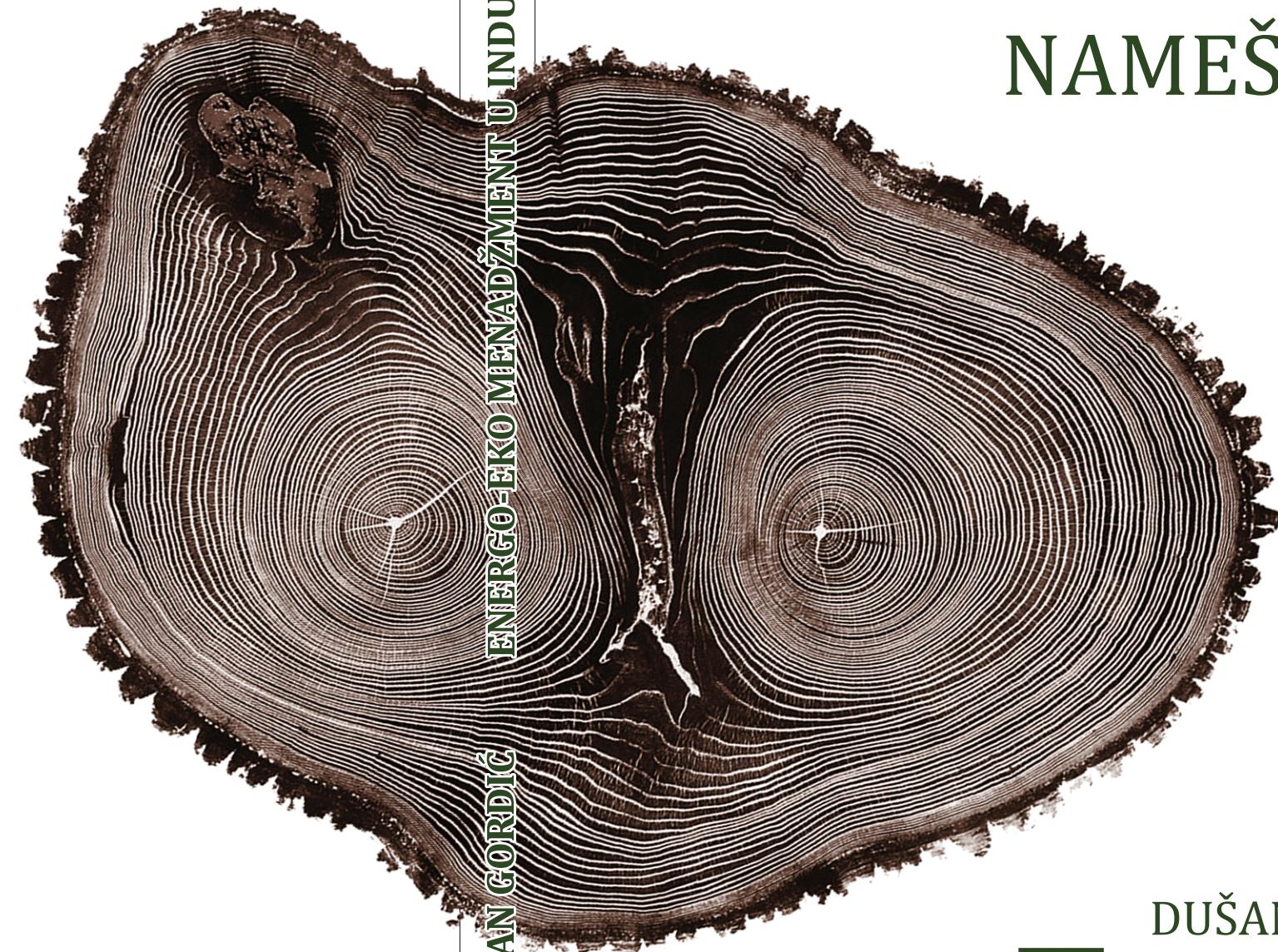


ENERGO-EKO MENADŽMENT U INDUSTRIJI NAMEŠTAJA



ENERGO-EKO MENADŽMENT U INDUSTRIJI NAMEŠTAJA

DUŠAN GORDIĆ

ISBN 978-86-86663-77-1

9 788686 663771

DUŠAN GORDIĆ



Univerzitet u Kragujevcu
Fakultet inženjerskih nauka



**ENERGO-EKO
MENADŽMENT U
INDUSTRiji NAMEŠTAJA**

dr Dušan Gordić, dipl. inž.

2011.

dr Dušan GORDIĆ, dipl. inž.

ENERGO-EKO MENADŽMENT U INDUSTRiji NAMEŠTAJA

Recenzenti:

dr Milun BABIĆ, dipl. inž.

redovni profesor Fakulteta inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu

dr Mladen STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.

redovni profesor Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu

dr Nebojša JOVIČIĆ, dipl. inž.

redovni profesor Fakulteta inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu

dr Srećko ĆURČIĆ, dipl. inž.

vanredni profesor Tehničkog fakulteta Čačak

Korice:

Davor KONČALOVIĆ

Izdavač:

Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, Kragujevac

Za izdavača:

Dekan, dr Miroslav BABIĆ, redovni profesor

*Odlukom Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta u Kragujevcu 01-1/2138-20
od 16.06.2011 godine, odobreno je izdavanje ove monografije*

ISBN:

978-86-86663-77-1

Štampa:

Grafički atelje SKVER, Kragujevac

Tiraž:

250 primeraka

Copyright © Fakultet inženjerskih nauka i Dušan Gordić, 2011.

mojoj Mariji

PREDGOVOR

Rukopis monografije ENERGO-EKO MENADŽMENT U INDUSTRIFI NAMEŠTAJA nastao je kao rezultat istraživanja na projektu Ministarstva za nauku Republike Srbije „Uspostavljanje sistema energo-eko menadžmenta u preduzeću industrije nameštaja“. Pri definisanju projektne ideje i realizaciji projektnih aktivnosti, značajnu pomoć ekipi sa Mašinskog fakulteta u Kragujevcu (sada Fakultetu inženjerskih nauka), pružili su kolege Dejan Čirić i Saša Drobnjak iz preduzeća NOVART, Kragujevac, na čemu im, u ime projektnog tima, najsrdaćnije zahvalujem.

Monografija je sublimat ostvarenih rezultata autora, publikovanih u međunarodnim i domaćim časopisima i prezentovanih na međunarodnim i domaćim naučnim i stručnim skupovima. Sem toga, knjiga sadrži i primere najbolje svetske prakse istovremenog gazdovanja energijom i upravljanja zaštitom životne sredine u preduzećima industrije nameštaja.

Monografska publikacija sadrži pet poglavlja. U uvodnom poglavlju, detaljno su prikazani trendovi proizvodnje nameštaja kod nas i u svetu, a sistematizovani su i materijali od drveta i na bazi drveta, koji se koriste u ovoj industriji. Drugi deo, daje detaljan prikaz tehnologija proizvodnje nameštaja od masivnog drveta i pločastih materijala, što predstavlja osnov za definisanje mera za uštedu energije i smanjenje količine generisanog otpada. U trećoj glavi, prikazane su i detaljno obrazložene mere za uštedu električne energije: opšte mere (koje se odnose na ceo sistem snabdevanja električnom energijom), mere koje se odnose na procesne elektromotore, mere za poboljšanje i kontrolu rasvete, mere koje se odnose na sistem komprimovanog vazduha i mere za poboljšanje efikasnosti sistema za prikupljanje i pneumatski transport usitnjenog drveta. U nastavku teksta detaljno su prikazane vrste otpada (čvrstog, tečnog i gasovitog) koje nastaju sprovodenjem različitih operacija u industriji nameštaja, kao i njihov uticaj na životnu sredinu. Sem toga, definisane su mogućnosti i načini upravljanja otpadom. Istovremeno, predstavljeni su i uspešni primeri iz prakse u vezi implementiranih tehnika upravljanja otpadom i smanjenja zagađenja životne sredine. Poslednja glava prikazuje metodologiju implementacije sistema energo-eko menadžmenta u preduzeću industrije nameštaja.

Zahvalnost dugujem recenzentima prof. dr Milunu Babiću, prof. dr Mladenu Stojiljkoviću, prof. dr Nebojši Jovičiću i prof. dr Srećku Ćurčiću na brižljivo pregledanom rukopisu i korisnim sugestijama.

U pripremi i tehničkoj obradi knjige, svako na svoj način, pomogli su mi moji najbliži saradnici: Dubravka Jelić, Davor Končalović i Vladimir Vukašinović, kao i kolege Novak Nikolić i Stefan Mitrović, i na tome sam im neizmerno zahvalan.

V

Zahvaljujem se na svesrdnoj pomoći članovima svoje porodice, bez čije pomoći i podrške ova monografija ne bi ugledala svetlost dana.

Posebnu zahvalnost dugujem Ministarstvu prosvete i nauke, koje je finansijskom podrškom pomoglo štampanje ove monografske publikacije.

U nadi da će knjiga naći svoje mesto u naučnoj i stručnoj javnosti, pozivam zainteresovane čitaoce, da mi dostave svoje eventualne primedbe i sugestije, u cilju upotpunjavanja i poboljšanja novog izdanja. Unapred zahvalan.

Kragujevac, leto 2011.

*dr Dušan Gordić, dipl. inž.
gordic@kg.ac.rs*

Sadržaj

1. Opšte napomene.....	1
1.1 INDUSTRija NAMEŠTAJA	1
1.2 PROIZVODNJA NAMEŠTAJA U SVETU	2
1.3 PROIZVODNJA NAMEŠTAJA U SRBIJI.....	5
1.4 MATERIJALI U INDUSTRIJI NAMEŠTAJA.....	7
LITERATURA.....	14
2. Proizvodnja nameštaja od drveta	15
2.1 NABAVKA I PRIJEM DRVNE GRAĐE, NJENO SUŠENJE I SKLADIŠTENJE.....	15
2.2 PRIMARNA OBRADA I LEPLJENJE	18
2.3 GLAVNA (MAŠINSKA) OBRADA I BRUŠENJE.....	19
2.4 MONTAŽA NAMEŠTAJA.....	23
2.5 PRIPREMNA I ZAVRŠNA (POVRŠINSKA) OBRADA.....	24
2.5.1 Pripremne operacije.....	24
2.5.2 Završna obrada	26
2.6 PAKOVANJE, TRANSPORT I SKLADIŠTENJE	33
2.7 ODRŽAVANJE OPREME I RADNOG PROSTORA.....	34
LITERATURA.....	35
3. Ušteda energije u industriji nameštaja	37
3.1 MOGUĆNOSTI UŠTEDE ELEKTRIČNE ENERGIJE	39
3.1.1 Opšte mere.....	39
3.1.2 Procesni elektromotori	51
3.1.3 Rasveta	62
3.1.4 Komprimovani vazduh	71
3.1.5 Otprašivanje (aspiracija) i pneumatski transport usitnjenog drveta	90
3.2 MOGUĆNOSTI UŠTEDE TOPLOTNE ENERGIJE.....	99
LITERATURA.....	101
4. Upravljanje otpadom u industriji nameštaja.....	105
4.1 NABAVKA I PRIJEM, SUŠENJE I SKLADIŠTENJE DRVNE GRAĐE	109
4.1.1 Nabavka drvne građe.....	110
4.1.2 Sušenje drvne građe.....	111
4.1.3 Skladištenje drvne građe	116

4.2 PRIMARNA OBRADA I LEPLJENJE	117
4.3 GLAVNA (MAŠINSKA) OBRADA, BRUŠENJE I MONTAŽA.....	119
4.4 PRIPREMNA I ZAVRŠNA POVRŠINSKA OBRADA	121
4.5 PAKOVANJE, TRANSPORT I SKLADIŠTENJE	135
4.6 ODRŽAVANJE OPREME I RADNOG PROSTORA.....	137
LITERATURA.....	139
5. Sistem energo-eko menadžmenta	141
5.1 OPŠTE NAPOMENE I DEFINICIJE.....	141
5.2 MATRICA ENERGO-EKO MENADŽMENTA	146
5.3 ORGANIZACIJA SISTEMA ENERGO-EKO MENADŽMENTA.....	150
5.4 RAZVOJ POLITIKE ENERGO-EKO MENADŽMENTA	155
5.5 PROCENA STANJA SISTEMA (ENERGO-EKO BILANSIRANJE)..	158
5.6 RAZVOJ AKCIONOG PLANA.....	169
5.7 PROMOCIJA SISTEMA.....	171
5.8 PROVERA UČINKA SISTEMA.....	172
5.8.1 Merenje i prikupljanje podataka	172
5.8.2 Poređenje pokazatelja (inidikatora) učinka sistema	173
5.8.3 Praćenje i utvrđivanje ciljeva.....	174
5.8.4 Provera (revizija) stanja sistema	178
5.8.5 Korektivne i preventivne akcije	179
5.9 PREISPITIVANJE OD STRANE RUKOVODSTVA	179
LITERATURA.....	181

Opšte napomene

1.1 INDUSTRIJA NAMEŠTAJA

Industrija nameštaja uključuje izradu delova nameštaja i njihovo sklapanje sa odgovarajućom završnom obradom. Osnovni materijali u ovoj industriji su drvo i materijali bazirani na drvetu. Uz to, koriste se prateći materijali, kao što su: metal, sunđer, tkanina, plastika i sl., osim kamena, betona i keramike.

