

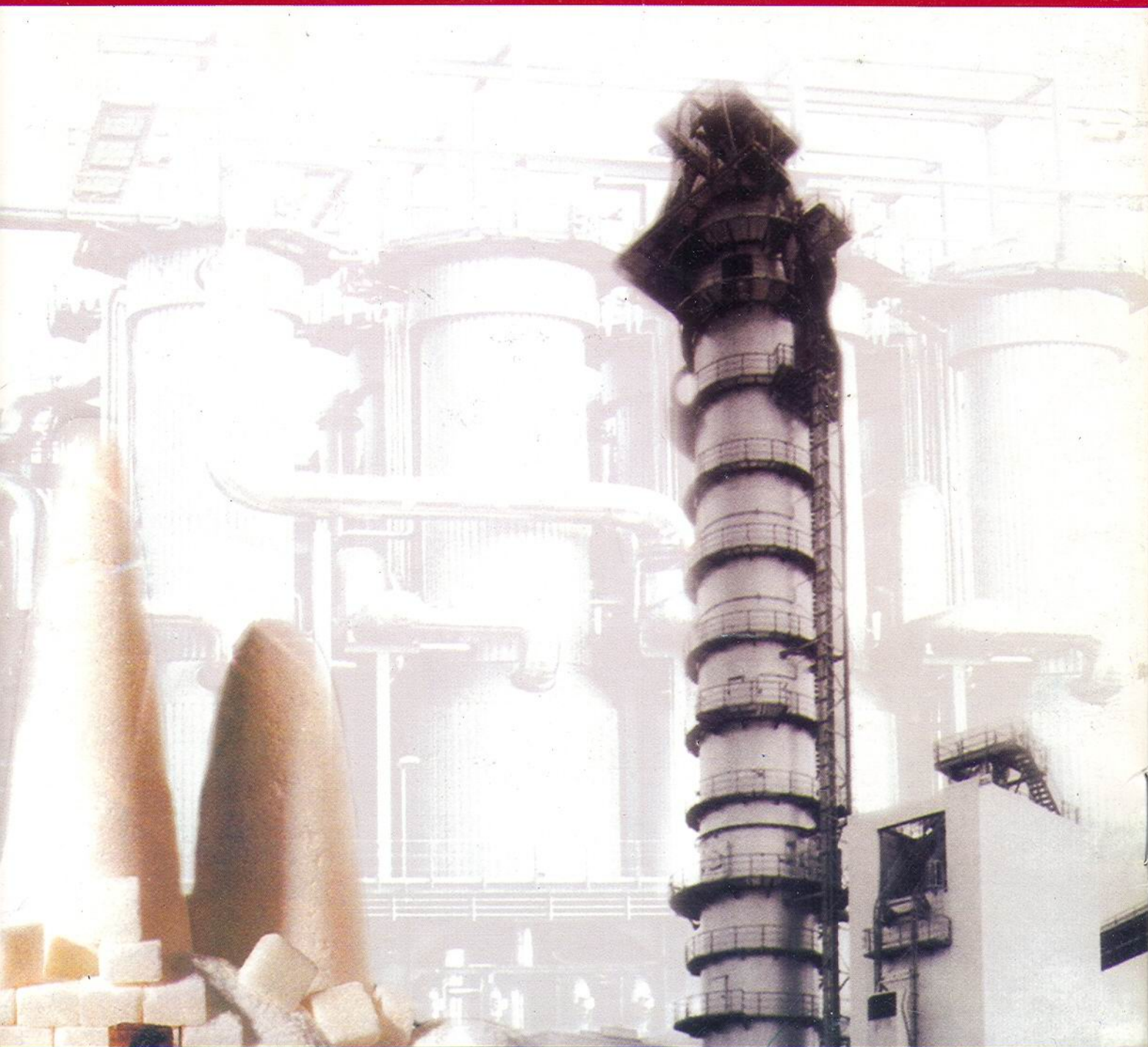


وزارت نیرو
معاونت امور انرژی
سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)



ISO 9001-2000
ISO 14001-1996

بهبود کارایی انرژی در صنعت قند



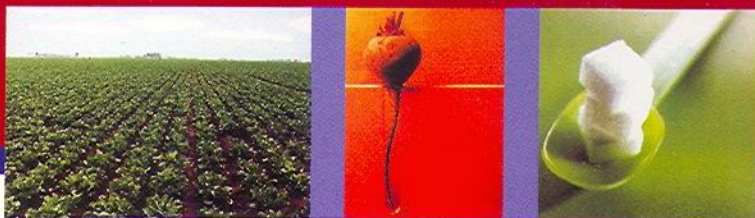
بهسامان
بهینه‌سازی مصرف انرژی

بهینه‌سازی مصرف انرژی

به‌سامان



سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)



