Accounting Water Use in Beet Sugar Industry

Babaeenezhad, S.M., (MSc.) Tajrishy, M., (Ph.D) Abrishamchi, A., (Ph.D)
Dept. of Civil Eng., Sharif University of Technology

Abstract

The requirements for water and its disposal have become major cornerns in our country of limited water resources. The food industry is a major user of potable water and the highest usage is by the sugar industry. Reusing water within a processing plant is one method to reduce water use. Recycling water from one operation to another would achieve this goal. Before and actual implementation of a water recycling scheme, it is necessary to obtain a broader knowledge of the water management system that is to be changed.

The overall goal of this paper is to audit water use in the beet sugar factory (Isfahan Plant) based on procedures developed for audit and reduction of industrial emissions and wastes by the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and the United Nations Environment Programme (UNEP). In this study, the application of preassessment, material balance and synthesis phases for the Isfahan beet sugar factory were presented. By identifying short and long-term activities which are presented in this study, up to 80 percent of the water reduction usage can be anticipated.

ممیزی و کاهش مصرف آب در کارخانه قند اصفهان

(دریافت۸۰/۱۰/۲۶ پذیرش۸۱/۸/۲)

سید مهدی بابایی نژاد پیروز* مسعود تجریشی** احمد ابریشم‌چی***

چکیده

ممیزی آب، روشی منطقی برای بررسی وضعیت مصرف آب و پیشنهاد روش‌های مناسب و اقتصادی برای کاهش مصرف آب در صنعت است. در این مقاله با انجام ممیزی آب در سه مرحله ارزیابی مقدماتی، موازنه‌ی جرمی و تلفیق (تجزیه و تحلیل)، ضمن ارائه روشی برای ممیزی و کاهش مصرف آب در صنعت قند، وضعیت موجود مصرف آب در کارخانه‌ی قند اصفهان مورد بررسی قرار گرفته، خط حرکت جدیدی از آب و پساب‌ها برای این کارخانه پیشنهاد می‌گردد که مطابق آن میزان مصرف آب می‌تواند بیش از ۸۰ درصد کاهش یابد.

کلمات کلیدی : ممیزی آب، کاهش مصرف آب، صنعت قند، کارخانه قند اصفهان، پساب.

مقدمه

بررسی وضعیت مصرف آب و روند تخصیص منابع آب کشور به بخش‌های مختلف مصرف آب(جدول۱) نشان می‌دهد که آب عامل محدود کننده در توسعه صنعتی و کشاورزی است. برای رفع این محدودیت باید مصرف آب کاهش یابد تا امکان حداکثر توسعه با مقدار محدود آب فراهم شود. در بخش کشاورزی، بهبود روش‌های آبیاری و استفاده از پساب تصفیه شده‌ی فاضلاب‌های شهری و صنعتی و در بخش آب شهری، ارتقای فرهنگ صرفه‌جویی و استفاده از تجهیزات صرف‌جویی آب باعث کاهش مصرف می‌گردند. در بخش صنعت، به علت تنوع مصرف آب در فرایندهای گوناگون (و حتی فرایندهای مشابه) و تفاوت خصوصیات پساب‌های تولیدی، ارائه روش کاهش مصرف آب از پیچیدگی خاصی برخوردار بوده و بستگی به نوع صنعت دارد. بدین منظور باید شناخت دقیقی از فرایند صنعتی و مصرف آب و پساب تولیدی هر یک از واحدهای فرایند مربوطه از طریق ممیزی آب وجود داشته باشد. ممیزی آب، فرایندی است که ضمن شناسایی واحدهای مصرف کننده‌ی آب و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و روش‌های صرفه‌جویی آب در هر کدام از واحدها و امکان استفاده مجدد و بازگردش آب و پساب در آن‌ها، مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش کاهش مصرف آب را در کل فرایند ارائه می‌دهد.

بالا بودن میزان آب مصرفی (جدول ۲) و بار آلودگی پساب تولیدی کارخانجات تولید قند و شکر کشور و اهمیتی که وزارت صنایع، سازمان حفاظت محیط زیست [۶] و مرکز بررسی و تحقیق و آموزش صنایع قند ایران [۷] برای کاهش مصرف آب و بار آلودگی پساب تولیدی در صنعت قند قائل است، بعلاوه حجم بالا و گستردگی واحدهای صنایع غذایی در سطح کشور نسبت به سایر صنایع، [۸]و نیاز به ایجاد یک الگوی مناسب برای کاهش مصرف آب در بین صنایع غذایی کشور، اهمیت صنعت قند را در مورد ممیزی و کاهش مصرف آب نشان می‌دهد. در سطح جهانی، ملموس‌تر شدن کمبود آب و تشدید مقررات زیست محیطی در دو دهه‌ی اخیر و نیز توسعه سیستم‌های مدیریت زیست محیطی ایزو ۱۴۰۰۰ و ایجاد انگیزه اقتصادی دریافت گواهینامه‌های مربوطه باعث شده است تا ممیزی آب از محیط پژوهشی به محیط صنعتی وارد شود [۱۰].

در کارخانجات قند نیشکری ماریتوس نشان داده‌اند که می‌توان با بازگردش جزئی آب، مصرف آب را از ۲ تا ۱۶مترمکعب به ازای هر تن نیشکر به حدود ۱/۵ مترمکعب رساند که در صورت استفاده از تمام قابلیت‌های بازگردش

*دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف.
** استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.
*** دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.

جدول ۱-توزیع آب بین بخش‌های مختلف مصرف در کشور در سال ۱۳۷۶ و پیش‌بینی آن در سال‌های آتی [۹]
(بر حسب میلیارد مترمکعب در سال).

سال / بخش	۱۳۷۶		۱۴۰۰		۱۴۲۵		۱۴۵۰	
	مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد
شهری	٤/٥	٥	٧	٧	٩	٨	١٠	٩
صنعتی	١	١	٦	٦	٩	٨	١٠	٩
کشاورزی	٨١/٥	٩٤	٨٩	٨٧	٩٢	٨٤	٩٠	٨٢
جمع کل	٨٧	١٠٠	١٠٢	١٠٠	*١١٠	١٠٠	١١٠	١٠٠

* با فرض افزایش تدریجی میزان استحصال آب تا سقف ۱۱۰ میلیارد مترمکعب در سال.

