



# واحد مطالعات آماری و راهبردی دبیرخانه انجمن صنایع نساجی ایران

## اقتصاد چرخشی و صنعت نساجی



تهیه، تنظیم و گردآوری: زینب بخشی نفوتی



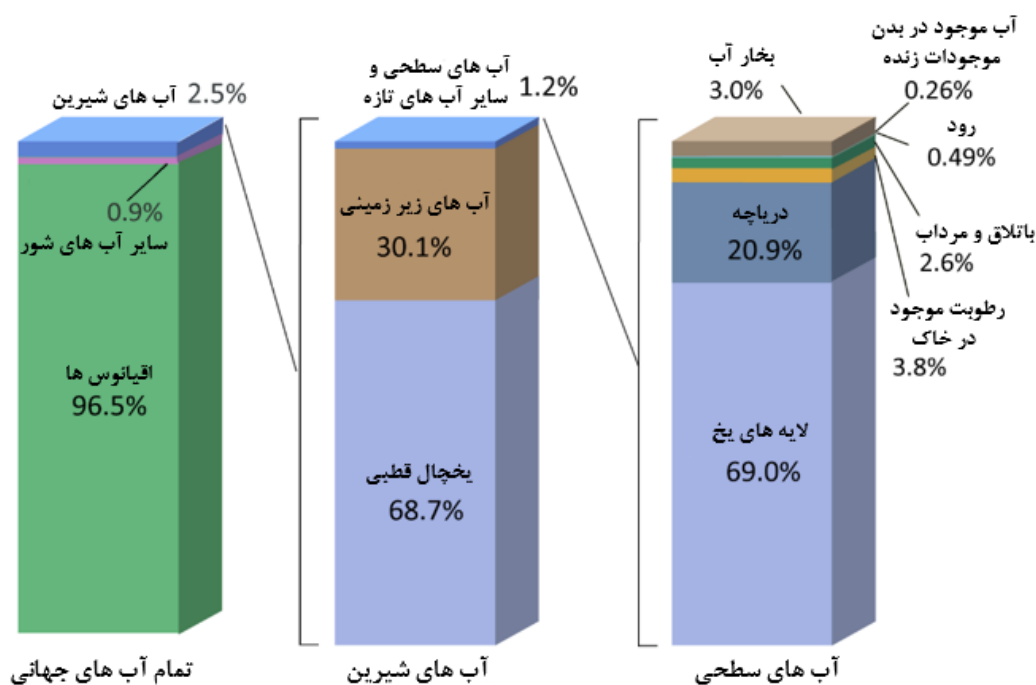
-  @aiti.org.ir
-  09129583657
-  t.me/aiti1395
-  www.aiti.org.ir
-  26200196
-  info@aiti.org.ir

پاییز ۱۴۰۲

هدیه طبیعت، مواد خام و انرژی تولیدی غیر انسانی همه عناوینی است که در توصیف منابع طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. منابع طبیعی کره‌ی زمین شامل هوا، آب، خاک، مواد معدنی، گیاهان و حیوانات و هرچیزی است که برای زنده ماندن به آن احتیاج داریم. اکثراً منابع طبیعی هدر می‌روند و با فعالیت‌های انسان مورد آسیب واقع می‌شوند. حفاظت و مراقبت از این منابع این امکان را می‌دهد تا با کاهش ضایعات و جلوگیری از اتلاف، همه موجودات زنده از حال تا آینده بتوانند از آن‌ها بهره‌مند شوند.

## آب و آلودگی‌های آن

بعد از هوا آب دومین ماده حیاتی زندگی انسان است. البته از میان تمام آب‌های موجود در کره زمین، انسان تنها از آب شیرین که درصد کمی نمک دارد می‌تواند استفاده بنماید. منابع آب‌های شیرین و آشامیدنی بسیار محدود هستند که این امر سبب نگرانی می‌شود. آب‌های شیرین را به طور مستقیم نمی‌توان استفاده نمود و نیاز به تصفیه و ضدعفونی دارند تا عوامل شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی آن به حد استاندارد برسد و عوارضی بر روی بدن نداشته باشد.



شکل ۱\_ توزیع آب‌های زمین

آب بسیار زیادی در صنعت نساجی جهت تولید الیاف پنبه و سایر الیاف استفاده می‌گردد. این مقدار، ۷۹ میلیارد متر مکعب آب در سال ۲۰۱۵ اندازه‌گیری شده است. در حالی که حجم آب کل مصرفی در صنعت ۲۶۶ میلیارد متر مکعب بوده است. برای تولید یک تیشرت پنبه‌ای ۲۷۰۰ لیتر آب مورد نیاز است که این مقدار برابر با میزان آب آشامیدنی یک فرد در ۲.۵ سال می‌باشد [۱].

صنعت نساجی پس از نفت و کاغذ، سومین بخش در مصرف آب و زمین در سال ۲۰۲۰ بوده است. در جهانی که در حال حاضر حدود ۲ میلیارد نفر در شرایط کمبود آب زندگی می‌کنند، نیاز است برای بخش‌های متفاوت این صنعت راهکارهایی را در نظر گرفت. در سال ۲۰۲۰ برای فراهم آوردن پوشاک و کفش مورد مصرف هر فرد اروپایی، ۹ مترمکعب آب، ۴۰۰ مترمربع زمین و ۳۹۱ کیلوگرم مواد اولیه مورد استفاده قرار گرفت. تقریباً ۲۰ درصد از آلودگی‌های آب متعلق به فرآیند تکمیل و رنگرزی در صنعت نساجی می‌باشد و در طی فرآیند شست‌وشو با لباس‌شوئی کالاهای نساجی متشکل از الیاف مصنوعی، ۳۵ درصد از

میکروپلاستیک‌های وارد شده به محیط زیست آزاد می‌گردد. در فرآیند شست‌وشو لباس‌های پلی‌استری ۷۰۰ هزار میکروپلاستیک از الیاف تشکیل‌دهنده آن خارج می‌شود که این ذرات ممکن است وارد چرخه غذایی گردند [۱].

مقدار زیادی از این میکروپلاستیک‌ها در همان چند شست‌وشوی ابتدایی از منسوج خارج می‌گردند. اساس صنعت مد و فشن بر تولید انبوه، قیمت تمام شده پایین و حجم بالای فروش می‌باشد که سبب افزایش مصرف و در نتیجه افزایش تعداد دفعات شست‌وشوی اولیه می‌گردد. شست‌وشوی منسوجات مصنوعی سبب انباشته شدن بیش از ۱۴ میلیون تن میکروپلاستیک‌ها در اعماق اقیانوس‌ها دفن شده است که بر روی اکوسیستم و سلامتی انسان‌ها و حیوانات اثر گذار است [۱].

در سال ۲۰۱۵ بخش نساجی و پوشاک حدود ۷۹ میلیارد متر مکعب آب در سال استفاده کرده است [۱]. در سال ۲۰۲۰ تنها در بخش مد این صنعت ۹۳ میلیون متر مکعب آب مصرف شده است که این رقم ۴ درصد از استخراج آب شیرین جهانی را شامل می‌شود. با همین روند این مقدار تا سال ۲۰۳۰ به دو برابر خواهد رسید و به طور میانگین برای تولید یک تن کالای نساجی نیازمند به ۲۰۰ تن آب هستیم [۲].

صنعت مد در سراسر فرآیند تولید منسوجات و پوشاک بر روی آب تکیه می‌کند. به طور میانگین، ۱۰ هزار لیتر آب برای برداشت فقط یک کیلوگرم پنبه خام که ماده استفاده شده در یک سوم از منسوجات تولید شده جهانی (بیانگر ۹۰ درصد از همه الیاف طبیعی استفاده شده است) به شمار می‌آید، مورد نیاز است [۲].