بسمه تعالی

صنعت قند

◀ مراحل اجرایی پروژه

۱ تهیه و ارسال پرسشنامه تخصصی به کارخانجات

پرسشنامه تخصصی برای کسب اطلاعات جامع از ۳۵ کارخانه قند کشور با توجه به دو دوره کاری چغندری و شکر خام و ۳ کارخانه تصفیه شکرخام طراحی و به کارخانجات ارسال شد. در این پرسشنامه علاوه بر اطلاعات عمومی مربوط به کارخانه، اطلاعات تخصصی در خصوص مصارف انرژی جمع آوری شده و به منظور برآورد شاخص های مصارف انرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۲ اعزام کارشناسان به کارخانجات

در این مرحله بعد از هماهنگی لازم با کارخانجات، کارشناسان سازمان بهره وری انرژی ایران در سه گروه به کارخانجات مختلف اعزام تا ضمن تکمیل پرسشنامه و تشکیل جلسه با مدیران ارشد کارخانجات به منظور آشنایی بیشتر با اهداف سازمان، از کارخانجات مذکور جهت شناسایی پتانسیل های صرفه جویی انرژی و بررسی مشکلات و امکانات بالقوه کارخانه در راستای بهینه سازی مصرف انرژی بازدید به عمل آورند.

۳ انتخاب چهار کارخانه جهت انجام ممیزی انرژی کوتاه مدت

پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به پرسشنامه، گزارش گروه های کارشناسی و تعیین شاخص های مصارف انرژی الکتریکی و فسیلی، چهار کارخانه به منظور انجام ممیزی انرژی کوتاه مدت انتخاب شدند، که معیارهای انتخاب بر اساس موارد ذیل بوده است.

الف. دارا بودن پتانسیل صرفه جویی انرژی

ب. عدم وجود مشکلات تولید اعم از کمبود چغندر و...

ج. قابل تعمیر بودن راهکارهای پیشنهادی در کارخانه مذکور به کارخانجات مشابه

د. علاقمندی و استقبال مدیران کارخانه از پروژه بهینه سازی مصرف انرژی

عدم کارآیی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدر رفتن قریب به یک سوم از کل انرژی در فرآیندهای صنعتی و اثرات زیست محیطی ناشی از آن، ضرورت بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع و انجام پروژه های بسیاری را در این خصوص، آشکار می سازد. نیل به این هدف مستلزم بررسی تک تک صنایع بوده تا بتوان ضمن آشنایی با هر صنعت، راهکارهای بدون هزینه، کم هزینه و پر هزینه کاهش مصرف انرژی را ارائه نمود و اقدامات عملی در این راستا صورت پذیرد.

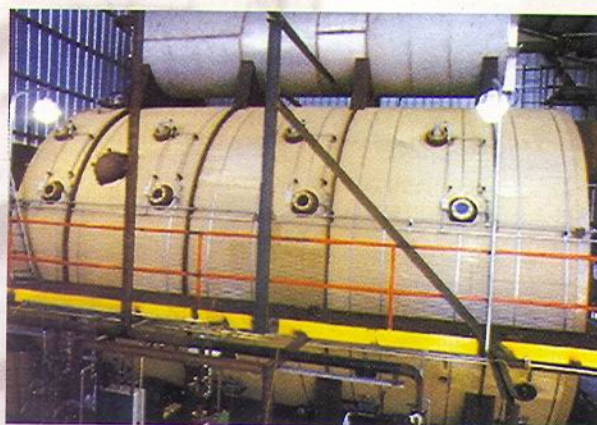
بدین منظور پروژه بهبود کارآیی انرژی در صنعت قند از اوایل سال ۱۳۸۰ از طرف معاونت امور انرژی وزارت نیرو، دفتر بهینه سازی مصرف انرژی تعریف شده و توسط سازمان بهره وری انرژی ایران به اجرا در آمد.

در این پروژه اطلاعات مربوط به ۳۴ کارخانه تولید قند و شکر چغندری و ۳ کارخانه تصفیه شکرخام جمع آوری گردیده که نشان می دهد صنعت قند کشور حدود ۵ درصد از کل انرژی مصرفی بخش صنعت را به خود اختصاص می دهد.

بدلیل کارکرد کارخانجات در دو دوره چغندری و تصفیه شکر خام شاخص مصرف انرژی و پتانسیل صرفه جویی برای هر دوره به تفکیک محاسبه شده است.

بر اساس نتایج حاصل، متوسط شاخص مصرف انرژی الکتریکی و حرارتی در دوره چغندری به ازای یک تن چغندر برابر با $67/5 \text{ kWh}$ و $2/25 \text{ GJ}$ و در دوره تصفیه شکر خام به ازای یک تن شکر خام برابر با $248/1 \text{ kWh}$ و $9/6 \text{ GJ}$ می باشد.