جدول ۲- بالاترین مصرف کنندگان آب در بین صنایع کشور [۸].

ردیف	نام صنعت	میزان آب خریداری شده (هزار مترمکعب)	درصد نسبت به کل آب خریداری شده توسط کارگاه‌های بالای ۵۰ نفر
١	تولید محصولات اولیه آهن و فولاد	٨٥٣٦٣	١٨/٦
٢	تولید خمیر کاغذ و کاغذ و مقوا	٧٩٧٩٩	١٧/٤
٣	تولید قند و شکر	*٧٦١٤٣	١٦/٦
٤	تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه شده	٣٥٢٠٢	٧/٧
٥	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه	٢٨٢٨١	٦/٢
٦	تولید کود شیمیایی و ترکیبات ازت	٢٠٦٠٧	٤/٥
٧	آماده سازی و ریسندگی الیاف منسوج	١٢٦٥١	٢/٨
٨	تولید سیمان و آهک و گچ	١١٨٩٢	٢/٦
٩	تولید وسایل نقلیه موتوری	٧٠٦٦	١/٥
١٠	تولید مواد شیمیایی اساسی به جز کود و ترکیبات ازت	٥٤٩٤	١/٢
١١	تولید محصولات سرامیکی نسوز-عایق حرارت	٥٠٠١	١/١
١٢	تولید فرآورده‌های لبنی	٤٩٣٤	١/١
١٣	تولید الیاف مصنوعی	٣٨٣٢	٠/٨
١٤	تولید کالاهای سرامیکی غیر نسوز غیر ساختمانی	٣٢٦٧	٠/٧
١٥	تولید انواع موتور سیکلت	٣٢٠٥	٠/٧
١٦	کل صنایع و کارگاه‌های بالاتر از ۵۰ نفر کارکن	٤٥٨٣٢٤	١٠٠

* باید توجه شود که بالا بودن آب خریداری شده توسط کارخانجات قند و شکر کشور، دلیل بر مصرف این حجم آب در فرایند کارخانه‌های قند نمی‌باشد چرا که اغلب کارخانجات آب خریداری شده را برای تأمین آب شرب منازل و آبیاری زمین‌های کشاورزی اطراف کارخانه نیز مصرف می‌نمایند.

آب، این میزان حتی به کمتر از ۱ مترمکعب نیز می‌رسد. در صورتی که بازگردش آب با "اصول تولید پاک"[1] توأم گردد، میزان تولید فاضلابی که نیاز به تصفیه داشته به ۰/۵ مترمکعب به ازای هر تن نیشکر تنزل خواهد یافت [۱۲]. هم‌چنین در کارخانجات قند نیشکری تایوان، تمامی سیستم‌های مرتبط با مصرف آب بر اساس موازنه‌ی جرم و موازنه‌ی آب بررسی شده‌اند و طراحی برای رسیدن به فاضلاب صفر پیشنهاد شده است که در آن فقط بخش کوچکی از نیاز آبی کارخانه، با آب تازه تأمین می‌شود [۳].

طی سال‌های اخیر، در کارخانجات قند ایران (به خصوص کارخانه‌های قند خراسان) اقداماتی در جهت کاهش مصرف آب صورت گرفته است؛ به طوری که ادعا می‌شود در کارخانه‌های قند خراسان، میزان مصرف آب به طور متوسط ۴۵-۳۰ درصد کاهش یافته است [۱]. در کارخانه قند نقش جهان اصفهان توانسته‌اند با استفاده از بازیافت و استفاده مجدد از پساب‌ها، میزان فاضلاب خروجی را ۷۰-۵۰ درصد کاهش دهند [۵] و یا در کارخانه قند شیروان با جداسازی گل صافی و گل خروجی از کلاریفایر، ضمن کاهش میزان مصرف آب و حجم فاضلاب تولیدی، راندمان تصفیه فاضلاب را افزایش داده‌اند [٤]. در برخی کارخانجات دیگر نیز اقدامات مشابهی در جهت کاهش مصرف آب صورت گرفته و یا در دست اقدام است.

روش کار

برای ارائه یک برنامه مناسب و اقتصادی جهت کاهش مصرف آب، نیاز به فراهم آوردن اطلاعات کافی در مورد مکان‌های مصرف آب، میزان مصرف آب، کیفیت مورد نیاز آب مصرفی و خصوصیات پساب خروجی از واحدها و نیز امکانات لازم برای بازیافت و استفاده‌ی مجدد از آب می‌باشد. به کارگیری یک برنامه مناسب ممیزی آب دست‌یابی به چنین اطلاعاتی را آسان و نتایج حاصله را دقیق‌تر می‌نماید. با ممیزی آب، ضمن بررسی تفصیلی فرایند و کسب آگاهی بیشتر از جریان مواد و تمرکز بر امکانات کاهش مصرف آب، برنامه‌ای مناسب و اقتصادی جهت کاهش مصرف آب می‌توان تهیه و ارائه نمود.

[1] Clean Production Principles

برای ممیزی آب در کارخانه قند اصفهان از دستورالعمل بین‌المللی ممیزی و کاهش آلاینده‌ها و پسماندهای صنعتی که توسط دفتر صنعت و محیط زیست برنامه محیط زیست ملل متحد (UNEP/IEO)[2] و سازمان توسعه ملل متحد (UNIDO)[3] تدوین شده است، استفاده گردید [۱۱]. هر چند این دستورالعمل برای ممیزی پسماندهای صنعتی تدوین گردیده است، لکن با تغییراتی که در مراحل پیشنهادی آن داده شد، جهت استفاده در ممیزی آب مناسب گردید (شکل ۱).