رنگرزی منسوجات به صورت سنتی و پرداخت نهایی الیاف خام نیز جزء عوامل آلوده کننده به حساب می‌آیند و تقریباً برای فرآیندهای ریسندگی، رنگرزی و تکمیل یک کیلوگرم از الیاف به ۱۰۰ تا ۱۵۰ لیتر آب نیاز است [۲].

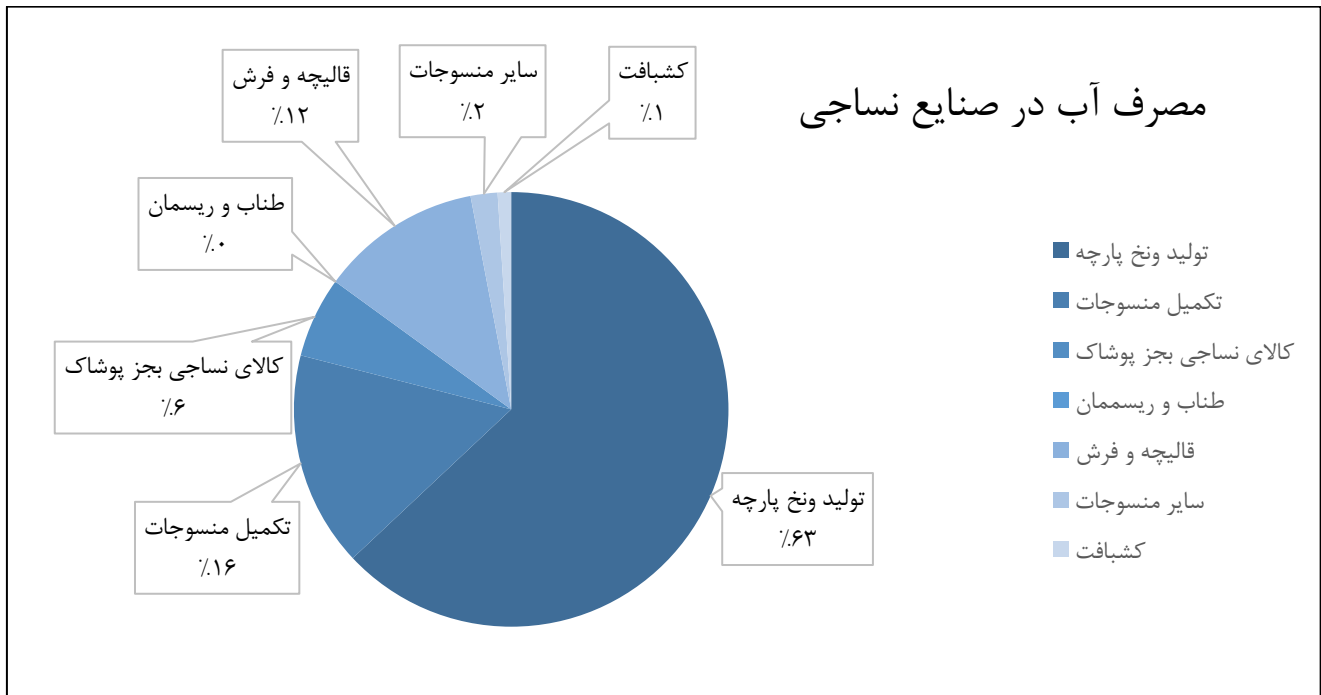
شرکت‌ها با انجام فعالیت‌های زیر می‌توانند استفاده از آب را کاهش دهند:

- تهیه پنبه تولید شده به صورت پایدار از طریق استانداردها و برنامه‌های کشاورزی بین‌المللی نظیر گواهینامه ارگانیک یا تجارت منصفانه (Fairtrade)
- همکاری با شبکه‌های تولید که بازیافت یا استفاده مجدد از پساب آب ناشی از فرآوری را در دستور کار خود قرار می‌دهند
- همکاری با شرکای صنعتی جهت کاهش و حذف استفاده از آب در مراحل رنگرزی، شست‌وشوی سنگی (سنگشوری) و عملیات تکمیلی نهایی
- فراهم کردن دستورالعمل‌های شفاف برای مصرف‌کنندگان جهت کاهش مقدار استفاده از آب و انرژی [۲].

صنعت مد در حال حاضر از آب کافی برای برطرف کردن تشنگی ۱۱۰ میلیون نفر برای کل یک سال استفاده می‌نماید.

- تولید فقط یک پیراهن پنبه‌ای تقریباً به ۳ هزار لیتر آب نیازمند است.
- ده درصد از حجم دریای آرال آسیای میانه به دلیل آبیاری برای کشاورزی پنبه کاسته شده است.
- تأثیر آلودگی آب پنبه ارگانیک نسبت به تولید پنبه غیر ارگانیک، ۹۸ درصد کمتر است.

## مصرف آب در صنایع نساجی



شکل ۱- مصرف آب در بخش‌های مختلف صنعت نساجی [۳]

بیشتر مصرف آب در نساجی مربوط به بخش‌های تولید صنعت مانند سفیدگری، رنگرزی، چاپ و تکمیل است و یا مربوط به کشت پنبه می‌باشد. جهت کشت الیاف گیاهی به طور سالانه ۴۴ تریلیون لیتر آب نیاز است که ۹۵ درصد آن مربوط به آبیاری کشت پنبه می‌باشد. مقدار آب مصرف شده جهت کشت تنها ۳ درصد از حجم آب مصرفی در جهت آبیاری را تشکیل می‌دهد [۴].

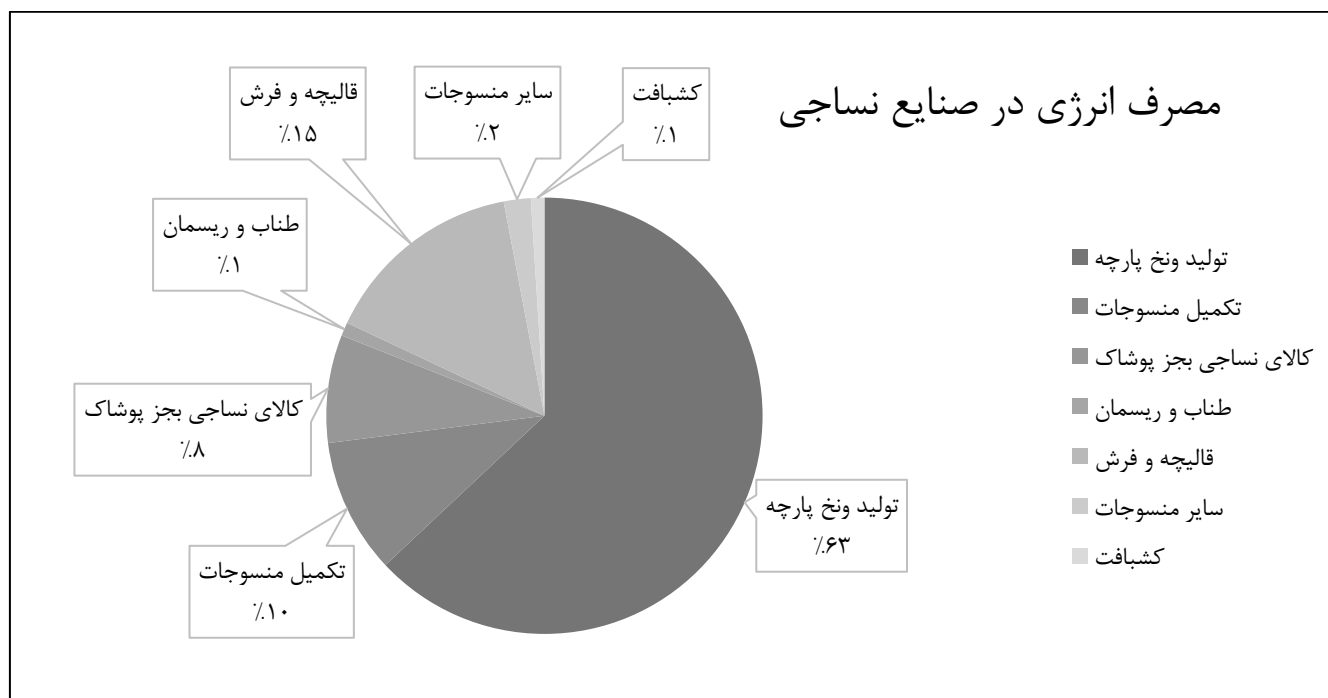
تأمین پنبه از طریق کشاورزی پایدار، می‌تواند تفاوت قابل توجهی در نقش آب صنعت مد رقم بزند. کشاورزان محلی در پاکستان که از طریق استاندارد ابتکارات پنبه بهتر (Better Cotton Initiative) کار می‌کنند، قادر به کاهش آب و آفت‌کش استفاده شده تا ۳۲ درصد هستند و می‌توانند سودشان را افزایش دهند. کاهش یا حذف آب از فرآیندهای رنگرزی می‌تواند سطوح پساب‌های سمی که در نهایت به سیستم‌های آب محلی ختم می‌شوند را کم نماید. به همین خاطر صنایع به رشد فناوری‌های استفاده کننده از آب کمتر برای رنگرزی و تولید منسوجات بخش‌های مد و کفش علاقمند هستند [۲].