Prema najnovijoj klasifikaciji delatnosti [1] koja je 2010. godine, bez ikakvih izmena, preuzeta iz standardne klasifikacije delatnosti EU – NACE Rev. 2¹, industrija nameštaja (šifra 31) spada u grupu prerađivačke industrije (sektor C). Sama proizvodnja nameštaja se, prema klasifikaciji delatnosti, u zavisnosti od vrste proizvoda, dodatno deli na sledeće podsektore:

- 31.01 Proizvodnja nameštaja za poslovne i prodajne prostore,
- 31.02 Proizvodnja kuhinjskog nameštaja,
- 31.03 Proizvodnja madraca,
- 31.09 Proizvodnja ostalog nameštaja [1].

Proizvodnja nameštaja za poslovne i prodajne prostore (šifra 31.01) obuhvata proizvodnju nameštaja bilo koje vrste, od bilo kakvog materijala (osim od kamena, betona ili keramike), za bilo koji prostor i u bilo koju svrhu:

- stolica i garnitura za sedenje za: kancelarije, radne sobe, hotele, restorane i javne prostorije,
- sedišta za pozorišta, bioskope i slično,
- posebnog nameštaja za prodavnice: pultova, izložbenih kutija, polica, itd.,
- kancelarijskog nameštaja,
- nameštaja za laboratorije,
- dekorativnih kolica za restorane,

¹ Uredba Evropskog parlamenta i Saveta br. 1893/2006, koja je u EU stupila na snagu 1. januara 2008. godine.

- nameštaja za crkve, škole i restorane.

Proizvodnja kuhinjskog nameštaja - 31.02 obuhvata:

- proizvodnju kompletnih kuhinja,
- proizvodnju plakara, ormara, bifea, ormara za posuđe, itd.

Proizvodnja madraca - 31.03 obuhvata:

- proizvodnju madraca (madraca sa oprugama, punjenih ili iznutra opremljenih nosećim materijalima i nepresvučenih madraca od penaste gume ili plastičnih masa) i
- proizvodnju pomoćnih madraca.

Proizvodnja ostalog nameštaja - 31.09 obuhvata:

- proizvodnju sofa i setova sofa,
- proizvodnju baštenskih stolica i garnitura za sedenje,
- proizvodnju nameštaja za spavaće sobe, trpezarije, bašte, dnevni boravak, kupatila, itd.,
- proizvodnju plakara za šivaće mašine, televizore, itd.,
- dovršavanje (kao što je tapaciranje stolica),
- dovršavanje nameštaja (kao što je prskanje, farbanje, francusko poliranje i tapaciranje).

Unutar svakog od gore navedenog podsektora, proizvodnja se još dodatno klasificuje u zavisnosti od vrste, dimenzija, namene i materijala izrade proizvoda.

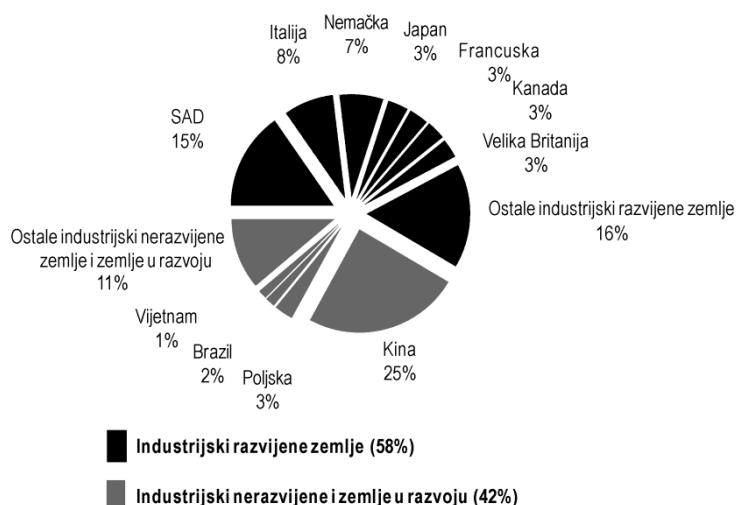
Obzirom na tehnologiju proizvodnje, nameštaj se može podeliti na masivni, pločasti i tapacirani. Proizvodnja masivnog nameštaja, uglavnom uključuje proizvodnju stolica, stolova i komoda od punog drveta, što predstavlja i najcenjeniji segment nameštaja. Pločasti nameštaj čini većinu ukupno proizvedenog nameštaja. Sem navedenog, proizvodnja nameštaja obuhvata i proizvodnju nameštaja koji ne sadrži delove od drveta, već se izrađuje isključivo od metala, plastike i/ili stakla.

1.2 PROIZVODNJA NAMEŠTAJA U SVETU

Svetska proizvodnja nameštaja vredi oko 376 milijardi US \$. Ova procena se zasniva na analizi Centra za industrijske studije iz Milana, koja je urađena na osnovu obrade podataka iz zvaničnih nacionalnih i međunarodnih izvora, koji uključuju 60 najvažnijih zemalja proizvođača (u koje se ubraja i Srbija) [2]. Sedam industrijski najrazvijenijih zemalja sveta (pobrojanih prema obimu

3 ♦ ENERGO-EKO MENADŽMENT U INDUSTRIJI NAMEŠTAJA

proizvodnje nameštaja: SAD, Italija, Nemačka, Japan, Francuska, Kanada i Velika Britanija), zajedno godišnje proizvode nameštaj u vrednosti od oko 159 milijardi US \$. Proizvodnja nameštaja u nerazvijenim i zemljama u razvoju, čini 42% vrednosti svetske proizvodnje nameštaja (slika 1.1). Najveću stopu rasta proizvodnje poslednjih godina, imale su Poljska i Kina, zahvaljujući, pre svega, stranim investicijama u izgradnju fabrika, ali i ekspanziji izvoza njihovog nameštaja. Učešće Kine u svetskoj proizvodnji nameštaja, skočilo je sa 4% u 1997. godini, na 19% u 2006. godini i 25% u 2009. godini [2], [3].

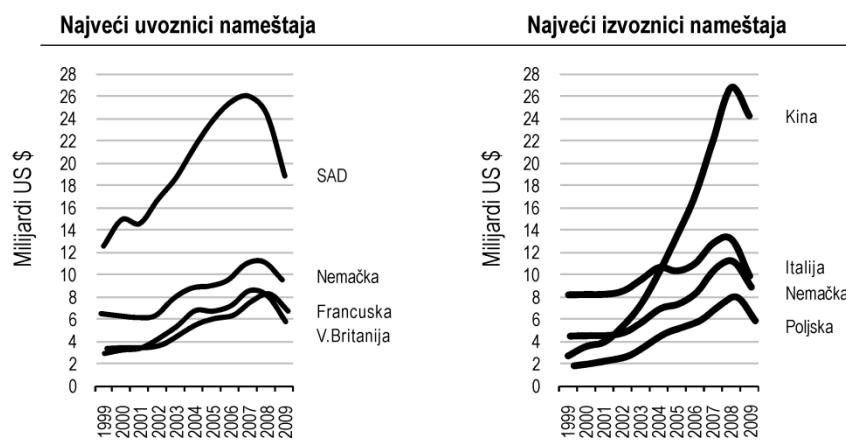


Slika 1.1 Proizvodnja nameštaja u svetu

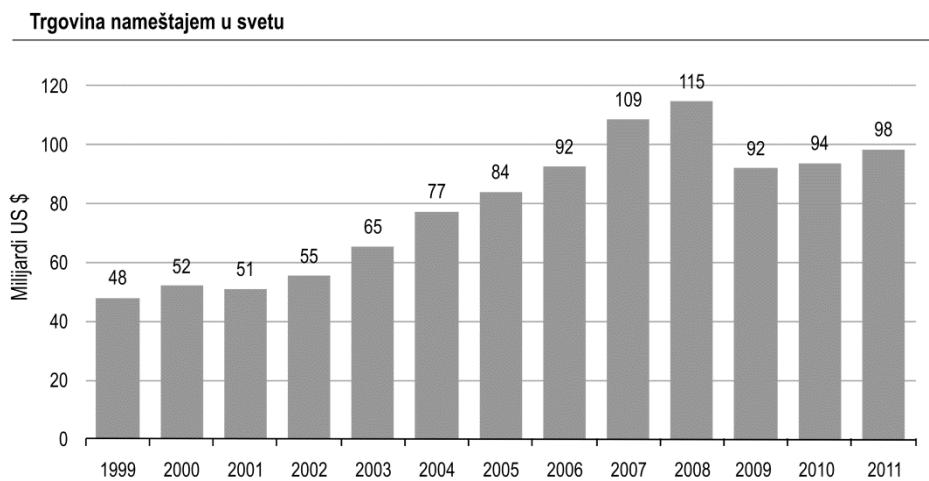
Svetska trgovina nameštajem, u osnovi, uključuje 60 zemalja. Najveći uvoznici su Sjedinjene Američke Države, Nemačka, Francuska i Velika Britanija, a najveći izvoznici su Kina, Italija, Nemačka i Poljska (slika 1.2). Period od 1999. do 2007. godine karakteriše veoma veliko povećanje uvoza u SAD (od 12,6 milijardi US \$ na 26 milijardi tekućih US \$) i Velikoj Britaniji (od 2,9 milijardi US \$ na 8,6 milijardi tekućih US \$) i nešto manji porast u Francuskoj i Nemačkoj. Recesija u SAD, izazvala je značajno smanjenje uvoza nameštaja (od 26 milijardi US \$ u 2007. godini, na oko 24 milijardi US \$ u 2008. godini i 19 milijardi US \$ u 2009. godini) [2].

Obim trgovine nameštajem u svetu prikazan je na slici 1.3 [2]. Svetska trgovinska razmena nameštaja iznosi oko 92 milijardi US \$ u 2009. godini. Zbog krize 2009. godine, svetska ekonomija je upala u recesiju i potražnja za nameštajem je opala u svim velikim tržištima nameštaja, sa izuzetkom Kine i

Indije. U narednom kratkoročnom periodu, očekuje se stabilizacija i značajan rast tržišta u Kini, Indiji i Rusiji, umereni rast u SAD, Kanadi, Australiji, Južnoj Koreji, a u ostalim velikim tržištima, očekuje se stagnacija ili opadanje prometa.



Slika 1.2 Najveći uvoznici i izvoznici nameštaja u svetu u periodu 1999. – 2009. god.