مراحل انجام ممیزی

فاز اول : ارزیابی مقدماتی

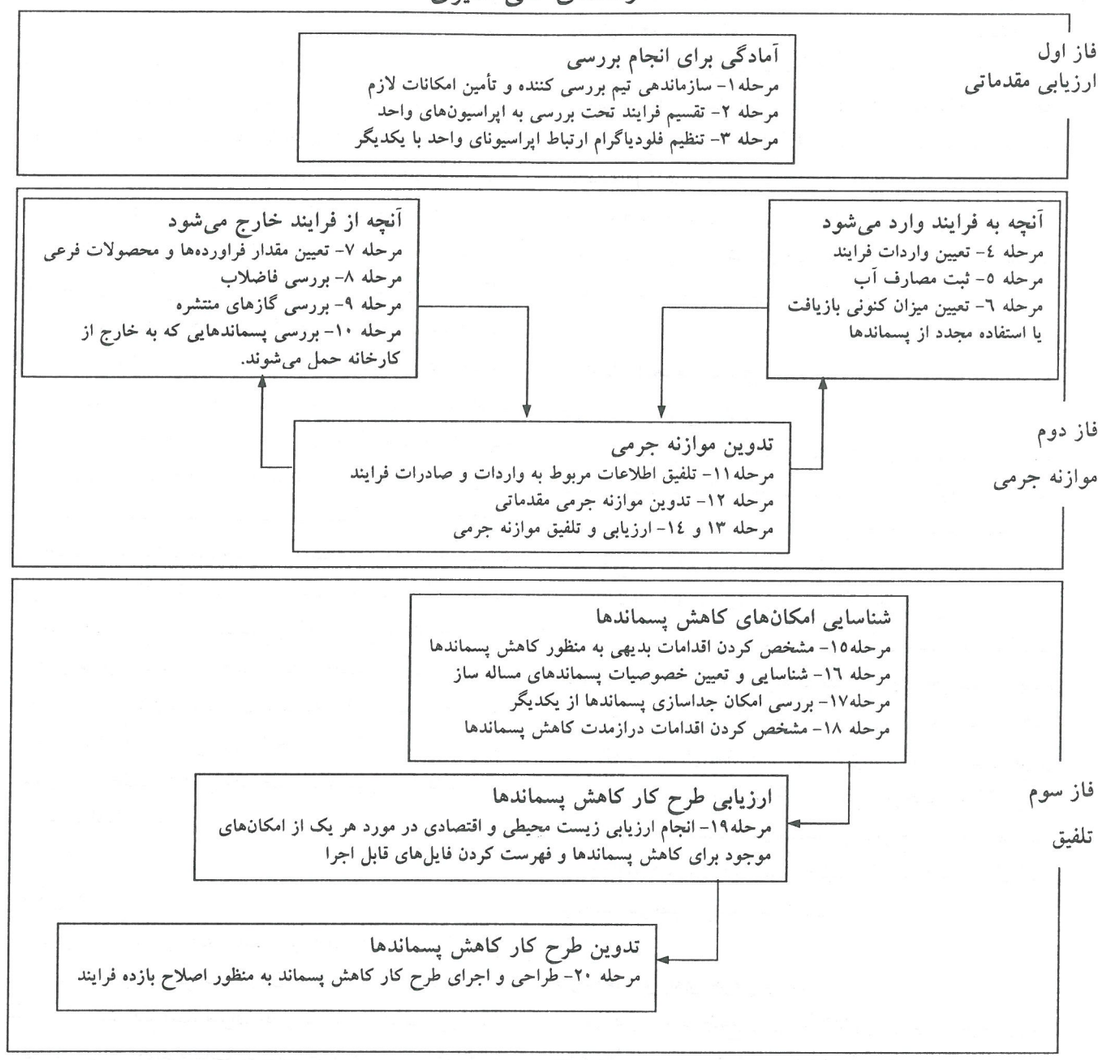
در این مرحله ضمن شناسایی واحدهای مختلف کارخانه قند اصفهان و عملکرد آن‌ها، فلودیاگرامی از فرایند کارخانه تهیه شد که در آن، ارتباط واحدهای مختلف مشخص گردیده است (شکل ۲).

کارخانه قند اصفهان بیش از ۳۰ سال پیش توسط یک شرکت فرانسوی در منطقه خوراسگان شهر اصفهان با ظرفیت اسمی ٤۰۰۰ تن چغندرقند در روز احداث گردیده است. ظرفیت عملی کارخانه با توجه به شرایط کار کارخانه و مقدار چغندر خریداری شده در سال تغییر می‌کند. در این بررسی ظرفیت عملی کارخانه ۲۹۸۰ تن در روز (متوسط مصرف چغندر از تاریخ ۷۸/۷/۵ لغایت ۷۸/۱۰/۱۰ که هر دو عصاره‌گیر کارخانه مشغول کار بوده‌اند) در نظر گرفته شده است.

فاز دوم: موازنه‌ی جرمی و آب

در فاز دوم با جمع‌آوری اطلاعاتی پیرامون مواد اولیه، محصولات و فرآورده‌های تولیدی کارخانه و تعیین میزان مصرف آب و حجم پسماندهای خروجی از فرآیند، موازنه‌ی جرمی (شکل ۳) و موازنه‌ی آب (شکل ۲) برای کارخانه قند اصفهان برقرار گردید. مطابق این موازنه مقدار آب تازه مصرفی کارخانه در حدود ۳۳۸ مترمکعب به ازای صد تن چغندربرآورد گردیده است [۲].

[2] United Nations Environment Programme/Industry and Environment Office
[3] United Nations Industrial Development Organization



شکل ۱- راهنمای کل ممیزی و کاهش آلاینده‌ها و پسماندهای صنعتی [۱۱].

