

# Estimation of Kermanshah Domestic Wastewater Characteristics Based on Socio-economic Variables

## تخمین مشخصات فاضلاب شهر کرمانشاه بر مبنای متغیرهای اقتصادی - اجتماعی

Ali Almasi<sup>1</sup>, Mohammad Tagi Eyvazi<sup>2</sup>,  
Mansour Rezaee<sup>3</sup>, Ehsan Amir Pour<sup>4</sup>

علی الماسی<sup>۱</sup> محمدتقی عیوضی<sup>۲</sup>  
منصور رضایی<sup>۳</sup> احسان امیرپور<sup>۴</sup>

(دریافت ۸۴/۱/۱۶ پذیرش ۸۴/۴/۷)

### چکیده

### Abstract

A survey of wastewater characteristics in Kermanshah City was conducted to evaluate the range of pollutant ratios (BOD, SS, N, and P, to COD) that can be used to assess the robustness of wastewater management systems in terms of sustainability. The method of study is descriptive and analytical. Data were collected from three districts of the city that were socio-economically different (Ellaheiah, Taavon and Kasra) and considered to be true representatives of the population. Average values of BOD<sub>5</sub>/COD (0.58, 0.55 and 0.56 mg/mg); SS/COD (0.633, 0.619, 0.636); N/COD (0.09, 0.078 and 0.076); and P/COD (0.016, 0.015 and 0.018) were obtained from the three districts of the city, Ellaheiah, Taavon and Kasra, respectively. The alkalinity of the wastewater was 2.5 times stronger than normal wastewater. The results indicate that despite seemingly different values for the parameters measured, no significant differences exist among samples from the three study districts. Based on BOD and COD, the samples seem to range from medium to strong. BOD/COD ratios are almost satisfactory (0.5 -0.6) in the sense that more than 0.55% of carbonaceous material is biodegradable. Regarding TKN, total phosphorous concentration is in the range of medium wastewaters. Phosphorous concentration in the wastewater from Kasra was significantly higher than those from the other two districts.

**Keyword:** Socioeconomic Variables, Wastewater Characteristics, Kermanshah.

به منظور تعیین کمی و کیفی عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، تخمین تولید فاضلاب و ارتباط کمی آنها با وضعیت اقتصادی-اجتماعی جامعه، بررسی روی فاضلاب شهر کرمانشاه صورت گرفته است. علاوه بر تعیین پارامترهای مورد نظر نسبت های BOD<sub>5</sub>/COD, SS/COD, N/COD, P/COD، رابطه آب مصرفی با درآمد ماهیانه جامعه و سرانه بار آبی نیز تعیین گردیده است. با توجه به ملاحظات اقتصادی-اجتماعی و در آمد ماهیانه شهر به سه منطقه (اللهیه، تعاون و کسری) با درآمد خوب، متوسط و نسبتاً پائین تقسیم نمود. سرانه آب مصرفی با وضعیت اقتصادی- اجتماعی رابطه معنی داری دارد، اما میزان آب سرانه فاضلاب تولیدی مناطق از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند. نسبت BOD به COD نیز برای الهیه، تعاون و کسری به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۸ و ۰/۵۶ محاسبه گردید. از نظر میزان کل جامدات معلق (TSS)، به ترتیب ۱۴۴/۴۶±۳۳۴/۹۷، ۱۴۶/۱۹±۳۳۶/۹۷ و ۱۳۷/۳±۲۲۲/۲۹ میلی گرم در لیتر مواد معلق برای فاضلاب سه منطقه به دست آمده است. نسبت TSS به COD به ترتیب ۰/۶۲۳±۱۹۰/۶۱۹ و ۰/۶۲۶±۱۳۷/۳ برای هر سه منطقه محاسبه گردیده است. از نظر میزان نیتروژن کل (TKN) به ترتیب ۱۵±۳۲۰/۷۷ و ۱۲±۴۲/۶۷ و ۱۳±۲۶/۵۴ میلی گرم در لیتر نیتروژن برای فاضلاب سه منطقه به دست آمده است. نسبت TKN به COD به ترتیب ۰/۰۹، ۰/۰۷۸ و ۰/۰۷۶ برای هر سه منطقه می باشد. از نظر غلظت فسفر کل (P) به ترتیب ۰/۸۶±۷/۹۲، ۰/۷۵±۷/۹۲ و ۰/۸۸±۸/۴۳ میلی گرم در لیتر فسفر برای فاضلاب سه منطقه مشخص گردید. نسبت P به COD به ترتیب ۰/۰۱۶±۰/۰۱۵ و ۰/۰۱۸±۰/۰۱۸ برای هر سه منطقه محاسبه گردیده است. کلیتاً فاضلاب هر سه منطقه بیش از دو نیم برابر فاضلابهای قوی می باشد. از نظر شاخص آلودگی میکربی هر سه منطقه در رده فاضلابهای متوسط قرار دارند.

در این مطالعه علیرغم اختلاف ظاهری پارامترهای اندازه گیری شده در مناطق سه گانه، غالب اختلافات از نظر آماری چشمگیر نبوده و فاضلاب شهر کرمانشاه از نظر اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز تجزیه بیوشیمیایی متوسط نزدیک به قوی می باشد.

