

Mogućnosti očuvanja energije u tekstilnoj industriji

Prof.dr.sc. **Branislava Lazić**, dipl.ing.

Dr.sc. **Biljana Popović**, dipl.ing.

Visoka tekstilna strukovna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment

Beograd, Republika Srbija

e-mail: branisvalazicballa@gmail.com

Prikaz

Svrha ovoga rada je pokazati mogućnosti očuvanja energije u tekstilnoj industriji. Tekstilna industrija zahtijeva velike prostore i troši velike količine obnovljivih i neobnovljivih izvora za proizvodnju tekstilnih proizvoda na svim razinama prerade, od vlakana do gotovih proizvoda. To, uz osnovne i pomoćne materijale i sredstva za procese obrade i oplemenjivanja, uključuje energiju neophodnu u obradi tekstilnih proizvoda. Kako je energija sve skuplja i ima sve veće značenje u obradi tekstila, mora se voditi računa o učinkovitom načinu generiranja, prije svega o primjeni kogeneracije, kao i o njenoj racionalnoj potrošnji, a to, uz opće mjere štednje, obuhvaća i mjere specifične za proizvodnju tekstila, o kojima se govori u ovom radu. Potrošnja topline posebno je značajna u postupcima sušenja i parenja te mokrim obradama tekstilnih proizvoda. Uštede energije mogu se postići optimiranjem sastava kupelji, izborom postupaka s malim omjerom kupelji, primjenom bojadisanja impregniranjem na fularu (pad batch) i drugih obrada nekih vrsta vlakana i mješavina, učinkovitom kombinacijom postupaka, većom primjenom kontinuiranih procesa u odnosu na diskontinuirane procese obrada, povrata energije iz nekih procesa za predgrijavanje ulaznih struja, izmjene energije iz toplih efluenata i povratkom topline ponovnom upotrebom vode za hlađenje, itd.

Ključne riječi: tekstilna industrija, očuvanje energije

1. Uvod

Posljedica povećanja populacije i životnog standarda te primjena novih tehnologija je i rastuća potrošnja energije, a time i rastuća potrošnja resursa i zagađenje životne okoline. Stoga je očuvanje energije bitan korak koji treba poduzeti u rješavanju globalnih energetske problema i štetnog djelovanja na životnu okolinu. Pritom je važno povećati svijest, o potrebi efikasne proizvodnje i potrošnje energije u svim područjima. Racionalno korištenje energije zahtijeva široku primjenu tehnologija

za uštedu energije u različitim industrijskim granama u kojima se energija nedovoljno iskorištava. Jedna od energetske intenzivnih industrijskih grana je i tekstilna industrija.

U ovom članku se prikazuju mogućnosti poboljšanja energetske učinkovitosti i očuvanja energije u tekstilnoj industriji promjenom ponašanja na svim razinama i (know-how) uvođenjem suvremenih tehnologija za očuvanje energije. Zbog toga, tehničko znanje i iskustvo suvremenih tehnologija uštede i očuvanja energije treba biti dostupno svima - rukovodstvu, inženjerima i izvršiocima u

proizvodnim pogonima. Posebno je važno stjecanje praktičnih znanja o trenutno dostupnim tehnologijama i tehnikama za očuvanje energije. Opisuju se vrste energija koje se koriste u tekstilnoj industriji, kao i udio pojedinih tehnoloških faza proizvodnje tekstilnih proizvoda u potrošnji energije. Nadalje se ističe važnost programa upravljanja energijom. U okviru mjera za uštedu energije, spomenute su neke od općih mjera, dok su posebne mjere za uštedu energije u nekim fazama obrade tekstilnih proizvoda detaljno razmotrene. Spomenuta su najnovija dostignuća u

proizvodnji ekološki prihvatljivih vlakana/uz uštedu energije/smanjenje emisija CO₂/smanjenje otpada, a istaknuto je i značenje izrade i primjene programa monitoringa, čiji je glavni cilj povećanje efikasnosti upotrebe energije i smanjenje potrošnje energije po jedinici proizvoda na temelju kontinuiranih poboljšavanja.

2. Vrste energije koje se primjenjuju u tekstilnoj industriji

Proizvodnja tekstila može obuhvatiti značajnu upotrebu energetske resursa. To uključuje svako specijalizirano tehničko područje svih proizvodnih procesa, kao neophodnu komponentu ukupne proizvodnje tekstilnih proizvoda. Potrošnja energije je relativno visoka u područjima bojadisanja i oplemenjivanja, proizvodnje vlakana, pređenja, tkanja i proizvodnje odjeće. Oko 34 % energije troši se u pređenju, 23 % u tkanju, 38 % u kemijskoj obradi i preostalih 5 % u različite svrhe. Dominantan primjer potrošnje električne energije je pređenje/tkanje, dok je toplinska energija glavna za kemijsku obradu. Poznato je da se toplinska energija u tekstilnoj tvornici u velikoj mjeri troši u dva postupka: za zagrijavanje vode i sušenje. Potrošnja goriva u tekstilnim tvornicama je gotovo direktno proporcionalna količini potrošene vode. Znači, ako se potrošnja vode može smanjiti, time će se također uštedjeti energija [1-3].