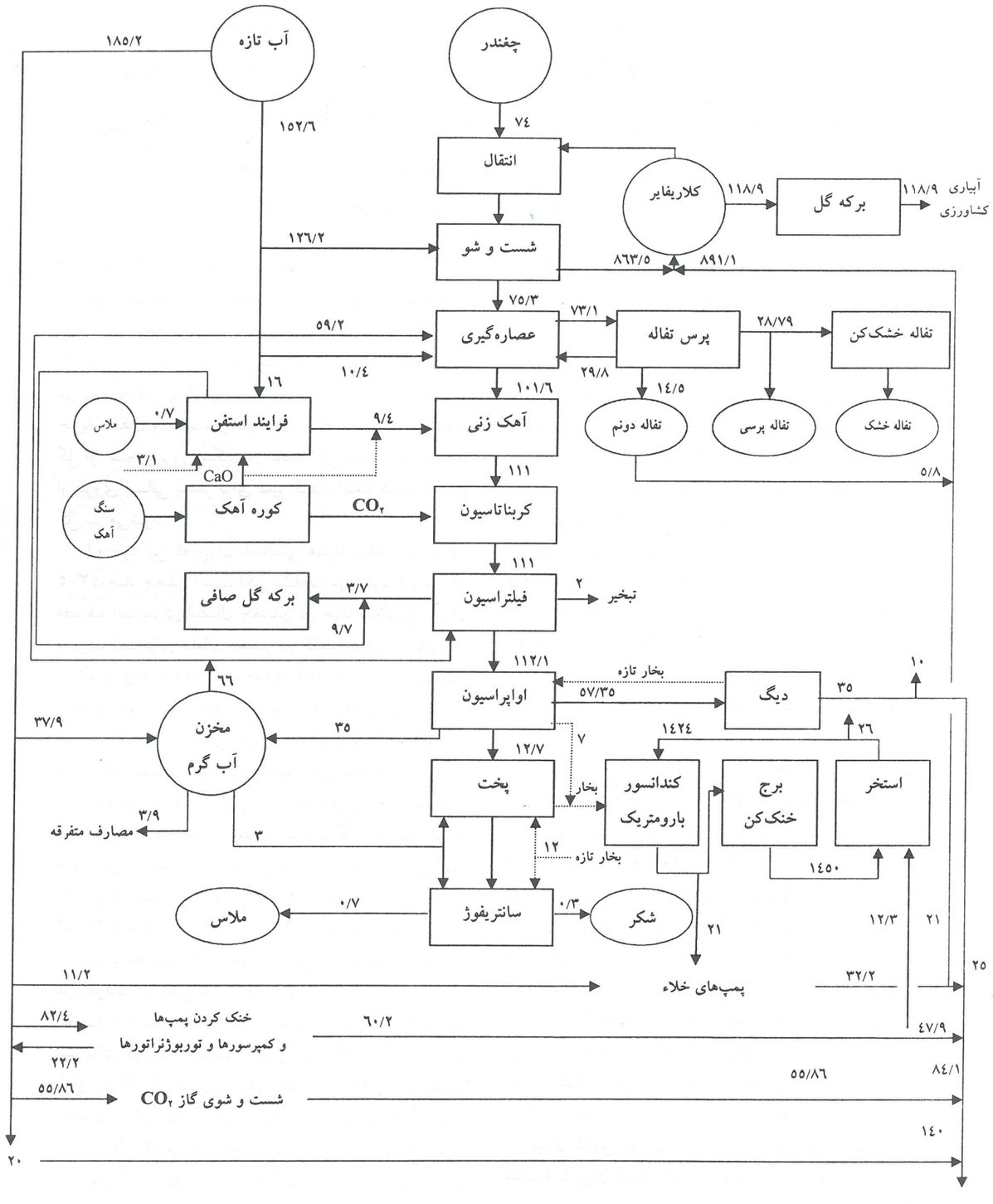
فاز سوم : تلفیق (تجزیه و تحلیل)

در فاز سوم با بررسی اقتصادی و زیست محیطی روش‌های مختلف کاهش مصرف آب در هر کدام از واحدهای کارخانه‌ی قند و نیز امکان استفاده مجدد از پساب واحدهای مختلف در سایر واحدها، خط جدیدی از حرکت آب و پسماندها برای کارخانه قند اصفهان پیشنهاد شد.

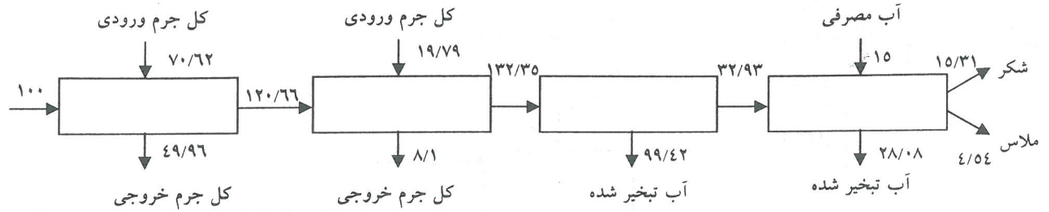
نتایج و مشاهدات

وضعیت مصرف آب در کارخانه قند اصفهان

با توجه به موازنه آب برقرار شده در شکل ۲، وضعیت مصرف آب در مدارهای آب و واحدهای مختلف کارخانه در زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد [۲].



شکل ۲- موازنه آب فرآیند کارخانه قند اصفهان (تن به ازای صد تن چغندر) [۲].



شکل ۳- موازنه جرم فرآیند کارخانه قند اصفهان (تن به ازای صد تن چغندر) [۲].

الف- مدار آب انتقال و شست‌و شو

نبود سیستم مناسبی جهت گرفتن آشغال‌ها، دمبرگ‌ها و قطعات ریز چغندر و ... علاوه بر این که باعث افزایش آلودگی آب و در نتیجه بالا رفتن فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود که نه تنها تأثیر سوئی بر میزان افت قند چغندر در جریان انتقال و شست و شو دارد، بلکه باعث افزایش دفع گل از استخر، بروز اشکال در تخلیه گل استخر و استفاده از نیروی انسانی بیشتر برای تمیز کردن آشغال‌های همراه گل نیز می‌شود.

