AL:، ۰/۰۸ – ۹/۹۴ mg/L Fe:) پایین‌تر از حد مجاز WHO است. Akoto and Adiyiah (2007) در بررسی تحلیل شیمیایی آب آشامیدنی در منطقه Brong Ahafo غنا به‌این نتیجه رسیدند که غلظت بسیاری از پارامترهای مورد بررسی در نمونه‌های آب آشامیدنی در بعضی از مناطق (۷/۵۴ – ۵/۵۷ pH:، ۳۵-۱۲۱۶ cmμ/s EC:، ۸/۰۲- ۳/۳۳ mg/L SO_4:، ۰/۰۹- ۰/۹۹ mg/L NO_3:، ۰/۰۵ - ۰/۱۵ mg/L AL:، ۰/۰۵ – ۰/۸۵ mg/L Fe:) زیر حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی است و هیچ ارتباطی بین غلظت فلزات در نمونه‌های آب آشامیدنی وجود ندارد.

Nasrolahi Omran et al. (2010) طی مطالعه‌ای به‌این

نتیجه رسیدند که کلیه نمونه‌های مورد آزمایش از نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در محدوده استانداردهای ملی و جهانی بوده است از نظر سختی آب شرب گرگان جزء آب‌های خیلی سخت می‌باشد. Sadeghi and Rouholahi (2007) در اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر اردبیل به‌این نتیجه رسیدند که سولفات ۹٪ نمونه‌ها، سختی کل ۴۱٪، فسفات در ۷۱٪ نمونه‌های تحلیل شده بیشتر از حداکثر مجاز بوده و فلوئور در ۵۷٪ نمونه‌های تحلیل شده کمتر از حداقل فلوئور توصیه شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده و نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه[3] در سطح اطمینان ۹۵٪ مشخص شد که بین عوامل کیفی در ۵ تصفیه‌خانه و شبکه توزیع آب اهواز در اکثر موارد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در تحلیل نتایج، نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های اندازه‌گیری شده، شاید به‌این معنی است که کیفیت آب خروجی از تصفیه‌خانه‌های آب، مشخصات خود شبکه و شرایط محیطی موجود در ۶ نقطه از شبکه توزیع آب اهواز تا اندازه زیادی با هم مشابهت دارند.

برای مشخص کردن کیفیت آب علاوه‌بر استانداردهای ملی و بین المللی از استانداردهای دیگری هم استفاده می‌شود که دیاگرام Schoeller یک نوع از آن است. براساس طبقه‌بندی پارامترهای کیفی آب در تمام مناطق در وضعیت خوب تا متوسط قرار گرفتند. نتایج نشان داد که pH و کلسیم در وضعیت قابل قبول، منیزیم و بی‌کربنات در وضعیت خوب، سدیم، TDS و سولفات در وضعیت متوسط و سختی کل و کلراید در وضعیت قابل قبول تا متوسط قرار گرفتند.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات و نتایج به‌دست آمده، کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر اهواز در محدوده توصیه شده و در مقایسه با استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی از کیفیت نسبتاً مطلوبی برخوردار است. موارد اصلی محدودکننده آن EC، سختی، سدیم، کلراید است که این وضعیت می‌تواند علاوه‌بر مشکل‌ساز بودن در شبکه آب‌رسانی باعث ایجاد طعم و ظاهر نامناسب شود، اما در نهایت می‌توان گفت که آب آشامیدنی شهر اهواز از نظر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی مشکل بهداشتی ایجاد نمی‌کند و برای مصرف آشامیدنی مناسب است. ورود زه‌کش‌های کشاورزی به‌ویژه طرح توسعه نیشکر در بالادست شهر اهواز در کنار کاهش دبی رودخانه باعث افزایش میزان EC آب می‌شود.

بررسی‌های به‌عمل آمده از عملکرد تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه نشان داده است که در هیچ‌یک از آن‌ها عملیات پیش‌ته‌نشینی و کاهش سختی انجام نمی‌گیرد، بقیه مراحل تصفیه در کل تصفیه‌خانه‌ها به‌خوبی اجرا شده و آب خروجی از تصفیه‌خانه، استانداردهای لازم آب شرب را دارا است. با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌شود که نسبت به تجهیز تصفیه‌خانه‌ها به وسایل مجهز اقدام شود و بررسی‌های کاربردی برای انتقال آب از سرچشمه‌های بالادست به‌وسیله خطوط لوله و تعبیه مخازن و سیستم‌های تحت فشار در مسیر انتقال انجام پذیرد. همچنین بالابردن توان اجرایی و مدیریتی کمی و کیفی آب، تطبیق با استانداردهای معتبر بهداشت جهانی، نگهداری صحیح از شبکه‌ها و بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های موجود، پایش، کنترل به‌موقع باید همیشه مدنظر مسئولان و بهره‌برداران امور آب قرار گیرد.

در مجموع بهترین روش برای تضمین کیفیت آب آشامیدنی، اجرای سیستم مدیریت جامع با همکاری کلیه ارگان‌های ذیربط است. رویکرد جدید سازمان بهداشت جهانی برای دست‌یابی به‌این هدف اجرای برنامه ایمنی آب است. محدوده اجرای برنامه ایمنی آب، کل سیستم تامین آب آشامیدنی از حوزه آب‌گیر تا مصرف را شامل می‌شود. اهداف برنامه ایمنی آب آشامیدنی اطمینان از کیفیت آب آشامیدنی براساس مدیریت خطر است که عبارتند از: پیشگیری از آلودگی منبع آب آشامیدنی تصفیه آب برای کاهش یا حذف آلودگی برای رسیدن به استانداردها، پیشگیری از آلودگی مجدد آب در مدت ذخیره‌سازی، توزیع و مصرف.