Slika 1.3 Obim svetske trgovinske razmene nameštaja (podaci za 2010. i 2011. godinu predstavljaju projekcije obima trgovine)

1.3 PROIZVODNJA NAMEŠTAJA U SRBIJI

Industrija nameštaja u Srbiji, prema podacima Republičkog zavoda za statistiku i portala SerbianFurniture.org, zapošljava više od 15.000 radnika u preko 2.000 preduzeća i 3.000 radionica, koje su pretežno u privatnom vlasništvu [4], [5]. Najveći broj privatnih preduzeća je kategorisan kao "mala preduzeća" (91,7%). Preduzeća srednje veličine čine 7,1% i velika preduzeća pokrivaju preostalih 1,3%. Velika i srednja preduzeća su u značajnoj meri orijentisana ka izvozu svojih proizvoda.

U proteklim godinama, u Srbiji je ostvaren značajan spoljnotrgovinski deficit proizvodnje rezane građe, posebno tabli i ploča od drveta. Izgradnja i puštanje u pogon fabrike Kronospan (*Kronospan*) u Lapovu, za proizvodnju ploča od iverice, kao druge najveće grifild investicije u Srbiji, verovatno će u narednim godinama smanjiti ovaj deficit. I pored pomenuog deficita, domaća industrija nameštaja, generalno je oslonjena na šumarstvo. Ukupna površina pod šumama Republike Srbije, po inventuri iz 2007. godine, iznosi oko 2.250.000 ha, od čega je u državnom vlasništvu 47%, a u privatnom 53% [6]. Srbija se smatra srednje šumovitom zemljom i od ukupne površine teritorije (Vojvodina i Centralna Srbija) pod šumom je 29,1%, a ako se u to uključe šikare i šibljaci, ukupna šumovitost bi iznosila 34%. Interesantno je da je šumovitost sada za oko 10% veća nego 1957. godine, a prema prostornom planu Srbija treba da dostigne šumovitost od 41,4% [7].

Udeo različitih vrsta drveća u ukupnoj dubećoj zapremini je: bukva 40,5%, hrast 27,2% (cer 13%, kitnjak 5,9%, sladun 5,8%, lužnjak 2,5%), grab 4,2%, bagrem 3,1%, smrča i jela 7,5%, bor 4,5%, klonovi topola 1,7% i ostalo 11,3%. U ukupno obrazloj površini, visoke šume čine 27,6%, izdanačke 64,6%, veštački podignute 6,1% i plantaže 1,7% [8].

Prosečna visina zapremine po hektaru je 161 m³, a zapreminska pričast po hektaru 4 m³. Ukupna zapremska masa šuma je oko 363.000.000 m³, a godišnji pričast je 9.000.000 m³. I pored ovog značajnog pričasta, u šumama Srbije godišnje se seče vrlo mala količina, u odnosu na godišnji pričast, tako da je proizvodnja u 2008. godini nešto niža od proizvodnje ostvarene u 2007. godini.

Jedina grana drvne industrije koja se može pohvaliti neprekidnim suficitom je industrija nameštaja. Srbija je u 2003. godini dospjela izvoz nameštaja od 55,3 miliona US \$, što je za 20,9 miliona US \$ više u odnosu na izvoz iz 2002. godine [9]. Izvoz je tada još uvek bio značajno manji u odnosu na 1990. godinu kada je iznosio 95 miliona US \$. Ova vrednost je premašena 2006.

godine, uz neprekidan rast izvoza, sve do svetske finansijske krize krajem 2008. godine (tabela 1.1). Zbog teškog stanja u 2009. godini, došlo je do zatvaranja pojedinih privrednih društava, ozbiljnog smanjenja proizvodnje, smanjenja broja smena u proizvodnji, kao i otpuštanja radnika (pad broja zaposlenih u odnosu na 2008. godinu je 13,1%) [4]. Ipak, veliki broj malih proizvođača, uslovio je relativno dobre pokazatelje i u kriznoj 2009. godini, jer su mali proizvođači nameštaja vrlo fleksibilni i brzo mogu da reaguju na zahteve potrošača, koji u vreme krize ne zahtevaju velike količine proizvoda.

Godina	Izvoz [US \$]	Uvoz [US \$]
2007	135.520.703	64.422.766
2008	155.613.873	87.632.669
2009	123.599.718	68.422.766

Tabela 1.1 Spoljno-trgovinska razmena nameštaja u Srbiji u periodu 2007-2009

Najveći deo izvoza nameštaja (preko 50%) ostvaruje se u Crnoj Gori, Bosni i Hercegovini, Makedoniji i Sloveniji [4].

Vrsta proizvoda (nameštaja)	Proizvodnja [kom]
Proizvodnja stolica i sedišta	376.399
Proizvodnja kancelarijskog nameštaja i nameštaja za trgovine (sem stolica i sedišta)	14.919
Proizvodnja kuhinjskog nameštaja (sem stolica i sedišta)	15.359
Proizvodnja ostalog nameštaja (sem stolica i sedišta)	818.363
Proizvodnja madraca	31.603

Tabela 1.2 Obim proizvodnje nameštaja u Srbiji za 2009. godinu

Statistički podaci o obimu proizvodnje nameštaja u Srbiji za 2009. godinu prema kategorijama nameštaja, prikazani su u tabeli 1.2 [4].

Industrija nameštaja u Srbiji predstavlja izrazito potentnu i izvozno orijentisanu privrednu granu. Ona ima potencijale, da uz kooperaciju, dobru razvojnu strategiju baziranu na znanju, istraživanju, inovacijama i dizajnu, kao i uz primenu evropskih standarda i sertifikaciju proizvoda, obezbedi kontinuirano poboljšanje izvoza i da bude generator privrednog razvoja društva, što je i predviđeno Strategijom privrednog razvoja Srbije [10].

1.4 MATERIJALI U INDUSTRIJI NAMEŠTAJA

Istorijski posmatrano, najčešće korišćeni materijal u industriji nameštaja je *drvno*. Iako je 30% površine Zemlje pokriveno šumama, u kojima se nalazi 40.000 različitih vrsta drveta, samo 600 vrsta se može komercijalno koristiti, a 140 vrsta je pogodno za proizvodnju nameštaja [11]. Od tog broja, 28 vrsta drveta pokrivaju 75% potražnje za drvetom [12]. Neke vrste su tvrde i veoma izdržljive, dok su druge vrste dovoljno fleksibilne i mogu se lako savijati. U osnovi, postoje dve kategorije drveta, koje se koriste u industriji nameštaja: tvrda i meka. Izraz tvrdo drvo se najčešće upotrebljava za lišćare (listopadno drvo - mahagoni, orah, hrast, javor, trešnja...), dok se meko drvo vezuje za četinare (jela, bor, smrča, kedar...). Procenjuje se, da se na svetskom nivou, godišnje oko 3 miliona m³ (2,2 miliona t) sirovog (posečenog) drveta, iskoristi za proizvodnju nameštaja. Na nivou EU, 13% nameštaja se napravi od posečenog drveta, a oko 20% posečenog drveta se obradi za proizvodnju nameštaja [13].

Vrsta ploča na bazi drveta	Proizvodnja [%]
Iverica	67
MDF	19
HDF	6
Šper ploča	4
OSB	4

Tabela 1.3 Proizvodnja ploča na bazi drveta u Evropi [14]

Pored drveta, kao osnovnog materijala, pri proizvodnji nameštaja koriste se i kompozitni *pločasti materijali* od usitnjjenog drveta. Razvojem tehnologije

izrade, vremenom su se menjali i ovi materijali, tako da danas postoji veoma široka i bogata ponuda materijala od kojih se može izrađivati nameštaj. Primarno se koriste za proizvodnju nameštaja za enterijere. Najveću primenu imaju: ploče iverice, ploče vlaknatice i furnirske (šper) ploče.



Slika 1.4 Oplemenjena iverica



Slika 1.5 Radna ploča

U Evropi (tabela 1.3) i globalno, najzastupljeniji pločasti materijal koji se koristi u proizvodnji nameštaja od drveta je *iverica*. Na nivou EU, iverica učestvuje sa 59% u ukupnoj proizvodnji nameštaja (12 miliona m³ godišnje) [13]. Iverica se izrađuje se od sitnih komada (ivera) različite vrste drveta (bukva, lipa, grab, itd.), koji se međusobno spajaju sintetičkim vezivima pod pritiskom. Unutrašnji sloj se izrađuje od krupnijih, a spoljašnji slojevi su od sitnijih ivera. Ovakva iverica se još naziva i "sirova iverica" i ona nema upotrebu u proizvodnji nameštaja, već zahteva doradu, tj. oblaganje površina. Ovaj proces se sve ređe koristi, pojavom i korišćenjem *univera* (*oplemenjenih iverica*) - iverica oplemenjenih melaminskim folijama (slika 1.4). Folije mogu biti jednobojne ili dezena drveta, kamena, mermera, itd. Površina ove iverice je otporna na kiseline, vlagu, paru, ogrebotine i udarce. Pored svojih dobrih osobina, ona je i veoma dekorativna i spremna je za obradu (sečenje), bez ikakvih posebnih priprema. Najčešće se izrađuje u tablama dimenzije 2.800 mm x 2.070 mm, debljina 10 mm, 18 mm, 19 mm i 25 mm. *Radne ploče* su po sastavu slične univeru, ali se veoma razlikuju po gabaritima i folijama kojima su obložene (slika 1.5). Debljina radnih ploča kreće se i do 80 mm, gabarita oko 600 mm x 5.000 mm, u zavisnosti od proizvođača i namene. Folije kojima su obložene radne ploče, dosta su otpornije od folija kojima je obložen univer, tako da je radna ploča dosta otpornija, pre svega na vlagu i habanje. Za razliku od univera, kod radnih ploča, najmanje jedna bočna strana (kant) je presvučena folijom i čini celinu sa radnom površinom ploče.

Od ploča vlaknatica, najzastupljeniji materijal je *MDF* (popularni naziv na našim prostorima – *medijapan* (slika 1.6). Na nivou EU, MDF učestvuje sa 19% u ukupnoj proizvodnji nameštaja (12 miliona m³ godišnje). To je srednje gusta ploča vlaknatica, izrađena pretežno od bukve, smreke, jеле i lesa, sa dodatkom polimernih smola. Za razliku od iverice, MDF ima homogenu i veoma finu strukturu, tako da se odlikuje većom tvrdoćom. Otporniji je na vlagu, a može se obrađivati i na tradicionalan način (kao drvo). MDF se izrađuje kao sirovi ili jednostrano oplemenjen belom folijom. U oba slučaja, nema dekorativne površine, tako da zahteva površinsku završnu obradu (farbanje, furniranje, laminiranje ili oblaganje PVC folijom). *HDF* je ploča vlaknatica koja ima sličnu homogenu strukturu kao i MDF, ali je presovan pod većim pritiskom, tako da ima veću gustinu i tvrdoću (slika 1.7). U proizvodnji nameštaja, uglavnom se koristi HDF debljine 3 mm, sirov ili jednostrano oplemenjen melaminskim folijama. HDF je na našim prostorima poznatiji kao *lesonit* – tanka vlaknatica po mokrom postupku.



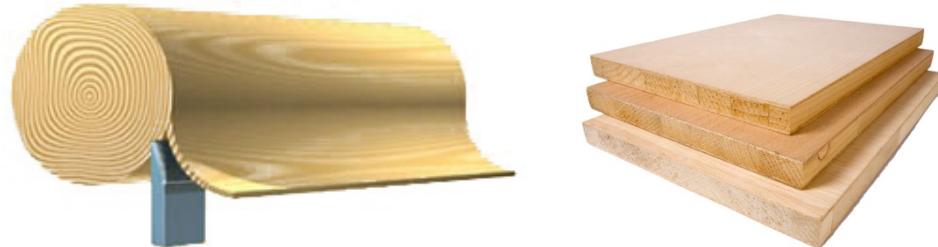
Slika 1.6 MDF – *medijapan*



Slika 1.7 HDF

Furniranje podrazumeva lepljenje furnira (tankih listova ili slojeva drveta) jedan za drugi ili na neku drugu podlogu. Furnir se izrađuje postupkom rezanja u vrlo tanke slojeve, tzv. listove (debljine od 0,5 mm do 1 mm) (slika 1.8). *Furnirske ploče* se izrađuju tako, da spoljašnja površina ploča bude od kvalitetnih plemenitih furnira (hrasta, bukve, jasena, javora, trešnje, zebreno, oraha, itd.), dok središnji deo može biti od: furnira (četinara ili lišćara), rezane građe, sirove iverice, MDF ploča, itd. Ove ploče imaju široku primenu u proizvodnji nameštaja, jer se na površini ovakvih ploča vidi struktura, koju poseduje stablo od kojeg je izrađen furnir (godovi, čvorovi na stablu, prirodna struktura i boja drveta). Ukoliko su središnji slojevi furnirske ploče sačinjeni od furnira, u pitanju je tzv. *šperploča*. Kod modernih furnirske ploča (šperploča)

slojevi furnira su međusobno najčešće ukršteni pod uglom od 90° i slepljeni lepkom (urea formaldehidom ili fenol formaldehidom). Ove ploče imaju odličan odnos mase, čvrstoće i estetskih osobina. U industriji nameštaja, najčešće se koriste šperploče sastavljene od tri, pet ili sedam slojeva furnira, debljina 4 mm, 6 mm, 9 mm ili 12 mm, mada se koriste i šperploče sa više slojeva i većih debljina.