با وجود این که میزان ناخالصی همراه چغندر در حدود ۵-۳ درصد چغندر است، لکن مشاهده می‌شود که میزان مصرف آب برای انتقال چغندر در حد بالاترین میزان مصرف آب برای انتقال چغندر در کشورهای اروپایی با ناخالصی زیاد چغندر (در حدود۲۰-۱۲ درصد) می‌باشد. شاید به نظر برسد که به علت بازگردش آب، کاهش مصرف زیاد آب مصرفی برای انتقال چغندرکم اهمیت باشد، لکن مصرف زیاد آب باعث پایین آمدن مدت زمان ماند آب گل آلود در کلاریفایر شده و از ترسیب مؤثر ذرات معلق و در نتیجه از تغلیظ مناسب گل ته‌نشین شده جلوگیری به عمل می‌آورد. این مسئله همراه با مشکل ذکر شده در قسمت۱، باعث می‌شود که میزان خاک گل در حد ۴۲-۲۵ گرم در لیتر (به جای ۳۰۰ گرم در لیتر) شود.

آب ترشح شده از تفاله‌های پرس شده و دونم که به طور موقت در محوطه تخلیه می‌گردند و نیز فاضلاب‌های متفرقه از قبیل فاضلاب شست و شوی صافی‌های استوانه‌ای گردان و شست و شوی کف کارخانه و ... که دارای بار آلودگی بالایی نیز می‌باشند، وارد مدار آب انتقال و شست و شو شده و باعث افزایش آلودگی آن می‌گردند.

در حالی که می‌توان ۸۰ درصد از آب گل خارج شده از استخر گل را دو باره به مدار آب انتقال و شست و شو باز گردانید و ۲۰ درصد بقیه را نیز به واحد تصفیه بیولوژیکی منتقل کرد، تمام این آب از دسترس خارج می‌شود.

تمام آب مورد نیاز برای شست و شوی چغندر از آب تازه تأمین می‌شود، در حالی که می‌توان از آب مدار انتقال و شست و شو استفاده کرد. برای آبکشی نهایی چغندر، می‌توان از آب تازه، آب کندانس، آب کندانسور بارومتریک یا آب خنک کننده پمپ‌ها (معادل میزان آب منتقل شده به واحد تصفیه بیولوژیکی) استفاده کرد.

ب- مدار آب فرایندی

واحد عصاره‌گیری

به علت پائین بودن ظرفیت پرس‌های تفاله و کارایی نامناسب خرده تفاله‌گیر از آب تفاله، مقدار قابل توجهی تفاله دونم تولید می‌گردد که بخش عمده‌ای از آن را آب تفاله تشکیل می‌دهد. از این رو، با افزودن دستگاه پرس و افزایش کارایی خرده تفاله‌گیر، می‌توان در حدود ۱۰ تن به میزان آب تفاله افزود و ضمن کاهش میزان مصرف آب، ضایعات قندی دیفوزیون را نیز کاهش داد. در صورتی که از دستگاه پرس فشار قوی به صورت سری یا سایر دستگاه‌های پرس موجود استفاده شود، میزان ماده خشک تفاله پرس شده و در نتیجه مقدار آب تفاله افزایش می‌یابد.

علاوه بر ظرفیت پایین دستگاه‌های پرس، توان آن‌ها در پرس کردن تفاله نیز مطلوب نیست؛ به طوری که میزان ماده خشک تفاله پرس شده در هنگام پایین بودن مصرف چغندر نیز از حدود ۱۷ درصد تجاوز نمی‌نماید. از این رو می‌توان با بهینه‌سازی شرایط استخراج شربت از خلال و کاربرد کمک پرس کننده، میزان ماده خشک تفاله پر شده را افزایش داد.

میزان کشش شربت خام (۱۲۰ درصد وزنی چغندر) در مقایسه با میزان کشش شربت خام در عصاره‌گیرهای RT

بالا می‌باشد. سعی در کاهش کشش شربت خام ضمن کاهش نیاز به مصرف آب تازه، از افزایش میزان آب شربت که بایستی در واحد اواپراسیون بخار شود جلوگیری می‌نماید.

واحد تصفیه

آبی که برای شربت شویی گل کربناتاسیون به کار می‌رود وارد شربت شده و باعث افزایش حجم آب آن می‌گردد؛ در حالی که می‌توان با استفاده از آب شیرین حاصل در تهیه شیر آهک یا حل کردن کیک ساکارات کلسیم در واحد قندگیری از ملاس، نیاز آبی آن واحدها را نیز برآورده نمود.

گل کربناتاسیون با پساب فرایند استفن رقیق شده به صورت مایع به برکه گل کربناتاسیون هدایت می‌شود. این امر ضمن افزایش مشکلات زیست محیطی گل کربناتاسیون، باعث افزایش آلودگی گل کربناتاسیون می‌شود. از طرفی نیز ذرات گل باقی‌مانده در پساب استفن باعث افزایش رسوبات در سیستم تصفیه بیولوژیکی می‌شود.

واحد اواپراسیون

حجم بخار تازه مصرفی در واحد اواپراسیون (۷۵-۷۰ تن بخار به ازای صد تن چغندر) در مقایسه با میزان بخار مصرفی که امروزه در کشورهای اروپایی پیشنهاد می‌شود (حدود ۲۰ تن بخار به ازای صد تن چغندرقند) بالاست که علت این امر می‌تواند در موارد زیر خلاصه شود :

استفاده از سیستم تبخیر تحت خلا با دمای پایین بخار ورودی (حدود ۱۳۰°C)

استفاده بیشتر از دم بدنه‌های اول اواپراسیون به جای بدنه‌های آخر اواپراسیون

عدم استفاده بهینه از حرارت موجود در دم‌ها

بالا بودن مصرف بخار تازه باعث می‌شود که از میزان آب کندانس اضافی کاسته شود، چرا که قسمت عمده‌ای از آب‌های کندانسی برای تأمین آب دیگ‌های بخار مصرف می‌گردد.

واحد کریستالیزاسیون و سانتریفوژ

غلظت شربت غلیظ ورودی (بریکس ۶۱/۵) در مقایسه با غلظت‌هایی که امروزه برای شربت غلیظ در نظر گرفته می‌شود (بریکس ۷۵-۷۰) پایین است که این امر باعث افزایش ضایعات آب در کندانسور بارومتریک می‌شود.

آپارات‌های پخت از نوع غیر مداوم می‌باشند که مصرف بخار آب آن‌ها نسبت به آپارات‌های پخت مداوم بیشتر است.