پتانسیل صرفه جویی نسبت به متوسط مصرف داخلی در دوره چغندری برابر با $200/000$ بشکه معادل نفت خام و در دوره تصفیه شکر خام برابر با $220/000$ بشکه معادل نفت خام می باشد.





۵ انتخاب یک کارخانه جهت انجام مطالعات پیش امکان سنجی و برگزاری دوره آموزشی

پس از بررسی های انجام شده و تجزیه و تحلیل های بعمل آمده و انجام ممیزی انرژی کوتاه مدت از بین چهار کارخانه منتخب ، کارخانه قند شیرین خراسان جهت انجام این مرحله انتخاب گردید. در این مرحله با همکاری کارشناسان متخصص اسکاپ (کمسیون اجتماعی - اقتصادی سازمان ملل برای آسیا و اقیانوسیه) و همچنین مرکز تحقیقات قند کشور یک دوره آموزشی با حضور مدیران انرژی کارخانجات کشور در محل مرکز تحقیقات قند کشور برگزار و مطالعات پیش امکان سنجی در کارخانه مذکور انجام گردید.

۶ برگزاری سمینار تخصصی و تهیه نرم افزار انرژی

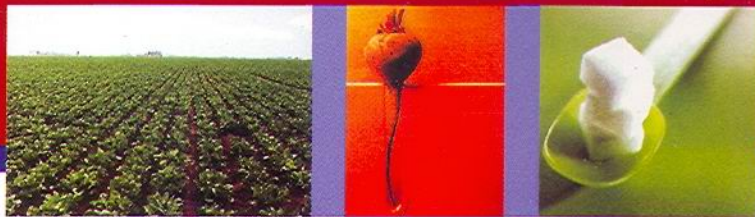
در این سمینار نتایج کلیه اقدامات انجام شده به همراه نرم افزار انرژی که توسط سازمان بهره وری انرژی ایران تهیه گردیده است به متخصصین و مدیران کارخانجات قند ارائه گردید و مشکلات و راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت.



۴ اعزام کارشناسان فنی به کارخانجات منتخب جهت انجام ممیزی انرژی کوتاه مدت

پس از انتخاب چهار کارخانه ، کارشناسان سازمان طبق برنامه زمان بندی جهت انجام ممیزی انرژی به کارخانجات عزیمت نموده و با نصب تجهیزات اندازه گیری انرژی و تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده ، منابع اتلاف انرژی را شناسایی و راهکارهایی جهت کاهش اتلاف انرژی ارائه و طی جلسه ای با مدیران کارخانه به بررسی آن پرداخته و در ضمن گزارش کامل نتایج ممیزی انرژی به کارخانجات ارسال گردید.





فرآیند تولید قند

شربت غلیظ تبدیل می گردد. خروجی این واحد شربت غلیظ با بریکس (BX) حدود ۶۰ تا ۷۵ می باشد.

● **کریستالیزاسیون (crystallization):** شربت غلیظ خروجی از واحد تبخیر وارد کریستالیزاسیون می گردد، این شربت به ترتیب وارد سه مرحله پخت که هر مرحله شامل مخزن پخت، ریفریجرانت، سانتریفوژ و مخازن پساب می باشد شده، شکر سفید محصول واحد اول بوده و ملاس محصول جانبی واحد سوم پخت می باشد.

● **سانتریفوژهای تولید کله قند:** در کارخانجاتی که تولید قند دارند سانتریفوژهایی جهت تبدیل شکر به قند فعالیت دارند.

● **قند گیری از ملاس:** در بعضی از کارخانجات ایران از روش استفن جهت قند گیری از ملاس استفاده می شود. آهک زنی، سرد کردن و فیلتراسیون مراحل اجرایی این واحد می باشند.

● **کوره آهک:** تجزیه سنگ آهک جهت تهیه شیرآهک و گاز CO₂ در این قسمت صورت می گیرد که در واحد های تصفیه و گاززنی مورد استفاده دارد.

● **نیروگاه:** به منظور تامین برق و بخار مورد نیاز پروسه معمولاً کارخانجات قند دارای واحدهای کوچک تولید برق می باشند.

چغندر ورودی به کارخانه پس از توزین و عیارسنجی وارد سیلوهای نگهداری چغندر شده و سپس وارد مراحل مختلف فرآیند می گردد.