**واژه‌های کلیدی:** مشخصات فاضلاب، کرمانشاه و وضعیت اقتصادی- اجتماعی

1. Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Kermanshah University of Medical Sciences
2. Assistant Professor of Medical Physics, Kermanshah University of Medical Sciences
3. Assistant Professor of Medical Biostatistics, Kermanshah University of Medical Sciences
4. Senior Water & Wastewater Engineer, Kermanshah Provincial Water and Wastewater Company

- ۱- استادیار مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
- ۲- استادیار فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
- ۳- استادیار آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
- ۴- کارشناس ارشد، مهندسی آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب شهری استان کرمانشاه

رشد سریع جمعیت و روند رو به رشد مصرف منابع به ویژه آب برای مقاصد بهداشتی و صنعتی، منجر به تولید بیش از پیش فاضلاب شده است. تعیین میزان جریان فاضلاب، قدمی اساسی در جهت طراحی امکانات جمع آوری، تصفیه و دفع آن است. برای دستیابی به طراحی مطلوب فارغ از موانع احتمالی در اجرا، بهره‌برداری و نگهداری، اطلاعات دقیق و مطمئن از کم و کیف فاضلاب در ابتدای برنامه ریزی ضرورت دارد [۱]. فاضلابهای خانگی با ترکیب مواد دفعی انسان و حیوان همراه با آب حاصل از استحمام، شستشو و پخت و پز، مایع خاکستری رنگی را تشکیل می‌دهد [۲]. کثرت روز افزون آلاینده‌های زیست محیطی که در قالب شوینده‌ها، حلالها، گندزداها، علف کشها و آفت کشها همراه با آلودگیهای زیست شناختی در آلودگی محیط به ویژه منابع آب و خاک مزید بر علت می‌باشد [۳]. ارزیابی فاضلاب و تعیین ویژگیهای آن برای برنامه ریزی در جهت چاره جوئی مشکلات مربوطه امری ضروری است. انتخاب روش بهینه در جمع آوری، تصفیه و دفع، نیازمند شناخت کافی فاضلاب است. مشخصات فاضلاب، از عواملی است که تناسب هر شیوه را با اهداف محافظت از محیط زیست تحت تاثیر قرار می‌دهد. طرح مخازن بزرگتر یا کوچکتر از نیاز واقعی، علاوه بر عدم تحقق اهداف کنترل آلودگی محیط زیست، موجب به هدر رفتن بودجه های کلان می‌شود. علاوه بر آن الگوی کار بردی در توصیف واحدهای مختلف بهره برداری بایستی متناسب با ویژگی فاضلاب طراحی و واسنجی گردند. مشخصات فاضلاب برای تصفیه را، می‌توان در حالت تثبیت فرآیند تصفیه، فقط با دو بار سنجش میزان اکسیژن گیری و دو بار آزمایش COD فاضلاب شناخته و مدل تصفیه پذیری آن را ترسیم نمود [۴]. هنوز هم در کشورهای در حال رشد مبنای طراحی شبکه‌های جمع آوری و سیستمهای تصفیه اطلاعات برگرفته از کشورهای پیشرفته می‌باشد. این امر موجب پیامدهای فنی و اقتصادی نامطلوبی می‌شود. به همین دلیل مشاورین فنی و عوامل اجرایی منطقه‌ای نیازمند اطلاعات به دست آمده از جوامع تحت فعالیت خود می‌باشند. برای دستیابی به استانداردهای جدید تصفیه فاضلاب و تولید پسابی قابل قبول یا مطلوب، تعیین مشخصات فیزیکی-شیمیایی و زیست شناختی آن ضروری است.

در تعیین کیفیت فاضلاب، علاوه بر تعیین کمیت پارامترهای نشانگر، ارتباط آنها نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. آمارال و همکاران<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۲، همبستگی ۰/۹۵۲ بین جامدات معلق و شاخص حجم لجن در سیستم لجن فعال به دست آوردند. در مطالعه‌ای دیگر، میزان اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی (COD)، به

<sup>۱</sup> Amaral et al.

عنوان پایه‌ای برای سنجش مواد آلی جایگزین اکسیژن مورد نیاز تجزیه بیوشیمیایی (BOD) نموده‌اند [۵ و ۶]. تعیین نسبت این دو پارامتر برای اطمینان از میزان تصفیه پذیری زیست شناختی اهمیت دارد. احراز سهم تجزیه پذیری مواد آلی کربن دار از طریق اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی برای استفاده در طراحی و واسنجی واحدهای تصفیه کار ساز است [۷ و ۸].

آیلا ارسلان و ساواس ایبرک<sup>۲</sup> در سال ۲۰۰۳ با تعیین مشخصات فاضلابهای شهری و صنعتی از پارامترهای COD، BOD<sub>5</sub>، P، N، SS، OUR (میزان اکسیژن گیری) استفاده نموده‌اند. آنها میانگین نسبت BOD به COD را ۰/۲ به دست آوردند. به نظر می‌رسد چنین فاضلابی برای تصفیه بیولوژیکی مناسب نیست. اما بررسی نتایج سهم COD از نظر سهولت تجزیه زیستی (سریع)، خنثی و تجزیه کند در شرایط خاص زیستی، نشان می‌دهد که غالب مواد آلی موجود در فاضلاب (۹۲٪-۸۴٪) قابل تجزیه زیستی است. بنابراین تعیین مشخصات مرسوم فاضلاب نظیر پارامترهای فیزیکی-شیمیایی به تنهایی طراحی مطمئن فرآیندهای بیولوژیکی را مقدور نمی‌نماید [۹]. بلکه بایستی پارامترهای معمول را نیز از لحاظ ویژگیهای مربوط به آن بررسی نموده و روابط آنها را با هم سنجید.

در مطالعات انجام شده، اندازه‌گیری تجربی COD ویژه و خنثی محلول فاضلابهای مختلف تحت شرایط هوازی و بی هوازی، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است [۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴].