در راستای مدیریت بهینه انرژی در صنعت نساجی کشور بسیار ضروری است که تولیدکنندگان، تشکلهای و دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و پژوهشی نسبت به تهیه بانک‌های اطلاعاتی و جهت دهی مطالعات و پژوهش‌های خود در راستای پایداری و توسعه پایدار محیط زیست اقدام نمایند که متأسفانه در حال حاضر اطلاعات دقیقی از میزان مصرف انرژی و نیز میزان صنعت نساجی کشور در دسترس نمی‌باشد اگر چه به لحاظ اطلاعات عمومی مخاطبین این جزوه جداگانه از میزان مصرف آب، برق و پساب صنعتی ارائه می‌گردد.

## انرژی

انرژی از مفاد ضروری برای خلق ثروت و توسعه رفاه اجتماعی می‌باشد. در کارخانه‌ها استفاده از انرژی با مدرنیزه شدن ماشین-آلات و استفاده مداوم از تجهیزات تولید در حال افزایش است. بعد از مواد اولیه، انرژی به میزان ۱۵ الی ۲۰ درصد قیمت تمام شده یک کالا را تشکیل می‌دهد. کارخانجات نساجی یکی از صنایع پر مصرف انرژی و دارای کمترین راندمان در مصرف انرژی می‌باشند. [۳].

بطور میانگین در این صنعت ۲۳ درصد از انرژی در بافندگی، ۳۴ درصد در ریسندگی، ۳۸ درصد در فرآیندهای شیمیایی و ۵ درصد در سایر فرآیندهای این صنعت مورد مصرف قرار می‌گیرد. انرژی الکتریکی بیشترین نوع انرژی مورد مصرف در این کارخانجات است که در روشنایی، سیستم‌های کنترل دما، راه‌اندازی ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه شکل‌های اولیه انرژی بیشترین اتلاف را دارا هستند و از یک منبع محدود و تجدید ناپذیری به دست می‌آیند. یکی از چالش‌های اقتصادهای در حال رشد و پر مصرف انرژی است که مشکلات زیست محیطی را با خود به همراه دارد. برای مدیریت مصرف انرژی لازم است علاوه بر ایتیمم کردن شرایط مصرف، هر واحد تولیدی کمترین میزان مصرف انرژی را به همراه داشته باشد. بیشترین مصرف انرژی در کارخانجات نساجی مربوط به کارخانه‌های تولید نخ و پوشاک است. مصرف عمده انرژی در این کارخانه‌ها به صورت انرژی الکتریکی و یا انرژی دیگ بخار می‌باشد. بین سه چهارم الی چهار پنجم انرژی مصرف شده در این کارخانجات از نوع انرژی الکتریکی می‌باشد [۳].

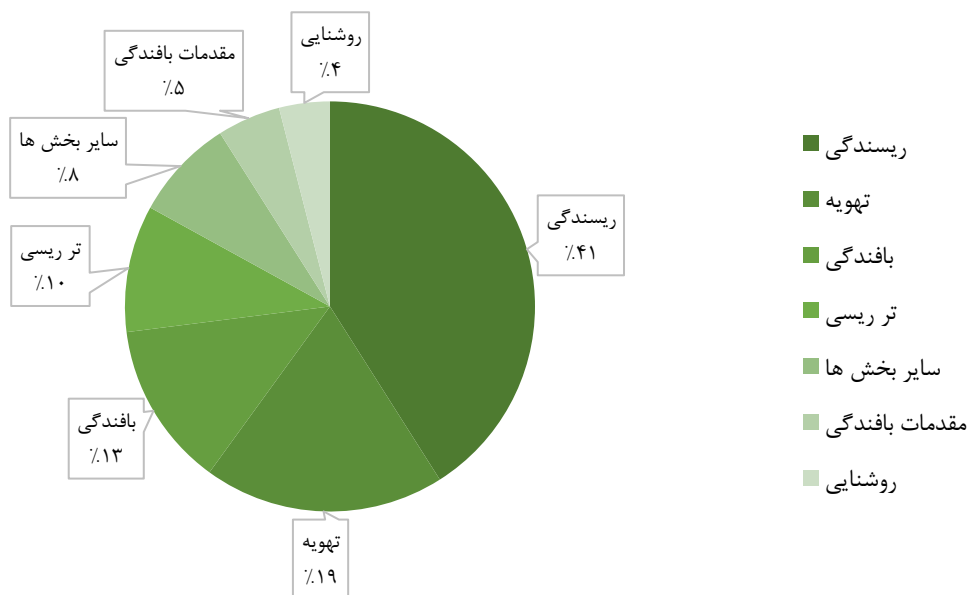


شکل ۲- مصرف انرژی در بخش‌های مختلف صنعت نساجی [۳]

## انرژی الکتریکی

بیشتر انرژی مورد مصرف در کارخانجات نساجی به شکل انرژی الکتریکی است که جهت راه‌اندازی ماشین آلات، سیستم تهویه و کنترل دما، تجهیزات اداری و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. بخش ریسندگی به علت داشتن چندین مرحله دارای بیشترین مقدار مصرف انرژی الکتریکی در کارخانجات نساجی می‌باشد. بنابراین این بخش به علت داشتن بالاترین حجم مصرف پتانسیل جمع‌آوری و مدیریت انرژی را دارا می‌باشد. در فرآیندهایی که از آب برای عملیات تولید مورد مصرف قرار می‌گیرد (نظیر عملیات رنگرزی)، ۱۵ درصد از انرژی مصرفی این بخش تنها برای راه‌اندازی ماشین آلات مصرف می‌گردد. بیشترین مصرف انرژی الکتریکی مربوط به بخش ریسندگی به خصوص خط تولید نخ پنبه است. این مقدار مصرف انرژی تنها برای تولید نخ خام محاسبه گردیده است و انرژی مصرفی جهت رنگرزی، انواع تکمیل‌های نهایی جهت تثبیت و... نخ در نظر گرفته نشده است [۳].