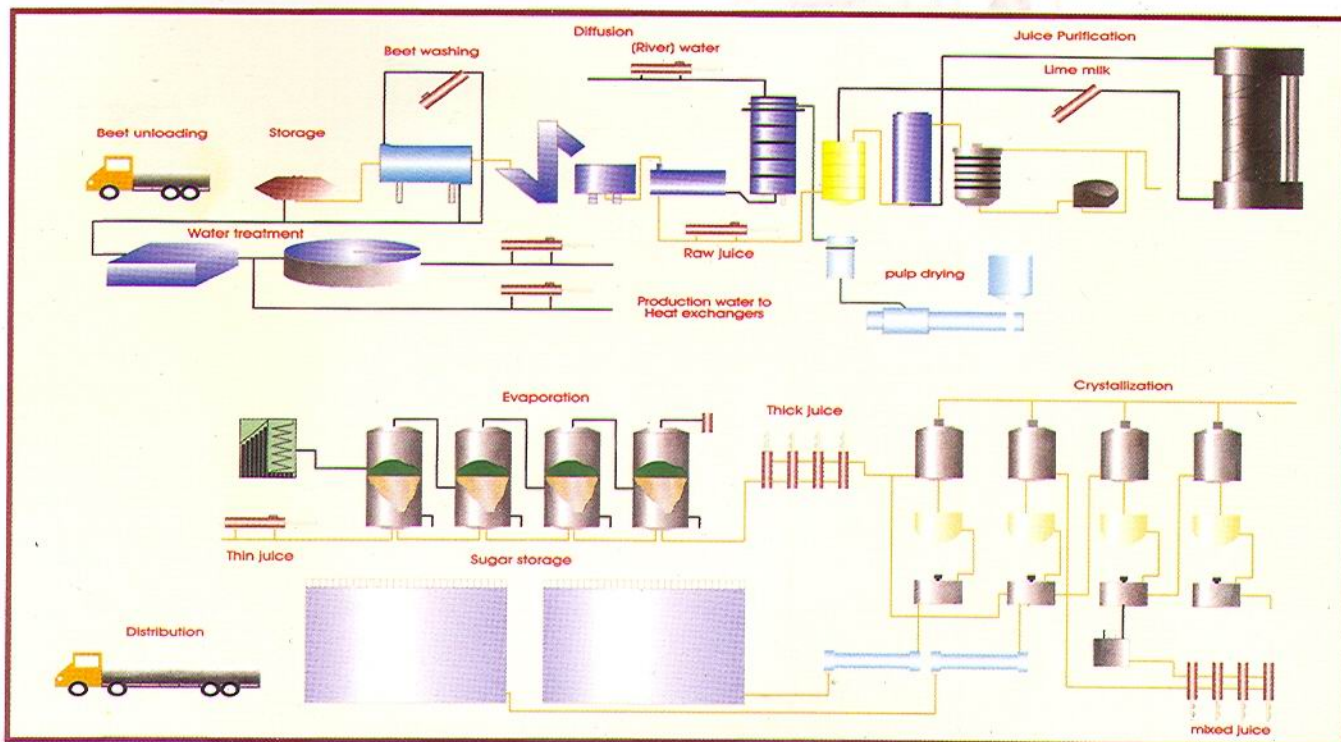
● **شستشو و علف گیری (beet washing):** در این مرحله گل و لای و برگ و ساقه همراه چغندر گرفته می شود.

● **دیفوزیون (diffusion):** ابتدا چغندر در آسیاب خلال، بصورت خلال درآمده و در دیفوزیون در اثر خاصیت اسمزی شربت از آن استخراج می گردد. خروجی این قسمت شربت رقیق ناخالص می باشد.

● **تفاله خشک کنی (pulp drying):** تفاله تر خروجی از دیفوزیون ابتدا وارد پرسهای تفاله ترشده و پس از آب گیری اولیه جهت خشک کردن وارد کوره های تفاله خشک کنی می گردد.

● **تصفیه (purification):** شربت رقیق خروجی از دیفوزیون پس از گرم شدن در مبدل های حرارتی، با شیر آهک تهیه شده در قسمت کوره آهک مخلوط شده و با تزریق گاز CO₂ حاصل از قسمت کوره آهک، ناخالصی های آن به صورت رسوب جدا می گردد. این عمل توسط فیلترهای مختلف مانند فیلتر خلا، فیلتر دکانتور و فیلتر پرس انجام می گیرد. خروجی این قسمت شربت رقیق خالص می باشد.

● **تبخیر (evaporation):** شربت رقیق در این قسمت در برجهای تبخیر توسط بخار در چندین مرحله تبخیر شده و به



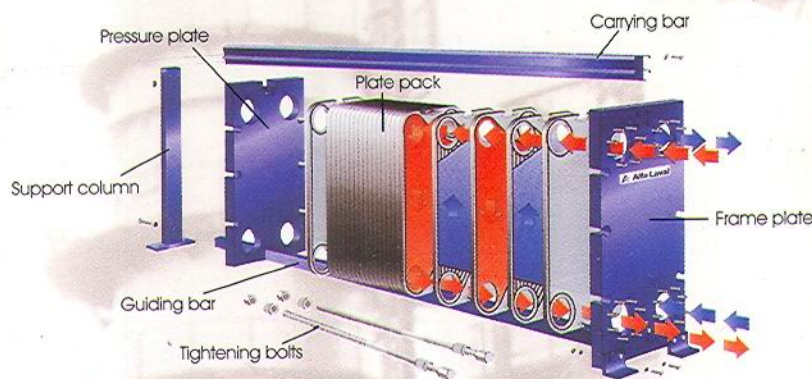


راهنمای اجرای (الکتریکی)