پونس و همکارانش<sup>۳</sup> در سال ۲۰۰۲ مشخصات فاضلاب کشورهای اروپایی را از طریق ارزیابی نسبتهای آلاینده‌ها (P/COD و N/COD، SS/COD، BOD<sub>5</sub>/COD) مورد بررسی قرار داده‌اند تا بتوان با استفاده از آن تناسب مدیریت سیستمهای تصفیه فاضلاب را سنجید. اگر چه این پارامترها متداولند، به طور منظم و همزمان جمع آوری و ارائه نشده‌اند؛ زیرا مربوط به کشورهای مختلف اروپایی است که تهیه چنین اطلاعاتی به طور منظم در برنامه آنها نیست. با این حال بررسی وسیعی از خصوصیات فاضلابهای خام درشش کشور استرالیا، بلژیک، دانمارک، فرانسه، هلند و اسلوانی به عمل آمده است. نتایج این مطالعه عبارت است از: میانگین BOD<sub>5</sub>/COD=۰/۴، میانگین SS/COD=۰/۵، میانگین N/COD=۰/۱، و میانگین P/COD=۰/۰۱۶. جمع آوری داده‌ها در دیگر کشورهای اروپایی ادامه دارد تا آنجایی که نسبتهای به دست آمده در بقیه کشورها تأیید شود [۱۵]. در مطالعه‌ای که توسط گری و بیکر<sup>۴</sup>، روی فاضلابهای

<sup>۲</sup> Ayla Arslan and Saves Aberk

<sup>۳</sup> Pouns et al.

<sup>۴</sup> Gary and Beeker

شهری در استرالیا انجام گرفت. میانگین نسبت‌های N/COD و P/COD، کاملاً شبیه به نتایج مطالعه ویژگی فاضلابهای شهری کشورهای اروپایی بود [۱۶].

رولودو و نلوسترچ<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۲ در مطالعه‌ای، تحت عنوان تجربه با دستورالعمل‌ها برای تعیین مشخصات فاضلاب، با استفاده از راهنماهای استاندارد شده در هلند مشخصات فاضلاب با تأکید بر بخش تجزیه پذیر زیستی، BOD و COD را تعیین نمودند [۱۷].

با توجه به اینکه در غالب واحدهای تصفیه زیست شناختی نسبتهای کربن آلی به ازت و فسفر نیایستی از حد مشخصی کمتر یا بیشتر باشد، تعیین ویژگیهای فاضلاب برای طراحی اولیه، بهره برداری و نگهداری واحدهای تصفیه، اهمیت ویژه‌ای دارد. در لجن فعال نسبت کربن به ازت به فسفر (C/N/P) ۱۰۰/۵/۱ پیشنهاد شده است [۱۸ و ۱۹]. لازم به ذکر است، این مطالعه، متعاقب اجرای برنامه جمع‌آوری فاضلاب شهر انجام گردید. گزینه بعدی احداث تصفیه‌خانه به‌روش لجن‌فعال بوده که در حال اجرا می‌باشد.

این مطالعه علاوه بر تعیین سطح ویژگی پارامترهای مورد نظر در فاضلاب شهر کرمانشاه، خصوصیات فاضلاب شهری در رابطه با شرایط اقتصادی-اجتماعی را نیز تخمین می‌زند. همچنین سعی شده حتی‌الامکان مدل‌های ساده‌ای برای تخمین و پیش‌بینی برخی پارامترهای مهم نظیر سرانه BOD، ضریب همبستگی پیرسون بین بعضی از نشانگرها pH، COD، BOD، قلیائیت و تعیین نسبتهای BOD<sub>5</sub>/COD، SS/COD، N/COD، P/COD، میزان سرانه مصرف آب و رابطه آن با درآمد توسعه داده شود.

## ۲- مواد و روشها

مطالعه به صورت توصیفی-تحلیلی طراحی شده است که با استفاده از اطلاعات جمعیتی سرشماری ۱۳۷۵، متناسب با جمعیت ۷۱۳۰۰۰ نفری شهر، و با توجه به ملاحظات اقتصادی-اجتماعی و در آمد ماهیانه، به سه منطقه با درآمد خوب، متوسط و نسبتاً پایین تقسیم نموده و مناطق کاملاً مشخص و تعریف شده‌ای از نظر شهرداری، شرکت آب و فاضلاب شهری و عرف اجتماعی که معرف سه سطح مورد نظر باشد، به عنوان زیر گروه‌های جامعه مورد مطالعه انتخاب گردید. با این وصف منطقه الهیه با جمعیتی معادل ۳۷۵۳۷ نفر، منطقه تعاون ۳۰۳۱۸ نفر و منطقه کسری ۲۴۹۴۰ نفر انتخاب شد. میزان درآمد ماهیانه مشترکین، بر اساس مطالعه پیشاهنگ

<sup>۱</sup> Rolouido and Nelosterech

تعداد ۱۵۰ خانوار منظور گردید که به صورت تصادفی از مناطق که به ۸۰۰ بلوک خوشه‌بندی شده، انتخاب و با استفاده از پرسشنامه‌ای که به همین منظور تهیه شده بود، تخمین زده شد. مجاری خروجی سه منطقه، به عنوان ایستگاههای نمونه‌برداری برای تعیین ویژگی فاضلاب انتخاب شد. با استفاده از اطلاعات موجود در شرکت آب و فاضلاب تعداد نمونه مورد نیاز این مطالعه ۳۶ نمونه تعیین شد.

به منظور بالا رفتن دقت، طی یک سال به طور تصادفی ۷۲ نمونه ترکیبی ۲۴ ساعته به فاصله زمانی ۴ ساعت (۳۶ نمونه در دمای متوسط ۱۰°C و ۳۶ نمونه در متوسط دمای ۲۰°C) به صورت دستی در هر بار ۳۰۰ میلی لیتر جمع‌آوری و در یخچال نگهداری شد و پس از جمع‌آوری شش نمونه ترکیبی، مورد آزمایش‌های فیزیکی-شیمیایی قرار گرفته و برخی پارامترها نظیر pH، دما و اکسیژن محلول در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند.