در آپارات‌های پخت به علت عدم وجود همزن مکانیکی، از دم بدنه‌ی اول استفاده می‌شود؛ لذا در صورت نصب همزن، می‌توان از دم بدنه‌های بعدی اواپراسیون استفاده نموده مقدار بخار تازه مصرفی در اواپراسیون را کاهش داد.

به داخل آپارات‌های پخت I، به منظور جلوگیری از تشکیل دانه‌های کاذب در لحظه تخلیه، مقداری آب پاشیده می‌شود که باید از این عمل و هرگونه فعالیتی که موجب رقیق شدن پخش شود، خودداری نمود.

واحد قندگیری از ملاس (استفن)

در واحد قندگیری از ملاس، از آب تازه برای رقیق کردن ملاس و شست و شوی کیک اضافی استفاده می‌شود و برای حل کردن کیک ساکارات کلسیم از آب کندانس استفاده می‌شود. پساب قندگیری از ملاس نیز برای رقیق‌سازی گل کربناتاسیون به کار می‌رود و پس از ترسیب، گل آن در برکه‌ی گل کربناتاسیون به واحد تصفیه بیولوژیکی منتقل می‌گردد.

ج- مصارف آب خارجی

آب‌های خنک کننده

آب خنک کن کلیه پمپ‌ها از آب تازه تأمین می‌شود و سپس به سیستم فاضلاب کارخانه دفع می‌شود. آب خنک کن یاتاقان‌های دو واحد از آسیاب‌ها به استخر آب تازه برگشت داده می‌شود و آب خنک کننده‌ی یکی دیگر از آسیاب‌ها به فاضلاب تخلیه می‌گردد.

آب خنک کننده کمپرسور به استخر آب تازه برگشت داده می‌شود. قسمتی از آب خنک کننده توربوژنراتورها به مقدار آب کندانسور بارومتریک (۱۲/۳مترمکعب به ازای صد تن چغندر) اضافه می‌شود، قسمتی به فاضلاب (۷/۶مترمکعب به ازای صد تن چغندر) تخلیه می‌شود و بقیه (۶/۳ مترمکعب به ازای صد تن چغندر) به استخر آب تازه برگشت داده می‌شود.

بقیه مصارف آب

آب مورد نیاز برای پمپ‌های خلا، شست و شوی گاز CO_2 ، شست و شوی تجهیزات، شست و شوی کف

کارخانه، مصارف آزمایشگاه و مصارف بهداشتی و ... بقیه مصارف آب را تشکیل می‌دهند که وضعیت تأمین این آب‌ها در شکل ۲ مشخص شده است.

برنامه پیشنهادی برای کاهش مصرف آب کارخانه

با توجه به وضعیت مصرف آب در کارخانه قند اصفهان، برنامه‌ای در سه مرحله بر اساس هزینه‌های مورد نیاز برای اعمال روش‌های کاهش مصرف آب پیشنهاد می‌گردد:

مرحله اول : استفاده مجدد از آب

تمرکز برنامه در این مرحله، بیشتر بر روی استفاده مجدد از آن دسته پساب‌هایی است که بدون داشتن نیاز به تصفیه‌ای خاص، قابل استفاده در واحد یا واحدهای دیگری باشند. هزینه‌های مربوط به این مرحله بیشتر مربوط به لوله‌کشی، ایستگاه پمپاژ و جداسازی پساب‌ها از همدیگر می‌شود که با کاهش دادن هزینه‌های مربوط به تصفیه فاضلاب کارخانه از طریق تقلیل میزان پسماندهای تولیدی، قابل توجیه است.

اقداماتی که در این مرحله پیشنهاد می‌گردد عبارتند از:

از آنجایی که پساب خروجی از برکه‌ی گل بدون استفاده مجدد به بیرون از کارخانه هدایت می‌شود، توصیه می‌گردد که این پساب‌ها جمع‌آوری شده، ۸۰ درصد آن در مدار انتقال و شست و شو و ۲۰ درصد در شست و شوی گاز CO_2 مورد استفاده مجدد قرار گیرد. در این صورت فقط معادل ۲۰ درصد پساب خروجی از برکه گل، آب تازه در آب کشیدن چغندرها در واحد شست و شو به مصرف می‌رسد.

برای شست و شوی کف کارخانه از پساب پمپ‌های خلاء استفاده شود.

برای تأمین آب مورد نیاز برای شست و شوی چغندر، خنک کردن پمپ‌ها و قسمتی از آب مورد نیاز واحد عصاره‌گیری، از پساب خنک کننده توربوژنراتور و کمپرسورها استفاده شود.

برای رقیق کردن ملاس در واحد قندگیری از ملاس و تأمین آب جبرانی کندانسور بارومتریک از پساب خنک کننده پمپ‌ها استفاده گردد.

برای جبران مابقی آب مورد نیاز برای شست و شوی گاز CO_2، از زیر آب دیگ بخار استفاده گردد.

آب شیرین حاصل از شست و شوی گل صافی در تهیه شیر آهک به مصرف برسد.

از نشتی آب و بازماندن بی‌مورد شیرها، آب خنک کننده پمپ‌ها و کمپرسورها هنگامی که پمپ خاموش است و هم‌چنین از به هدر رفتن آب‌های کندانسه در کوره بخار و سایر قسمت‌ها جلوگیری به عمل آید.

با ایجاد کانال‌های مجزا برای بازگرداندن نشتی‌های مختلف به جریان‌های مربوطه، از افزایش ضایعات قندی و بالا رفتن بار آلودگی فاضلاب کارخانه جلوگیری شود.

با استفاده مجدد از پساب واحد قندگیری از ملاس در ترقیق ملاس در دوره‌های ۶ ساعته و سپس تخلیه آن به فاضلاب، حجم آب مصرفی برای ترقیق ملاس کاهش یابد.

مرحله دوم : کاهش از طریق کنترل مصرف آب

در این مرحله پس از مطالعه جریان مواد (آب، بخار، مواد اولیه و محصولات مختلف) و تعیین مقدار بهینه مصرف آب برای قسمت‌ها و واحدهای مختلف، با نصب دبی متر در مسیرهای جریان، مقدار مصرف آب در هر کدام از واحدها کنترل می‌گردد.

