



مجله علمی انرژی و محیط زیست

نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی

جلد ششم، شماره دوم، ۱۳۹۶

<http://ejang.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/ejang.2019.6490.1183

اهمیت انرژی و راه‌کارهای بهبود مصرف آن در صنایع خمیر و کاغذ

* محمدهادی آریائی منفرد^۱، رضا دشتبانی‌خضری^۲ و وحید وزیری^۳

^۱ استادیار گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد صنایع خمیر و کاغذ،
^۲ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: امروزه انرژی به‌عنوان یک عامل مهم و مؤثر در گسترش و ایجاد صنایع مختلف از اهمیت زیادی برای کشورهای و سازمان‌های مسئول در بخش صنعت برخوردار است. با توجه به سهم قابل‌توجه بخش صنعت در مصرف انرژی، مدیریت مصرف انرژی در این بخش از اهمیت زیادی برخوردار است.

مواد و روش‌ها: صنعت خمیر و کاغذ نیز به‌عنوان یکی از صنایع بزرگ و مهم در بیش‌تر کشورهای دنیا از این امر مستثنی نمی‌باشد. صنعت کاغذ، در حال حاضر، با تعداد ۱۲ کارخانه بزرگ فعال و تعداد زیادی واحدهای کوچک صنعتی در سطح کشور بخش قابل‌توجهی از صنایع فعال کشور را به خود اختصاص داده است. این صنایع طی سال ۱۳۸۵ بیش از ۵۱۷ میلیون کیلووات ساعت انرژی الکتریکی معادل ۹۱۲۰۰۰ بشکه نفت خام و ۸۰۰ میلیون مگاژول انرژی فسیلی معادل ۱۳۰۰۰۰۰ بشکه نفت خام مصرف می‌کند که در حدود ۱/۶ درصد مصرف برق و ۱/۷ درصد مصرف سوخت بخش صنعت کشور را به خود اختصاص می‌دهد.

یافته‌ها: تاکنون اقدامات مفیدی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور به انجام رسیده است که از جمله آن می‌توان به فعالیت‌های سازمان انرژی‌های نو ایران (سنا) و سازمان گسترش و نوسازی صنایع اشاره کرد. تدوین استانداردها و معیارهای مصرف انرژی، بهینه‌سازی انرژی در صنایع، اجرای طرح‌های صرفه‌جویی و ممیزی انرژی در کارخانه‌ها از جمله این اقدامات بوده است. کم بودن سطح کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدررفت بیش از یک سوم از کل انرژی در فرآیندهای مصرف و مشکلات فزاینده زیست‌محیطی ناشی از آن، ضرورت اعمال مدیریت مصرف انرژی و ارتقاء بازده و بهره‌وری انرژی را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

نتیجه‌گیری: برای بهینه‌سازی مصرف انرژی ابتدا باید یک‌سری از استانداردهای مصرفی در بخش‌های مختلف با توجه به آخرین سطح تکنولوژی و دیگر عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی تعیین شود و سپس آن‌ها را در قالب راه‌کارهایی که قابلیت اجرایی داشته باشند به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان بخش‌های مختلف ارائه کرد. از این طریق می‌توان، الگوی مصرف انرژی را تا اندازه‌ای به سطح استانداردهای تعیین شده نزدیک کرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، بهینه‌سازی، تکنولوژی، توسعه پایدار، کارخانه کاغذسازی

* مسئول مکاتبه: hadiaryaie@gmail.com

مقدمه

امروزه کشورهای صنعتی جهان در رقابتی نزدیک و تنگاتنگ هستند تا بتوانند پاسخ‌گوی نیازهای روزافزون مردم خود باشند و هم‌چنین بتوانند در بازارهای بین‌المللی به رقابت بپردازند. وجود انرژی که روند تقاضا برای آن در کشورهای مختلف و از جمله کشور ما با سرعت چشم‌گیری در حال افزایش است، برای فعالیت‌های مختلف زندگی بشر ضروری است؛ به طوری که این وجود منابع مطمئن انرژی یکی از مهم‌ترین مباحث توسعه پایدار می‌باشد (۷ و ۱۵). توسعه پایدار، توسعه‌ای است که نیازهای کنونی جهان را بی‌آن‌که توانایی نسل‌های آتی را در رفع نیازهای خود به مخاطره اندازد، تأمین می‌نماید (۱۸). توسعه پایدار مفهومی کلی و جامع است که تعاریف بسیاری از آن ارائه شده است، ولی به اعتقاد صاحب‌نظران و در تمامی این تعاریف، توسعه پایدار، مدیریت بر تمامی منابع تجدیدشونده را در بر می‌گیرد که اساس و بنیان آن بهینه‌سازی مصرف انرژی، حمایت از اکوسیستم و در عین حال تأمین مستمر نیازهای بشر است به نحوی که ضمن رفع نیازهای نسل حاضر و آینده، هماهنگی و توازن لازم با محیط‌زیست و اکوسیستم را نیز فراهم آورد (۲۲ و ۲۴).

کاغذ به سبب نقش دیرینه و اساسی خود در انتقال آموخته‌ها و دانسته‌ها سهمی به‌سزا در ارتقاء سطح فرهنگی جوامع دارد. باید بیان نمود، امروزه علی‌رغم تمامی پیشرفت‌ها و دستاوردهای نوین بشر در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات که در سال‌های اخیر رشد شتابانی نیز داشته است، کاغذ هنوز هم جایگاه مهم و بی‌بدیل خود را در عرصه علم و فرهنگ و اجتماع حفظ کرده است. کاغذ به‌عنوان کالایی استراتژیک در سیستم‌های آموزشی و اداری کشورها و نیز گسترش دامنه‌های فرهنگ و اطلاع‌رسانی نقشی بی‌بدیل را ایفا می‌کند. آن‌چنان که

آمارها بیان می‌کنند میزان تقاضا، تولید و مصرف کاغذ در جهان متناسب با رشد و توسعه جوامع روند افزایشی خود را حفظ کرده است. امروزه میزان مصرف سرانه انواع کاغذ و مقوا یکی از شاخص‌های ارزیابی توسعه کشورها تلقی می‌شود (۸).