## مصرف انرژی الکتریکی در صنایع نساجی

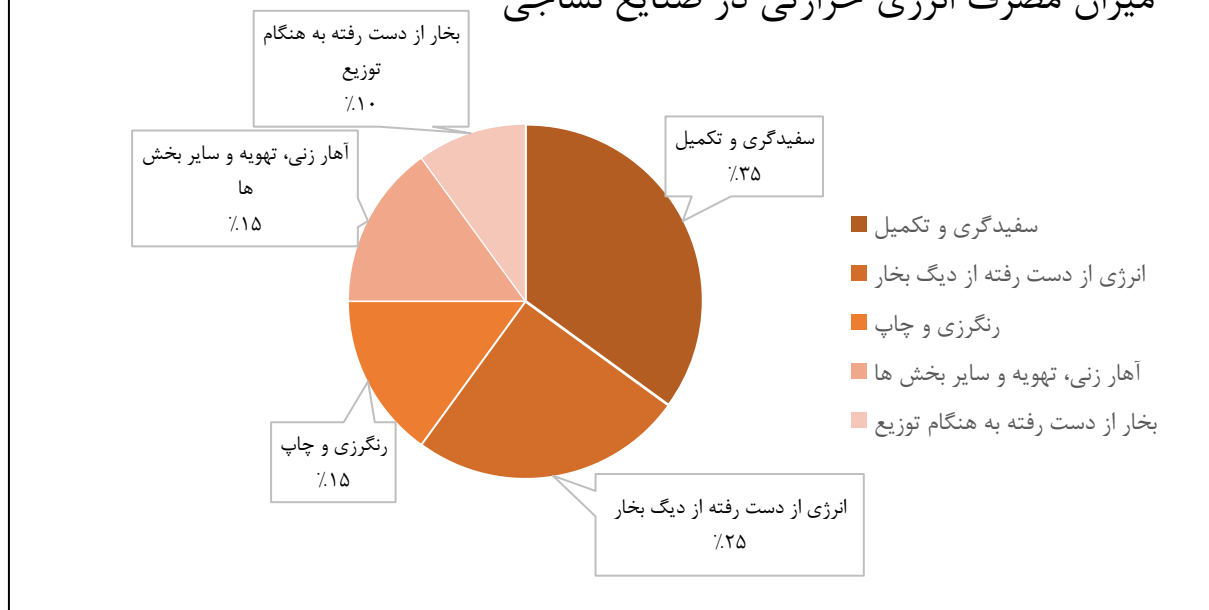


شکل ۳- مصرف انرژی الکتریکی در بخش های مختلف صنعت نساجی [۳]

### انرژی حرارتی

عموما انرژی حرارتی در کارخانجات نساجی جهت گرم کردن آب برای عملیات شیمیایی و خشک کردن منسوجات به کار برده می شود. این انرژی به صورت بخار آب و از طریق لوله ها از منبع تولید به سایر بخش های کارخانه انتقال می یابد. از تمام فرآیندهایی که از بخار آب استفاده می کنند، ۶۵ درصد در جهت فرآیند تولید، ۱۵ درصد جهت آهار زنی، ۱۰ درصد جهت کنترل دما و رطوبت و ۱۰ درصد در سایر بخش های کارخانه مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از سوخت های فسیلی جهت تولید نیروی بخار، کنترل دما و تهویه مورد استفاده قرار می گیرد. در روزهای سرد سال به خصوص در کارخانجات ریسندگی پنبه این انرژی در جهت اعمال حرارت اولیه به الیاف به منظور بوجود آوردن شرایط مناسب برای تولید نخ آن مورد مصرف قرار می گیرد، در نتیجه میزان مصرف این انرژی به عواملی مثل آب و هوا و منطقه جغرافیایی نیز بستگی دارد. جایگزین نمودن انرژی الکتریکی بجای انرژی حاصل از دیگ بخار سبب کاهش هزینه ها می گردد [۳].

## میزان مصرف انرژی حرارتی در صنایع نساجی



شکل ۴- مصرف انرژی حرارتی در بخش‌های مختلف صنعت نساجی [۳]

مرکز آمار ایران نیز در سال ۱۳۹۶ در گزارش خود به میزان مصرف انرژی در صنعت نساجی اشاره نموده است و انرژی‌بری صنعت نساجی ۲٫۱ درصد کل انرژی مصرفی و آب‌بری آن ۳٫۱ درصد کل آب مصرفی صنایع کشور عنوان نموده است که منجر به رتبه ۱۹ و ۲۰ در انرژی‌بری و آب‌بری این صنعت شده است. میزان آب و انرژی از کل ارزش داده‌های صنعت نساجی معادل ۳ درصد است که نشان دهنده وابستگی کم این صنعت از این دو نهاد است در نتیجه تاثیر این صنعت از نوسانات قیمت نهایی انرژی نسبت به سایر صنایع کمتر می باشد.

راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کارخانجات نساجی

- بازرسی مداوم فرآیند تصفیه آب
- بهره برداری در پایین ترین دمای آب داغ یا فشار بخار قابل قبول با مصرف
- برنامه ریزی صحیح تقاضا برای حداکثر کردن راندمان دیگ بخار
- چک کردن متناوب راندمان
- مقایسه کردن داده‌های مربوط به راندمان جهت تعیین استاندارد
- جایگزین یا تعویض کردن عایق‌های نامناسب یا از بین رفته
- کالیبره کردن دستگاه‌های اندازه‌گیری و سیستم‌های کنترل
- بازرسی مداوم و مناسب تجهیزات
- بازرسی دقیق و صحیح نشتی بخار و مایع کندانس شده
- نگهداری بخار در شرایط مساعد مورد نیاز
- تعمیر عایق‌های معیوب
- خاموش کردن دستگاه‌هایی که در فرآیند تولید نیستند
- خاموش کردن خطوط انتقال هنگامی که نیازی به آن‌ها نیست [۵]



به طور کلی بازیابی حرارتی در کارخانجات نساجی به روش های زیر امکان پذیر می باشد:

- بازیابی در دیگ بخار از گازهای خروجی
- بازیابی از تخلیه دیگ بخار
- بازیابی از طریق فلاش بخار
- بازیابی از مایع برگشتی حاصل از میعان

راهکارهای اصلاحی در زمینه تعمیرات و نگهداری در جهت بهینه سازی مصرف انرژی در بازیافت حرارت شامل موارد زیر می باشد:

مشخص نمودن منبع حرارت اتلافی

کاهش دمای حرارت اتلافی

بهبود بخشیدن، نگهداری و بازرسی تجهیزات در جهت کاهش حرارت اتلافی [۵]

## هوا و گاز کربن دی اکسید

بدون هوا، امکان حیات بر روی زمین وجود ندارد چرا که همه موجودات زنده به هوا نیاز دارند تا زنده بمانند. هوا ترکیبی از گازهایی است که زمین را احاطه کرده است. برخی از فعالیت های انسان سبب آلوده شدن هوا می گردد. آلودگی هوا مشکلی جدی در بسیاری از شهرهای بزرگ است. هوای آلوده برای سلامتی ما ضرر دارد و به گیاهان و جانوران هم آسیب می رساند. انسان هنگامی که تنفس می کشد و یا سوختی را می سوزاند گاز کربن دی اکسید وارد هوا می نماید.



شکل ۵- ترکیبات تشکیل دهنده ی هوا

صنعت نساجی در کنار صنایع آلومینیوم از جمله عوامل تولیدکننده گاز گلخانه ای در جهان به ازای هر واحد تولیدی است. آزادسازی این گازها بر روی تغییرات آب و هوایی اثر می گذارد. در سال ۲۰۱۶ اندازه گیری شده است، ۸,۱ درصد از تولید کربن دی اکسید جهانی مربوط به صنعت نساجی می باشد که ۶,۷ درصد آن در بخش تولید پوشاک و ۱,۴ درصد آن در تولید کفش آزاد می گردد. دو سوم از کل گاز کربن دی اکسید آزاد شده بخش نساجی مربوط به روند تولید کالاهایی است تشکیل شده از الیاف مصنوعی به علت منبع فسیلی آن است. اگر چه الیاف طبیعی به اندازه الیاف مصنوعی در تولید گاز گلخانه ای نقش به سزایی ندارند اما این الیاف در جهت انجام فرآیندهایی مانند شستن، خشک کردن و اتوکشی انرژی بیشتری در مقایسه با الیاف مصنوعی مصرف می کند [۶]. محصولات نساجی در اروپا در سال ۲۰۲۰ به مقدار ۱۲۱ میلیون تن گاز کربن دی اکسید تولید می کند که برابر با ۲۷۰ کیلوگرم به ازای هر نفر است [۱].