U načelu, u tekstilnoj industriji energija se koristi uglavnom u obliku električne energije, kao zajednički izvor za napajanje strojeva (u velikim količinama pretvara se u mehanički rad za obavljanje određenih poslova), grijanje/hlađenje i sustave za kontrolu temperature, osvjjetljenje, uredsku opremu, itd., ali se rijetko koristi za grijanje - samo u nedostatku drugih izvora energije. Toplinska energija koristi se za obavljanje niza fizičkih procesa (grijanje, sušenje, taljenje, isparavanje, itd.). Najčešći izvori topline su procesi izgaranja i vodena

para. Potrošnja topline je posebno značajna u procesima sušenja i parenja te u mokrim postupcima. Mokra obrada tekstila troši vrlo visok postotak toplinske energije, uglavnom za isparavanje vlage iz tekstila, u različitim fazama mokre obrade te također za grijanje procesnih kemikalija. Drugi izvori energije u tekstilnoj industriji su: nafta kao gorivo za kotlove za proizvodnju pare, tekući naftni plin, ugljen i plin iz gradske mreže [4, 5].

3. Programi upravljanja energijom

Programi upravljanja energijom imaju veliku važnost u uštedi energije i trebali bi uključivati sljedeće elemente [4, 6]:

- identificiranje i redovito mjerenje te izvještavanje o glavnim energetske tokovima u okviru objekta na razini proizvodne jedinice;
- izrada bilanca uravnoteženja mase i energije;
- definiranje i redovno ispitivanje postavljenih energetske performansa, u kojima se vodi računa o promjeni glavnih čimbenika koji utječu na korištenje energije;
- redovno uspoređivanje i praćenje energetske tokova s postavljenim performansama, u svrhu identifikacije potrebnih radnji radi smanjenja potrošnje energije;
- redovna revizija ciljeva, što može uključiti uspoređivanje s podacima *benchmarkinga*, kako bi se potvrdilo da su ciljevi postavljeni na odgovarajućim razinama.

4. Mjere očuvanja energije

Potreba za štednjom energije ima veliko značenje zbog brzog razvoja prerađivačkih industrija, koji izaziva značajnu potrošnju energije i u proizvodnji tekstila. To je trasiralo put ka očuvanju energije, na što se može utjecati modifikacijom procesa i opreme i primjenom tehnoloških dostignuća koja se odnose na proces optimizacije, kao i razvojem novih metoda koje će odgovoriti izazovima

značajnih ušteda energije u mokrim obradama tekstila. Zbog toga, postoji potreba za zamjenom konvencionalnih metoda najnovijim procesima, koji će dovesti do značajne uštede energije, novca i vremena. Dakle, važan cilj fundamentalnih industrijskih istraživanja jest da se razviju nove tehnologije za optimizaciju konvencionalnih procesa, da bi se štedjela energija usvajanjem novih koncepata. Na očuvanje energije može se utjecati modifikacijom procesa i strojeva, pravilnim izborom kemikalija i povoljnim recepturama te novim tehnologijama [7-9].

Prije svega, to podrazumijeva primjenu BAT tehnologija (*the Best Available Technologies* – najbolje dostupne tehnologije) u svim segmentima proizvodnje tekstilnih proizvoda, kao i opće mjere uštede energije i specifične mjere u proizvodnji tekstila. Također, vjeruje se da se mogu postići uštede i do 10 % poboljšanjem bazičnog upravljanja, poput kontrole i upravljanja energijom. U tekstilnoj industriji, primjetne količine energije mogu se uštedjeti ili sačuvati reguliranjem temperature u parovodima, podešavanjem odnosa zrak/gorivo u kotlovima i ugradnjom toplinskih izmjenjivača koji koriste otpadnu toplu vodu [1, 4, 10-17].

Posebno, transfer inovativnih tehnologija očuvanja energije na uvjete tekstilne industrije može se postići, između ostalog, provođenjem istraživanja upotrebe energije i efikasnosti na razini postrojenja i pripremom uputstava za upravljanje energijom i tehnologijama za očuvanje/uštedu energije, zasnovanih na rezultatima navedenih istraživanja. Da bi se realizirale ove uštede, potrebno je razviti kratkoročne i dugoročne planove, ovisno o analizi troškova i dobiti. Ušteda energije ili očuvanje energije može se postići na dva načina: inženjerskim pristupom i pristupom bojadisara. Inženjerski pristup uključuje neke od sljedećih mjera: upravljanje ljudskim faktorom, izbor goriva, rukovanje gorivom i skladištenje, sagorijevanje goriva,

proizvodnja pare, distribucija pare, korištenje pare, održavanje strojeva, povrat otpadne topline, alternativni izvori goriva, obnova/zamjena postojećih postrojenja, modifikaciju procesa. Neke od mjera pristupa bojadisara navedene su kao specifične mjere uštede energije [6, 18, 19].