Slika 1.8 Izrada furnira i furnirske (šper) ploče

Pored pobrojanih materijala, za proizvodnju se koriste i neki novi materijali na bazi drveta, čija se sve veća upotreba očekuje u budućnosti.



Slika 1.9 OSB ploča

Slika 1.10 3D furnirske ploče

Asortiman kompozitnih ploča od usitnjenog drveta je proširen novim pločama i elementima od njih. Na prvom mestu, evropsko tržište osvaja OSB - nova strukturno orijentisana iverasta ploča, na bazi orijentisanog strend (špatulastog) iverja (slika 1.9), lansirana na tržištu SAD devedesetih godina XX veka. Dobija se presovanjem i lepljenjem krupnijeg iverja u nekoliko slojeva

11 ◆ ENERGO-EKO MENADŽMENT U INDUSTRIJI NAMEŠTAJA

drvenih ljeski/iverja, koji su isprepletani pod određenim uglom, tako da ga odlikuje visoka čvrstoća, natprosečna dugovečnost i laka obrada. Razlika između OSB ploča i ploča iverice, prvenstveno je u tome što se OSB ploče sastoje iz većih komada drveta (ljeski) koji ovoj ploči daju bolja mehanička svojsatva nego što ih ima iverica, koja je sačinjena od sitnih opiljaka. Površina OSB ploče, najčešće je neobrađena i ljeske su vidljive. Tipična OSB struktura koristi se često i kao dekorativni element (površina ploče se ne presvlači dodatnim oblogama, niti farba neprozirnim bojama) [15].

Trodimenzionalni furniri i trodimenzionalne furnirske ploče (slika 1.10) nastali su kao odgovor na povećanu tražnju za proizvodom koji se može oblikovati u kalupu u tri dimenzije, slično metalu ili plastici. Problem anizotropije drveta, rešen je patentiranom tehnologijom mehaničke modifikacije drveta, pri čemu im tekstura ostaje sačuvana. Ovakav proizvod otvara nove mogućnosti u dizajniranju stolica i zaobljenih frontova za nameštaj u tri dimenzije. Trodimenzionalne furnirske ploče se izrađuju sa površinskim slojevima od ljuštenog ili sečenog furnira bukve, svih vrsta oraha, hrasta ili trešnje. Unutrašnji slojevi su od ljuštenog bukovog furnira. Debljine trodimenzionalnih furnirskih ploča kreću se od 1,5 mm do 20 mm [16].



Slika 1.11 Termodrvo



Slika 1.12 SSV ploča

TermoDrvo (slika 1.11) je materijal koji je već nekoliko godina prisutan na evropskom tržištu i njegova sve veća potrošnja i sve šira upotrebljivost, ukazuju na niz pozitivnih osobina koje poseduje. To je proizvod čije se prednosti, pre svega, ogledaju u izuzetnoj dimenzionalnoj stabilnosti pri promeni vlažnosti, poboljšanoj prirodnoj trajnosti i prijatnoj boji. Dobija se intenzivnim toplotnim tretmanom drveta, na vrlo visokim temperaturama (između 160 °C i 260 °C) u nekom od zaštitnih gasova da bi se sprečilo njegovo

zapaljenje. Ovakvo zagrevanje drveta u intervalu od 1,5 do 3 dana, trajno menja veći broj njegovih hemijskih i fizičkih svojstava, čime ono postaje mnogo stabilnije nego "normalno" drvo u promenljivim klimatskim i spoljašnjim uslovima [17]. Vrlo je dobro rešenje za proizvođače građevinske stolarije, podova, baštenskog nameštaja, montažnih kuća, sauna i slično.

Retki su materijali koji pružaju toliko mogućnosti primene i oblikovanja kao što su tzv. „solid surface“ materijali – SSV. Prva i osnovna primena SSV materijala, bila je u oblasti izrade kuhinjskog i kupatilskog nameštaja, tj. radnih površina u ovim prostorima (slika 1.12). Vremenom se primena širila, tako da je danas, 40 godina nakon svog nastanka, postao nezaobilazan materijal pri izradi nameštaja i opremanju enterijera svih vrsta. To su kompozitni materijali (Corian, Oreolan (ex Cristalan), Kerrock, Staron, Gibralta® – Wilsonart, LG-HI MACS, Rausolid, Avonite, Formica, itd) homogene i neporozne strukture po celom preseku, po izgledu slični mermeru ili granitu, izrađeni od analognih punioca i visokokvalitetnog akrilnog polimera kao veziva. Odlikuju ih dobra hemijska i mehanička otpornost, kao i jednostavno održavanje. Materijali su potpuno neporozni. Obraduju se slično kao drvo ili neki metali. Termičkom obradom, moguće ih je savijati u svim pravcima. Proizvode se u velikom broju različitih dezena, pa se zbog toga mogu lako uklopiti u bilo koji prostor [18].



Slika 1.13 Arboform-drvoplastika

Sa ciljem da razviju nove održive proizvode, nemački naučnici Juergen Pfitzer i Helmut Naegle sa instituta Fraunhofer, Nemačka, otkrili su da lignin² iz drveta, ako se stvore potrebni uslovi, može da se transformiše u obnovljivu

² Lignin je, pored celuloze i hemiceluloze, jedna od tri osnovne komponente drveta

13 ♦ ENERGO-EKO MENADŽMENT U INDUSTRIJI NAMEŠTAJA

plastiku. Ova materija se izdvaja iz celuloze, da bi se proizveo beli papir, ali se ne upotrebljava u proizvodnji papira i obično se spaljuje. Zajedno sa drugim prirodnim vlaknima i dodatkom voskova, lana i konoplje, na povišenoj temperaturi lignin obrazuje masu, koja se može obrađivati kao i svaki drugi termoplastični materijal. Materijal je nazvan *arboform* (slika 1.13) (od latinske reči *arbor*, što znači drvo). Ova bio-plastika, koja izgleda i ponaša se kao drvo, može biti oblikovana na bezbroj načina, vrlo je trajna, a oblici koji nastaju su izuzetno precizni i pružaju veliku slobodu pri dizajniranju nameštaja [19].

Osim materijala na bazi drveta, u proizvodnji nameštaja od drveta, koriste se i prateći materijali: staklo, tekstil, koža, sunđer i plastika.

LITERATURA

- [1] Uredba o klasifikaciji delatnosti, Službeni glasnik Republike Srbije br. 54/10, od 04.08.2010.
- [2] World Furniture Outlook 2010, CSIL, CSIL Press Office, Milano, Italy, 2010.
- [3] Han, X., Wen, Y., Kant, S., The global competitiveness of the Chinese wooden furniture industry, Forest Policy and Economics 11, 2009, pp. 561–569.
- [4] Republički zavod za statistiku, <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite>
- [5] Portal SerbianFurniture.org, <http://serbianfurniture.org/>
- [6] Milić, R., Nema sigurnih znakova oporavka – drvna industrija i dalje u ozbiljnim problemima, DRVOTehnika 24, 2009, str. 6-9.
- [7] Polić, D., Tržišna valorizacija svih šumskih resursa, DRVOTehnika 21, 2009, str. 14-17.
- [8] Milić, R., Značajan pad industrijske proizvodnje, DRVOTehnika 22, 2009, str. 8-10.
- [9] Glavonjić, B., Tržište nameštaja u Srbiji i svetu - izgledi za 2004. godinu, DRVOTehnika 3, 2004, str. 26-27.
- [10] Nacionalna strategija privrednog razvoja Republike Srbije 2006 - 2012, Vlada Republike Srbije, 2006.
- [11] Buschow, K.H.J., Cahn, R., Encyclopedia of Materials: Science and Technology (v. 10), Elsevier Science Technology, Netherlands, 2001.
- [12] Zdravković, V., Lepota drveta-furniri i proizvodi od furnira, DRVOTehnika 15, 2007, str. 62-63.
- [13] Nunez, M.J., Panetto, H., Terzi, S., Castillo, A., Horna, P., State of the Art in PLC models: PLM models and Frameworks, Design and Manufacturing Processes, IMS SMART-fm IST-2001-52224 D1.1a:, 2003.
- [14] Franc, M., Evropska industrija ploča na bazi drveta, DRVOTehnika 3, 2004, str. 31.
- [15] Miljković, J., Kompozitne ploče od usitnjenog drveta, DRVOTehnika 6, 2005, str. 60-62.
- [16] Zdravković, V., Treća dimenzija furnira i furnirskih ploča, DRVOTehnika 26, 2010, str. 20-21.
- [17] Popović, Z., Todorović, N., Termodrvo-materijal za 21. vek, DRVOTehnika 15, 2007, str. 46-48.
- [18] Grijaković, Ž., Solid surface materijali, DRVOTehnika 21, 2009, str. 50-52.
- [19] Bodirogić, G., Tečno drvo će zameniti plastiku, DRVOTehnika 26, 2010, str. 6-7.

Proizvodnja nameštaja od drveta

Generalno posmatrano, procesi proizvodnje nameštaja od drveta obuhvataju sledeće operacije:

- nabavku i prijem drvne građe, njenog sušenje i skladištenje,
- primarnu obradu i lepljenje,
- glavnu (mašinsku) obradu i brušenje,
- montažu nameštaja,
- pripremnu i završnu (površinsku) obradu,
- pakovanje, skladištenje i transportovanje,
- održavanje opreme i radnog prostora [1].

2.1 NABAVKA I PRIJEM DRVNE GRAĐE, NJENO SUŠENJE I SKLADIŠTENJE

Aktivnosti nabavke i prijema drvne građe, njenog sušenja i skladištenja, obuhvataju prijem i pripremu drvne građe za naredne procese obrade i proizvodnje gotovog proizvoda. To su, pre svega, operacije vezane za:

- istovar drvne građe,
- utvrđivanje kvaliteta građe,
- sortiranje i slaganje građe,
- vazdušno (prirodno) sušenje građe,
- sušenje građe u sušarama,
- skladištenje građe u posebnim magacinima pre procesa mašinske obrade,
- upravljanje zalihamama [2].

Nakon ili tokom istovara drvne građe, utvrđuje se njen kvalitet i ista se sortira u cilju obezbeđivanja kvalitetnih polaznih sirovina. Sortiranje se obavlja ručno ili upotrebom mehanizacije. Pre sušenja, drvna građa se pakuje na

odgovarajući način, a po sušenju se otprema u magacine, iz kojih se uzima za naredne proizvodne procese.

Mnoga preduzeća, uglavnom mala i srednja, ne sprovode većinu ovih operacija, jer naručuju prethodno pripremljenu i osušenu građu. Pločaste materijale nije potrebno sušiti, pa se oni, po istovaru i inspekciji, skladište u magacin.