- تغییر سیستم تحریک ژنراتور سنکرون از حالت دینامیکی به حالت استاتیکی
- استفاده از پمپها در بار کامل
- جلوگیری از نشت آب بویژه در سیستم پمپاژ آب برای حمل چغندر از سیلوها
- استفاده از محرکه های دور متغیر در فنهای کوره های بخار
- بهبود در وضعیت روشنایی بویژه استفاده موثر از روشنایی روز
- تغییر سیستم لئونارد به سیستم رکتی فایر در تغذیه موتورهای DC
- استفاده از محرکه های دور متغیر در سیستم خنک کن آب فرآیند
- استفاده از محرکه های دور متغیر در فن کوره های تفاله خشک کنی
- استفاده از محرکه های دور متغیر در فن کوره های آهک
- استفاده از سیستم های کنترل هوشمند جهت بهبود کارکرد الکتروموتورها بویژه در کمپرسورها
- استفاده از سیستم کنترل برای نوارهای نقاله
- بارگذاری بهینه روی ترانسفورمرها
- جلوگیری از نشت هوای فشرده
- انجام نظارت مستمر بر وضعیت انرژی الکتریکی (از طریق نصب تجهیزات اندازه گیری) و کنترل آن تحت شرایط مختلف بهره برداری
- کاهش بار الکتریکی روی پمپ سیرکولاسیون و فن برج های خنک کن از طریق بهینه سازی (استفاده کارا و منطقی) بخار در فرآیند

راهنمای اجرای (مکانیکی)

- تنظیم سوخت به هوا و شرایط احتراق در کوره های بخار
- جلوگیری از نشت ها در سیستم کوره بخار (پری هیترها ، اکونومایزر و ...)
- تعمیرات دوره ای در مشعلهای کوره های بخار ، تفاله خشک و کوره آهک
- عایق کاری سطوح داغ (لوله های بخار ، سطح ری شوفرها ، لوله های شربت و ...)
- استفاده از سیستم تصفیه فاضلاب و تهیه گاز متان جهت تامین بخشی از سوخت مورد نیاز در کوره های بخار یا کوره تفاله خشک
- کنترل رطوبت تفاله خشک در حد استاندارد
- استفاده از پرسهای تفاله تر با در صد ماده خشک بیشتر
- استفاده از بدنه های بیشتر اواپراتور جهت افزایش BX خروجی شربت
- استفاده از شربت رقیق به جای آب برای شستشوی فیلترها
- بازیافت حرارت از درین و بلودان بویلرها برای مصارف مختلف
- استفاده از سیستم کروماتوگرافی جهت قندگیری از ملاس و جایگزین نمودن آن با سیستم استفن
- استفاده از دود خروجی کوره های بخار در تفاله خشک کنی
- استفاده از تله های بخار (Steam Trap) با کارایی بیشتر
- جایگزینی هیترها و تبخیر کننده های صفحه ای با مبدل های معمولی
- استفاده کارا از بخار و جلوگیری از نشت آن در فرآیند بخار
- کنترل خلا در اواپراتورها و واحدهای پخت





شاخص های ویژه مصرف انرژی

نمودارهای روبـرو مصرف ویژه انرژی (SEC: Specific Energy Consumption) یعنی مقدار انرژی مصرفی به ازای تن چغندر مصرفی در کارخانه های مختلف را در دو بخش حرارتی و الکتریکی نشان می دهد.

از آنجایی که شرایط آب و هوایی و کشاورزی در عیار چغندر تاثیرگذار می باشد معمولا شاخص های مختلف در کارخانجات قند و شکر بر اساس میزان چغندر دریافتی محاسبه می گردد.

مصرف ویژه انرژی الکتریکی (SEC_E)

به منظور بررسی دقیق و واقعی از مصارف انرژی الکتریکی و نحوه عملکرد تجهیزات الکتریکی در کارخانجات مختلف و بدست آوردن شاخص مصرف ویژه انرژی الکتریکی، کل مصارف انرژی الکتریکی اعم از برق خریداری و برق تولیدی نیروگاههای داخلی کارخانه در نظر گرفته شده است.

با تقسیم کل مصرف انرژی الکتریکی بر تناژ چغندر مصرفی در همان دوره شاخص مصرف ویژه انرژی الکتریکی برای هر کارخانه بدست آمده است.