Kogeneracija je atraktivan i praktičan prijedlog za širok opseg primjena, uključujući tekstilnu industriju. To je najučinkovitiji način upotrebe goriva – najučinkovitiji način generiranja električne i toplinske energije (i također hlađenja – trigeneracija) iz date količine goriva. Ona može dostići efikasnost i do 90 %, dajući uštedu energije između 15 i 40 % u usporedbi s odvojenom proizvodnjom električne energije i topline. Također, kogeneracija pomaže značajnom smanjenju emisija stakleničkih plinova, štedi troškove energije i povećava sigurnost u snabdijevanju energijom [20-28].

4.1. Opće mjere uštede energije

4.1.1. Energetska učinkovitost

Za bilo koji sustav koji koristi energiju, sustavna analiza poboljšanja energetske učinkovitosti i mogućnosti smanjenja troškova treba uključiti hijerarhijsko ispitivanje mogućnosti, da menadžment sa stajališta:

- zahtjeva/opterećenja - smanji opterećenje energetskog sustava;
- snabdijevanja - smanji gubitke pri distribuciji energije, poboljša učinkovitost konverzije energije, iskoristi mogućnosti nabavke energije, koristi kvalitetnija goriva.

4.1.2. Ostale mjere

Da bi se učinkovito promovirale mjere uštede energije, potrebno je odvojeno razmatrati opće tehnike upravljanja za racionalnu upotrebu energije i specifične tehnike procesa, razvijene u svakom specijaliziranom tehničkom području. Prije svega, važno je izgraditi tvornice odgovarajuće veličine, a zatim koristiti balance mase i energije za optimalnu potrošnju resursa, eliminiranje ener-

getske otpada i stvaranje minimalne količine otpada i, na kraju, ekološko upravljanje otpadom primjenom hijerarhijskih opcija (eliminacija otpada, povrat i ponovna upotreba, reciklaža, odlaganje - spaljivanje s povratom energije ili odlaganje na deponij što je projektirano za tu namjenu, s minimalnom potrošnjom prostora). U području organizacijske racionalizacije, upravljanje energijom je relevantno za širok opseg područja u okviru tvrtke. Neophodno je podići svijest, unaprijediti znanje i osigurati sudjelovanje i suradnju svih sudionika u procesu proizvodnje [4, 29-33].

Vrlo je važno istražiti prostor za povećanu proizvodnju po trajanju jedinice raznih strojeva na električni pogon (npr. upotreba visokoučinkovitih motora umjesto standardnih motora pravilnom primjenom uštedjela bi 2 do 4 %; zamjena premalih ili prevelikih motora - ušteda ovisno o postotku opterećenja motora; upotreba visokotemperaturnog maziva prema klasi izolacije motora; proučavanje motora bez opterećenja, zamjena motora koji imaju veliku potrošnju bez opterećenja; istraživanje točnog razloga paljenja, prematanje prema originalnim tehničkim podacima). Motori konvertiraju električnu energiju u mehanički rad za pokretanje strojeva. Prilikom ove konverzije, izvjesna količina energije se gubi. Suvremeni motori odlikuju se poboljšanim dizajnom i u njih su ugrađena najnovija dostignuća u tehnologiji materijala [15]. Tekstilna industrija koristi velik broj relativno malih električnih motora. Preporuka je da se koristi više motora s upravljačkom pločom, putem koje se upravlja radom svakog motora koji je direktno spojen s dijelom stroja koji pokreće neovisno o drugim dijelovima. Ovo je racionalizirana funkcija u smislu uštede energije. Međutim, u pogledu izbora svakog motora, naglasak se stavlja na mehaničke performanse, a rezultat toga je motor s prekomjernim kapacitetom. Također, u području poboljšanja učinkovitosti korištenja

električne energije, važno je korištenje osvjetljenja na najučinkovitiji način i neophodno je poduzeti mjere štednje električne energije kolikogod je to moguće.

U tekstilnoj industriji, grijanje električnom energijom u velikoj je mjeri zamijenjeno drugim metodama (grijanje na paru, plin, itd.) da bi se smanjili troškovi. Poželjno je provesti komparativno istraživanje alternativnih metoda grijanja, kao što su grijanje infracrvenim zračenjem, dielektrično grijanje visoke frekvencije i mikrovalno grijanje. Značajno je izabrati gorivo s dobrim karakteristikama ispusnog plina uz visoku kaloričnu vrijednost i lako sagorijevanje, tako da se zagađivanje zraka može spriječiti kolikogod je to moguće. Izbor kotlova je također vrlo važan. Budući da su kotlovi visokih performansi skloni brzom taloženju kamenca u cijevima, upravljanje ulaznom vodom jako je važno. Ovi kotlovi imaju male količine zadržane vode i visoke brzine isparavanja, tako da je većina aspekata njihovog rada automatizirana, uključujući upravljanje punjenjem vodom i sagorijevanjem.