در حال حاضر کارخانه‌های کاغذسازی در کشور از مصرف انرژی بالایی در مقایسه با صنایع مشابه در دیگر کشورها برخوردارند. با توجه به پارانه‌های پرداختی دولت مربوط به قیمت برق و فرآورده‌های نفتی در داخل کشور، محدودیت منابع سوخت فسیلی، آلودگی زیست‌محیطی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران و عدم کارایی فنی و اقتصادی در مصرف انرژی، مدیریت مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی در این گروه از صنایع امری لازم و ضروری است (۱۱).

از جمله الزامات زیست‌محیطی و اقتصادی صنایع، توجه به مقدار انرژی مورد استفاده آن است؛ چرا که هزینه انرژی از فاکتورهای مهم در قیمت تمام‌شده محصول بوده و چشم‌اندازهای آینده کشور را تحت تأثیر قرار خواهد داد. از سوی دیگر با پی‌گیری روند مصرف کنونی انرژی در زمانی نه چندان طولانی تمام نفت کشور مصرف داخلی شده و صادرات به صفر خواهد رسید. آلاینده بودن انرژی‌های فسیلی و تخریب محیط‌زیست را نیز نباید از نظر دور داشت. ظرفیت کنونی نیروگاه‌های تولید برق کشور نیز به‌دلیل مصرف زیاد با مشکلاتی مواجه شده است. در برابر رشد فزاینده مصرف برق دو راه‌حل عمده مطرح می‌باشد، راه اول افزایش بیش از پیش ظرفیت تولید برق در کشور است و راه‌حل دیگر تصحیح الگوی مصرف برق است که هم به سود مصرف‌کننده می‌باشد و در عین حال به توزیع عادلانه‌تر منابع کشور منتهی می‌گردد. در این‌جا راه‌حل دوم مدنظر می‌باشد و جهت دستیابی به این خواسته، نیاز به بررسی دقیق وضعیت

و حدود ۲۱/۵ درصد از کل مصرف نهایی انرژی کشور است، که پس از بخش خانگی، تجاری و بخش حمل و نقل در رتبه سوم مصرف انرژی قرار دارد. حدود ۸۰ درصد مصرف انرژی این بخش به کارگاه‌های صنعتی بزرگ اختصاص دارد (۲۴). جدول ۱ میزان مصرف انرژی در زیربخش‌های صنایع بزرگ و به‌خصوص صنایع چوب و کاغذ را نشان می‌دهد (۲۴).

موجود و تشخیص کاستی‌های آن می‌باشد تا با اتخاذ راه‌کاری مناسب، شرایط را به سمت مطلوب تغییر داده و با ایجاد تغییر در ساختار انرژی و الگوهای مصرف، موجبات توسعه بهره‌وری سازمان فراهم گردد (۲۳).
از لحاظ آماری، در سال ۱۳۸۰ کل مصرف انرژی در بخش صنعت معادل ۱۵۶/۱ میلیون بشکه نفت خام

جدول ۱- میزان مصرف انرژی در زیربخش‌های صنایع بزرگ کشور در سال ۱۳۸۰ (۲۴).

Table 1. Energy consumption in the major industries of the country in 2001 (24).

کل انرژی Total Energy	مصرف (تراژول)		میزان مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت به میلیون ریال) Electrical Energy Consumption (Million Rials per kWh)	میزان مصرف انرژی (کیلوژول به ریال) Energy Usage Consumption	عنوان صنعت Industry Title
	سوخت Fuel	برق Electricity			
261389	159336	102053	979	27.1	فلزات اساسی Basic Metals
168583	135388	33195	458	25.1	کانی غیرفلزی Non-Metallic Minerals
168583	12265	4581	499	19.8	کاغذ Paper
129725	125850	3875	42	15.2	زغال‌سنگ- پالایشگاه‌های نفت Coal and Oil Refinery
65300	55534	9766	142	10.2	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی Food Industry and Beverages
2831	1632	1199	382	9.7	چوب و محصولات چوبی Wood and Wooden Products
30794	14944	15850	431	9	تولید منسوجات Textile
88470	81102	7368	48	6.3	مواد شیمیایی Chemical Materials
9754	5307	4447	246	5.8	لاستیک Rubber
294	213	83	108	4.2	پوشاک Clothing

سازمانی جهت اجرای اقدامات مدیریت انرژی و هم‌چنین دارا بودن فرآیندها و تجهیزات مشابه جهت تعمیم اقدامات بهینه‌سازی بوده است (۲۴).

بخش صنعت، از جمله بخش‌هایی است که در اولویت اول اجرای اقدامات بهینه‌سازی انرژی قرار گرفته است. این امر عمدتاً به دلیل مصرف زیاد انرژی این بخش، پتانسیل صرفه‌جویی زیاد، داشتن اهرم‌های

تدوین و اجرای قوانینی جهت مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی: کم بودن سطح کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدر رفتن قریب به یک‌سوم از کل انرژی در فرآیندهای مصرف و مشکلات فزاینده زیست‌محیطی ناشی از آن، ضرورت اعمال مدیریت مصرف انرژی و ارتقاء بازده و بهره‌وری انرژی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. اعمال مدیریت یاد شده هنگامی مؤثرتر و فراگیرتر می‌شود که با حمایت قانونی همراه شود. از این‌رو تدوین و تصویب قانون مدیریت کارایی انرژی که متضمن دستورالعمل‌های کلی و مشخص‌کننده متصدیان و حدود وظایف آن‌ها باشد، برای بخش‌های مختلف اقتصادی شامل بخش‌های خانگی، تجاری، حمل و نقل، صنعت و ساختمان و هم‌چنین در بخش عرضه انرژی شامل پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها و اجرای آن برای رسیدن به اهداف مورد نظر برای ارتقاء کارایی انرژی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

با توجه به رشد سالیانه حداقل ۷ درصد مصرف برق در کشور، اعمال مدیریت مصرف پیامدهای ارزنده و مفیدی برای بخش انرژی و نیروگاه‌های کشور شامل کاهش سرمایه‌گذاری، کنترل بار در ساعات پیک، افزایش ضریب بار، بهبود پایداری شبکه، تأمین خواست‌ها و جلب رضایت مشترکین و ایجاد جلب زمینه مساعد برای رسیدن به قیمت واقعی فروش برق را به‌همراه خواهد داشت (۲).