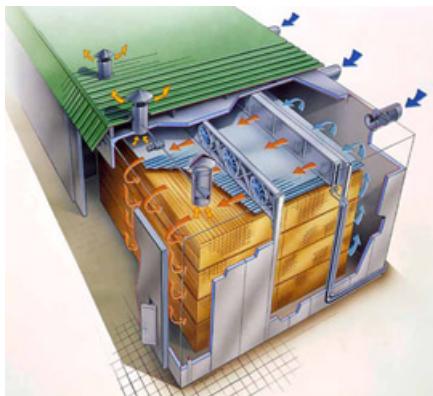
Slika 2.1 Prirodno sušenje drveta



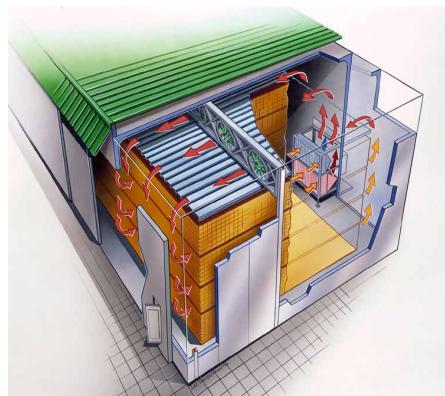
Slika 2.2 Skladištenje osušenog drveta

Sirovo drvo se suši prirodnim putem ili prinudno u postrojenjima – sušarama. Sušare se izvode sa komorama periodičnog ili neprekidnog dejstva, sa različitim načinima zagrevanja materijala u procesu sušenja i odvođenja mešavine vodene pare i vazduha koja se pri tome stvara. Najrasprostranjenije su klasične (konvencionalne) sušare, kondenzacione i kombinovane (kao varijante klasičnih sušara), ali se koriste i vakuumskе, mikrotalasne, sušare koje funkcionišu na principu impulsnog ceđenja, itd. [3-5].

Konvencionalne (klasične) sušare (slika 2.3) su do sada najčešće primenjivane (preko 95% sušara i kod nas i u svetu), jer su tehnički relativno jednostavne i lako se održavaju [6]. Kod klasičnih sušara, vlaga iz drveta se izbacuje uz pomoć zagrejanog vazduha pogonjenog ventilatorima, koji se potom razmenjuje sa spoljašnjim vazduhom. Medijum za zagrevanje vazduha, kod konvencionalnih sušara, može biti topla voda ili para. Problem relativno velike potrošnje energije za zagrevanje vazduha, rešava se upotrebom drvnog otpada (usitnjenoj materijala: piljevine, strugotine,drvne prašine i škarta, koji nastaju pri izradi nameštaja) kao goriva za loženje kotla. Istovremeno, rešava se i ekološki problem odlaganja nesagorelog usitnjenoj drvnog materijala.



Slika 2.3 Klasična sušara



Slika 2.4 Kondenzaciona sušara

Tip sušare	Specifična potrošnja energije*	
	Toplotna [kWh/kg]	Električna (mehanička) [kWh/kg]
Konvencionalne	1,24-2,08	0,125-0,25
Kondenzacione		1,4-2,8
Vakuumske	0,72-1,75	0,14
Vakuumske (visokofrekventne)	2,00-3,00	
Sušenje impulsnim ceđenjem	0,34	0,20

* Specifična potrošnja energije za udaljenje 1 kg vlage, pri sušenju četinara do transportne vlažnosti od 19%.

Tabela 2.1 Specifična potrošnja energije kod različitih tipova sušara [7]

Kondenzacione sušare (slika 2.4) u svom radu koriste topotnu pumpu. Njima se kvalitetno i brzo suše sve vrste građe. Kod ovih sušara, vazduh se unutar sušare zagreva i usmerava da struji preko složajeva građe koja se suši. Pri prolazu, vazduh upija vlagu iz drveta i zatim prolazi kroz razmenjivač toplote (isparivač) na topotnoj pumpi, gde se vлага kondenzuje i kondenzat izbacuje van sušare. Vazduh se dogreva u drugom razmenjivaču toplote (kondenzatoru) bez uključivanja elektro grejača. Osušeni i zagrejan vazduh, ponovo se vraća u komoru sušare. Vлага iz drveta se na ovaj način izvlači bez razmene sa

vazduhom iz spoljašnje sredine. Ukupna potrošnja energije je znatno manja, nego kod klasičnih sušara istog kapaciteta, ali je veća potrošnja električne energije (tabela 2.1).

Kombinacijom delova opreme za klasičnu i kondenzacionu sušaru, dobija se kombinovana sušara. Takva sušara može da radi kao kondenzaciona ili kao klasična. Ovaj tip je pogodan za korisnike koji poseduju kotao, ali nemaju dovoljno drvnog otpada za stalno loženje. Takva sušara u toku toplijih dana radi kao kondenzaciona¹. U toku hladnjih dana, ona funkcioniše kao klasična, jer koristi toplotnu energiju iz kotla (koja se koristi i za grejanje kancelarijskog ili proizvodnog prostora). Električnu energiju tada koristi samo za pogon kompresora i ventilatora.

2.2 PRIMARNA OBRADA I LEPLJENJE

Primarna obrada podrazumeva operacije uklanjanja defekata sa osušene građe (opkrajanje) i rezanja građe u prizmatične oblike ili furnire (slika 2.5). U ovu grupu operacija, takođe spada dužinsko nastavljanje drveta (slika 2.6) a obuhvata izradu zupčastog spoja frezerom, na krajevima kraćih letvi ili tabli (ostaci minimalne dužine 11 cm [2]) (slika 2.7), koje se zatim spajaju lepljenjem. Time se dobijaju duže table ili letve, čime se smanjuje količina generisanog otpada i obezbeđuje bolje iskorišćenje materijala.

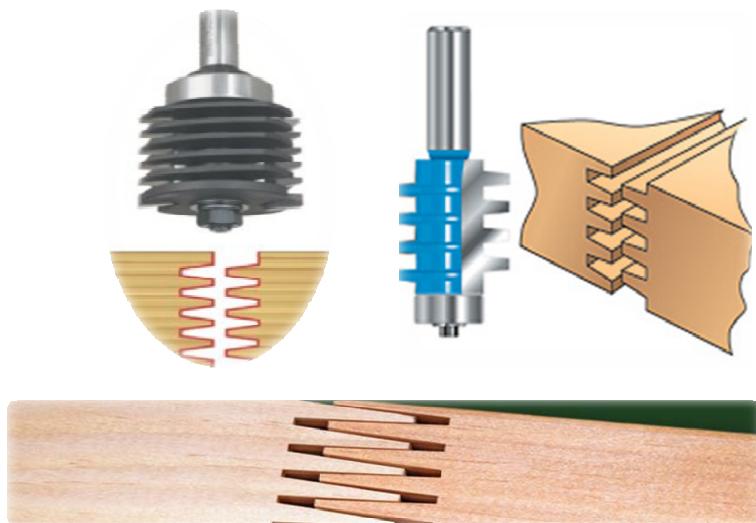


Slika 2.5 Uklanjanje defekata



Slika 2.6 Linija za dužinsko nastavljanje

¹ Zavisno od konstrukcije kotla, za fazu zagrevanja i eventualnog dogrevanja u toku sušenja, mogu da se koriste i razmenjivači topline sa toploim vodom ili vodenom parom.



Slika 2.7 Način spajanja krajeva letvi

Neka preduzeća kupuju gotovu osušenu i isečenu građu standardnih dimenzija, kako bi izbegla pomenute operacije.

Ove operacije se ne izvode pri proizvodnji nameštaja od pločastih materijala.

2.3 GLAVNA (MAŠINSKA) OBRADA I BRUŠENJE

Tokom operacije glavne (mašinske) obrade prethodno obrađeni drveni prizmatični elementi u operacijama primarne obrade (ploče, letve, grede) ili pločasti materijali, oblikuju se prema zahtevanim dimenzijama delova nameštaja. U zavisnosti od oblika i funkcije proizvedenog elementa nameštaja, one mogu da obuhvate operacije mašinske obrade: sečenja (piljenja), rendisanja, struganja, glodanja, bušenja i brušenja (slika 2.8) [8]. U zavisnosti od veličine proizvodnog pogona i obima proizvodnje nameštaja, za tu namenu koriste se različite mašine i alati od ručnih do kombinovanih, numerički upravljenih, stolarskih mašina (slika 2.9). U uslovima masovne proizvodnje nameštaja od pločastih materijala, za krojenje (sečenje testerom) pločastih elemenata, koriste se mašine za krojenje (formatizeri) (slika 2.10).



Slika 2.8 Operacije mašinske obrade drveta: sečenje (kružnom i trakastom testerom), bušenje, rendisanje, glodanje, struganje



Slika 2.9 Savremeni obradni centar



Slika 2.10 Horizontalni formatizer



Slika 2.11 Savijani delovi drvenog nameštaja

Određeni komadi nameštaja, dizajnirani su tako da sadrže delove koje treba saviti. Za savijanje masivnog drveta koristi se više tehnika:

- zagrevanje u metalnom kalupu (najstariji postupak koji je u industriji praktično napušten, a podrazumeva zagrevanje, savijanje i držanje drveta u kalupu),
- kuvanje u vodi (metod zagrevanja drveta koji se takođe danas malo koristi za savijanje, jer je drvo kasnije teže osušiti zbog vode koju je upilo. Ovaj metod se u industrijskim uslovima koristi za plastifikaciju drveta prilikom proizvodnje furnira),
- parenje drveta (u atmosferi zasićene vodene pare, najzastupljeniji je metod plastifikacije drveta radi savijanja. Parenje se izvodi pri niskom pritisku ili pri visokom pritisku u autoklavu. Za manje količine, pogodniji je metod parenja pri niskom pritisku. Proces parenja pri

visokom pritisku (od 3 bar do 7 bar) je brži i efikasniji, a pogodniji je za veće proizvodne kapacitete),

- Tonetova tehnika savijanja (vrlo poznata u proizvodnji stolica i galeranerije od savijanog drveta. Materijal se najpre zagreva vodenom parom, da bi mu se povećala plastična svojstva. Zatim se savija pomoću šine i postavlja u kalup, gde posle sušenja zadržava konačan oblik),
- hemijska plastifikacija drveta (sastoji se u izlaganju vlažnog drveta hemikalijama, kao što su: rastvori amonijaka, natrijum hidroksid i anhidrid amonijaka, na atmosferskom pritisku i na sobnoj temperaturi),
- kompresiono savijanje drveta (relativno nova industrijska tehnika, kod koje se drvo, u posebnoj presi, izlaže pritisku uzduž vlakanaca (u smeru dužine obratka) pre samog savijanja),
- hladno savijanje (vrši se bez zagrevanja, samo potapanjem drveta u vodu, čime se povećava njegova plastičnost; danas se ređe koristi).
- grejanje unutrašnjosti drveta mikrotalasima (VF grejanje) (pod uticajem visoko-frekventnog (VF) električnog polja, molekuli drvenog materijala vibriraju i rotiraju generišući toplotu. Ovakav način grejanja drveta ima prednosti nad konvencionalnim načinima grejanja, jer brzo greje unutrašnjost drveta, znatno se skraćuje vreme zagrevanja i veliko je iskorišćenje energije) [9].

Kod metoda koje podrazumevaju vlaženje drveta, drveni komadi se posle savijanja suše na isti način kao sirovo drvo u sušarama.



Slika 2.12 Brušenje komada nameštaja

Pre montaže ili operacija završne obrade delovi nameštaja od masivnog (punog) drveta se, po potrebi, bruse upotrebom mašina (brusilica) ili manuelno (ručno) (slika 2.12). Brušenje se izvodi i kod pripremne i završne obrade, kao operacija koja se obavlja između nanošenja raznih vrsti premaza. Brušenje površina se obavlja korišćenjem abrazivnih (brusnih) materijala [10].

2.4 MONTAŽA NAMEŠTAJA

Po završetku operacija mašinske obrade i brušenja, različiti obrađeni i oblikovani komadi nameštaja se spajaju i sastavljaju u proizvod konačnog oblika (slika 2.13). Montaža obično uključuje upotrebu lepkova (prirodnih ili sintetičkih) u kombinaciji sa drugim metodama vezivanja (heftanje, ekserima ili zavrtnjima, itd.). U industriji tapaciranog nameštaja koriste se lepkovi sa rastvaračem, a u industriji netapaciranog nameštaja najčešće se koriste topljni (termoplastični) ili polivinil acetat lepkovi.