Količina pare koja se upotrebljava u tekstilnoj industriji nije velika, ali su mjesta na kojima se zahtijeva para rasprostranjene, tako da su gubici pare zbog zračenja topline s transportnih cijevi i gubici tlakova značajni. Zbog toga, za transport pare na duga razdaljanja preporučuje se visok tlak i cijevi malog promjera, s reduktorima tlaka ako je neophodno da bi se regulirao tlak pare na mjestima upotrebe i time smanjio gubitak topline. Također, poželjno je praviti krivulje velikih promjera, jer su gubici tlaka na krivuljama veliki. Da bi se spriječilo istjecanje pare na spojevima zbog toplinskog širenja cijevi, treba postaviti ekspanzijske spojnice tamo gdje se to zahtijeva. Da bi se spriječili gubici topline, neophodno je ugraditi toplinsku izolaciju na ventilima, spremnicima i posudama za obradu i cjevovodima, koristeći povoljne materijale za toplinsku izolaciju [3]. Zbog fluktuacija u upotrebi pare za vrijeme

rada, može se instalirati parni akumulator na transportnoj cijevi između kotla i potrošača pare, da bi se uskladištio višak pare. To omogućava kontinuiran rad kotla s prosječnim opterećenjem i vrlo je korisno u pogledu uštede energije. Također, neophodno je skupljati i reciklirati toplinsku energiju nošenu drenažnom vodom. U svakom proizvodnom procesu tekstilne industrije, često se zahtijeva grijanje i hlađenje plinova i tekućina kao toplinskih medija. Pri tome je važno koristiti prave toplinske izmjenjivače za namjeravanu upotrebu.

Značajno je razumjeti, precizno i kvantitativno, stvarnu situaciju upotrebe energije, da bi se provele mjere poboljšanja u smislu racionalizacije i štednje. To je moguće upotrebom sofisticiranih mjernih instrumenata, kombiniranih sa sustavima automatske kontrole.

4.2. Specifične mjere uštede energije

Da bi se postigla racionalizacija proizvodnje, neophodno je provesti sveobuhvatne mjere, uključujući tehnologije za očuvanje energije, zajedno s upravljanjem aktivnostima, prirodnim resursima i uštedama prostora. Posebno, poboljšanje i razvoj specifičnih procesnih tehnika za očuvanje energije uvelike doprinose racionalizaciji proizvodnje. U tom području, posebno treba istaći sljedeće specifične tehnike [3, 5, 6, 34-41]:

- poboljšanja u procesima proizvodnje sirovina i uvjetima reakcije;
- smanjenje vremena polimerizacije (koristeći visokoučinkovite katalizatore, postupke polimerizacije, itd.);
- kombiniranje metoda POY (*Pre-oriented Yarn* – predorijentirana pređa) i DTY (*Draw Textured Yarn* – teksturirana pređa) i šira upotreba u višestruko upređenoj pređi;
- sprječavanje povećanja potrošnje električne energije postavljanjem optimalnih uvjeta za pogon vretena,

pakiranje, predenje i rad mehanizma za podizanje i čišćenje;

- održavanje uređaja za pročišćavanje zraka na najboljoj razini za područje rada i u skladu sa zahtjevima procesa;
- poboljšanja toplinske izolacije grijača i sniženje temperature grijača u proizvodnji teksturiranih pređa (posebno na strojevima za prividno uvijanje);
- zbog visoke potrošnje energije za škrobljenje, istraživano je uvođenje postupaka škrobljenja pjenom i otapalima, kao i primjena neškrobljenih filamenata; također, uvođenje novih toplinskih izmjenjivača u strojeve za škrobljenje, s veoma malom sklonosti zapetljavanju, značajno doprinosi uštedi energije;
- procesi bojadisanja i dorade sastoje se od mnoštva isprepletenih pojedinačnih postupaka i najčešće se ponavljaju mokri i suhi postupci; važno je razviti i koristiti specifične procesne tehnike, pored već opisanih tehnologija upravljanja:
- tehnike racionalizacije proizvodnje uštedom vremena, koje također štede i energiju smanjenjem upotrebe energije i poboljšanjem proizvodnosti, su izrazito brze (kontinuirana obrada je učinkovitija u očuvanju energije), smanjenje vremena čekanja između pojedinih postupaka i eliminiranje ili spajanje pojedinih postupaka;
- uštede radne snage automatizacijom i pojačanim kolorimetrijskim upravljanjem, što smanjuje učestalost ponovne obrade smanjenjem grešaka;
- ušteda energije smanjenjem omjera kupelji (npr. upotreba malih *džet* strojeva za bojadisanje šteti 40-60 % goriva; primjena tehnika pjene daje gotovo 50-60 % ušteda energije za male mokre *pick-up* primjene; sustav obrade temeljen na azeotropnoj emulziji šteti 60-70 % goriva zbog značajno niskog sadržaja vode u sustavu); u slučajevima u kojima se mora primijeniti postupak s kupelji tzv. *batch* metoda, treba birati *batch* strojeve za obradu koji

dopuštaju manje omjere kupelji, kao što su *džiger*, posuda s vitlom, *fular* i *džet*, kad god to okolnosti dopuštaju; da bi se upotrijebio manji omjer kupelji s postojećom opremom, preporučuje se postupak umetanja materijala za punjenje u procesnu opremu; minimalna količina tekućine neophodna je u polukontinuiranim i kontinuiranim sustavima (npr. nanos fularom, *Triatex MA* sustav, sustav prskanja);