حدود ۴۰۰۰ واحد صنعتی در صنعت چوب و کاغذ فعال هستند که حدود ۴۰ واحد آن، از صنایع بزرگ تولیدی این صنعت می‌باشند. حدود ۵۰ درصد صنایع چوب و کاغذ به شبکه سراسری گاز متصل هستند. اطلاعات مربوط به کاغذهای بسته‌بندی و روزنامه‌ای و نئوپان، به‌عنوان محصولات عمده این صنعت در جدول ۲ ارائه شده است (۱۳).

هدف از انجام این پژوهش، بررسی شیوه‌های کاهش مصرف انرژی با توجه به پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی در صنایع خمیر و کاغذ و جلوگیری از اتلاف انرژی با انجام اقدامات بهینه‌سازی و تأثیر این‌گونه اقدامات بر کاهش گازهای گلخانه‌ای که یکی از ابعاد مهم زیست‌محیطی توسعه پایدار است، می‌باشد.

پتانسیل‌ها و راه‌کارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع چوب و کاغذ: تاکنون اقدامات مفیدی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور به ثمر رسیده است. تدوین استانداردها و معیارهای مصرف انرژی، بهینه‌سازی انرژی در صنایع، اجرای طرح‌های صرفه‌جویی و ممیزی انرژی در کارخانجات از جمله این اقدامات بوده است. اما علی‌رغم این فعالیت‌های به انجام رسیده، هم‌چنان پتانسیل‌های بسیار گسترده‌ای برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور وجود دارد، که در صورت به‌کارگیری راه‌کارهای مناسب، نتایجی هم‌چون کاهش سطح تقاضای انرژی و بهبود الگوی مصرف را به دنبال خواهد داشت (۱۱ و ۱۵).

صنعت کاغذسازی در سال ۱۳۸۵ در کشور بیش از ۵۱۷ میلیون کیلووات ساعت انرژی الکتریکی معادل ۹۱۲۰۰۰ بشکه نفت خام و ۸۰۰ میلیون مگاژول انرژی فسیلی معادل ۱۳۰۰۰۰۰ بشکه نفت خام مصرف کرده است که در حدود ۱/۶ درصد مصرف برق و ۱/۷ درصد مصرف سوخت بخش صنعت کشور بوده است. اکثر فناوری‌های مورد استفاده در صنعت چوب و کاغذ قدیمی و انرژی بر هستند. متوسط شدت مصرف سوخت کارخانه‌های این صنعت برای تولید هر تن کاغذ معادل ۴/۳ بشکه نفت خام است، در صورتی که کارخانه‌های مشابه تولید چوب و کاغذ در جهان معادل ۲/۵ بشکه نفت خام مصرف می‌کنند (۱۱).

جدول ۲- شدت مصرف انرژی در فرآیند تولید محصولات متفاوت سلولزی در سال ۱۳۸۶ (۱۳).

Table 2. The intensity of energy consumption in the process of producing different cellulose products in 2007 (13).

سهم انرژی در ستانده (درصد) Share of Energy in the Output (%)	میانگین مصرف گاز (مترمکعب بر تن) Average Gas Consumption (m ³ per Tonne)	میانگین مصرف برق (کیلووات ساعت بر تن) Average Electresity Consumption (kWh per Tonne)	مقدار تولید (هزار تن) Production Rate (kTonne)	نوع محصول Product Type
5.71	350	1150	486	کاغذ بسته‌بندی Packaging Paper
3.94	350	1150	48.5	کاغذ روزنامه‌ای News Print paper
3.47	105	260	750	تخته خورده‌چوب Particle Board

آن‌چنان که در جدول‌های ۳ و ۴ قابل مشاهده است میزان مصرف انرژی در سال‌های اخیر و حد مجاز استفاده در سال‌های آینده از سوی سازمان‌های مربوطه مشخص گردیده است (۱۳).

الزامات قانونی مصوب در سطح ملی به منظور کاهش و بهسازی مصرف سوخت طی سال‌های آینده صنایع داخلی فعال در بخش خمیر و کاغذ را مجبور یافتن راه‌هایی برای صرفه‌جویی انرژی نموده است.

جدول ۳- معیار استاندارد مصرف انرژی در انواع فرآیندهای تولید خمیر و کاغذ (۱۳).

Table 3. The standard of energy consumption in a variety of pulp and paper production processes (13).

مصرف انرژی ویژه سال ۹۳ به بعد (Gj/Ton) Specific Energy Usage after 2013 (Gj/Ton)	مصرف انرژی ویژه سال ۹۰-۹۲ (Gj/Ton) Specific Energy Usage after 2010-2012 (Gj/Ton)	مصرف انرژی ویژه سال ۸۷-۸۹ (Gj/Ton) Specific Energy Usage after 2007-2009 (Gj/Ton)	فرآیند مربوط Related Process
$E_t \leq 29.8$	$E_t \leq 32.4$	$E_t^* \leq 36$	کرافت Kraft
$E_t \leq 38.5$	$E_t \leq 43$	$E_t \leq 49$	سودا Soda
$E_t \leq 28.4$	$E_t \leq 31.2$	$E_t \leq 33.8$	خمیرسازی نیمه‌مکانیکی (CMP) Semi Mechanical Pulping
$E_t \leq 21.7$	$E_t \leq 18.8$	$E_t \leq 20.4$	سولفیت خنثی نیمه‌شیمیایی (NSSC) Neutral Sulphite Semi Chemical
$E_t \leq 21.7$	$E_t \leq 23.9$	$E_t \leq 25.8$	فرآیند توأم CMP و NSSC Integrated CMP and NSSC

E_t : مصرف انرژی ویژه در فرآیند تولید کاغذ عبارت است از نسبت میزان کل انرژی مصرفی (مجموع انرژی الکتریکی و حرارتی) بر میزان محصول کاغذ تولیدی. مصرف انرژی ویژه بر حسب گیگاژول بر هر تن کاغذ تولیدی بیان می‌شود (۱۱).