با توجه به زمان بر بودن مطالعه و هزینه‌های نصب دبی متر و کاهش نامحسوس تر آب نسبت به مرحله اول، اقدامات مربوط به کاهش مصرف آب از طریق کنترل جریان، در مرحله‌ی بعدی اهمیت قرار دارند. از جمله کنترل‌هایی که منجر به کاهش مصرف آب می‌شوند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود :

کنترل آب ورودی به عصاره‌گیر و پایین آوردن کشش شربت خام

کنترل شیر آهک مصرفی در آهک زنی

کنترل آب مصرفی در شربت شویی گل صافی

کنترل آب مصرفی در آپاراتهای پخت و کریستالیزاسیون

کنترل جریان بخار در تجهیزات و مبدل‌های حرارتی مختلف

کنترل زیر آب دیگ‌های بخار [۹].

مرحله سوم : کاهش مصرف آب از طریق تغییر فرایند

با استفاده از تجهیزات و فرایندهایی که به آب کمتری نیاز دارند، می‌توان مقدار مصرف آب را کاهش داد. تحلیل اقتصادی این تغییرات با توجه به هزینه‌ها و منافع حاصل از

تغییر فرایند و استفاده از تجهیزات و دستگاه‌های جدید، از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به شرایط کارخانه قند اصفهان، اقدامات زیر برای کاهش مصرف آب پیشنهاد می‌گردد:

افزایش کارایی پرس‌های تفاله کارخانه

با توجه به این که کارایی پرس‌های موجود مخصوصاً به هنگام بالا رفتن میزان مصرف چغندر کارخانه، به طور محسوسی کاهش می‌یابد، توصیه می‌شود با افزودن یک دستگاه پرس فشار قوی به طور متوالی و یا یک دستگاه پرس افقی به صورت سری در کنار پرس‌های موجود و یا با استفاده از کمک پرس کننده، کارایی قسمت پرس کردن تفاله افزایش داده شود. این اقدام ضمن کاهش دادن میزان سوخت مصرفی در تفاله خشک کن، موجب افزایش آب تفاله برگشتی به عصاره‌گیر شده و میزان مصرف آب تازه در واحد عصاره‌گیری را نیز کاهش می‌دهد. در ضمن از نشتی آب تفاله‌های‌تر و دونم و راه‌یابی آن‌ها به جریان فاضلاب و در نتیجه افزایش بار آلودگی فاضلاب کارخانه هم جلوگیری به عمل می‌آورد [۹].

تبدیل اواپراسیون تحت خلاء به تحت فشار

با مطالعه میزان مقاومت شربت در مقابل حرارت‌های بالاتر، امکان تبدیل اواپراسیون تحت خلاء به تحت فشار مورد بررسی قرار گیرد. این اقدام باعث جلوگیری از به هدر رفتن آب‌های کندانسه بدنه آخر شده و نیز باعث افزایش غلظت شربت غلیظ و در نتیجه کاهش نیاز واحد پخت به بخار می‌گردد [۱۴].

تبدیل سیستم قندگیری از ملاس به روش کروماتوگرافی

تصفیه پساب واحد قندگیری از ملاس به روش استفن با مشکلاتی همراه است که استفاده از روش کروماتوگرافی در قندگیری از ملاس ضمن برطرف کردن نیاز به آب رقیق‌سازی، باعث رفع مشکلات تصفیه پساب واحد قندگیری نیز می‌شود [۱۴].

تغییر روش انتقال گل صافی به صورت نیمه مایع یا خشک

با توجه به این که رقیق‌سازی گل صافی با استفاده از پساب واحد استفن و انتقال آن به برکه گل صافی، باعث افزایش بار آلودگی فاضلاب و بروز مشکل در امر تصفیه آن و نیز موجب ایجاد مشکلات زیست محیطی هنگام انتقال گل خشک شده می‌گردد، توصیه می‌شود که گل به صورت نیمه مایع و یا خشک انتقال داده می‌شود [۱۳].

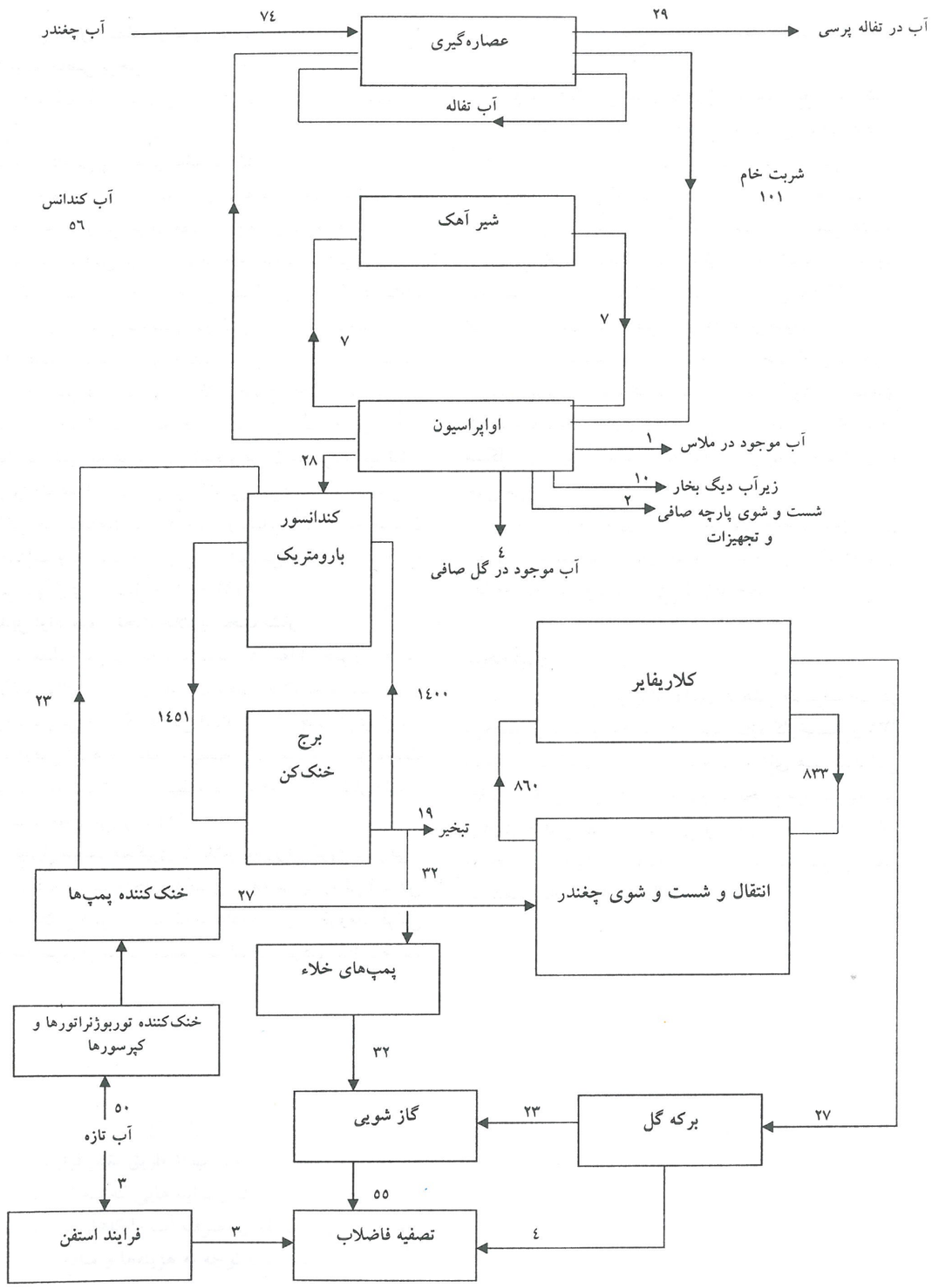
افزودن بدنه پیش تبخیر قبل از واحد اواپراسیون