Slika 2.13 Linija za montažu tapaciranog nameštaja



Slika 2.14 Popravljanje i montaža nameštaja

Drveni nameštaj se može prvo površinski (završno) obrađivati, a zatim sastavljati, ili prvo sastavljati, a zatim površinski obrađivati. Stambeni i kancelarijski nameštaj najčešće sadrži savijene i nepravilno oblikovane komponente, pa se zbog lakše proizvodnje, prvo sastavlja, a zatim završno obrađuje. Kabinetski nameštaj se najčešće prvo završno obrađuje, a zatim se sastavlja u gotov komad. Nije redak slučaj da se ovakav nameštaj isporučuje u delovima, pa se montaža obavlja po isporuci kupcu.

U najvećem broju slučajeva, operacije montaže obuhvataju i operacije doterivanja, popravljanja i inspekcije. Doterivanjem se utvrđuju i podešavaju dimenzijske, otvorene (rupe) ili položaj šarki komponenata nameštaja, kao što su vrata, fioke, itd. Popravljanjem se uklanjaju gruba i hrapava mesta i defekti na površinama komada, kao što su mesta lepljenja, udubljenja, ogrebotine, itd., dok se inspekcijom konačno utvrđuje, da li je komponenta nameštaja adekvatno pripremljena za procese završne površinske obrade (slika 2.13).

U pojedinim preduzećima, nameštaj se furnira nakon sastavljanja. Furnir, kao tanak sloj drveta jednake debljine, posredstvom adhezionih materija, spaja se sa površinama komada. U nekim slučajevima, spajanje se uz upotrebu adhezionih materija, obavlja i uz dovođenje toplove i pod pritiskom. Nakon postavljanja furnira, površine se ponovo bruse i pripremaju za završnu obradu.

2.5 PRIPREMNA I ZAVRŠNA (POVRŠINSKA) OBRADA

2.5.1. Pripremne operacije

Pripremne operacije za završnu (površinsku) obradu, obuhvataju:

- brušenje,
- odsmoljavanje i odmašćivanje,
- zapunjavanje,
- beljenje.

Pre operacija površinske (završne) obrade, površine komponenti nameštaja su uglačane do određenog nivoa, koji se brušenjem može dodatno poboljšati, u cilju dobijanja čistih i glatkih površina za uspešno nanošenje premaza. U zavisnosti od stanja površine drveta koja se brusi, brušenje se klasificuje na:

- predbrušenje (prvi stepen brušenja, namenjen prvenstveno čišćenju površine, kojim se otklanjaju neravnine nastale rendisanjem i glodanjem, neravnine u furniru, papir ili lepljivi konac za spajanje furnirskega listova i izravnava površina, a za koji se koristi grublji brusni papir granulacije N°80 - N° 120),
- srednje brušenje (drugi stepen brušenja, obezbeđuje potrebnu glatkoću površine, a za koji se koristi finiji brusni papir granulacije N° 120 - N° 180),

- završno (fino) brušenje (treći stepen brušenja, obezbeđuje potrebnu glatkoću površine, a za koji se koristi najfiniji brusni papir granulacije № 200 - № 250) [11].

Već je napomenuto da se brušenje obavlja pomoću mašina ili ručno. Za mašinsko brušenje koristi se veliki broj različitih mašina – brusilica (cilindrične (sa valjkom), tračne (uskotračne i širokotračne), oscilatorne, dobošaste, itd). U cilju poboljšanja brušenja, površine komada od mekih vrsta drveta se mogu vlažiti nanošenjem vode (uz dodatak karbamidne smole u količini 50 g/m²) sunđerom, valjkom sa sunđerastom oblogom ili prskanjem, što dovodi do nabreknuća (naduvavanja) vlakna [11]. Ovakav postupak izaziva da vlakna na površini drveta postaju krta, nakon čega ih je moguće lako brusiti i dobiti veoma uglačane površine komponenti nameštaja [2]. U industrijskoj proizvodnji nameštaja, vlaženje se izbegava zbog povećanja troškova proizvodnje.

Četinarske vrste drveta (smrča, bor, ariš, itd.) koje se upotrebljavaju kao polazna sirovina za proizvodnju nameštaja, u sebi sadrže prirodnu smolu, čije prisustvo utiče na efektivnost pojedinih operacija završne obrade², zbog čega se takvi komadi odsmoljavaju nanošenjem sredstava za odsmoljavanje³.

Na površinama drveta i pločama od drveta, mogu da se pojave udubljenja i šupljine (kao što su: pukotine od sušenja, sastavi konstruktivnih delova, sastavi listova furnira, mestimična oštećenja nastala pri obradi, itd.) koje se ne mogu izravnati brušenjem. Neravnine na ovim površinama otklanjaju se zapunjavanjem, koje podrazumeva ispunjavanje neravnina tečnom ili pastoznom masom (zapunjačem). Posle nanošenja zapunjač otvrđnjava i izravnava površinu. Prema veličini i karakteristikama zapunjavanja, razlikuje se: kitovanje (zapunjavanje krupnijih šupljina na površini, čvorova, okrzanih mesta, sastava, pukotina, itd.), špahtlovanje (zapunjavanje i prevlačenje cele površine četinarskog drveta, ploča iverica i furnirske ploče) i zapunjavanje pora (zapunjavanje furniranih površina, koje se kasnije lakisaju bezbojnim premazima) [11].

Za dobijanje svetlijeg tona drveta, koristi se tehnika premazivanja ili prskanja drveta sredstvima za izbeljivanje, kao što su vodonik peroksid (H_2O_2) i oksalna kiselina ($(COOH)_2 \cdot 2H_2O$). Ova tehnika se koristi kod prirodnog svetlih vrsta drveta (javor, jasen, breza) u cilju osvežavanja posivele ili požutele boje

² Smolaste vrste drveta teško „primaju“ vodene bajceve [11]

³ Kao sredstvo za odsmoljavanje, najčešće se koristi mešavina acetona ($(CH_3)_2CO$) i amonijaka (NH_3)

drveta, a kod tamnih vrsta (brest, mahagoni, trešnja, itd.) u cilju dobijanja posebnog estetskog efekta.

2.5.2. Završna obrada

Površinska (završna) obrada drveta predstavlja najsloženiji i najkritičniji proces proizvodnje finalnog proizvoda. Ona danas podrazumeva prilično širok pojam, koji obuhvata više različitih načina obrade, materijala koji se koriste, postupaka nanošenja i sušenja. Funkcija ovog postupka je da drvo, kao prirodni materijal – biopolimer, zaštititi od štetnih uticaja okoline, kao i da mu dâ određeni izgled, koji će čovekov životni prostor učiniti prijatnjim. U zavisnosti od korišćenog drvenog materijala, namene nameštaja, tehnologije i obima proizvodnje, ekoloških zahteva i troškova obrade, koriste se različite podloge, materijali za površinsku obradu i načini njihovog nanošenja.

Završna obrade nameštaja od drveta, generalno obuhvata dve različite kategorije: završna obrada nameštaja za enterijere i završna obrada nameštaja za eksterijere. Operacije koje se javljaju u oba postupka su u osnovi slične. Osnovna razlika je tip zaštitnog materijala koji se primenjuje, dok su sami procesi vrlo slični.

Generalno, postupak završne obrade nameštaja uključuje nanošenje zaštitnog materijala (premaza), njegovo sušenje i brušenje, pri čemu se ovi procesi ponavljaju dok se ne postigne željeni finalni izgled nameštaja. U manjim radionicama, delovi nameštaja se ručno prenose dok prolaze kroz nizove pomenutih operacija, dok se kod većih proizvodnih sistema, delovi pomeraju različitim transportnim linijama.

Za površinsku obradu drveta i pločastih drvenih materijala u industriji nameštaja danas se, najčešće, upotrebljavaju *tečni lakovi*, kod kojih tečnu komponentu čine organski rastvarači ili voda. Klasični tečni lakovi (NC – nitrocelulozni, PU - poliuretanski, PE - poliestarski, SH – kiseloočvršćavajući) sadrže značajnu količinu organskih rastvarača, koji u procesu sušenja (očvršćavanja) isparavaju i zagađuju vazduh. Ispunjavanje veoma strogih propisa o emisiji rastvarača, može se postići samo upotreborom skupe tehnologije za prečišćavanje, što značajno opterećuje proizvodnju. Sistemi lakova baziranih na vodi kao rastvaraču ili razređivaču, naprotiv, pokazuju nedostatke pri nanošenju i ograničenja u postignutim svojstvima lakirane površine. Osim toga, primena tečnih lakova zahteva višestepeni proces obrade, koji se sastoji od niza

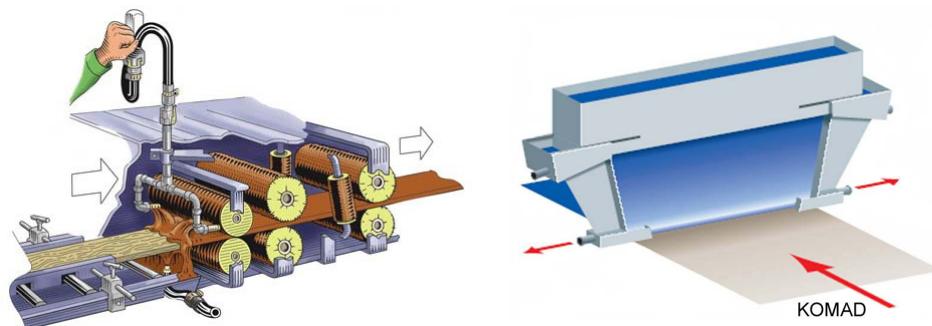
koraka, kao što su npr. brušenje, grundiranje, zapunjavanje i pokrivno lakiranje, kako bi se postigli što bolji rezultati obrade [11].

Drvo je prirodno obojeno u raznim tonovima, koji su karakteristični za pojedine vrste drveta. Međutim, boje finalnih proizvoda od drveta, rezultat su različitih potreba, običaja i modnih zahteva. Ponekad se ostavlja prirodna boja drveta (natur), ali se češće ona stvara bojenjem njegove površine. Prilikom bojenja finalnih proizvoda, polazi se od pravila da se drvo veštački boji samo onda kada je to neophodno i ako se time postiže bolji estetski, a time i finansijski efekat.

Sem pomenutog izbeljivanja, bojenje proizvoda od drveta, može se obaviti na dva načina:

- neposrednim bojenjem drveta u površinskom sloju, pri čemu se koriste providni lakovi i podloga (drvno) se vidi,
- bojenje drveta obojenim lakovima, pri čemu se koriste lakovi koji su neprozirni i drvo se ne vidi.

Prvi način bojenja se naziva *bajcovanje*, jer se izvodi natapanjem drveta tečnostima u kojima je dispergovan bojeni pigment ili raznim hemijskim sredstvima koja u kontaktu sa drvetom razvijaju boju. Drvo se bajcuje da bi se promenila boja njegove površine, a da se pri tom ne sakrije njegov prirodan izgled - smer pružanja vlakanaca, tekstura, itd. Drugi način bojenja se obavlja istovremeno sa nanošenjem zaštitnog sloja laka (lak je prethodno obojen) [12].



Slika 2.15 Nanošenje premaza valjanjem

Slika 2.16 Nanošenje premaza nalivanjem

U zavisnosti od vrste proizvoda i primjenjenog premaza (laka ili bajca), u industriji se koriste različite tehnologije. Tečni premazi se nanose:

- kontaktnim metodama (kod kojih su premaz i podloga u neprekidnom kontaktu) i
- prskanjem (kod kojih se tečni premaz pretvara u kapljice i usmerava ka podlozi na koju se nanosi) [13].