جدول ۴- معیار استاندارد مصرف انرژی برای فرآیندهای تازه احداث تولید خمیر و کاغذ (۱۳).

Table 4. Standard energy criterion for fresh processes of building of pulp and paper production (13).

مصرف انرژی ویژه مجاز طی ۶ سال آینده (بعد از ۹۴) Allowed Specific Energy Usage During next 6 year (after 2015)	نوع فرآیند خمیرسازی Pulping Process Type
$E_t \leq 25$	کرافت Kraft
$E_t \leq 34$	شیمیایی سودا Chemical Soda
$E_t \leq 25$	خمیرسازی نیمه‌شیمیایی - مکانیکی (CMP) Chemi Mechanical Pulping
$E_t \leq 17$	سولفیت خنثی نیمه‌شیمیایی (NSSC) Neutral Solphit Semi Chemical
$E_t \leq 24$	خمیرسازی مکانیکی پراکسید قلیایی (APMP) Alkaline Peroxide Mechanical Pulping
$E_t \leq 16$	مکانیکی سنگ آسیاب (SGW) Stone Groung Wood
$E_t \leq 17$	خمیرسازی مکانیکی پالایشی (RMP) Refining Mechanical Pulping
$E_t \leq 17$	خمیرسازی ترمو مکانیکی (TMP) Termo Mechanical Pulping
$E_t \leq 11$	مکانیکی آسیابی تحت فشار (PGW) Presure Groung Wood

انرژی الکتریکی صرف می‌شود. بار موتورها از یک طرف، بار مکانیکی است و از طرف دیگر بار فیزیکی است که توسط قسمت مکانیکی حمل و یا جابه‌جا می‌شود و بر حسب مورد می‌تواند گاز، آب، سیال و یا هوا باشد (۲۰ و ۲۳).

کاهش توقف در فرآیند تولید: دومین فاکتور مهم در کاهش میزان مصرف انرژی صنایع، تقلیل توقف در فرآیند تولید است. این توقف‌ها به دو شکل برنامه‌ریزی شده و برنامه‌ریزی نشده می‌باشد. از آنجائی که هر توقف موردی و غیرموردی با قطع تولید همراه است و از طرفی این‌گونه توقف‌ها به‌ویژه شکل غیرموردی آن معمولاً از چند دقیقه تا چندین ساعت به طول می‌انجامد که در طی این مدت، تمام دستگاه‌ها و

بهینه‌سازی مصرف انرژی مستقل از قیمت انرژی مصرفی بوده و با به‌کارگیری روش‌های ابتکاری و بومی شده، در چهارچوب قوانین مقررات دولتی، سعی در اعمال تحولات در سازمان دارد. مقوله بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی که امروزه یکی از دل‌مشغولی‌های اصلی مدیران سطح کلان بوده و پیوسته در جست‌وجوی راه‌کارهای اجرایی برای آن می‌باشند، تحت‌تأثیر عوامل متعددی می‌باشند که اصلی‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

به ظرفیت رساندن واحدها: معمولاً دستگاه‌ها و تجهیزات مکانیکی، از طریق محرک‌های الکتریکی به حرکت در می‌آیند به‌طوری‌که برای به حرکت آوردن موتورها و بارهای آن (گیربکس، فن، پمپ و غیره)

محیطزیست است، که این امر بدون توجه به مقوله بازیافت و استفاده مجدد از مواد بازیافتی، علاوه بر هدررفت سرمایه‌های ملی و هزینه واردات کاغذ، باعث از بین رفتن منابع طبیعی و ایجاد صدمات جبران‌ناپذیری بر محیطزیست می‌شود. شدت آلودگی مواد زائد جامد و زباله در شهرها و مراکز تجمع صنایع به‌گونه‌ای است که توجه علمی و اجرایی متخصصان جهان را نسبت به دفع صحیح و بازیافت اصولی این مواد به خود جلب کرده است. باید در نظر داشته باشیم هنگامی که ماده‌ای بازیافت می‌شود، نسبت بسیار زیادی از انرژی، بازیابی و ذخیره می‌شود. مثلاً در هنگام تولید کاغذ روزنامه از الیاف بازیافتی، میزان انرژی مصرفی فقط به میزان یک ششم مقداری است که از خمیر کاغذ بکر تولید می‌شود؛ این موضوع انرژی الکتریکی قابل توجهی را ذخیره می‌کند و تأثیر مثبتی بر روی گازهای گلخانه‌ای دارد (۵، ۱۰ و ۲۵). در ادامه به ذکر گوشه‌ای از مزایای بازیافت کاغذ می‌پردازیم:

- کاهش نیاز به خمیر چوب و قطع درختان و جلوگیری از هدر رفتن منابع سلولزی (ارزیابی‌ها نشان می‌دهد بازیافت تنها نیمی از کاغذهای تولید شده می‌تواند موجب حفظ ۸۱۰۰۰ کیلومترمربع از سطح جنگل‌های دنیا شود) (۶).

- صرفه‌جویی در مصرف انرژی به جهت حذف مراحل شستشو، خرد کردن و پخت چپیس‌ها و نیاز به پالایش کم‌تر برای تولید خمیر کاغذ (کارخانه‌هایی که از کاغذ بازیافتی برای تولید کاغذ استفاده می‌کنند نسبت به کارخانه‌هایی که از خمیر بکر استفاده می‌کنند، ۴۰ درصد انرژی کم‌تری مصرف می‌کنند. برای تولید یک تن کاغذ از چوب به انرژی معادل ۲۰ گیگاژول نیاز است. بازیافت یک تن کاغذ مساوی با صرفه‌جویی در ۱۳۰۰ لیتر مواد نفتی است) محاسبات نشان می‌دهد بازیافت یک تن روزنامه موجب

تجهیزات الکتریکی متوقف نمی‌شوند و فقط محرک‌های اصلی از مدار خارج می‌شوند، بنابراین درصد زیادی از دستگاه‌های الکتریکی که متوقف نشده‌اند، انرژی مصرف می‌کنند، بدون آن‌که تولیدی انجام شود. استهلاک زودرس، امکان خرابی، بروز عیب در اجزا یک تجهیز به اشکال مختلف و آماده نبودن لوازم یدکی و تجهیزات و ابزار مورد نیاز جهت رفع عیب و غیره در نهایت موجب افزایش توقف و مصرف انرژی بیهوده می‌شوند، در حالی که در توقف‌های برنامه‌ریزی شده، معمولاً سعی می‌شود اکثر دستگاه‌های غیرضروری متوقف شوند تا مصرف انرژی کاهش یابد. بنابراین کاهش توقفات، به‌ویژه توقفات برنامه‌ریزی نشده، می‌تواند در کاهش مصرف انرژی بیهوده مؤثر باشد (۲۱).