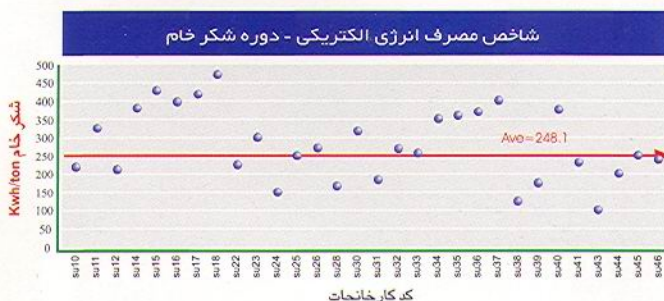
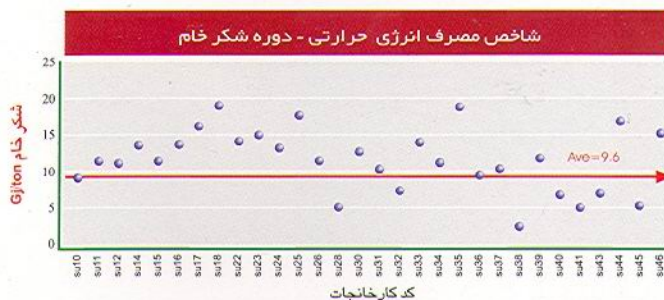
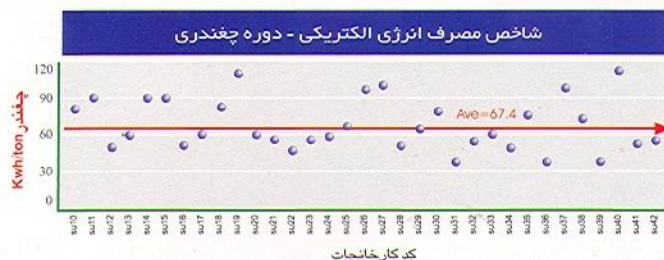
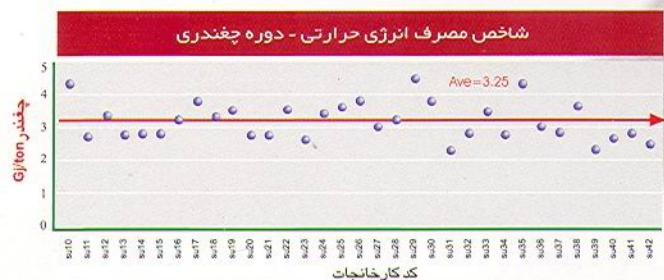
مصرف ویژه انرژی حرارتی (SEC_F)

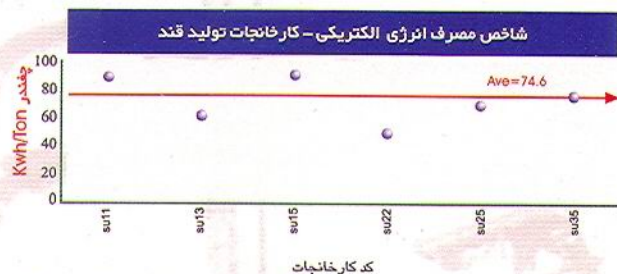
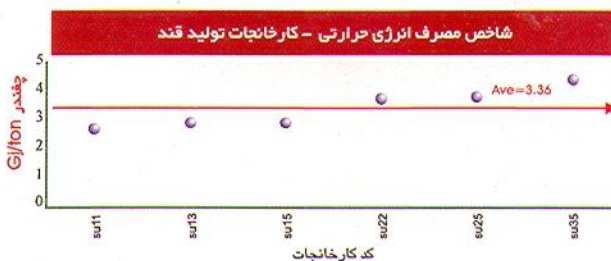
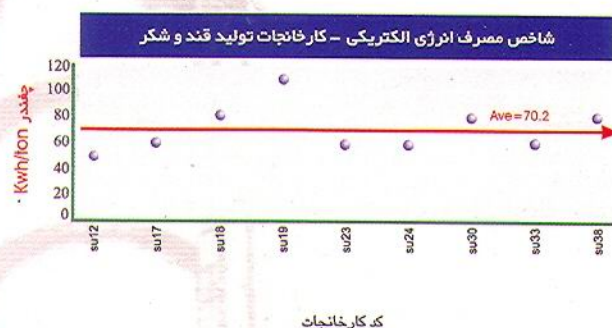
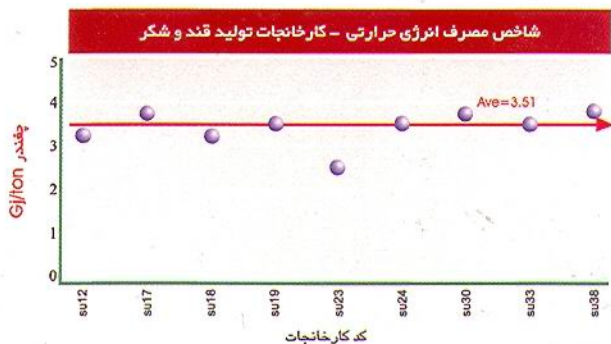
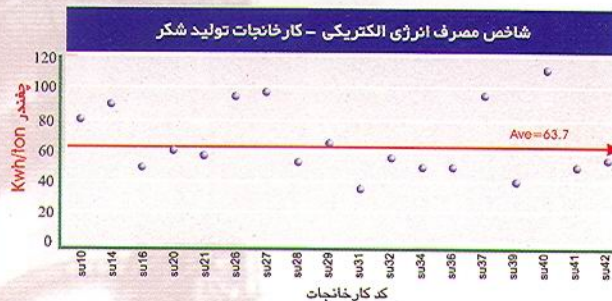
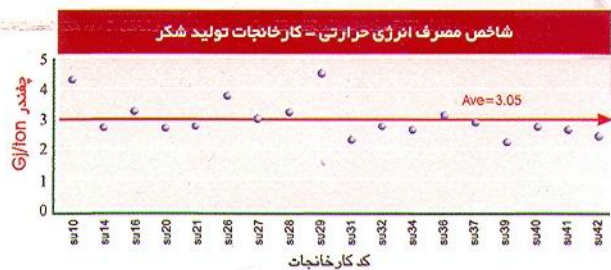
به منظور محاسبه مصرف ویژه انرژی حرارتی، کلیه سوختهای فسیلی مصرفی در کارخانه اعم از مازوت، گاز، کک و ... با توجه به ارزش حرارتی هر سوخت بر حسب مگاژول محاسبه شده و سهم سوخت مصرفی در نیروگاه جهت تولید برق از آن کسر گردیده است، و با توجه به تناژ چغندر مصرفی کارخانه شاخص مصرف ویژه انرژی حرارتی محاسبه گردیده است.