میزان سرانه مصرف آب بر اساس قرائت کنتور و فاضلاب تولیدی بر پایه دبی سنجی ۲۴ ساعته به روش سرعت جریان-سطح خیس شده (پارشال فلوم)، به طور تجربی حتی‌الامکان با تعبیه یا ترمیم قسمتی از مسیر کانال خروجی فاضلاب مناطق مورد آزمایش که به مسیل‌ها و آب‌گذرهای موجود می‌رسید، اندازه‌گیری شد. با توجه به اعتدال هوا در این دوره، شرایط آب و هوایی از نظر دما به دو بخش سرد و گرم سال تقسیم گردید. در فصل سرد، متوسط دمای محیط ۱۰ و در فصل گرم ۲۰ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. با توجه به محدودیتهای موجود، فقط پنج نمونه از هر ایستگاه برای تعیین شاخص آلودگی میکروبی فاضلاب آزمایش شد. پارامترهای COD، BOD<sub>5</sub>، TSS، TKN، P، Alkalinity، pH، TMPN، TTMPN و اندازه‌گیری دما مطابق استاندارد آزمایشهای آب و فاضلاب در سال ۱۹۹۵، و منبع معتبر مهندسی فاضلاب انجام شد [۱ و ۲]. استفاده از جداول چند بعدی ثبت و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS، تعیین ضرایب همبستگی، نسبتها و آزمون معنی‌داری Z برای همبستگی و مدل خطی برای پیش‌بینی برخی پارامترها انجام شد.

## ۳- نتایج

سرانه آب مصرفی با وضعیت اقتصادی-اجتماعی رابطه معنی‌داری دارد ( $r^2 = 0.977$  و  $p < 0.012$ )، اما میزان سرانه فاضلاب تولیدی مناطق (۱۵ ± ۲۰۴، ۳۴ ± ۱۷۰ و ۶۰ ± ۲۲۰) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند. میزان سرانه BOD تولیدی برای الهیه، تعاون و کسری به ترتیب ۶۲/۴، ۵۶ و ۶۲ گرم برای هر

جدول ۱- میزان سرانه مصرف آب، تولید سرانه فاضلاب، در آمد ماهیانه و میزان سرانه بار آلی مناطق سه گانه

متوسط غلظت BOD (mg/L)	متوسط سالانه بار BOD (g/cap. day)	میانگین سرانه فاضلاب تولیدی (لیتر/ نفر روز)	میانگین سرانه آب مصرفی (روز/نفر/لیتر)	میانگین درآمد ماهیانه (صد هزار تومان)	متوسط جمعیت اشتراک	تعداد اشتراک	جمعیت تحت پوشش نفر	پارامترها	مناطق
۳۰۵	۶۲/۴	۱۵۸ (۳۱)	۲۰۴ (۱۵)	۱۸۸ (۳۵)	۲ (۰/۵)	۵/۵	۶۸۲۵	۳۷۵۳۷	الهیه
۳۲۷	۵۶	۱۱۲ (۲۹)	۱۷۰ (۳۴)	۱۴۰ (۴۸)	۱/۴ (۰/۷)	۶	۵۰۵۳	۳۰۳۱۸	تعاون
۲۸۳	۶۲	۱۷۰ (۲۱)	۲۲۰ (۶۰)	۲۰۰ (۲۵)	۳/۲ (۰/۷۵)	۵	۴۹۸۸	۲۴۹۴۰	کسری

\* اعداد داخل پرانتز در جداول (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) انحراف معیار می باشد.

**جدول ۲- میانگین وانحراف معیار (SD)، BOD<sub>5</sub>، COD و نسبت آنها در فاضلاب مناطق سه گانه شهر کرمانشاه**

نسبت BOD/COD (SD)	P value	ضریب همبستگی پیرسون (r)	میانگین COD mg/L (SD)	میانگین BOD <sub>5</sub> mg/L (SD)	پارامترها	مناطق
۰/۵۸(۰/۰۹۷)	۰/۰۱	۰/۹۵	۵۴۳(۲۷۰)	۳۰۵(۱۳۶)	الهیه	
۰/۵۸(۰/۰۹)	۰/۰۱	۰/۹۱	۶۰۶(۲۸۲)	۳۲۷(۱۴۱)	تعاون	
۰/۵۶(۰/۰۰۶)	۰/۰۱	۰/۹۸	۵۱۴(۲۶۹)	۲۸۳(۱۳۳)	کسری	

**جدول ۳- میانگین وانحراف معیار (SD)، COD، TSS و نسبت آنها در فاضلاب مناطق سه گانه شهر کرمانشاه**

نسبت TSS/COD (SD)	P value	ضریب همبستگی پیرسون (r)	میانگین COD mg/L (SD)	میانگین TSS mg/L (SD)	پارامترها	مناطق
۰/۶۳۳(۰/۱۱۲)	۰/۰۱	۰/۹۴۶	۵۴۳(۲۷۰)	۳۳۴(۱۴۴)	الهیه	
۰/۶۱۹(۰/۱۲۱)	۰/۰۱	۰/۸۹۸	۶۰۶(۲۸۲)	۳۶۳(۱۴۷)	تعاون	
۰/۶۳۶(۰/۰۱)	۰/۰۱	۰/۹۸۲	۵۱۴(۲۶۹)	۳۲۳(۱۳۷)	کسری	

که در آن  $y = 7$  سرانه مصرف آب (لیتر به ازاء هر نفر در روز) و  $x =$  حداقل درآمد بر حسب صد هزار تومان می باشد.  

$$y = 7/29x + 41/82 \quad r^2 = 0/9 \quad (2)$$
 که در این رابطه  $y = 7$  گرم اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی به ازاء هر نفر در روز و  $x =$  حداقل درآمد بر حسب صد هزار تومان می باشد.