اجرای سیستم تعمیر و نگهداری: سومین فاکتور دارای اهمیت در بحث بهینه‌سازی انرژی، اجرای صحیح و اصولی نگهداری و تعمیرات می‌باشد. با اجرای مطلوب و دقیق و استاندارد تعمیر و نگهداری می‌توان از توقف‌های موردی و غیرموردی جلوگیری نمود. چنانچه نگاهی عمیق به چگونگی وضعیت نگهداری و تعمیرات واحدهای مختلف صنایع پردازیم، ملاحظه می‌شود درصد زیادی از توقف‌ها، ناخواسته و بدون برنامه‌ریزی بوده است و اگر توقف‌ها را کمی با دقت تحلیل نمائیم، مشاهده می‌شود نگهداری و تعمیرات به‌جا و اصولی می‌توانست از درصد زیادی از این نوع توقف‌ها جلوگیری نماید. بنابراین کاهش توقف‌ها به مقدار زیاد یعنی تولید با وضعیت مطلوب و ایده‌آل (۲۱ و ۲۳).

بازیافت کاغذ راه‌کاری برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی: از مشکلات قابل‌ملاحظه‌ای که بشر در سال‌های اخیر با آن مواجه بوده است، تولید و دفع بی‌رویه مواد زائد از جمله کاغذ و مقوا در

وضعیت انرژی الکتریکی (از طریق نصب تجهیزات اندازه‌گیری) و کنترل آن تحت شرایط مختلف بهره‌برداری، کاهش ضایعات در حد امکان در بخش‌های مختلف، استفاده از الکتروموتورها با بازده بیشتر، کاهش دمای دودکش‌ها در حد مجاز جهت افزایش بازده بویلرها، استفاده از مواد شیمیایی (سود و سولفیت سدیم به نسبت ۷ به ۳) جهت پخت در واحد خمیرکاغذ، استفاده از مبدل‌های صفحه‌ای چندمرحله‌ای در تبخیرکننده‌های تغلیظ لیکور سیاه، افزایش راندمان در خشک‌کن ماشین کاغذ، استفاده از مکنده‌های بخار در قسمت خشک‌کن ماشین کاغذ به جای سیکل بسته و استفاده از روش‌های بر پایه بیوتکنولوژی (۱، ۱۶ و ۱۷).

تاکنون انجام پژوهش‌های و تلاش‌های بخش صنعت توانسته است راهکارهای مؤثری را برای کاهش مصرف انرژی در صنایع خمیر و کاغذ بیابد. به‌عنوان مثال، فرآیندهای $CTMP$ و TMP که مقبول‌ترین روش‌های تولید خمیرکاغذهای مکانیکی هستند، به‌دلیل خواص مقاومتی خوب و تنوع کافی می‌توانند سبب کاهش مصرف الیاف شیمیایی در انواع کاغذها شوند. از سوی دیگر، در این دو فرآیند مصرف انرژی زیاد است و این نکته منفی می‌تواند بر آینده آن‌ها تأثیر بگذارد. خوشبختانه به‌دلیل دمای نسبتاً زیاد این فرآیندها، بازیابی بخش عمده انرژی مصرف شده (تا حدود ۷۵ درصد) به‌صورتی قابل‌استفاده در سایر بخش‌های کارخانه کاملاً امکان‌پذیر است (۱۲). در ابتدا بازیابی انرژی، محدود به تولید آب داغ از طریق مخلوط کردن آب آبپاش‌ها با آب آلوده حاصل از بخار خروجی از پالاینده بود. اما در طی دهه گذشته، سیستم‌های پیچیده‌ای برای تولید بخار تمیز طراحی شده است. برای افزایش مقدار گرمای قابل

صرفه‌جویی در حدود ۴۰۰۰ کیلووات ساعت (۱۴) (GJ) انرژی الکتریسیته می‌شود (۲۶).

- کاهش تولید فاضلاب به‌دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب و امکان استفاده از تکنولوژی سیستم‌های بسته بدون تولید پساب (برای تولید یک تن خمیر از چوب به ۶۰۰۰۰ لیتر آب نیاز می‌باشد که در صورت استفاده از کاغذ بازیافتی این میزان ۶۰ درصد کاهش می‌یابد) (۲۹).

- صرفه‌جویی در مصرف مواد شیمیایی و به تبع آن کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های تصفیه پساب حاصل از تولید کاغذ (برای تولید یک تن کاغذ از چوب، به ۱۳۰ کیلوگرم کربنات کلسیم، ۸۵ کیلوگرم سولفور و ۴۰ کیلوگرم کلر نیاز است که این میزان برای تهیه کاغذ از کاغذهای بازیافتی بسیار ناچیز است) (۱۹ و ۲۷).

برخی دیگر از روش‌های مهم و مؤثر برای صرفه‌جویی انرژی در کارخانه‌های خمیر و کاغذ نیز به‌شرح زیر است:

تنظیم نسبت سوخت به هوا و شرایط احتراق در دیگ‌های بخار، جلوگیری از نشت‌ها در سیستم دیگ‌های بخار (پیش‌بخار دهنده‌ها و غیره)، تعمیرات دوره‌ای مشعل‌های دیگ‌های بخار، عایق‌کاری سطوح داغ (لوله‌های بخار، آب‌گرم و غیره)، استفاده از تله‌های بخار^۱ با کارایی بیشتر، بازیافت انرژی حاصل از دیگ‌های بخار جهت مصارف دیگر، استفاده کارآمد از بخار و جلوگیری از نشت آن در فرآیند بخار، نصب آنالیزور احتراق در دیگ‌های بخار جهت جلوگیری از احتراق ناقص، استفاده از محرکه‌های دور متغیر در فن‌های دیگ‌های بخار، بهبود در وضعیت روشنایی به‌ویژه استفاده مؤثر از روشنایی روز، استفاده از منابع جدید و تجدیدشونده انرژی مثل باد، نور خورشید و غیره، انجام نظارت مستمر بر

2- Boiler

3- Thermo-Mechanical Pulp

4- Chemi-Thermo Mechanical Pulp

1- Steam Trap

غیرمستقیم آب تازه و آب تمیز جهت شست‌وشوی خمیرکاغذ مصرف می‌شود (۲۵).