جدول ۱- اثرات زیست محیطی تولید الیاف [۶]

الیاف	گاز کربن دی اکسید ( کیلوگرم به ازای تولید یک کیلو گرم الیاف)	مصرف آب (لیتر به ازای تولید یک کیلو گرم الیاف)	مصرف انرژی (کیلووات ساعت به ازای تولید یک کیلو گرم الیاف)
پنبه	۲,۲	۱۵۵۹	۴۸
پلی استر	۳,۳	۲۱	۱۰۸
سلولز	۳,۳	۹۲	۸۵
پلی آمید	۸,۳	۴۰	۱۶۰
پشم	۱۷	۵۳۰	۱۲۰
کنف	۳,۱	۸۹	۲۲

### مصرف و تولید پسماند

زباله، پسماند و یا ضایعات، مواد ناخواسته یا غیرقابل استفاده‌ای هستند که دور ریخته می‌شوند. ضایعات یا پسماند ممکن است در حین استخراج مواد خام، فرآوری مواد خام به محصولات میانی و نهایی، مصرف محصولات نهایی و سایر فعالیت‌های انسانی ایجاد گردد.

کشورهای غربی از طریق صادرات پوشاک دست دوم خود به کشورهای در حال توسعه مانند کشورهای آفریقایی سعی می‌کنند تا پسماندهای نساجی را مدیریت نمایند. با توجه به بالا رفتن پسماندهای تولید شده، این روش نمی‌تواند برای همیشه ادامه یابد چون بسیاری از کشورهای در حال توسعه مانند ترکیه و چین به علت حمایت از تولیدات داخلی بخش نساجی خود و جلوگیری از جایگزین شدن این پوشاک دست دوم به جای پوشاک محلی، ورود این نوع کالاها را ممنوع کرده‌اند [۶].

افزایش شدید مصرف سبب تغییر در روند سریع مد و فشن می‌شود. افزایش جمعیت سبب افزایش تولید الیاف در جهت تامین ماده اولیه زنجیره تولید می‌شود. ۶۰ درصد از این تولیدات در صنعت مد و فشن مورد استفاده قرار می‌گیرد و مابقی آن در سایر بخش‌های تولیدات محصولات نساجی به کار برده می‌شود [۴].

به طور سالانه ۹۲ میلیون تن زباله نساجی تولید می‌گردد که این زباله‌ها یا سوزانده شده و یا در اراضی دفن می‌گردند که در این زباله‌ها کالاهای که فروخته نشده‌اند نیز وجود دارد. در بازه زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۸ سرانه مصرف پوشاک از ۵,۹ کیلوگرم به ۱۳ کیلوگرم در سال رسیده است در نتیجه مصرف پوشاک جهانی به ۶۲ میلیون تن در سال رسیده است و پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰ به ۱۰۲ میلیون تن برسد [۴]. در بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ تعداد تولیدکنندگان پوشاک دو برابر شد در حالی که طول استفاده از پوشاک کاهش پیدا کرد. مردم اروپا به مقدار نزدیک ۲۶ کیلو لباس مصرف می‌کنند در حالی که ۱۱ کیلو از آن را به طور سالانه دور می‌اندازند. کمتر از نصف این پوشاک در جهت بازیافت و استفاده مجدد قرار می‌گیرد و تنها یک درصد از آن طی بازیافت به پوشاک نو و از طریق تکنولوژی‌های جدید در دسترس به الیاف جدید و نو تبدیل می‌شود. بخشی از این پوشاک صادر می‌گردد و تقریباً ۸۷ درصد آن دفن و یا سوزانده می‌شود [۱].

پسماندهای نساجی به دو دسته‌ی پیش از مصرف‌کننده و پس از مصرف‌کننده تقسیم می‌شوند. پسماندهای پیش از مصرف‌کننده در واقع پسماندهای حین تولید منسوجات و پوشاک هستند و شامل الیاف، نخ و پارچه می‌باشند. در طی مطالعه‌ای تخمین زده شده است ۱۵ درصد از پارچه‌هایی که در تولید پوشاک مورد استفاده قرار می‌گیرد، پسماند هستند. در مطالعه‌ای دیگر اعلام گردیده است در حین تولید تقریباً ۱۰ درصد از شلوارها و جین‌ها و همین‌طور بیش از ۱۰ درصد بلوز، ژاکت و لباس‌های زیر و به طور کلی بین ۲۵ الی ۳۰ درصد از پارچه به پسماند تبدیل می‌شود. میزان پسماند تولید شده در تولید پوشاک به عوامل متنوعی مانند نوع پوشاک، طراحی، عرض پارچه، قرار دادن الگو بر روی پارچه بستگی دارد. پسماند

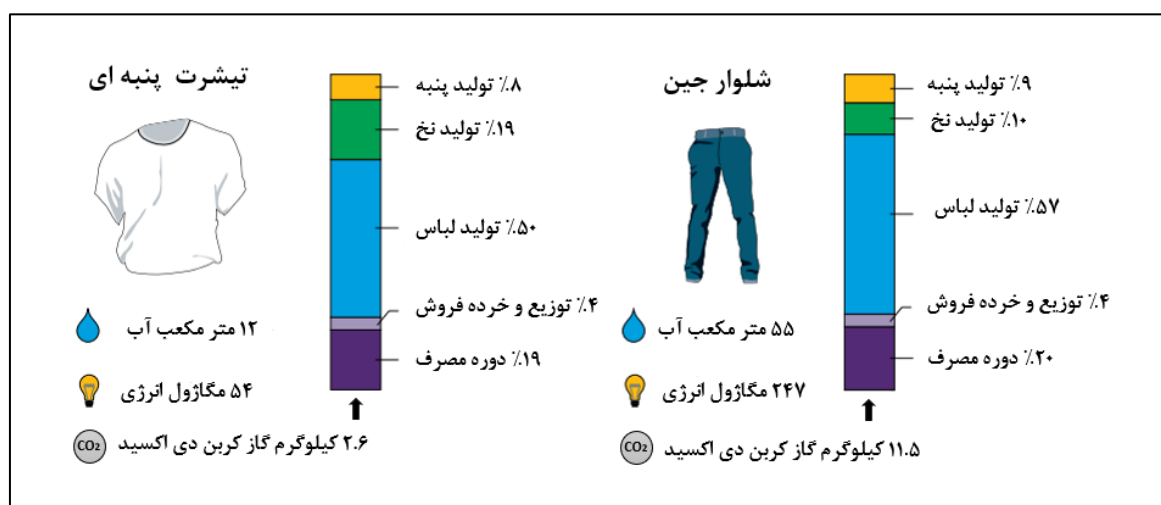
در حین تولید از طریق برش پارچه با توجه به نحوه قرار دادن طرح بر روی پارچه و نحوه جای گیری الگو در عرض پارچه بوجود می آید و این سر هم کردن تکه های پارچه برای تولید پوشاک سبب ایجاد پسماند می شود [۶].