نفر در روز به دست آمد (جدول ۱). آنالیز داده های جدول ۱ مدل ساده زیر را برای پیش بینی سرانه مصرف آب، (رابطه ۱) سرانه بار آلی در رابطه با درآمد ماهیانه جامعه را به طور تخمینی (رابطه ۲) به شکل زیر نشان می دهد:  

$$y = 118/51x + 26/2 \quad P < 0/01 \quad r^2 = 0/977 \quad (1)$$

۷۵ ± ۰/۷۹۲ و ۸۸ ± ۰/۴۳ میلی گرم در لیتر فسفر برای فاضلاب سه منطقه مشخص گردید. نسبت P به COD به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ برای هر سه منطقه محاسبه گردید (جدول ۴). قلیائیت فاضلاب هر سه منطقه بیش از دو ونیم برابر فاضلابهای قوی می باشد. میانگین pH حدود ۵ ± ۸ برای هر سه منطقه و میانگین قلیائیت ۵۶ ± ۵۱۲، ۴۸ ± ۴۷۱ و ۶۱ ± ۴۲۶ میلی گرم در لیتر به ترتیب برای هر سه منطقه به دست آمد (جدول ۵). از نظر شاخص آلودگی میکروبی هر سه منطقه در رده فاضلابهای متوسط قرار دارند (جدول ۶).

#### ۴- بحث

نتایج نشان می دهد که ارتباط قابل توجهی بین مصرف سرانه آب و وضعیت اقتصادی و اجتماعی می باشد. این ارتباط در تابستان چشمگیرتر از زمستان است. سرانه مصرف آب در تابستان بیشتر از زمستان است و تفاوت مصرف سرانه آب می تواند به دلیل شستشوی سطوح و آبیاری باغچه های منازل باشد. لیکن فاضلاب جمع آوری شده توسط مجاری مورد مطالعه اگر چه در

میانگین اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی (COD) به ترتیب برای مناطق سه گانه ۲۷۰ ± ۵۴۳، ۲۸۲ ± ۶۰۶ و ۲۶۹ ± ۵۱۴ میلی گرم در لیتر، میانگین اکسیژن مورد نیاز تجزیه بیوشیمیایی (BOD) به ترتیب برای هر سه منطقه ۱۳۶ ± ۱۴۱، ۳۰۵ ± ۳۲۷ و ۱۳۳ ± ۲۸۳ میلی گرم در لیتر. بین COD و BOD هر منطقه همبستگی پیرسون به ترتیب با ضرائب ۹۱/۹۵٪، ۹۸٪ و ۰/۰۱ < P برقرار می باشد. نسبت COD و BOD نیز برای الهیه، تعاون و کسری به ترتیب ۵۸/۰، ۵۵/۰ و ۵۶/۰ محاسبه گردید. از نظر میزان کل جامدات معلق (TSS)، به ترتیب ۱۴۴/۴۶ ± ۳۳۴/۱ و ۱۴۶/۹۷ ± ۳۳۶/۱۹ و ۱۳۷/۳ ± ۳۲۳/۲۹ میلی گرم در لیتر مواد معلق برای فاضلاب سه منطقه به دست آمده است. نسبت TSS به COD به ترتیب ۶۳۳/۰، ۶۱۹/۰ و ۶۳۶/۰ برای هر سه منطقه محاسبه گردید. (جدول ۲ و ۳).

از نظر میزان نیتروژن کل (TKN)، ۴۱ ± ۷۷/۴۱ و ۴۲/۶۷ ± ۱۳/۴۳ و ۳۶/۵۴ ± ۸/۹۶ میلی گرم در لیتر نیتروژن برای فاضلاب سه منطقه به دست آمده است. نسبت TKN به COD به ترتیب ۰/۰۹، ۰/۰۷۸ و ۰/۰۷۸ برای هر سه منطقه می باشد. از نظر غلظت فسفر کل (P)، به ترتیب ۷/۹۲ ± ۰/۸۶،

جدول ۴- میانگین وانحراف معیار COD (SD)، TKN، P نسبت آنها در فاضلاب مناطق سه گانه شهر کرمانشاه

نسبت TP/COD (SD)	TP	TKN/COD	میانگین COD mg/L (SD)	میانگین TKN mg/L (SD)	پارامترها ◀	مناطق ▼
۰/۰۱۶ (۰/۰۰۵)	۷/۹۲ (۰/۸۶)	۰/۰۹ (۰/۰۴۲)	۵۴۳ (۲۷۰)	۴۳/۴۱ (۱۵)		الهیه
۰/۰۱۵ (۰/۰۰۵)	۷/۹۲ (۰/۷۵)	۰/۰۷۸ (۰/۰۳۲)	۶۰۶ (۲۸۲)	۴۲/۶۷ (۱۳/۷۵)		تعاون
۰/۰۱۸ (۰/۰۰۵)	۸/۴۳ (۰/۸۸)	۰/۰۷۶ (۰/۰۲۳)	۵۱۴ (۲۶۹)	۳۶/۵۴ (۸/۹۶)		کسری

جدول ۵- میانگین وانحراف معیار pH (SD)، قلیائیت و نسبت آنها در فاضلاب مناطق سه گانه شهر کرمانشاه

P value	ضریب همبستگی پیرسون (r)	میانگین قلیائیت CaCO <sub>3</sub> mg/L (SD)	pH (SD)	پارامترها ◀	مناطق ▼
۰/۰۱	۰/۶۵۹	۵۱۱ (۵۴)	۸/۰۵ (۰/۲۱)		الهیه
۰/۰۱	۰/۶۹۱	۴۷۰ (۴۹)	۸/۰۳ (۰/۲۲)		تعاون
۰/۰۱	۰/۹۵۳	۴۲۷ (۵۹)	۸ (۰/۲۲)		کسری