مخلوط ضایعات کاغذ^۱ به دلیل ارزش سوختی زیاد، پتانسیل مناسبی برای استفاده به‌عنوان یک سوخت دارا می‌باشد. جداسازی ضایعات کاغذ از جریان سایر پسماندهای جامد قابل انجام بوده و در صورت متراکم شدن دارای خصوصیات ذخیره‌سازی عالی می‌باشد. احتراق مخلوط ضایعات کاغذی برای تولید بخار فوق گرم شده و انرژی حرارتی و یا به‌صورت مستقیم برای فرآیندهای گرم کردن و یا تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک نکته مهم که باید برای سیستم‌های احتراق دربرگیرنده مخلوط ضایعات کاغذی در نظر گرفته شود، عدم رهاسازی گازهای بالقوه سمی تولید شده به محیط‌زیست می‌باشد. انتشارات متداول که از احتراق مخلوط ضایعات کاغذی مورد انتظار می‌باشد، می‌تواند به‌صورت انتشارات فلزی (مواد ذره‌ای)، انتشارات آلی (دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها) و انتشارات اسید-گاز (مثل دی‌اکسید سولفور، نیتروژن اکسید، دی‌اکسید کربن و هیدروژن کلرید) باشد. البته این مواد می‌توانند با نصب تجهیزات کنترلی مهار شوند. ارزش سوختی ضایعات کاغذی تعیین‌کننده میزان کمی انرژی حاصل از سوزاندن آن‌هاست (۳، ۷ و ۱۶).

لزوم اصلاح الگوی مصرف مواد اولیه و گرایش کارخانه‌های تولید خمیر و کاغذ به سمت استفاده از کاغذ باطله را در موارد زیر می‌توان خلاصه کرد (۹ و ۱۰):

- صیانت از جنگل‌ها به‌عنوان یکی از ارزش‌ترین میراث طبیعی و زیستی کشور
- کمبود منابع جنگلی و مواد اولیه چوبی برای صنایع خمیر و کاغذ کشور

بازیابی، ممکن است پلاینده‌های ثانوی هم برای کار تحت فشار طراحی و ساخته شوند. در یک کارخانه جامع خمیر و کاغذ، معمولاً از بخار بازیابی شده برای خشک کردن کاغذ استفاده می‌شود (۲۵).

هدف‌های عمده یک سیستم مدرن بازیابی گرما در دایجسترهای ناپیوسته عبارت‌اند از:

- بازیابی گرما از مخلوط بخار و مایع خروجی از دایجستر به شکلی که به کار آید.
- جمع‌آوری کامل گازهای بدبویی که در جریان پخت تولید شده‌اند.

مقدار بخاری که در فرآیند وارد می‌شود زیاد است و به ۲۰۰۰ پوند به‌ازای هر تن خمیرکاغذ تولیدشده می‌رسد. به دلیل افت سریع فشار از psi ۱۰۰ به فشار اتمسفری (که هم‌زمان با سرد شدن مواد از ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به حدود ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد است)، بخار زیادی از سطح مایع به اطراف پراکنده می‌شود.

در سیستم دایجستر پیوسته نیز مقدار قابل‌توجهی بخار تولید می‌شود که به‌طور مداوم از آن در پیش‌بخاردهی چپس‌ها استفاده می‌شود و در نتیجه صرفه‌جویی بزرگی در مصرف تازه بخار تازه و به‌طور کلی انرژی مصرفی به‌عمل می‌آید. متأسفانه در سیستم ناپیوسته، استفاده مستقیم و مجدد از بخار خروجی ممکن نیست، اما هر جا بتوان این نوع انرژی را حتی در حد کم مورد استفاده قرار داد، می‌توان آن را گامی در جهت کمک به فرآیند ناپیوسته تلقی کرد. در سیستم‌های بازیابی دمشی گرما در دایجستر پیوسته، بخار جهشی آماده از تانک دمش به بالای مخزن ذخیره انتقال می‌یابد و در آن‌جا با مایعات تراکمی سرد پمپ شده از پایین تانک مخلوط می‌شود. بخار (به‌همراه بخارهای آلی و مقداری مایع سیاه) متراکم می‌شود و مایع داغ حاصل به بالای مخزن ذخیره انتقال می‌یابد. این آب داغ آلوده، برای گرم کردن

و کاغذ، کاهش میزان انرژی مصرفی و تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز از طریق سوزاندن ضایعات داخلی است. صنایع باید با برنامه‌ریزی صحیح و علمی و با در نظر داشتن محیط‌زیست علاوه بر پیشرفت‌های اقتصادی و حضور در بازارهای بین‌المللی در راستای نیل به توسعه پایدار گام بردارند. تجزیه و تحلیل موقعیت صنایع، طراحی برنامه بهبود در بهره‌وری، ایجاد انگیزه و آگاهی لازم نسبت به بهره‌وری، اجرای برنامه و ارزیابی برنامه مراحل هستند که برای طراحی یک برنامه جامع به منظور نیل به بهبود توسعه پایدار در کشور باید مدنظر قرار گیرند. قیمت زیاد انرژی و هزینه‌های بسیار زیاد بخش سرمایه‌ای آن از یک طرف و رشد بی‌رویه صنعتی شدن جوامع و نیاز روزافزون آن‌ها به انرژی از طرف دیگر، کشورها را بر آن داشته است که برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه و غیربهره‌ور انرژی و هم‌چنین کاهش هزینه‌های تولید و افزایش رفاه عمومی، سیاست‌هایی را تحت عنوان بهینه‌سازی مصرف انرژی به مرحله اجرا در آورند.