پسماندهای پس از مصرف کننده، پوشاکی هستند چند سال بعد از تولید پس از پوشیدن توسط مصرف کننده دور انداخته می شوند. طبق آمار سال ۲۰۱۲ این مقدار ۶۰ درصد از پوشاک جهانی تولید شده به تعداد ۱۵۰ میلیارد لباس است. چرخه تبدیل پوشاک از کالای قابل مصرف به پسماند سریع اتفاق می افتد. طول عمر پوشاک با افزایش نرخ مصرف، کوتاه می شود. در شش کشور آمریکا، چین، انگلستان، آلمان، ژاپن و ایتالیا مدت زمان مصرف هر لباس بین ۳٫۱ الی ۳٫۵ سال است (اگرچه تنوع قابل توجهی بین پوشاک این کشورها وجود دارد) [۶].

باتوجه به این که سرعت تولید پسماند بالا است اما سرعت بازیافت آن پایین می باشد و طبق آمار سال ۲۰۱۵ تنها ۱۵ درصد از پسماند جهانی تولید شده بازیافت می گردد. بیشتر پوشاک بازیافت شده به مقدار ۶٫۴ میلیون در کاربردهایی مانند عایق، پرکننده کالای خواب، کالاهای نظافتی و کاربردهایی که ارزش پایینی دارند مورد مصرف قرار می گیرد [۶].

## صنعت مد و فشن و ارتباط آن با پایداری

صنعت مد و فشن از جمله صنایعی است که از جنبه های متفاوت بر روی محیط زیست اثر گذار است. بین ۸ الی ۱۰ درصد از تولید جهانی گاز کربن دی اکسید متعلق به این صنعت است که به طور سالانه برابر ۴ الی ۵ میلیارد تن می باشد و ۱۴ درصد بر روی تغییرات آب و هوا اثر گذار است. مصرف آب این صنعت برابر ۷۹ تریلیون لیتر می باشد. ۲۰ درصد از آلودگی های آبی مربوط به بخش تکمیل و رنگرزی این صنعت است. از میان میکرو پلاستیک های رها شده به محیط زیست ۳۵ درصد از آن که معادل با ۱۹۰ هزار تن می باشد متعلق به بخش نساجی است. که از این مقدار تقریباً یک درصد متعلق به انتقال کالا از طریق کشتی و یا محموله های هوایی است [۴].



شکل ۶- میزان اثر گذاری پوشاک پنبه ای بر محیط زیست [۶]

روند کنونی کسب و کار در صنعت مد و فشن بر اساس افزایش تولید، افزایش فروش، تولید سریع، کیفیت پایین و طول عمر کوتاه استوار است که این روند تولید، پسماند قابل ملاحظه، اثرات زیست محیطی گسترده و مصرف ناپایدار را به همراه دارد. برای کاهش این اثرات مخرب زیست محیطی، به تغییر رویه جدی، هم در نحوه تولید و هم در نحوه مصرف توسط همه ی ذی نفعان این زنجیره نیاز است. این تغییرات میتواند در قالب تغییر در تکنولوژی صنعت و تولید پاک، ارائه مدل های کسب و کار جدید، تغییر در عادات های مصرف و تغییر در سیاست های سرمایه گذاری از طریق تغییر قوانین و روش های تجاری باشد که در نهایت یک الگوی جدید در جهت محدود کردن رشد بی رویه، پایداری صنعت مد و فشن، کاهش تولید پسماند و ارتقا چرخه اقتصادی را به وجود می آورد. [۶].

## برای اصلاح قانون موجود در دنیای فشن و خلق الگوی جدید پایداری جهت کاهش پسماند، بهبود چرخه اقتصاد و محدود نمودن میزان تولید به موارد زیر میتوان اشاره نمود:

- **محدود نمودن رشد تولید:** هرچند صنعت مد و فشن در جهت حفظ محیط زیست گام بر میدارد اما این تغییر رویه نیاز به تغییر فرهنگ مصرف و تغییر در سرعت رشد تولیدات دارد. جفت فاکتور نام برده سبب کاهش رشد و انقباض اقتصادی و اجتماعی در جوامع می‌گردد. کاهش رشد به خصوص در کشورهایی که در حال توسعه هستند و از طریق تولیدات نساجی خود مبتنی بر تولید پوشاک فعالیت می‌کنند (مانند پاکستان و هند) با مشکلات عدیده ای رو به رو می‌سازد. در حالی که رشد اقتصادی بر مبنای مد و فشن با محدودیت تامین منابع و افزایش تولید پسماند و تداوم ناپایداری همراه است.

پایداری یک چالش فرهنگی، روانی و اجتماعی پیچیده است که باید به طور عادلانه هر یک از عوامل موثر آن مشخص و سهم هر یک از این عوامل به طور دقیق معین گردد. البته تعیین و سهم‌بندی وظایف به صورت فرد، شرکت و یا کشور بسیار دشوار می‌باشد. و این تغییرات تنها سهم بخش‌های صنعتی و تولیدکننده نیست و باید دید مصرف‌کننده از مد و فشن به عنوان سرگرمی ارزان و بدون داشتن عواقب مخرب زیست محیطی در مصرف تغییر یابد. صنعتگران و تجار نیازمند بهبود پایداری و خلق مدل‌های کسب و کار جهت کاهش اثرات مد و فشن بر محیط زیست می‌باشند. بنابراین کاهش رشد تولید می‌تواند سبب ایجاد تعادل در صنعت از طریق ایجاد کسب و کارهای پایدار با مقادیر تولید کمتر، تمرکز بر کیفیت بهتر پوشاک با طول عمر طولانی‌تر می‌گردد. ایجاد حس مسئولیت در تولیدکنندگان و واردکنندگان پوشاک در بازیافت و دفع کالا و همچنین ترویج در بخش سرمایه‌گذاری با محیط زیست از طریق پرداخت هزینه صنعت از تولید پسماند، می‌توان از تولید مازاد جلوگیری نمود [۶].

- **بستن چرخه:** محدود کردن بیشتر رشد صنعت مد، سبب توسعه چرخه اقتصادی می‌گردد زیرا مواد اولیه مصرفی تا زمانی که مقدور باشد در چرخه مورد مصرف قرار می‌گیرند که این موضوع گامی مثبت در جهت پایداری محیط زیست می‌باشد. جهت گسترش طول عمر محصولات نیازمند تفکیک مالکیت تولیدکننده و مصرف‌کننده از هم هستیم، رویکردهای جدید بر پایه سود از فروش یک محصول تا استفاده گسترده از آن و پایه‌گذاری مدل‌های کسب و کار است. این مدل‌ها عمدتاً بر پایه اجاره لباس و همین‌طور مبادله و معاوضه پوشاک که هم‌اکنون در مناسبت‌های مختلف به چشم می‌خورد، استوار است.

البته روش اجاره کردن پوشاک به تازگی رایج شده است و به طور دیرباز روش مناسبی برای همگام شدن با مد سریع به دلیل مواجه بودن با موانعی مانند قیمت، بهداشت و میزان دسترس بودن برای بسیاری از مصرف‌کنندگان، نیست. در این راستا تعداد کارخانجاتی که بر پایه خدمات تعمیر و فروش پوشاک دست دوم ایجاد شده اند افزایش یافته است و حتی توانسته اند به بازارهای لوکس راه پیدا کنند. تنها در حوزه اروپا این اقتصاد مبادله‌ای که شامل مبادله و اجاره پوشاک است دارای ارزشی تقریباً برابر با ۲۸ میلیون دلار می‌باشد.

بازیافت لباس که کاهش پسماند را به همراه دارد و یکی از ارکان حرکت در جهت پایداری است امکان استفاده از مواد اولیه داخل لباس هم قبل از مصرف و هم بعد مصرف را فراهم می‌کند. روش‌های بازیافت پوشاک به طور کلی شامل روش مکانیکی، شیمیایی و حرارتی می‌باشد. بازیافت پوشاک با توجه به الیاف تشکیل‌دهنده آن به فرآیند پیچیده‌ای مبدل می‌شود و نیاز به جدا سازی دارد. البته تکنولوژی توانسته است با استفاده از نور مادون قرمز مخلوط پوشاک را با دقت ۹۰ درصد به چهار دسته مرتب سازی کند.