جدول ۶- میانگین کل کلیفرم، حداقل و حداکثر میانگین کلیفرم های مدفوعی در فاضلاب مناطق سه گانه شهر کرمانشاه (برحسب ۱۰<sup>۶</sup>)

پارامترها	میانگین کلیفرم کل	میانگین کلیفرم مدفوعی	حداکثر کلیفرم کل	حداقل کلیفرم کل	حداقل و حداکثر کلیفرم مدفوعی
مناطق ▼	MPN/100mL	MPN/100mL	MPN/100mL	MPN/100mL	MPN/100mL
الهیة	۶۴	۶	۱۳۰	۱۱	۸ - ۱۱۰
تعاون	۲۷	۲۳	۵۰	۲	۲ - ۵۰
کسری	۱۱	۶	۲۳	۲	۲ - ۳۰

BOD افزون بر ۰/۵۵ از COD مناطق سه‌گانه حاکی از سهولت تجزیه پذیری مورد انتظار مواد آلی موجود در فاضلابهای خانگی شهر کرمانشاه می باشد. میانگین نسبت BOD به COD حدود ۰/۱۸ تا ۰/۱۵ بیشتر از میانگین آن در مطالعه انجام شده برای کشورهای اروپایی است [۱۵]. رولولد و لوسورچ<sup>۲</sup>، چوبانوگوس و همکاران<sup>۳</sup> نیز موضوع تجزیه زیستی مواد آلی کربن دار را بر پایه COD مورد توجه قرار داده اند [۸]. می توان از این معیار برای مبنای طراحی، بهره برداری و نگهداری سیستمهای تصفیه فاضلاب استفاده نمود؛ زیرا سهولت و سرعت دستیابی به نتایج، بر پایه COD گام مثبتی در فناوری تصفیه فاضلاب محسوب می شود [۲۲].

ضریب همبستگی بین کل جامدات معلق و BOD برای سه منطقه الهیه، تعاون و کسری به ترتیب نیز بالا می باشد. با توجه به همبستگی مشابه BOD و COD، TSS نیز با COD همبستگی مشابهی دارد. فاضلاب سه منطقه از این نظر اختلاف قابل توجهی نشان ندادند؛ اگر چه مواد معلق منطقه تعاون بیشتر از دو منطقه دیگر بود. نسبت TSS به COD به ترتیب برای هر سه منطقه ۰/۶۳، ۰/۶۲ و ۰/۶۴ می باشد. نسبت TSS به COD در مقایسه با نسبت BOD به COD تقریباً با نتایج حاصل از فاضلاب کشورهای اروپایی تقارب دارد، زیرا در هر دو مطالعه میانگین نسبت TSS به COD حدود ۰/۱۰ بیشتر از نسبت BOD به COD می باشد.

در این مطالعه مشخص گردید میانگین غلظت نیتروژن کل فاضلاب سه منطقه مورد مطالعه، اختلاف معنی داری با هم ندارند؛ اگر چه میانگین غلظت آن در منطقه کسری کمتر از دو منطقه دیگر می باشد. پائین بودن آن در این منطقه، ممکن است به دلیل بالا بودن سرانه مصرف آب باشد. میانگین نسبت TKN به COD به ترتیب برای هر سه منطقه ۰/۰۹، ۰/۰۸ و ۰/۰۸ می باشد. که حدود ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ کمتر از نتیجه مطالعه فاضلاب کشورهای اروپایی است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که فاضلاب شهر کرمانشاه از نظر میانگین غلظت ازت و فسفر، در رده فاضلابهای

ظاهر فاضلاب سرانه منطقه کسری با وضعیت اقتصادی - اجتماعی بهتر، بیشتر است و سرانه فاضلاب تعاون با وضعیت اقتصادی - اجتماعی پائین، سرانه تولید فاضلاب کمتری را نشان می دهد. از نظر آماری اختلاف بین مناطق سه گانه معنی دار نمی باشد (p > ۰/۰۵). احتمال دارد وضعیت ساختمانها، فضای سبز و باغچه های منطقه با وضعیت اقتصادی بهتر، موجب بالا رفتن مصرف سرانه بیشتری شده که بخشی از آن در زمین نفوذ کرده و بخشی نیز به صورت رواناب در آبروهای سطحی کوچک ها و محلات جاری شده و امکان پیوستن به مجاری فاضلاب تولیدی منطقه مورد نظر را نداشته است؛ به گونه ای که فاضلاب تولیدی در منطقه کسری بین ۵۰ تا ۷۰ درصد میزان مصرف سرانه آب متغیر بود. و فاضلاب منطقه الهیه با وضعیت اقتصادی - اجتماعی متوسط، ۸۹ درصد میزان سرانه مصرف آب و سرانه فاضلاب تولیدی منطقه تعاون حدود ۹۰ درصد میزان سرانه آب مصرفی می باشد.

مدل گرایشی تخمین میزان سرانه مصرف آب و میزان سرانه تولید ماده آلی بر حسب اکسیژن مورد نیاز تجزیه بیوشیمیایی (BOD<sub>5</sub>)، پیش بینی و تخمین این دو پارامتر مؤثر بر کیفیت فاضلاب را ممکن می سازد. نتیجه این مطالعه از نظر رابطه میزان سرانه مصرف آب و در آمد اقتصادی با مطالعه کمپوس و اسپرلینگ<sup>۱</sup> تقارب دارد، اما از نظر میزان سرانه ماده آلی مطابقت ندارد [۲۱].