این اقدام ضمن افزایش کارایی واحد اواپراسیون و افزایش غلظت شربت غلیظ، باعث کاهش آلودگی آب‌های کندانسه بدنه‌های اول و دوم به مواد قندی شده، از بروز مشکل در تأمین آب مورد نیاز دیگ‌های بخار جلوگیری به عمل می‌آورد [۱۴].

علاوه بر روش‌های فوق، روش‌های دیگری نیز برای کاهش مصرف آب در کارخانجات قند وجود دارد که برای مطالعه آن‌ها می‌توان به مرجع [۲] مراجعه نمود.

نتیجه‌گیری

با اعمال روش‌های پیشنهادی کاهش مصرف آب در مرحله اول، میزان مصرف آب تازه کارخانه از ۳۳۸ مترمکعب به کمتر از ۱۵۰ مترمکعب به ازای هر صد تن چغندر کاهش می‌یابد. در صورت انجام مراحل بعدی برنامه‌ی کاهش مصرف آب، می‌توان میزان مصرف آب تازه کارخانه را تا میزان ۵۰ مترمکعب به ازای صد تن چغندر نیز کاهش داد (شکل ٤) [۲].



شکل ٤- خط جدید پیشنهادی حرکت آب و پساب‌ها در کارخانه قند اصفهان [۲].

منابع و مراجع

۱- آقا میری،(۱۳۷۵). "*محیط زیست و کارخانه‌های قند* ، مجموعه مقالات هجدهمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان خراسان، ص ۳۳-۳۱.

۲- بابایی‌نژاد پیروز، م.،(۱۳۷۹). "*ممیزی و کاهش مصرف آب در صنعت قند با نگرشی به کارخانه قند اصفهان*" ، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف.

۳- پورسید، م.ب.،(۱۳۷٦). "*روش دستیابی به فاضلاب صفر در کارخانه‌های نیشکری*" ، مجله صنایع قند ایران، شماره ۱۱٤، ص ۳۱٦-۳۰٦.

٤- شاملو،(۱۳۷۵). "*فعالیت‌های کارخانه قند شیروان در رابطه با مسائل تصفیه فاضلاب*" ، مجموعه مقالات هجدهمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان خراسان، ص ۳۵-۳٤.

۵- شعبان‌پور، م.،(شهریور ۱۳۷٦). "*فاضلاب در اصفهان*" ، نوزدهمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان خراسان، ص ۹۸-۸۳.

٦- محرم‌نژاد، ن.،(۱۳۷۷). "*محیط زیست و صنعت قند*" ، مجموعه مقالات بیستمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان‌خراسان، ص ۱٦٤-۱٦۰.

۷- عمادزاده، م. ح.،(۱۳۷۸). "*مقاله اثرات زیست محیطی کارخانه‌های قند*" ، مجموعه مقالات بیست و یکمین دوره سمینار کارخانه‌های قند در استان خراسان، ص ۲۸۰-۲۷۱.

۸- مرکز آمار ایران، (۱۳۷۹). "*نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارکن و بیشتر کشور در سال ۱۳۷۷. طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی کشور* ، تهران.

۹- نی‌ریزی. س.،(۱۳۷۸). "*استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده، راهکار تأمین منابع آب*" ، نشریه آب و محیط زیست، شماره ۳٤، ص ۱۲-٤.

۱۰- وحدتی‌نیک‌زاد. آ.،(۱۳۷۹). "*پژوهشی در جنبه‌های مهندسی سیستم‌های مدیریت زیست محیطی ایزو ۱٤۰۰۱*" ، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران-محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، شماره (ف.م/۱۱۳۳).

11- UNIDO-UNEP/IEO, (1991). "*Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes*", First Edition.

12- Baguant. J., Ramjeawon. T. (1996). "*Water Management in Mauritius*", International Sugar Journal, Vol:98, No: 1171, pp. 351-358.

13- McGinnis, R.A. (1984). "*Beet-Sugar Technology*", 3rd Edition, Colorado, Robinson-Warfield Company.

14- Van der Poel, P. W., Schiweck, H., Schwartz, T. (1998). "*Sugar Technology, Berlin*", Verlay, Dr. Albert Bartens.