در روش مکانیکی، پوشاک به طور ساده خرد می‌شوند و تبدیل به الیاف کوتاه‌تر می‌گردد و کیفیت آن پایین می‌یابد برای همین برای تولید نخ ۲۰ درصد از این الیاف با الیاف نو مخلوط می‌کنند تا خواص مکانیکی آن بهبود یابد. به طور معمول این الیاف در کامپوزیت‌ها، پرکننده‌ها و لایه‌های بی‌بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد. سایر روش‌های بازیافت نسبت به روش مکانیکی کارآمدتر هستند برای مثال در روش شیمیایی که مناسب الیاف سلولزی می‌باشد از طریق استفاده از حلال‌ها اجزا تشکیل‌دهنده پوشاک با حفظ کیفیت آن را جداسازی می‌کنند و می‌توان از این الیاف، نخ متشکل از الیاف صد درصد بازیافتی تولید نمود. از روش‌های شیمیایی می‌توان به آیون سل-اف<sup>۱</sup> و کاربامات سلولز<sup>۲</sup> اشاره نمود.

<sup>۱</sup> Ioncell-F

<sup>۲</sup> cellulose carbamate

روش حرارتی مناسب الیاف ترموپلاستیک مانند پلی‌استر است. در ابتدا الیاف ترموپلاستیک را ذوب نموده و سپس سایر مراحل تولید الیاف را طی می‌کند. این سه روش در کاهش اثرات محیط زیست در رقابت با روش‌های دیگر بازیافت مانند تولید الیاف از ضایعات بطری در تولید الیاف هستند. بازیافت الیاف پلی‌استر ۱,۸ درصد و الیاف سلولزی ۲,۶ درصد از تولید این الیاف نو انرژی می‌برند. البته الیاف پلی‌استر بازیافتی ۱۴ درصد از بازار پلی‌استر و الیاف سلولزی بازیافتی به طور محدودی بازار را تشکیل می‌دهد. در برخی از موارد سوزاندن پوشاک روشی پایدارتر نسبت به بازیافت مواد می‌باشد.

پسماند بخشی از صنعت مد است و کسب و کارهای فعال در این زمینه باید مسئولیت اثرات زیان‌بار آن بر روی محیط زیست را بپذیرند و الگویی جایگزین در جهت حرکت به سمت مد تمیزتر، آرام‌تر و در نهایت پایدارتر بردارند. در آینده پوشاک در جهت تولید پوشاک پایدار و قابل بازیافت طراحی می‌شود. این اقدامات سبب بسته شدن چرخه و گسترش چرخه مصرف می‌گردد [۶].

● **اتلاف تمرکز:** مطالب فوق مرتبط با تکنولوژی و روش‌های بازیافت و کاهش پسماند هستند اما مطلبی که در اینجا باید در نظر گرفته شود این است که آیا می‌توان سیستم جدید مد و فشن بر پایه عدم تولید پسماند و اثرات تخریب‌پذیر بر محیط‌زیست طراحی و جایگزینی نمود؟

در جهت جلوگیری از تولید پسماند و اثرات زیان‌بار این صنعت می‌توان دو رویکرد عمده داشت: (۱) روند فعال بر پایه جلوگیری و کاهش (۲) روند واکنشی بر پایه استفاده مجدد، بازیافت و دور انداختن.

الویت با رویکرد فعال در تغییر صنعت مد و فشن بر مبنای جلوگیری از تولید پسماند است که نیازمند طراحی جدید در تولید و بازاریابی منطقی می‌باشد. استفاده از هر دو رویکرد به طور همزمان سبب کاهش تولید پسماند، استفاده مجدد و گسترش طول عمر محصول می‌شود. آخرین رویکرد پایدار روند واکنشی است که بر روی دور انداختن محصول کارآمد تمرکز دارد. تمامی این رویکردها در مرحله اجرا با چالش‌هایی همراه هستند.

زمانی که بخش‌های متفاوت شرکت‌ها به طور ناهمگون در کنار یکدیگر قرار بگیرند، انتقال اطلاعات با مشکل مواجه می‌شود و سبب عدم کاهش پسماند می‌گردد. برای مثال طراحان و برش دهندگان پارچه در صورتی که اطلاعات کافی در مورد ابعاد پارچه نداشته باشند، نمی‌توانند الگوهای خود را با حداقل‌ترین دور ریز طراحی کنند. البته نرم‌افزارهایی طراحی شده است که می‌تواند با در نظر گرفتن الگو هم به صورت دو بعد و هم به صورت سه بعد پسماند حاصل از برش پارچه را به حداقل برساند و تمامی تکه پارچه‌های به وجود آمده از برش در تولید استفاده کند.

صنعت مد و فشن امکان استفاده از روش‌های جدید طراحی و تولید به طور خلاقانه را می‌دهد. استفاده از تکه پارچه‌های حاصل از برش این امکان را می‌دهد تا از مصرف ۱۷ درصد مواد نو و ۷۹۲۷ کیلوگرم از کربن‌دی‌اکسید تولید شده در حین تولید ۱۰ هزار پوشاک کاهش یابد. تکه پارچه‌های کوچک را می‌توان از طریق دستگاه بازیافت مکانیکی مورد استفاده قرار داد که بر روی کاهش انتشار گاز کربن‌دی‌اکسید موثر می‌باشد. تولید خلاقانه راه حلی بر کاهش اثرات زیست محیطی در صنعت مد است و از همکاری نزدیک بخش طراحی و تولید این صنعت حاصل می‌گردد [۶].

مصرف برق (میلیون کیلو وات ساعت)					
سال	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
کل	۲۵۹۷۲۴	۲۷۱۹۰۱	۲۹۰۸۴۸	۳۰۶۶۱۱۲	۳۱۶۶۳۲
صنعت	۸۸۵۴۱	۹۴۴۷۰	۱۰۸۰۷۴	۱۱۰۲۱۲	۱۱۴۷۶۹
سهام صنعت از کل	۳۴،۱	۳۴،۷	۳۷،۲	۳۵،۹	۳۶،۲

منبع: وزارت نیرو

آب تولیدی (میلیون متر مکعب)					
سال	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
کل	۷۵۹۵	۷۷۸۶	۶۶۴۷	۸۸۱۵	۸۸۷۷
زیر زمینی	۴۷۵۱	۴۷۲۳	۳۴۵۸	۵۴۵۲	۵۴۲۸
سطحی	۲۸۴۴	۳۰۶۳	۳۱۸۹	۳۳۶۳	۳۴۴۹

منبع: وزارت نیرو

تصفیه خانه آب در مدار						
بخش شهری	سال					تعداد
	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	
ظرفیت اسمی (هزار متر مکعب در روز)	۱۰۴۶۲	۱۱۲۴۲	۱۵۲۴۹	۱۵۴۳۲	۱۵۶۸۶	تعداد
	۲۲۷	۱۵۸	۱۶۲	۱۶۲	۱۶۲	
بخش روستایی	۴۷۱	۳۱۹	۳۲۱	۳۲۱	۳۲۱	ظرفیت اسمی (هزار متر مکعب در روز)

منبع: وزارت نیرو

تصفیه خانه فاضلاب در مدار بخش شهری					
سال	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
تعداد	۲۱۹	۲۳۷	۲۵۰	۲۵۷	۲۶۴
ظرفیت اسمی (هزار متر مکعب در روز)	۵۱۱۹	۵۳۱۳	۵۶۸۶	۵۷۳۷	۵۸۰۴