نتایج به دست آمده نشان می دهد که فاضلاب مناطق سه گانه شهر کرمانشاه، از نظر مواد آلی کربناتی مطابق درجه بندی معمول، نزدیک به قوی است [۱]. اگر چه میانگین BOD<sub>5</sub> و COD منطقه تعاون بیشتر از منطقه الهیه و این منطقه نیز بیشتر از منطقه کسری می باشد. اختلاف از نظر آماری معنی دار نیست. بدین معنی که فاضلاب شهر کرمانشاه از نظر مواد کربناتی به ویژه مواد آلی قابل تجزیه میکربی در مناطق مورد مطالعه تقریباً همسان است، مضافاً اینکه ضریب همبستگی بالا بین BOD<sub>5</sub> و COD هر سه منطقه (الهیة، تعاون و کسری)، سهولت تجزیه میکربی COD را نشان می دهد. سهم

<sup>2</sup> Roeleveld and Loosdrecht

<sup>3</sup> Tchobanoglous et al.

<sup>1</sup> Campose and Sperling

متوسط خانگی قرار دارد و می‌توان گفت نسبت به غلظت مواد کربناتی، آلودگی آمونیاکی کمتری دارد.

در مجموع، میانگین فسفر کل سه منطقه در حدی است که از نظر غلظت فسفر کل، با فاضلابهای خانگی متوسط تجانس دارد. از این نظر بین فاضلاب دو منطقه الهیه و تعاون تفاوت چشمگیری دیده نشد، لیکن غلظت فسفر کل در منطقه کسری بیشتر بود و از نظر آماری با دو منطقه دیگر اختلاف معنی داری داشت ( $P < 0/001$ ). این اختلاف غلظت با دیگر مناطق مورد مطالعه، می‌تواند به دلیل پلی‌فسفاتهای ناشی از مصرف بالای دترجنت‌ها و دیگر شوینده‌ها باشد. میانگین نسبت  $p$  به COD منطقه الهیه برابر با میانگین به دست آمده از فاضلاب کشورهای اروپایی است و این نسبت در فاضلاب منطقه تعاون کمتر و در کسری بیشتر بود. میزان نیاز به فسفر برای سیستم لجن فعال حدود ۱٪ مواد آلی کربن دارا است [۱۷ و ۱۸]. رابطه تغییرات فسفر و مواد آلی کربن دار یا COD نیز مشخص شده است. اکاما و همکاران<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۴ دریافتند که پیش نیاز رهاسازی فسفر در ناحیه بی‌هوازی، مستلزم غلظت COD محلولی است که به آسانی تجزیه میکروبی شود. این غلظت بایستی در حد ۲۵ میلی‌گرم در لیتر در دسترس میکروارگانیسم قرار گیرد. بنابراین تأمین سهم COD محلول قابل تجزیه میکروبی، به عنوان ویژگی شاخص فاضلاب در فرآیند حذف زیستی فسفر خیلی اهمیت دارد [۲۲]. به نظر می‌رسد فاضلاب مورد مطالعه، شرایط حذف زیست شناختی فسفر را مهیا می‌نماید.

با توجه به درجه بندی فاضلابهای خانگی، مقادیر میانگین قلیائیت فاضلاب الهیه، تعاون و کسری تقریباً (۲/۵) برابر قلیائیت فاضلابهای قوی بوده و با pH همبستگی بالایی داشت. تفاوت قلیائیت در سه منطقه از نظر آماری نیز معنی دار بود ( $p < 0/0001$ ). بالا بودن قلیائیت و تفاوت معنی دار در فاضلاب مناطق مورد مطالعه شهر کرمانشاه، می‌تواند مربوط به ویژگی آب مصرفی باشد. نتایج آزمایشات آب در سال‌های ۷۶ و ۷۷ مناطق سه‌گانه به ترتیب ۲۲۲/۷، ۱۷۲/۸ و ۱۷۸ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم گزارش شده است. علاوه بر وجود کربنات و بیکربنات آب مصرفی، استفاده از صابون، دترجنت‌ها و دیگر مواد شوینده باعث افزایش قلیائیت فاضلاب شده است.

از نظر آلودگی میکروبی در حد فاضلابهای متوسط می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده شاخص کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی در سه منطقه تفاوت قابل توجهی نشان نداد، اگر چه شاخصهای مذکور در منطقه کسری پایین تر از دو منطقه دیگر است. به نظر

<sup>1</sup> Ekama et al.

می‌رسد، پایین بودن نسبی متوسط جمعیت خانوار و بالا بودن سرانه مصرف آب از دلایل پائین بودن این شاخصها در منطقه مورد نظر باشد.

## ۵- نتیجه‌گیری

ضریب همبستگی بسیار خوب بین اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی و بیوشیمیایی (COD و BOD) از دستاوردهای بسیار خوب این مطالعه می‌باشد. نکته حائز اهمیت تولید دو مدل ساده خطی برای پیش‌بینی مصرف آب و تخمین بار آلی فاضلاب در رابطه با درآمد ماهیانه خانوارها است، لیکن تولید سرانه فاضلاب و درآمد ماهیانه چنین امکانی را در جهت پیش‌بینی تولید سرانه نشان نداد. مشخصات فاضلاب شهر کرمانشاه با نتایج حاصل از دیگر مطالعات در مناطق دیگر دنیا قرابت دارد. به ویژه نسبت پارامترها به اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی (COD) از نظر درجه بندی به تناسب پارامترهای مختلف در رده متوسط تا قوی قرار دارد.

فاضلاب شهر کرمانشاه از جهت اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز تجزیه بیوشیمیایی متوسط نزدیک به قوی می‌باشد. نسبت BOD به COD در حد نسبتاً خوبی است (۰/۵ تا ۰/۶) که می‌توان گفت بیش از ۵۵٪ مواد آلی قابل تجزیه شیمیایی آن، قابل تجزیه زیستی است. فاضلاب این شهر از نظر TSS جزء فاضلابهای قوی محسوب می‌شود و با توجه به میزان ازت کل، فسفر کل و آلودگی میکروبی در ردیف فاضلابهای متوسط قرار می‌گیرد. غلظت فسفر کل کسری بیشتر از دو منطقه دیگر بود. با توجه به قلیائیت زیاد آب مصرفی، فاضلاب مناطق مورد مطالعه قلیائی است که بایستی در طراحی، بهره برداری و نگهداری تصفیه خانه های فاضلاب مورد توجه قرار گیرد.