صنایع خمیر و کاغذ یک صنعت مصرف‌کننده عمده انرژی است که مصرف انرژی با توجه به عملیات تولید و فرآیندهای مختلف متغیر بوده است و به‌طور عمده‌ای به نوع ماشین‌آلات، طرح فرآیندی آن، کارایی عملیاتی تولید و نرخ تولید بستگی دارد. به‌منظور منطقی کردن مصرف انرژی، ضروری است نگرش و انگیزش مصرف‌کنندگان نیز هدایت شود. به‌همین جهت، ارتقاء سطح آموزش و آگاه‌سازی در جامعه، اقدامات متعددی مانند آموزش مدیریت مصرف انرژی در صنایع و آگاه‌سازی را از طریق رسانه‌های عمومی طلب می‌کند. افزایش میزان پیشرفت تکنولوژی، توسعه صنایع و تمایل بشر به افزایش مواد مصرفی و در نتیجه ازدیاد مواد زائد جامد، از جمله مسائلی است که اخیراً در جوامع بشری بحران‌های عظیمی را به‌وجود آورده است.

- کمبود ۷۰۰ هزار تن کاغذ در سال طبق آمارهای رسمی (سال ۸۶) که در حال حاضر طبق آمارهای غیررسمی بیش از یک میلیون تن برآورد می‌شود (۱۳).
- افزایش طبیعی میزان تقاضا برای کاغذ به موازات توسعه کشور
- افزایش میزان تقاضا برای کاغذ و فرآورده‌های کاغذی در اثر افزایش جمعیت کشور
- جلوگیری از هدررفت و اتلاف کاغذهای باطله به‌عنوان یکی با ارزش‌ترین زباله‌ها
- کاهش روند فزاینده واردات کاغذ و خروج سالانه حدود یک میلیارد دلار ارز از کشور
- لزوم اتکا به منابع مواد اولیه داخلی در تولید کاغذ و عدم وابستگی به واردات مواد اولیه در مورد کالای استراتژیکی هم‌چون کاغذ
- پر شدن حداقل بخشی از ظرفیت‌های خالی تولید در صنایع کاغذسازی کشور که با مشکلات تأمین ماده اولیه دست به گریبان هستند، این امر موجب ارتقای بهره‌وری صنایع کاغذ کشور می‌گردد (در حال حاضر کارخانجات کشور به‌طور میانگین با ۴۸ درصد ظرفیت اسمی تولید می‌کنند).
- جلوگیری از صادرات کاغذ باطله داخلی به کشورهای آسیای شرقی (عمدتاً چین و کره جنوبی) و هدایت آن به سمت بازیافت در کارخانه‌های داخلی (۱).

نتیجه‌گیری

آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌وجود آمده توسط صنایع به‌صورت تنگاتنگی با تکنولوژی‌های مورد استفاده و الگوی مصرف انرژی مرتبط می‌باشد. راه‌حل کاهش مقدار آلودگی در بخش صنعتی به رویکرد قوانین، ارتقای فن‌آوری‌های تولیدی جدید، فعالیت‌های تقلیل ضایعات (تکنولوژی‌های پاک) و بهبود کارایی انرژی صنعتی وابسته می‌باشد. از جمله مهم‌ترین اهداف صرفه‌جویی در مصرف انرژی در صنایع خمیر

انگیزه می‌توان بیش از پیش در جهت صرفه‌جویی انرژی موفق بود. با توجه به سهم زیاد بخش انرژی در هزینه‌ها، مدیریت مناسب انرژی در کاهش هزینه‌ها، خسارات ناشی از قطعی برق و قیمت تمام‌شده محصول و در نتیجه افزایش سودآوری صنایع نقش مؤثری داشته است. از آنجایی که برای اجرای راه‌کارهای بهبود کارایی انرژی در صنایع، احتیاج به شرکت‌هایی است که قابلیت اجرای این راه‌کارها را داشته باشند. پیشنهاد می‌شود با حمایت‌های مالی، این شرکت‌ها را تشویق و تقویت کرده و توسعه داد تا به‌طور عملی شاهد اجرای راه‌کارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع کشور باشیم. از اثرات این اقدام می‌توان به کاهش هزینه انرژی و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید در صنایع تولیدی از جمله صنایع چوب و کاغذ اشاره کرد.

رہیافت‌های ترویجی

مشکلات موجود در سر راه افزایش ظرفیت تولید انرژی، به‌خصوص انرژی الکتریکی و افزایش روزافزون تقاضا برای انرژی الکتریکی موجب می‌گردد که کشورهای مختلف دنیا در پی راه‌کارهایی مناسب برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و مدیریت تقاضا باشند. انتخاب ماشین‌آلات مناسب با راندمان و کیفیت مطلوب و مطابق با استانداردهای بین‌المللی با مصرف انرژی بهینه، راه‌گشای مشکلات بعدی در صرفه‌جویی و بهینه‌سازی انرژی می‌باشد. اما بعد از مراحل راه‌اندازی، انجام ممیزی انرژی و شناخت دستگاه‌ها و تجهیزات و موادی که موجب هدر رفتن انرژی می‌شود، می‌تواند در مصرف بهینه انرژی مفید واقع گردند. با به‌کار بستن عوامل و شناخت فاکتورهای مؤثر به‌همراه توسعه منابع انسانی و ایجاد علاقه و