باتوجه به اینکه معمولا کارخانجات قند و شکر دارای تنوع محصول تولیدی (شکر، قند، قند و شکر) می باشند و این تنوع محصول می تواند در میزان مصرف انرژی موثر باشد، برای کارخانجات در رده های تولیدی مختلف نمودارهای مجزا در نظر گرفته شده است تا مقایسه دقیق تری انجام شود.

اختلاف مصارف ویژه انرژی در کارخانجات مختلف علاوه بر مسئله کارایی انرژی می تواند به پارامترهای دیگری نظیر ظرفیت کارخانجات، کارکرد در ظرفیت پایین، قدمت کارخانه و ... بستگی داشته باشد.

ضمناً برای هر نمودار متوسط مصرف ویژه انرژی محاسبه و پتانسیل صرفه جوئی نسبت به متوسط مصرف داخلی محاسبه گردیده است. با توجه به اینکه بعضی از کارخانجات مبادرت به تصفیه شکر خام می نمایند شاخص مصرف ویژه انرژی الکتریکی و حرارتی و پتانسیل صرفه جوئی برای این دوره نیز محاسبه شده است.



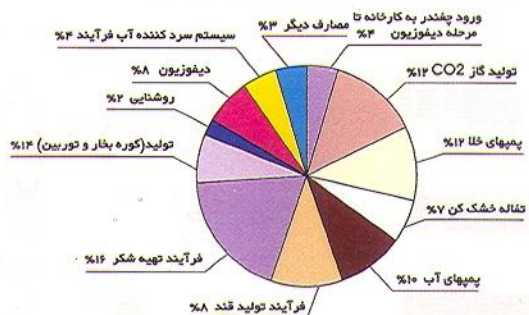


جدول زیر نتایج ممیزی انرژی کوتاه مدت در چهار کارخانه منتخب را نشان می دهد. لازم بذکر است پتانسیل های صرفه جویی، حاصل از ممیزی انرژی کوتاه مدت می باشد که با بررسی های دقیق تر می توان به پتانسیل های بیشتری دست یافت.

نام کارخانه	شاخص ویژه انرژی		پتانسیل صرفه جویی الکتریکی		پتانسیل صرفه جویی فسیلی	
	کالری الکتریکی KWh/ton	فسیلی GJ/ton	مقدار (MWh)	درصد	مقدار (GJ)	درصد
شماره ۱	۹۱/۲۵	۵/۲	۱۵۱۵	۱۰/۵	۳۱۷۰۰	۴
شماره ۲	۶۱/۳	۳/۴	۷۲۹	۳/۵	۸۰۰۰	۷/۳
شماره ۳	۱۰۵/۳	۵/۳	۱۰۱۱	۷	۷۸۶۰۰	۱۱
شماره ۴	۱۰۲/۹	۳/۷	۵۳۵	۵/۲	۵۸۶۰۰	۷/۴