## ۶- پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود، سهم تجزیه پذیری زیستی و COD از نظر آسان بودن، یا کند بودن فرآیندش و یا غیر قابل تجزیه بودن در چنین فاضلابهایی مطالعه و آلاینده های سمی متداول نظیر ترکیبات فنلی و سهم آنها در تولید COD مقاوم مشخص گردد.

## ۷- تقدیر و تشکر

بذل توجه آقای مهندس مظفر صفری مدیریت شرکت آب و فاضلاب شهری، به جهت تمهیدات لازم جهت اجرای این مطالعه نسبتاً جامع موجب امتنان است. از مدیریت آموزشی-پژوهشی دانشکده صنعت آب و برق شهید عباسپور به خاطر تأیید و تصویب پروژه تحقیقاتی مزبور و تأمین بودجه آن تشکر می‌شود. مشاوره علمی همکار محترم آقای دکتر گاکیک بدلیانس قلی‌کندی مورد تشکر و تقدیر است.

- 1- Tchobanoglous, G., and Burton, F.L. (1991). "Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse." Third ed. McGraw-Hill, International Editions, 47-119.
- 2- Bitton, G. (1999). "Wastewater microbiology." Second ed. Wiley- Liss.,169-207.
- 3- Mays, L. W. (1998 ). "Water resources handbook." C.H.I.P.S., Weimar, Texas. 1568p.
- 4- Shulan, XU, and Bengt, H. (1996). " Experience in wastewater characterization and model calibration for the activated sludge." *J.Water Sci. Technol.*, 33(12), 89-98.
- 5- Amaral, A. L., Rodrigues, S., Mota, M., and Ferreira, E.C.(2002). "Morphological characterization of biomass in wastewater treatment using partial least squares." *Centro de Engenharia Biológica Universidade do Minho*, Braga, Portugal. 4710-057.
- 6- Henze, M.(1992). "Characterization of wastewater for modeling of activated sludge processes." *J.Water Sci, Technol.*, 25(6),1-15.
- 7- Orhon, D., Tasli, R., and Sözen, S.(1999). "Experimental basis of activated sludge treatment for industrial wastewaters, the state of the art." *J.Water Sci. Technol.*, 40(1), 1-11.
- 8- Tchobanoglous, G., Burton, F., and Stensel, D.(2003). "Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse." Forth ed., *Metcalf and Eddy., McGraw-Hill Inc.*
- 9- Arslan, A., and Aberk, S. (2003). "Characterization and biological treatability of Izmit industrial and domestic wastewater treatment plant." *Water SA*, (4) 29.
- 10- Ekama, G. A., Dold, P.L., and Marais, G.V.R.(1986). "Procedures for determining influent COD fraction and the maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge systems." *J.Water Sci. Technol.*, 18, 91-114.
- 11- Germili, F., Orhon, D., and Artan, N.(1991). "Assessment of the initial inert soluble COD in industrial wastewaters." *J.Water Sci. Technol.*, 23, 1077-1086.
- 12- Orhon, D., Artan, N., and Ates, E.(1994). "A description of three methods for the determination of the initial inert particulate chemical oxygen demand of wastewater." *J. Chem. Biotechnol.*, 61,73-80.
- 13- Orhon, D., Karahan, Ö, and Sözen, S.(1999). "The effect of residual microbial products on the experimental assessment of the particulate inert COD fractionation of domestic wastewaters." *J. Environ. Pollut.*, 95(2), 191-204.
- 14- Ince, O., Germirli., B. F., Kasapgil, B., and Anderson, G. K.(1998). "Experimental determination of the inert soluble COD fraction of a brewery wastewater under anaerobic conditions." *J.Environ. Technol.*, 19,437-442.
- 15- Pons, M. N., Spanjers, H., Baetens, D., Nowak, O., Gillot, S., Nouwen, J., and Schuttinga, N.(2004). "Wastewater characteristics in Europe-a survey." *Official publication of the European water association (EWA)*, 1-10.
- 16- Gray, S. R., and Beeker, N. S. C.(2002). "Contaminant flows in urban residential water systems." *J.Urban Water*, 4, 331-346.
- 17- Roeleveld, P.J., and Van Loosdrecht, M. C. (2002). "Experience with guidelines for wastewater characterisation in the Netherlands." *J.Water Sci. Technol.*, 45(6), 77-87.
- 18- U.S. EPA. (1987). "The cause and control of activated sludge bulking and foaming." *Report No. EPA/ 625/ 8-87/012 .U.S Environmental Protection Agency*, Cincinnati, OH., 92 p.
- 19- U.S. EPA. (1987). "Design manual: phosphorus removal." *Report No. EPA/ 625/ 1-87/001.U.S Environmental Protection Agency*, Cincinnati, OH., 102P.
- 20- American Public Health Association. (1995). "Standard methods for examination of water and wastewater." Nineteenth ed. *American Public Association*, Washington, D.C.
- 21- Campose, H. M., and Sperling, M. V. (1996). "Estimation of domestic wastewater characteristics in developing country based on socio-economic variables." *J.Water Sci. Technol.*, 34(3-4), 71-77.
- 22- Ekama, G. A., Marais, G.V.R., Slebritz, I. P., Pitman, A. R., Keay, G. F.P., Buchman, L., Gerber, A., and Smllen, M.(1984). "Theory, design and operation of nutrient removal in activated sludge process." *Water Research Commission*, Pretoria, South Africa.