منبع: وزارت نیرو

مرکز آمار کارگاه های بالاتر از ۱۰ نفر کارکن:

مقدار آب مصرفی (متر مکعب)						فعالیت	کد آیسیک
۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴		
۳۲.۵۶۸.۲۴۷	۲۷.۷۱۲.۹۱۵	۲۶.۹۳۱.۸۷۸	۲۶.۸۳۸.۵۵۸	۲۴.۳۵۹.۹۲۴	۲۵.۳۷۴.۶۶۸	تولید منسوجات	۱۳
۲.۶۲۶.۱۲۵	۱.۵۷۱.۰۹۶	۲.۱۸۲.۰۴۶	۱.۴۵۴.۱۵۰	۱.۳۸۶.۲۴۳	۱.۴۱۸.۹۱۶	تولید پوشاک	۱۴
۳.۱۳۲.۵۸۸	۲.۶۱۶.۰۵۳	۳.۴۵۶.۴۶۸	۳.۷۸۳.۵۴۹	۴.۹۲۳.۹۱۴	۴.۶۲۵.۱۰۹	تولید چرم و فرآورده های وابسته	۱۵
۱.۱۶۰.۵۰۹.۶۰۶	۱.۱۷۶.۱۲۴.۲۳۸	۱.۱۲۵.۵۹۲.۲۴۸	۱.۱۳۱.۰۶۳.۵۷۰	۱.۱۵۶.۵۷۱.۰۲۰	۱.۱۹۰.۶۶۶.۵۷۴	کل صنعت	

منبع: مرکز آمار

فاضلاب (متر مکعب)						فعالیت	کد آیسیک
۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴		
۱.۴۱۹.۳۰۶	۱.۲۰۱.۳۴۷	۱.۲۵۶.۳۴۷	۱.۵۷۷.۷۰۲	۱.۴۵۶.۷۹۰	۱.۴۴۳.۹۴۶	تولید منسوجات	۱۳
۱۵.۴۸۵	۱۳.۶۳۸	۴۵.۱۲۷	۲۵.۲۱۳	۲۳.۰۷۰	۱۹.۹۳۹	تولید پوشاک	۱۴
۱۳۵.۷۷۹	۱۰۵.۶۱۵	۱۱۴.۸۹۸	۷۵.۵۹۵	۹۳.۰۳۳	۶۲.۷۳۰	تولید چرم و فرآورده های وابسته	۱۵
۱۰۹.۷۵۱.۰۵۵	۱۱۲.۵۸۱.۰۷۴	۱۰۸.۸۵۵.۲۱۸	۱۱۲.۸۹۷.۶۷۸	۱۱۸.۷۹۴.۹۱۰	۱۲۶.۰۲۸.۳۶۵	کل صنعت	

منبع: مرکز آمار

پسماند جامد (تن)						فعالیت	کد آیسیک
۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴		
۱.۴۱۹.۳۰۶	۱.۲۰۱.۳۴۷	۱.۲۵۶.۳۴۷	۱.۵۷۷.۷۰۲	۱.۴۵۶.۷۹۰	۱.۴۴۳.۹۴۶	تولید منسوجات	۱۳
۱۵.۴۸۵	۱۳.۶۳۸	۴۵.۱۲۷	۲۵.۲۱۳	۲۳.۰۷۰	۱۹.۹۳۹	تولید پوشاک	۱۴
۱۳۵.۷۷۹	۱۰۵.۶۱۵	۱۱۴.۸۹۸	۷۵.۵۹۵	۹۳.۰۳۳	۶۲.۷۳۰	تولید چرم و فرآورده های وابسته	۱۵
۱۰۹.۷۵۱.۰۵۵	۱۱۲.۵۸۱.۰۷۴	۱۰۸.۸۵۵.۲۱۸	۱۱۲.۸۹۷.۶۷۸	۱۱۸.۷۹۴.۹۱۰	۱۲۶.۰۲۸.۳۶۵	کل صنعت	

منبع: مرکز آمار

مقدار انتشار گاز گلخانه ای بخش صنعت (تن):

N <sub>2</sub> O	SPM	CH <sub>4</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	سال
نیترژن اکساید	ذرات معلق	متان	کربن مونواکسید	گوگرد تری اکسید	کربن دی اکسید	گوگرد دی اکسید	اکسیدهای نیترژن	
-	۱۵۱۵۷	-	۱۶۴۷۳	۱۹۹۵	۶۱۵۲۲۴۶۰	۱۳۸۶۶۸	۱۳۱۲۹۹	۱۳۸۵
۲۶۲	۱۶۲۳۷	۱۹۵۴	۲۴۳۷۹	۲۷۶۹	۸۹۱۴۸۱۱۳	۱۸۷۵۱۹	۱۵۷۹۳۰	۱۳۹۰
۲۳۷	۱۵۸۴۰	۱۹۰۶	۱۶۵۷۵	۱۵۴۵	۹۳۰۵۵۵۷۲	۱۰۷۶۷۶	۱۵۴۹۳۱	۱۳۹۴
۲۴۰	۱۶۴۱۲	۱۹۷۳	۱۹۰۲۹	۱۲۴۰	۹۷۹۷۷۴۷۱	۸۸۱۳۱	۱۶۰۵۴۹	۱۳۹۵
۲۵۱	۱۷۱۳۲	۲۰۶۳	۲۰۵۴۶	۱۳۰۰	۱۰۲۱۷۷۸۲۲	۹۲۶۰۳	۱۶۷۲۰۳	۱۳۹۶
۲۶۵	۱۸۱۲۲	۲۱۸۵	۲۱۶۱۷	۱۲۵۹	۱۰۸۵۸۵۰۹۸	۹۰۶۲۳	۱۷۶۷۳۱	۱۳۹۷
۲۶۲	۱۸۴۶۶	۲۲۳۷	۲۰۹۳۸	۷۰۲	۱۱۴۰۳۱۱۵۲	۵۴۵۸۶	۱۸۱۱۹۰	۱۳۹۸

منبع: مرکز آمار

- [۱] Society, "The impact of textile production and waste on the environment (infographics)," *European Parliament*, ۲۰۲۰.  
<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/۲۰۲۰۱۲۰۸STO۹۳۳۲۷/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographics>
- [۲] "Water usage in the fashion industry," *Common Objective (CO)*, ۲۰۲۱.  
<https://www.commonobjective.co/article/the-issues-water>
- [۳] Amrutrao, D. Desalegn, and G. Yohannes, "Use of Energy in Textile Industry: A Case Study on Ethiopian Textile Industry," *J. Mech. Civ. Eng.*, vol. ۱۷, no. ۳, pp. ۵۸-۶۴, ۲۰۲۰, doi: ۱۰.۹۷۹۰/۱۶۸۴-۱۷۰۳۰۱۵۸۶۴.
- [۴] K. Bailey, A. Basu, and S. Sharma, "The Environmental Impacts of Fast Fashion on Water Quality: A Systematic Review," *Water (Switzerland)*, vol. ۱۴, no. ۷, ۲۰۲۲, doi: ۱۰.۳۳۹۰/w۱۴۰۷۱۰۷۲.
- [۵] "۱۳۹۵" صنعت نساجی, شرکت ملی نفت ایران, <https://ifco.ir/index.php/archiveresane/۳۷۶-others/۹۳۴۵-nasaji>
- [۶] K. Niinimäki, G. Peters, H. Dahlbo, P. Perry, T. Rissanen, and A. Gwilt, "The environmental price of fast fashion," *Nat. Rev. Earth Environ.*, vol. ۱, no. ۴, pp. ۱۸۹-۲۰۰, ۲۰۲۰, doi: ۱۰.۱۰۳۸/s۴۳۰۱۷-۰۲۰-۰۰۳۹-۹.