۵- پی‌نوشت‌ها

1- Afyon
2- Merck
3- One–Way ANOVA

۶- مراجع

اصل هاشمی، ا.، مرادزاده، ا.، و احمدیان، س.، (۱۳۹۲)، «مطالعه آب آشامیدنی شهرستان هریس در فاصله زمانی

۱۳۸۵-۱۳۹۰»، *شانزدهمین کنفرانس ملی سلامت محیط زیست*، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.
امین، م.م.، پورصفا، پ.، همامی، ف.، و خادمی کیا، س.، (۱۳۹۲)، «ارتباط بین نیترات، نیتریت و TOC در آب و بیماری‌های دستگاه گوارش»، *شانزدهمین کنفرانس ملی سلامت محیط زیست*، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.
بصیر، ل.، خانه مسجدی، م.، حقیقی، م.، و نعمتی اصل، س.، (۱۳۸۵)، " بررسی رابطه بین فلوروسیس و شیوع DMFT با غلظت فلوراید در آب آشامیدنی خوزستان در کودکان ۱۰ تا ۱۲ ساله در سال ۱۳۸۱»، *نشریه دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی*، ۲۴، ۱۴-۲۳.
جعفرزاده، ن.، مراقی، ش.، مرعشی، شَ.، و موید، پ.، (۱۳۸۶)، «بررسی کیفیت باکتریولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی حوضچه‌های تصفیه خانه آب اهواز»، *نشریه علوم پزشکی جندی شاپور*، ۶(۲)، ۲۲۷-۲۳۴.
زاهدی کولاکی، ا.، (۱۳۸۳)، «تاثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب در شهر بوشهر»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
مسافری، م.، و اجلالی، ا.، (۱۳۹۲)، «مطالعه کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی آذربایجان غربی»، *شانزدهمین کنفرانس ملی سلامت محیط زیست*، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.
موسسه ملی استاندارد ایران، (۱۳۸۸)، *ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی*، شماره ۱۰۵۳، تهران، ایران.

Akoto, O., and Adiyiah, J., (2007), "Chemical analysis of drinking water from some communities in the Brong Ahafo region", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4(2), 211-214 .

APHA, (2005), "Standard methods for the examination of water and waste water", 21st Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., USA.

EPA, (2004), "Edition of the drinking water standards and health advisories", EPA822-R-04-005, Office of Water Protection Agency, Washington D.C.

Guo, H., and Wang, Y., (2004), "Hydrogeochemical processes in shallow quaternary aquifers from the northern part of the Datong Basin", *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 19, 19-27.

Gyamfi, E.T., Ackah, M., Anim, A.K., Hanson, J.K., Kpattah, L., Enti-Brown, S., Adjei-Kyereme, Y., and Nyarko, E.S., (2012), "Chemical analysis of potable water samples from selected suburbs of Accra, Ghana", *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 2(2), 118-127.

Malakotian, M., and Momeni, J., (2013), "Quality survery of drinking water in Bardsir, Iran 2009-2010", *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 11(4), 403-410.

Mohemmad Rafi, K., Rmachar, T., and Umamahesh, M., (2011), "A study on chemical analysis of drinking water from some communities in Nandyal rural areas of Kurnool district, Andhra Pradesh, India", *International Journal of Civil and Structural Engineering*, 2(1).

Ebrahim, N., Kershi, R.M., Saif, B.N., and Rastrelli, L., (2013), "Physico-chemical analysis of drinking water from Maoh (Zafar) village, Yemen", *World Applied Sciences Journal*, 26(2), 244-247.

Nasrolahi Omran, A., Bay, A., Pourshamsian, Kh., Karimi, Kh., Hashemi, M., and Maghsoodloo, B., (2011), "Study of physical, chemical and bacteriological quality of drinking water in Gorgan in 2010", *Journal of Medical Laboratory*, 5(1), 13-17.

Radmanesh, F., Zarei, H., and Salari, M., (2013), "Water quality index and suitability of water of Gotvand basin at district Khuzestan, Iran", *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 707-713.

Rajaei, G., Mehdinejad, M.H., and Hesari Motlagh, S., (2012), "A Survey of chemical quality of rural drinking water of birjand and qaen plains, Iran", *Journal of Health Systems Research*, 7(6), 18-26.

Rezaei Kalantary, R., Azari, A., Ahmadi, E., and Ahmadi Jebelli, M., (2013), "Quality evaluation and stability index determination of Qom rural drinking water resources", *Journal of Health in the Field*, 1(3), 9-16.

Sadeghi, H., and Rouholahi, S., (2007), "Study of Ardabil drinking water physicochemical parameters", *Journal of Ardabil University of Medical Sciences (JAUMS)*, 7(1), 52-56.

Hanjra, M.A., and Qureshi, M.E., (2010), "Global water crisis and future food security in an era of climate", *Journal af Food Policy*, 35(5), 365-377.

Smken, B., Ozdemir, M., Yavuz, H., and Pamuk, S., (2006), "The microbiological quality and residual nitrate/nitrite level in Turkish sasuage (soudjouck) produced in Afyon Province, Turkey", *Journal of Food Control*, 17(11), 923-928.

World Health Organization, (2009), *Calcium and magnesium in drinking-water*, Geneva.

World Health Organization, (2005), *Nutrients in drinking water*, Geneva.

World Health Organization, (2011), *Guidelines for drinking water quality, Vol. 1: Recommendations*, 4th Edition, Geneva.