- ušteda energije smanjenjem vremena obrade (npr. brzo bojadisanje, kojim se može jako smanjiti vrijeme bojadisanja i postići izvanredne uštede vremena) može također ostvariti značajne efekte očuvanja energije, kada se primjenjuje na poliesteru; neophodan je dobar odabir bojila i pomoćnih sredstava te osigurati odgovarajuću opremu za bojadisanje; primjenom sušionika s bubnjem, vrijeme grijanja se značajno smanjuje i može se uštedjeti 60-70 % energije; radiofrekvencija upotrijebljena za jednakomjerno zagrijavanje mase materijala daje uštede 60 % energije; upotreba fluida za prijenos topline (termopakiranja) omogućava temperature i do 300 °C, a ovaj proces osigurava uštedu 80 % energije; smanjenje vremena obrade od 6-8 h u spremniku pod pritiskom s jednakomjernim grijanjem njegovim modificiranjem omogućava uštede 60-65 % energije; upotrebom redukcijskih sredstava može se smanjiti vrijeme odmašćivanja i taj proces omogućava uštede 40-50 % energije; *DuPontov* postupak dvominutnog bijeljenja koristi vodikov peroksid pri jako visokoj vrijednosti pH sa specijalnom formulacijom radi sprječavanja nepoželjne dekompozicije peroksida i oštećenja tkanine i tim procesom moguća je ušteda energije oko 80-85 %; rezultati istraživanja pokazuju da obrada plazmom, ultrazvukom, magnetizmom i radioaktivnim zrakama ubrzava učinkovitost obrade;
- ušteda energije smanjenjem razlike temperatura grijanog fluida i tempe-

perature grijanja, korištenjem, u procesu bojadisanja, ulazne vode za hlađenje niske temperature i izlaznog toka visoke temperature, iz rashladnog sustava, za namjene bojadisanja; odmašćivanje na niskim temperaturama, bijeljenje (hladno bijeljenje aktiviranjem natrijevog klorida hipokloritom ne koristi toplinsku energiju i tu je moguća ušteda 80-90 % energije), bojadisanje (upotreba hladnog diskontinuiranog bojadisanja pamuka, viskoznih vlakana i mješavina da bi se očuvala energija, voda, bojila i kemikalije; posebno, hladni diskontinuirani postupak za reaktivno bojadisanje sa primjenom natrijevog silikata za fiksiranje bojila daje uštedu energije od gotovo 100 %) i tehnike nanošenja određenih sredstava (npr. niskotemperaturno nanošenje tiskarskog pigmenta upotrebom visokoaktivnih katalizatora), neki su od praktičnih primjera;

- ušteda energije preispitivanjem metode sušenja: kombinacije pojedinih postupaka kako bi se neke faze sušenja mogle eliminirati u što većoj mjeri, posebno u procesima koji ne utječu direktno na karakteristike proizvoda ili izgled; neophodno je istražiti nove metode sušenja (visokofrekventno sušenje, mikrovalno zagrijavanje, grijanje infracrvenim zračenjem, itd.), zajedno s drugim mjerama, kao što su uklanjanje tekućine vakuumom, dodavanje organskog otapala koje olakšava isušivanje tekućine za obradu i kombiniranje sustava za obradu pjenu sa sustavom bez pjene (npr. učinkovito uklanjanje vode snažnim cijedenjem omogućava smanjenje 15-20 % energije zahtijevane za sušenje; vakuumske valjke za cijedenje istiskuju zrak iz tkanine i osiguravaju bolju impregnaciju bojila ili kemikalije i ravnomjerniju primjenu, a taj proces omogućava uštede 60-65 % goriva u usporedbi s konvencionalnim sustavom; vakuumske rolo ekstraktor omogućava 70-75 % uštede; upotreba solarne energije za odškrbljavanje i odmašćivanje

omogućava gotovo 40-50 % uštede energije); važno je skupljati i reciklirati energiju upotrijebljenu u pojedinim postupcima;

- smanjenje broja koraka obrade kombiniranjem nekih od konstituenata operacija mokre obrade u datim fazama obrade; može pomoći u smanjenju broja pranja i sušenja (jedna kupelj za bijeljenje može omogućiti uštedu od oko 70 % električne energije; smanjen broj džigera može pomoći u uštedi oko 20 % električne energije; eliminiranje nanošenja zagrijavanjem pri tisku šteti 100 % električne energije za fazu nanošenja; kombinirano sušenje i nanošenje sredstava za doradu šteti oko 35 % električne energije; vruća mercerizacija omogućava kombiniranje odmašćivanja i mercerizacije i šteti energiju oko 30-40 %; Kontinuiranim procesom bijeljenja, Mather & Platts nanošenje impregnacije i bijeljenje vrše se pod pritiskom i mogu se provesti za 3 do 7 minuta, te se šteti oko 40-50 % energije; kombiniranje jednog koraka hipokloritnog bijeljenja i odmašćivanja omogućava uštedu gotovo 100 % energije; kombiniranje jedne faze odškrbljavanja, odmašćivanja i bijeljenja redoks sustavom smanjuje zahtjev za energijom gotovo 60 %);
- ušteda energije zamjenom postupaka koji nisu temeljeni na vodi: očuvanjem energije organska otapala imaju prednost pred vodenim otapalima u sljedećim aspektima: specifična toplota, latentna toplota za isparavanje, toplota potrebna za isparavanje i brzina isparavanja – postoje brojni prijedlozi za odmašćivanje otapalima, bojadisanje i oplemenjivanje; tekući amonijak je jedno od sredstava koje se uzima u obzir za primjene u bojadisanju i mercerizaciji kao neorgansko otapalo; procesom odmašćivanja otapalom može se uštedjeti 60-80 % energije; postupak suhog fiksiranja u toplim sredstvima kao što je urea šteti 40 % energije;