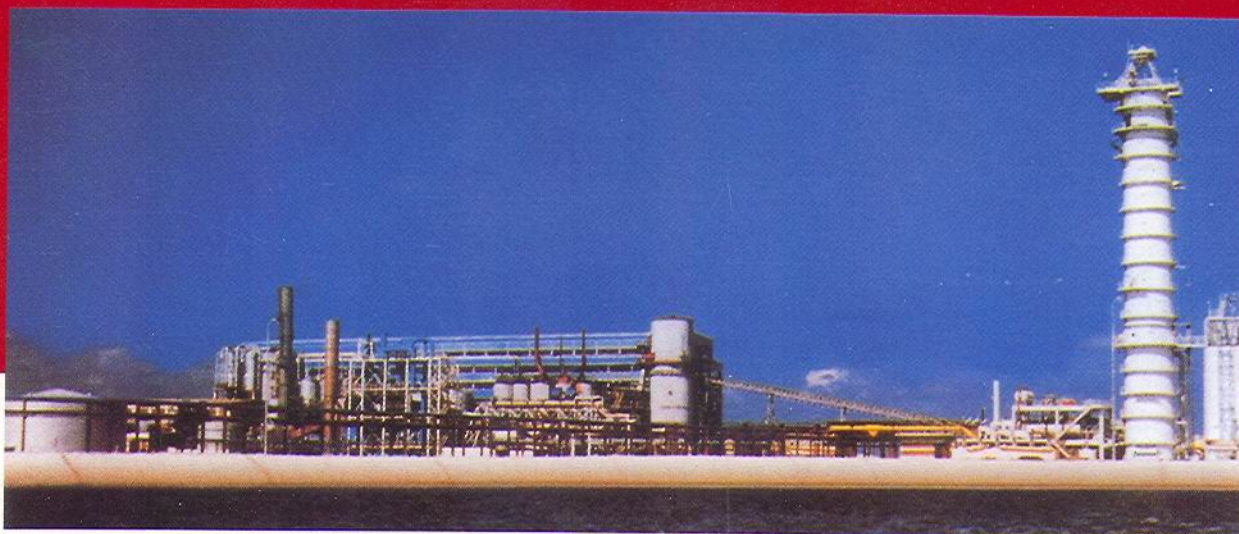
همچنین تفکیک مصارف انرژی فسیلی و الکتریکی در یک کارخانه نمونه نشان داده شده است.

تفکیک مصارف انرژی الکتریکی



تفکیک مصارف انرژی فسیلی





معاونت امور انرژی وزارت نیرو، در راستای فعالیتهای خود با هدف بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع کشور و به دنبال اجرای پروژه ممیزی انرژی در صنایع سیمان، نساجی، ریخته گری و آلومینیوم، پروژه بهبود کارایی انرژی در صنعت قند کشور را از ابتدای سال ۱۳۸۰ با همکاری اسکاپ (کمیسیون اقتصادی واجتماعی سازمان ملل برای آسیا و اقیانوسیه) آغاز نمود. بروشور حاضر شامل نتایج بررسیهای بعمل آمده در خصوص مصارف انرژی در کارخانجات قند و خلاصه ای از راهکارهای منتج از ممیزی انرژی در چهار کارخانه منتخب می باشد.

هدف از انتشار این بروشور، آگاه ساختن مدیران و کارشناسان صنایع با امکانات و مراحل اجرایی برنامه های ممیزی و مدیریت انرژی در موسسات و تشویق آنها به انجام پروژه های مشابه در سایر واحدهای صنعتی می باشد.

سازمان بهره وری انرژی ایران یکی از سازمان های تابعه وزارت نیرو می باشد که از اوائل سال ۱۳۷۵ فعالیت های خود را شروع نموده و آماده ارائه خدمات به صنایع کشور در زمینه های زیر می باشد.

- انجام پروژه های مدیریت مصرف انرژی در کارخانجات کشور.
- اعطای یارانه سود تسهیلات بند (الف) تبصره (۱۲) قانون بودجه کل کشور (برنامه سوم توسعه اقتصادی اجتماعی و فرهنگی).
- کمک به تشکیل واحدهای مدیریت انرژی در صنایع.
- ارائه خدمات مشاوره و اطلاع رسانی در امور تهیه و تأمین دستگاه های اندازه گیری، آزمایشگاه سیار و ثابت.
- ارائه خدمات اندازه گیری مصارف انرژی در صنایع کشور.
- برگزاری دوره های مدیریت انرژی برای مدیران واحدهای انرژی در صنایع.
- همکاری و اجرای فعالیت های فنی، آموزشی، پژوهشی و آگاه سازی با مؤسسات دولتی و خصوصی.
- انتشار کتاب ها و بروشورهای عمومی و تخصصی، پوستر، برچسب و بولتن تخصصی.