U kontaktne metode, spadaju, jednostavno manuelno - nanošenje četkom, nanošenje ručnim valjkom, potapanje⁴, itd., i industrijsko nanošenje valjanjem i nalivanjem. Industrijski sistemi se primenjuju za nanošenje premaza na ravnim površinama komponenti nameštaja i ne mogu se koristiti za nanošenje premaza na komponente sa krivim i zaobljenim površinama, sklopove komponenti ili komponente sa mnogo udubljenja. Nanošenje valjanjem podrazumeva upotrebu niza valjaka, koji u kontaktu sa površinom nameštaja nanose sloj premaza (slika 2.15), dok kod nanošenja premaza nalivanjem, predmeti obrade na transportnoj traci, prolaze kroz zavesu materijala premaza, koja se formira nalivanjem celom radnom širinom (slika 2.16). Pored pobrojanih, u kontaktne metode spadaju i flutacija (postupak sličan potapanju kod koga trodimenzionalni predmeti obrade (najčešće stolice), okačeni na viseći kružni transporter, prolaze kroz zatvorenu komoru između mlaznica, iz kojih se predmeti obrade oblivious relativno velikom količinom premaznog materijala) i vakuumsko nanošenje (najčešće se koristi za nanošenje temeljnih slojeva premaza na dugačke i uske, ravne ili profilisane elemente).



Slika 2.17 Pištolj za vazdušno prskanje



Slika 2.18 Pištolj za bezvazdušno prskanje

⁴ Potapanje se u profesionalnom lakiranju vrlo malo koristi, sem donekle, lakiranja potapanjem sklopljenih proizvoda (npr. stolica)

Razvijeno je više različitih tehnika nanošenja premaza prskanjem, kojima se mogu ručno ili automatizovano nanositi skoro sve vrsta premaza, nezavisno od vrste i predmeta obrade. Prema načinu raspršivanja, razlikuju se sledeće tehnike prskanja:

- vazdušno prskanje (sa komprimovanim vazduhom visokog pritiska),
- bezvazdušno (hidraulično, *airless*) prskanje,
- bezvazdušno prskanje uz delimično prisustvo vazduha (*airmix*),
- vazdušno prskanje niskog pritiska i velike zapremine (HVLP - *high volume low pressure*) i
- elektrostatičko prskanje (tabela 2.2).

Tehnika prskanja	Efikasnost prenosa	Kvalitet raspršivanja	Vrsta premaza
vazdušno	niska	vrlo fino	sa organskim rastvaračima, vodeni
bevvazdušno	niska	grubo	sa organskim rastvaračima, vodeni
airmix	niska/srednja	fino	sa organskim rastvaračima, vodeni, sa visokim sadržajem čvrstih materija
HVLP	srednja/visoka	fino	UV očvršćavajući, sa organskim rastvaračima, vodeni, sa visokim sadržajem čvrstih materija
elektrostatičko	visoka	fino	sa organskim rastvaračima, sa visokim sadržajem čvrstih materija, u prahu, vodeni, UV očvršćavajući

Tabela 2.2 Karakteristike različitih tehnika nanošenja premaza prskanjem

Najrasprostranjenija tehnika prskanja je konvencionalna tehnika vazdušnog prskanja, kod koje se koristi komprimovani vazduh pod pritiskom od 2 bar - 7 bar, koji atomizira tečni materijal premaza primoravajući ga da prolazi kroz mali otvor (mlaznik) na raspršivaču (pištolju) (slika 2.17). Bevvazdušno (airless) prskanje, poznato i kao hidraulično, funkcioniše tako što se tečni materijal premaza pod dejstvom klipne ili membranske pumpe, dovede na pritisak od 150 bar - 300 bar i potiskuje kroz mlaznik vrlo malog prečnika. Za niskoviskozne materijale (bajceve), koristi se bezvazdušno prskanje pri pritisku

u rasponu 6 bar - 18 bar, sa veoma finim mlaznicima (slika 2.18). Airmix tehnika bezvazdušnog prskanja uz delimično prisustvo vazduha, koristi prednosti primene vazdušnog pištolja i raspršivanja airless sistemom, uz prevazilaženje nedostataka obe tehnike. Kod ove tehnike, materijal premaza se pod nešto nižim pritiskom (40 bar - 80 bar) dovodi do mlaznice gde se raspršuje, ali se finalno raspršivanje premaza obavlja i vazduhom koji se dovodi iz bočnih otvora sa strane mlaznice (slika 2.19). Tehnike prskanja niskog pritiska i velike zapremine podrazumevaju upotrebu relativno velike zapremine vazduha pri niskom pritisku (0,7 bar i manje), pa se atomizirane čestice materijala premaza kreću malim brzinama (slika 2.20). Ovom tehnikom se povećava efikasnost prenosa i smanjuje rastur materijala u odnosu na vazdušno prskanje [2], [11], [13].



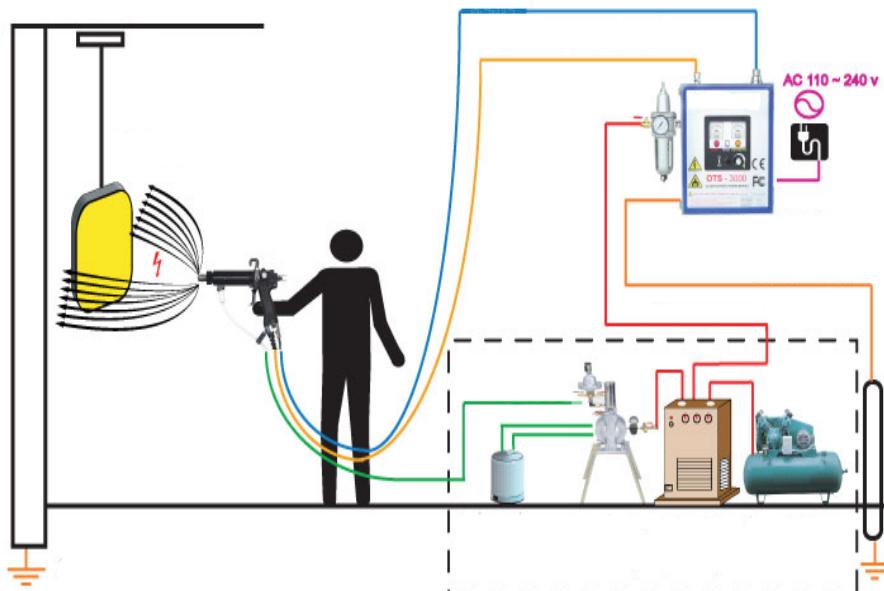
Slika 2.19 Tehnika bezvazdušnog prskanja
uz delimično prisustvo vazduha



Slika 2.20 Nanošenje premaza pištoljem
niskog pritiska i velike zapremine

Elektrostatičko prskanje ima najveću primenu u nanošenju premaza na metalnim površinama, dok je u industriji nameštaja najveću primenu našlo u preduzećima za proizvodnju kancelarijskog nameštaja i stolica. Ovaj postupak prskanja podrazumeva prenošenje premaza pomoću elektrostatičkog polja visokog napona, koje se formira između uređaja za prskanje i predmeta obrade, pri čemu su čestice materijala premaza negativno, a komadi nameštaja, sa dovoljnom količinom vlage, pozitivno nanelektrisani (slika 2.21). Koriste se sledeći postupci: čisto elektrostatičko prskanje, elektrostatički potpomognuti mehanički postupci raspršivanja i elektrostatički visokorotacioni sistemi raspršivanja [11].

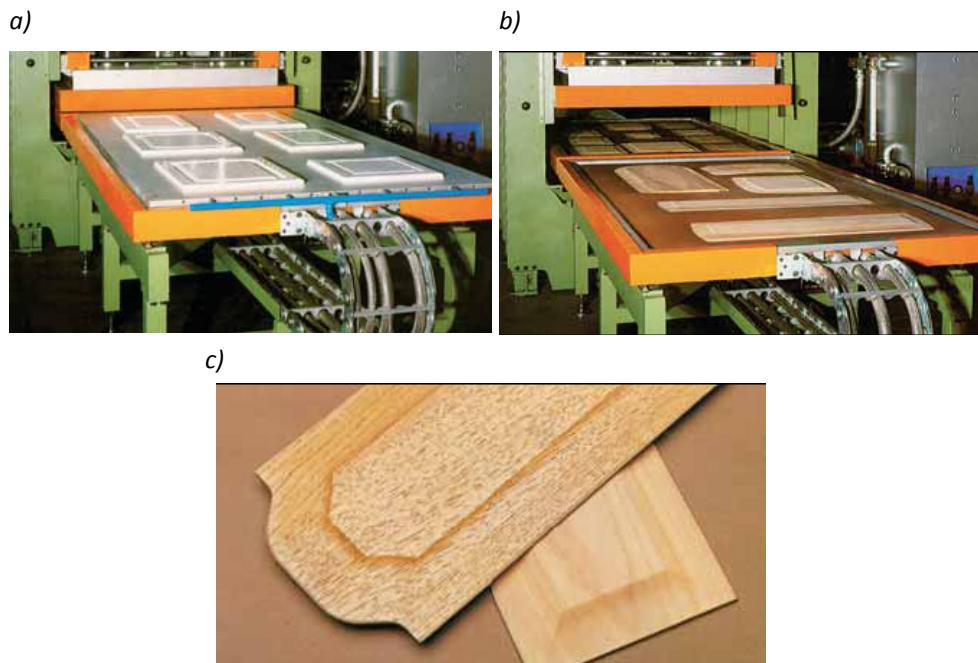
Po nanošenju slojeva premaza, na obrađeni deo nameštaja, nanosi se sloj za doradu i konačnu obradu, za šta se koriste: politure za razdeljivanje, politure, šelak politure, polirne paste, poliši, sredstva za izradu mat efekta, itd.



Slika 2.21 Nanošenje premaza elektrostatičkim prskanjem

Pored lakova, površinska obrada drveta uljima, jedan je od starijih postupaka za zaštitu i oplemenjavanje površina drveta i retko se koristi u industriji nameštaja. Za tu namenu se koristi laneno, tikovo, dansko ulje, tungovo ili lakfirlnis (mešavina lanenog ulja i uljanog laka) koje se nanosi mekom krpom ili četkom u zavisnosti od tipa ulja. U poređenju sa lakiranim površinama, površine drveta obrađene uljem omogućavaju intenzivnije isticanje prirodnog tona i teksture drveta. Uljem obrađene površine drveta nemaju otpornost na delovanje degradabilnih faktora, kao površine obrađene savremenim sintetičkim lakovima. Na njima lakše nastaju fleke ili ogrebotine, ali ipak nisu tako osjetljive kao površine polirane šelakom. Ukoliko je potrebno, bajcovanje drveta se mora obaviti pre nanošenja ulja [14].

U poslednje vreme, nameštaj izrađen od četinarskih vrsta drveta obrađuje se i voskom (pčelinjim, biljnim (karnauba vosak) i mineralnim (cerezit i ozokerit) [11].

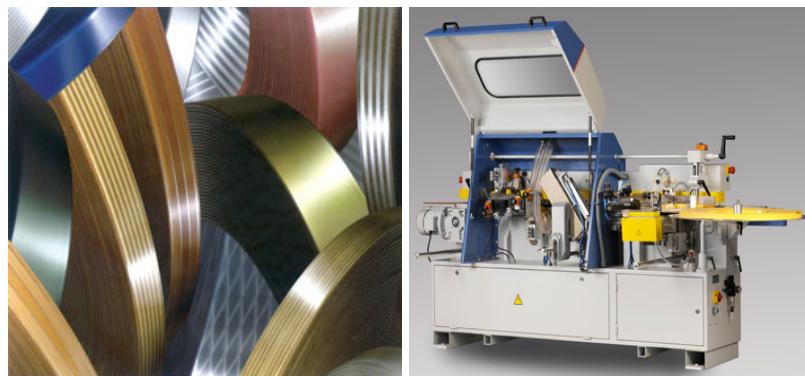


Slika 2.22 Membransko presovanje a) furnira i b) folija, c) izgled obrađenih materijala

Još jedan način površinske obrade predstavlja lameliranje drvnih materijala, raznim vrstama dekorativnih folija ili prirodnim furnirom. Ovaj postupak se koristi kod pločastih proizvoda, sa ili bez profilisanih površina, a ekonomičan je kod velikog obima proizvodnje. Proces lameliranja pomoću membranske prese, počinje tako što se folija (furnir) kontrolisano zagreva, kako bi se lako oblikovala(o) (trodimenzionalno deformisala(o)), a zatim se pomoću snažnog potpritisaka utiskuje u obradak (puno drvo, furnirsku ploču, MDF ili ivericu), koji je prethodno prekriven termoreaktivnim lepkom. Potpritisak koji se formira u ciklusu presovanja, služi da se folija ili furnir savije preko zaobljenih ivica ili ureza na obratku. Membranom prese od termo-otpornog gumenog materijala, pritiska se površina obratka, što pomaže utiskivanje folije u profil i

na bočne ivice, i omogućava grejanje neophodno za otvrđnjavanje lepka. Zatim se odvija kratak ciklus hlađenja [15].