• tehnika bojadisanja u natkritičnom fluidu je inovacija za očuvanje toplinske energije, jer je supstrat u isušenom stanju zbog toga što je na kraju procesa CO₂ u plinovitom stanju; to je nova tehnika primjene natkritičnog ugljičnog dioksida kao sredstva za bojadisanje i taj bezvodni proces nudi brojne ekološke i ekonomske prednosti, kao što su izostanak pripreme procesne vode i niža potrošnja energije za zagrijavanje tekućine;

- ultrazvučno potpomognut proces je alternativa konvencionalnoj obradi tekstilnih materijala visokim temperaturama; ultrazvučna oprema ugrađena u postojeće strojeve daje poboljšane performanse u pripremi tkanina i bojadisanju, bez pogoršavanja svojstava obrađenih materijala; utjecaj ultrazvuka intenzivira prijenos mase u mokroj obradi tekstilnih materijala; prednost ultrazvuka u mokroj obradi tekstila uključuje uštedu energije smanjenjem temperature obrade i vremena i nižom potrošnjom pomoćnih kemikalija te daljim poboljšanjem obrade kontrolom svih troškova;
- primjena obrade pjenu rezultira značajnim uštedama energije koja je potrebna za zagrijavanje, sušenje, termofiksiranje i parenje, itd., zbog toga što je sadržaj (postotak) vode jako mali; proces pjenu smanjuje omjer kupelji koji je potreban za predobradu, bojadisanje i doradu; odškrbljavanje, bijeljenje i dorada, kao i fluorescentno bijeljenje robe može se provesti primjenom tehnike obrade pjenu; time se postižu potencijalne uštede materijala i energije;
- očuvanje prirodnih resursa primjenom kontinuiranih procesa (kontinuirano bojadisanje i oplemenjivanje, npr. primjena kontinuiranog bijeljenja pletiva – primjena preostale topline u sustavu; učinkovita kombinacija operacija, kao što su odmašćivanje i bijeljenje, da bi se uštedjele voda i energija);
- primjena povrata topline iz opreme za kontinuirano bojadisanje/bije-

ljenje za predgrijanje ulazne vode i povrat topline ponovnom upotrebom rashladne vode i izmjena topline iz toplih efluenta ispuštenih iz strojeva za diskontinuirano bojadisanje; upotreba novih strojeva, koja su posebno dizajnirana da štede vodu i energiju - ključ inovacije je filtracijski sustav s dijafragmom, koji propušta vodu, dok se korisni materijali i otpadna energija vraćaju u sustav;

- ušteda energije pomoću softverskog pristupa koji ostvaruje energetsko uravnoteženje na bilo kojem stroju u tekstilnoj tvornici, pohranjuje podatke zajedno s informacijama o stvarnim troškovima i teoretskim troškovima provedenih postupaka, zajedno s gradacijom dobivene kvalitete; zapisi sačuvani tijekom ove operacije mogu se kasnije pozivati za periodični (tjedni/mjesečni/godišnji) pregled performansi stroja; softver je također koristan u usporedbi energetskih zahtjeva između strojeva na kojima se provodi obrada istog proizvoda i nijanse; to može pomoći u izboru stroja za posebnu kvalitetu, gdje će uštede na troškovima biti veće;
- ušteda prostora izgradnjom suvremenih tvornica - poboljšanja u efektima uštede energije na razini cijele tvornice;
- uštede energije tijekom upotrebe tekstilnih proizvoda - ekološka briga o tekstilnim materijalima: kemijsko čišćenje, regeneracija otapala, itd.;
- upotreba različitih alternativnih obnovljivih izvora energije kao što su biomasa, geotermalna energija, energija plime, vjetra i solarna energija, štedi toplinsku energiju u velikoj mjeri, itd.

5. Ekološki prijateljska vlakna

Uštede energije u tekstilnoj industriji ne mogu se promatrati odvojeno od drugih utjecaja na životnu okolinu. Zbog opasnosti od globalnog zagrijavanja i iscrpljivanja prirodnih resur-

sa, mora se početi ozbiljno s poduzimanjem mjera za zaštitu životne okoline. Na bazi koncepta zaštite životne okoline uštedom energije, recikliranjem resursa i odgovornosti za globalnu zaštitu životne okoline, mnoge kompanije razvile su ekološki prijateljske tekstilne proizvode i tekstilne proizvode koji štede energiju. To je nova zelena proizvodnja, koja štiti životnu okolinu i koja može smanjiti potrošnju resursa, izvora energije i emisiju CO₂ [6, 31, 42-44].