منابع

1. Abdoli, M. 2005. Recycling of urban solid wastes. Tehran university press, Tehran, 158p. (In Persian)
2. Aftas, M., and Pajoyan, J. 1996. Analysis of factors affecting paper consumption in some developed and developing countries. M.Sc. Thesis. University of Allameh Tabatabaei, 124p. (In Persian)
3. Alavi, M.R., and Sadeghche, T. 1998. A review of urban solid waste management. Jahesh kimia press, 120p. (In Persian)
4. Altwicker, E.R., Shonberg, J.S., Konduri, R.K.N.V., and Milligan, M.S. 1990. Polychlorinated dioxin/furan formation in incinerators. Hazardous waste and hazardous materials, 17: 1. 73-89.
5. Bajpai, P.K. 2010. Solving the problems of recycled fiber processing with enzymes. Bioresources, 5: 2. 1-15.
6. Earth Works Group. 1990. The Recycler's Handbook. Berkeley, CA: The EarthWorks Press, 96p.
7. Friberg, T., Gerhardt, T., and Kunzler, C. 2004. Ensuring the future of fiber recovery and utilization solutions. Processes and paper, 88: 1. 33-35.
8. Hamze, Y., and Rostampoor, A. 2008. Papermaking chemistry principles. Tehran university press, 424p. (In Persian)
9. Heidenreich, P., Kearley, J., and Kenny, G. 1988. Waste processing makes good energy. Civil engineering, 58: 1. 60-68.
10. Hubbe, M.A., Venditti, R.A., and Rojas, O.J. 2007. What happens to cellulose fibers during papermaking and recycling? A review. Bioresources, 2: 4. 739-788.
11. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). 2005. Specification and criteria for electrical energy consumption in processes of aluminium production, standard number, 8669, 1st edition, 18p.
12. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). 2001. Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry, December 2001, 457p.
13. Iranian Cellulosic industry notification site. 2011. Situation and problems of wood and paper industry. article code: 408. (In Persian)

14. Kargari, N., and Mastoori, R. 2010. Comparison of greenhouse gas emissions in power plants using approach of LCA. *J. Iran Energy*. 13: 2. 67-78. (In Persian)
15. Kazemi, K. 2010. Using of clean development method for promoting sustainable development factors in Iran wood and paper industry. *J. Natur. Resour. Skill Sci*. 3: 1. 69-78. (In Persian)
16. Kinstrey, R.B., and White, D. 2006. Pulp and paper industry; energy bandwidth study. Report for American institute of chemical engineers, Georgia, USA, 115p.
17. Kramer, K.J., Masanet, E., Xu, T., and Worrell, E. 2009. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the pulp and paper industry. Environmental energy technologies division, California, USA, 168p.
18. Kushwaha, S.P.S., Mukhopadhyay, S., Prasad, V.H., and Kumar, S. 2010. Sustainable development planning in Pathri Rao sub-watershed using geospatial techniques. *Current science*, 98: 3. 1479-1486.
19. Lee, C.K., Darah, I., and Ibrahim, C.O. 2007. Enzymatic deinking of laser printed office waste papers: some governing parameters on deinking efficiency. *Bioresource technology*, 98: 1. 1684-1689.
20. Manzour, D. 2005. Investigation of papermaking industry energy severity status. Third edition. Shafagh press, 154p. (In Persian)
21. Mohaseb, A. 2006. Energy costs in papermaking industry. Second edition. Amirkabir press, 88p. (In Persian)
22. Najafi, A., Faezipour, M., Khademi eslam, H., Kazemi Najafi, S., and Hemmasi, A.H. 2008. Flexural properties of wood-Plastic composites made from lignocellulosic fillers and recycled high density polyethylene manufactured using a dry blend/hot press method. *Iran. J. Wood Paper Sci. Res*. 22: 2. 109-120. (In Persian)
23. Rezaei, A., Yazdani, A.A., and Nahavandi, H. 2011. Management of optimum energy consumption and the productivity development. https://www.civilica.com/Paper-EMX2010-EMX2010_068.html, 14p. (In Persian)
24. Sayyadi, K., and Amiri, S. 2003. Investigation on production and consumption of paper in Iran. M.Sc. Thesis. Tehran university, 148p. (In Persian)
25. Smook, G. 2003. Handbook for pulp & paper technologists, 2nd ed, 520p.
26. USA Energy Information Administration. 2006. SavingEnergy Recycling Paper & Glass. September 2006. Retrieved 20 October 2007.
27. Vieira, M.G.A., and Rocha, S.C.S. 2007. Drying conditions influence on physical properties of recycled paper. *Chemical engineering and processing*, 46: 1. 955-963.
28. Williams, P.T. 2005. Waste treatment and disposal. department of fuel and energy university of leads.uk, 124p.
29. Wong, S.S., Teng, T.T., Ahmad, A.L., Zuhairi, A., and Najafpour, G. 2006. Treatment of pulp and paper mill waste water by polyacrylamide (PAM) in polymer induced flocculation, *J. Hazard. Mater*. 135: 1. 378-388.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 6 (2), 2017

<http://ejang.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/ejang.2019.6490.1183

Energy Importance and Ways to Improve Energy Efficiency in the Pulp and Paper Industry

***M.H. Aryaie Monfared¹, R. Dashtbani Khezri² and V. Vaziri³**

¹Assistant Prof., Dept. of Paper Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²M.Sc. Graduate of Pulp and Paper Industry, Dept. of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Industry, Gonbad Kawoos University

Received: 08.06.2014; Accepted: 03.12.2015

Abstract

Background and Objectives: Today, energy is known as one of the main factors for the formation and development of industrial societies. Given the significant contribution of the industrial sector in energy consumption, energy management is very important in this part.

Materials and Methods: Energy management is very important in pulp and paper industry as an important industry in most countries. Paper industry, currently with more than 12 active factories in the country, consumes 517 million kWh of electrical energy equivalent to 912,000 barrels of crude oil and 800 million MJ of fossil energy equivalent to 1.3 million barrels of crude oil that is equal to about 1.6 percent of power consumption and 1.7 percent of fuel consumption in the industrial sector of Iran.

Results: So far there have been some useful measures to optimize energy use in the country, which include activities of New Energy Organization of Iran and the Industrial Development and Renovation Organization of Iran. Preparing some standards for energy consumption, optimizing energy consumption in industry, implementing energy saving projects and energy audits in factories are some of those measures. The low level of technical and economic efficiency of energy consumption and wasting almost one third of all energy in consumption processes and subsequent increasing environmental problems caused the energy management implementation and improving yield and energy efficiency to be more important than before.

Conclusion: To optimize the energy consumption a series of standards should be measured in different parts according to the latest level of technology and other factors affecting the energy consumption and then present them in ways that can be implemented by producers and consumers of different sectors. In this way, we can to some extent get closer the energy consumption pattern to the level of determined standards.

Keywords: Optimization, Paper factory, Pollution, Sustainable development, Technology

* Corresponding author: hadiaryaie@gmail.com