Neki primjeri ekološki prijateljskih vlakana su [9, 45]:

- Reciklirana PET/PA, izrađena od recikliranih PET boca ili ponovno izrađena pređa od otpada.
- Novi kationski obojiv poliestar može se bojadisati na nižim temperaturama (100 °C) u odnosu na tradicionalni (130 °C). Time se skraćuje vrijeme bojadisanja i smanjuje emisija CO₂ i upotreba energije i ima odlična fizikalna svojstva. Također, kada se pomiješa sa *Span-dexom*, acetatnom ili akrilnom pređom, postiže se dobar opip i fizikalna svojstva.
- Novi poliestar bez teških metala može spriječiti utjecaj teških metala na životnu okolinu. Tradicionalni katalizator antimon zamijenjen je novim tipom katalizatora.
- Reciklirana poliamidna pređa štedi energiju i smanjuje upotrebu svježeg sirovog materijala, smanjuje količinu otpadne vode, emisije CO₂, itd.

6. Program monitoringa

Štednja energije zahtijeva program monitoringa, postavljanje ciljeva i konkretne planove za implementaciju promjena.

Pregled rezultata programa i izračunavanje potrošnje energije za pojedinačne procese i proizvode važno je za donošenje odluka o energetskim i ekološkim troškovima proizvoda i procesa. Glavna svrha programa monitoringa je poboljšati učinkovitost korištenja energije i smanjiti potrošnju

energije po jedinici proizvodnje na osnovi kontinuiranih poboljšanja.

Predložene mjere za postizanje toga cilja su [40]:

- provesti energetski pregled da bi se odredila glavna područja korištenja energije i definirala te ocijenila sva-ka struja otpadne energije;
- odrediti i nadgledati učinkovitost procesa koji su glavni potrošači energije;
- ispitati mogućnosti za smanjenje korištenja energije;
- uporediti sustave prema učinkovitosti u odnosu na troškove i stvarno korištenje energije;
- pripremiti program poboljšanja učinkovitosti;
- prepoznati i nagraditi doprinose osoblja, itd.

7. Zaključak

Globalna energetska kriza, kao i visoki troškovi goriva rezultirali su mnogim aktivnostima za maksimalno očuvanje energije. Neki od značajnih čimbenika za očuvanje energije su: primjena BAT tehnologija, energetski pregled, instrumentalna kontrola, povrat otpadne topline, itd. To znači energetski učinkovite, ekološki prihvatljive tehnologije i usvajanje čistih proizvodnih tehnika, koje osiguravaju konkurentnost tekstilne industrije. Potencijal za uštede energije mora se kvantificirati za opće i specifične mjere i procijeniti tehnički i ekonomski odvojeno za svaki proces proizvodnje. Sa te točke gledišta, neophodno je implementirati programe monitoringa životne okoline, posebno monitoring energetskih tokova i provesti sustavnu analizu energetske učinkovitosti, da bi se odredile sve aktivnosti koje imaju potencijal za značajno smanjenje ekološkog utjecaja uštedom energije, kao i smanjenjem emisija, efluenta i potrošnje resursa, primjenjive na pojedinačne projekte/postrojenja.

Literatura:

- [1] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstilu: Primena čistijih tehnologija u tekstilnoj industriji, Zbornik radova Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji: Dizajn, Tehnologija, Menadžment, DTM, Beograd, 2010, 246-250
- [2] Marin A.W., M. Tobler: The Purpose of LCA in Environmental Labels and Concepts of Products, *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2 (2003) 8, 115-116
- [3] <http://www.scribd.com/doc/34452015/Scope-of-Energy-Saving-in-Textile-Industry>, pristup 14.12.2010.
- [4] http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007.pdf, pristup 21.02.2010
- [5] <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/12/1129/energy-conservation-in-textile-industries-savings1.asp>, pristup 12.12.2010.
- [6] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstilu, DTM, Beograd 2009, 91
- [7] Popović B., B. Lazić: Smanjenje uticaja proizvoda od denima na životnu sredinu, Zbornik radova Savremene tehnologije i privredni razvoj, TF, Leskovac 2009, 193
- [8] <http://www3.itv-denkenorf.de/itv2/downloads/d0004542/WG3GheBartusek.pdf>, pristup 12.03.2008.
- [9] Lazić B., B. Popović: Ecology in textile: Textile waste recycling, Common textile conference '2010. Sofia, Bulgaria; Textile and clothing 58 (2010) 11, 328-333
- [10] http://193.219.133.6/aaa/Tipk/tipk/4_kiti%20GPGB/32.pdf, pristup 25.05.2009.
- [11] Beckstein H.: ITB Färberei, Drukerei, Ausrüstung 43 (1997) 2, 32-39
- [12] <http://www.centexbel.be/batinat/>, pristup 12.05.2009.
- [13] <http://www.jeffsilberman.com/env/richesfromrags.htm>, pristup 12.12.2010.
- [14] <http://www.inescc.pt/urepe/esti/>, pristup 14.12.2010.
- [15] <http://www.energymeasuresave.com>, pristup 09.01.2011.
- [16] Fresner J. i sur.: The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects, *Journal of Cleaner Production* 18 (2010), 128-136
- [17] <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-k/k2274.pdf>, pristup 22.06.2010.
- [18] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstilu: Zagađivači vazduha u tekstilnoj industriji i mere za smanjenje nastajanja zagađenja, Zbornik radova Zaštita životne sredine u energetici, rudarstvu i pratećoj industriji, Divčibare, 2010, 362-371
- [19] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstilu: Prečišćavanje otpadnih gasova u tekstilnoj industriji, Zbornik radova Zaštita životne sredine u energetici, rudarstvu i pratećoj industriji, Divčibare, 2010, 352-361
- [20] China International Green Industry EXPO 2010, Energy-saving fibers – prospects, Shanghai, 2010
- [21] Tang O., B. Mohanty: Industrial energy efficiency improvement through cogeneration: A case study of the textile industry in Thailand, *Energy* 21 (1996) 12, 1169-1178
- [22] www.uneptie.org/energy, pristup 20.05.2012.
- [23] <http://www.serbia-energy.com/serb/images/stories/Industrijska%20Kogeneracija.pdf>, pristup 20.05.2012.
- [24] <http://sustainability.yale.edu/cogeneration>, pristup 20.05.2012.
- [25] www.cogen.org, pristup 20.05.2012.
- [26] Li H. i sur.: Power and cogeneration technology environomic performance typification in the context of CO₂ abatement part II: Combined heat and power cogeneration, *Energy* 35 (2010) 9, 3517-3523
- [27] Blarke M.B., E. Dotzauer: Intermittency-friendly and high-efficiency cogeneration: Operational optimisation of cogeneration with compression heat pump, flue gas heat recovery, and intermediate cold storage, *Energy* 36 (2011) 12, 6867-6878
- [28] Li H. i sur.: Power and cogeneration technology environomic performance typification in the context of CO₂ abatement part I: Power generation, *Energy* 35 (2010) 8, 3143-3154
- [29] <http://www.unido.org/fileadmin/import/userfiles/puffk/textile.pdf>, pristup 22.12.2010.
- [30] <http://www.emt-india.net/process/textiles/pdf/Energy%20savings%20audit%20in%20textile%20industry.pdf>, pristup 11.06.2010.
- [31] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstilu: Ekologija upravljanja otpadom, Zbornik radova Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji: Dizajn, Tehnologija, Menadžment, Beograd, 2008, 188-192; *Tekstilna industrija* 56 (2008) 7-9, 29-32
- [32] Nieminen E. i sur.: EU COST Action 628: life cycle assessment (LCA) of textile products, eco-efficiency and definition of best available technology (BAT) of textile processing, *Journal of Cleaner Production* 15 (2007), 1259-1270
- [33] Hasanbeigi A., L. Price: A review of energy use and energy efficiency technologies for the textile industry, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 6, 3648-3665
- [34] Lazić B., B. Popović: Održivi razvoj tekstilne industrije, Zbornik radova Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji: Dizajn, Tehnologija, Menadžment, Beograd, 2008, 188-192; *Tekstilna industrija* 56 (2008) 7-9, 29-32
- [35] http://www.textileworld.com/Articles/2008/March_2008/Dyeing/Water-And_Energy-Saving_Solutions.html, pristup 22.09.2010.
- [36] http://www.smeda.org/ISC-renewable-energy-textile-sector_202.html, pristup 14.12.2010.
- [37] Hsiou-Lien C., L.D. Burns: Environmental Analysis of Textile Products, Clothing and Textiles Research Journal 24 (2006) 3, 248-261
- [38] http://www.qc.ec.gc.ca/dpe/Anglais/dpe_main_en.asp?prev_gestion_strategie
- [39] Van Wersch K.: Optimiranje potrošnje energije u procesima oplemenjivanja na sustavima tvrtke Monforts Tekstil 58 (2009.) 11, 571-575
- [40] Guschlbauer T.: Ušteda energije u oplemenjivanju tekstila, *Tekstil* 58 (2009.) 3, 112-115
- [41] Lazić B. i sur.: Održivo bojenje tekstila, Zbornik radova Tendencije razvoja i inovativni pristup u tekstilnoj industriji: DTM 2012, Beograd, 2012, 118-123
- [42] Slater K.: Environmental impact of textiles: Production, processes and protection, University of Guelph, Canada, 2003, 98-109
- [43] Barclay S., C. Buckley: Waste Minimisation Guide for the Textile Industry, A Step Towards Cleaner Production (Appendix 2), University of Natal, Durban, 2000, 2-12
- [44] www.epa.vic.gov.au, pristup 07.08.2007.
- [45] <http://www.scribd.com/doc/34452015/Scope-of-Energy-Saving-in-Textile-Industry>, pristup 20.05.2012.