Kantovanje predstavlja proces lepljenja traka na kantovima (bočnim stranama) isečenog komada pločastih materijala. Najčešće se kantuje univer (iverica), ređe MDF (samo ako se furnira). Trake koje se lepe, pored estetske, imaju i zaštitnu funkciju (sprečavaju prodiranje vlage i prljavštine u materijal). Postoji više vrsta traka, najčešće u upotrebi su melaminske i ABS (akrilnitril-butadien stirol) trake, a ređe PVC trake⁵ (slika 2.23). Melaminske trake su iste kao i folije kod univera, a ABS trake su znatno otpornije od melaminskih, pre svega na udarce. Na kantovima mogu da se lepe i drvene letvice, ali je to redi slučaj. Kantovanje se vrši na mašini koja je se popularno naziva kanterica. Moguće je i površine kantovati „ručno“, ali krajnji ishod takvog katovanja je daleko lošiji od katovanja na mašini, jer u tom slučaju, nikada ne može da se ostvari konstantna temperatura ni adekvatan pritisak.



Slika 2.23 Kant trake i mašina za kantovanje „kanterica“

2.6 PAKOVANJE, TRANSPORT I SKLADIŠTENJE

Po završenom proizvodnom procesu, gotov nameštaj se pakuje sa ciljem zaštite od neplaniranih oštećenja i lomova, koji mogu da se javi tokom

⁵ PVC kant trake su u EU izbačene iz upotrebe, zbog emisije štetnih materija pri njihovom sagorevanju

transporta od mesta njegovog prethodnog skladištenja do samog kupca. S druge strane, operacije skladištenja i transporta se odnose na aktivnosti vezane za upotrebu opreme kojom se finalni proizvod pomera, skladišti (pakuje) ili otprema iz skladišta u dostavno vozilo.

2.7 ODRŽAVANJE OPREME I RADNOG PROSTORA

Kroz implementaciju programa održavanja radnog prostora i opreme, obezbeđuje se pravilan i neprekidan proizvodni tok. Regularne aktivnosti koje se u tom smislu sprovode su vezane za:

- zamenu pohabanih (istrošenih) delova novim,
- zamenu ulja za podmazivanje i čišćenje radne i proizvodne opreme od prašine, prljavštine, itd,
- održavanje i popravku sušara, kotlova, proizvodne opreme, kao i vodovodnih i električnih instalacija.

LITERATURA

- [1] Nikolić, N., Gordić, D., Waste minimization in the furniture industry, Proceedings of the 4th International Quality Conference (Quality Festival 2010), Kragujevac, 2010, May 19 - 21., pp. 385-394.
- [2] Environmental Management Unit of DBP, An Environmental Management Guide for WOOD-BASED FURNITURE Industry, 2004.
- [3] Denig, J., Wengert, E., Simpson, W., Drying hardwood lumber, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-118. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2000.
- [4] Nikolić, G., Nikolić, B., Dobrenović, S., Sušara svakako, ali kakva?, DRVOTehnika 9, 2006, str. 56-58.
- [5] Popović, Z., Tica, Z., Impulsno cedenje - Nova tehnologija sušenja drveta, DRVOTehnika 3, 2004, str 12-15.
- [6] Milić, G., Kolin, B., Sušenje drveta – preskupa nestručnost, DRVOTehnika 7, 2005, str. 28-29.
- [7] Golicin, P., Golicin, V., Uporedna ocena potrošnje energije pri sušenju drvne građe u različitim tipovima sušara, DRVOTehnika 4, 2004, str. 10-13.
- [8] Skakić, D., Finalna prerada drveta 1, Mikro knjiga, Beograd, 1992.
- [9] Zdravković, V., Savijanje masivnog drveta, DRVOTehnika 19, 2008, str. 74-75.
- [10] EnterpriseIreland, Sector Specific Best Practice Guide – Furniture Manufacture, dostupno na: <http://www.envirocentre.ie/includes/documents/Furniture.pdf>
- [11] Jaić, M., Živanović-Trbojević, R., Površinska obrada drveta - teorijske osnove, tehnološki procesi, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2000.
- [12] Jaić, M., Dekorativna površinska obrada drveta - bajcovanje drveta, DRVOTehnika 16, 2007, str. 74-75.
- [13] Bulian, F., Graystone, J., Wood Coatings: Theory and Practice, Elsevier Science, The Nederlands, 2009.
- [14] Jaić, M., Površinska obrada drveta uljima, DRVOTehnika 10, 2006, str. 62-63.

[15] Zdravković, V., Membransko presovanje furnira i folija, DRVOTEhnika 20, 2008, str. 78-79.

Ušteda energije u industriji nameštaja

Industrija nameštaja uključuje izradu delova nameštaja i njihovo sklapanje (montažu) uz odgovarajuću završnu obradu. Osnovni materijali u ovoj industriji su drvo i pločasti materijali bazirani na drvetu (iverica, univer, MDF, HDF, OSB, lesonit). Uz to koriste se prateći materijali, kao što su: metal, sunđer, tkanina, plastika i sl. Nivo specifične potrošnje energije (energije potrošene po jedinici gotovog proizvoda) zavisi od proizvodnih procesa koji se sprovode u preduzeću, vrste materijala koji se obrađuje, primenjene tehnologije obrade drveta, obima i tipa proizvodnje, vrste nameštaja koji se proizvodi, itd. Prema klasifikacijama DOE (USA Department of Energy) i IEA (International Energy Agency) industrija nameštaja spada u grupu relativno malih energetskih potrošača [1]. Prema sistematizovanim podacima za različite industrijske grane¹, srednja specifična potrošnja primarne energije u industrijskim preduzećima drvne industrije (koja uključuje i proizvodnju nameštaja) u EU, iznosi relativno malih 0,0332 toe/t gotovog proizvoda [2]. I pored toga, prostor za uštedu energije postoji.

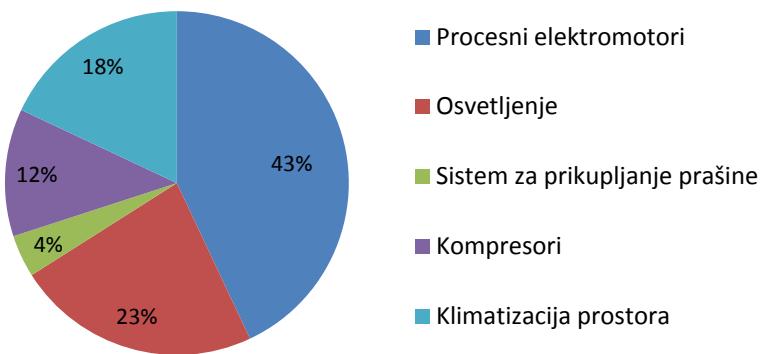
Često se troškovi energije u industrijskim preduzećima prihvataju kao fiksni režijski troškovi, mada je to zapravo jedna od troškovnih kategorija, kojom se najlakše upravlja (gazduje) i čijim se smanjenjem može bitno povećati produktivnost preduzeća [3]. I zaista, u velikom broju zemalja EU i posebno SAD, iskustvo je pokazalo da mnoge fabrike industrije nameštaja, mogu smanjiti troškove za energiju i do 20% sa relativno malim ulaganjima i brzim rokom povraćaja uloženih sredstava [4]. Često je lakše povećati profit preduzeća smanjenjem troškova za energiju, nego povećanjem obima prodaje.

Mogućnosti za smanjenje troškova energije u jednom preduzeću proizvodnje nameštaja su mnogobrojne. U daljem tekstu biće pomenute i analizirane one mogućnosti, koje preduzeću koje ih implementira, obezbeđuju

¹ Podaci iz ODYSSEE - Energy Efficiency Indicators in Europe Database.

relativno brz period povraćaja uloženih finansijskih sredstava². Analiziraće se i primeri najbolje prakse za povećanje energetske efikasnosti u industriji nameštaja, tj. dostupna relevantna iskustva različitih proizvođača nameštaja, ali i iskustva preduzeća drugih industrijskih grana (gde je to primenljivo) koja mogu da posluže, kao osnov za rešavanje konkretnih problema.

Troškovno dominantan energet u industriji nameštaja je električna energija [1]. Prema sistematizovanim podacima, iz više od 30 preduzeća ove industrije, najveći deo godišnje potrošnje električne energije (43%) odlazi na obavljanje procesa (za pokretanje procesnih elektromotora). Na osvetljenje se godišnje troši 23% električne energije, dok se za grejanje i hlađenje prostora, uglavnom kancelarija, koristi 18% električne energije. Tipično, proizvodne hale se ne klimatizuju (hlade), zbog visokih troškova. Sistemi za prikupljanje prašine koja nastaje obradom drvnih materijala, procentualno koriste najmanje količine električne energije. Godišnja potrošnja električne energije potrebne za rad kompresora je 12% [4].



Slika 3.1 Prosečna potrošnja električne energije krajnjih potrošača industrije nameštaja [4]

Sve veći broj preduzeća koja proizvode nameštaj, koristi pločaste materijale ili na tržištu kupuje prethodno isušenu drvenu građu, pa se relativno male količine toplotne energije koriste za proces izrade nameštaja. Najveći deo

² Obično su zahtevi menadžmenta preduzeća, da period povraćaja uloženih sredstava bude do 2 godine.

toplotne energije u preduzećima industrije nameštaja, koristi se za zagrevanje proizvodnih pogona i poslovnih prostora. Procesna oprema koja se koristi u industriji proizvodnje drvenog nameštaja, ne obezbeđuje dovoljno toplove za klimatizaciju proizvodnih prostorija. Po pravilu, postrojenja za proizvodnju nameštaja, kao emergent koriste otpadni drveni materijal koji nastaje pri glavnoj (mašinskoj) obradi drveta, tako da preduzeća praktično nemaju trošak za grejanje i topotnu energiju, kao budžetsku stavku u poslovanju. Ostatak godišnje potrošnje enerengeta, odnosi se na korišćenje toplotne energije u procesima, kao što su sušenje boje (laka) i montaža [5].

Preduzeća industrije nameštaja nisu veliki potrošači vode, jer se za obavljanje osnovnih proizvodnih operacija, ona ne koristi u velikim količinama.

3.1 MOGUĆNOSTI UŠTEDE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Najveći deo troškova električne energije potiče iz samog procesa izrade nameštaja. Prema mestu nastajanja u industrijskom pogonu, generalno se razlikuju sledeće mogućnosti za uštedu električne energije:

- opšte mere (mere koje se odnose na ceo sistem snabdevanja električnom energijom),
- mere koje se odnose na procesne elektromotore,
- mere za poboljšanje i kontrolu rasvete,
- mere koje se odnose na sistem komprimovanog vazduha,
- mere za poboljšanje efikasnosti sistema za prikupljanje i pneumatski transport usitnjenog drveta (tabela 3.1).

3.1.1 Opšte mere

Isključivanje opreme koja se ne koristi je najjednostavniji način ostvarivanja uštede energije, koji se može postići u bilo kom industrijskom preduzeću. Često se dešava, da mnogi uređaji u industrijskim pogonima, neprekidno rade i van radnog vremena, kada prestaje potreba za njihovim korišćenjem (rasveta, ventilatori, pumpe, kompresori, mašine u praznom hodu, itd.). Isključivanjem ovih uređaja, mogu da se ostvare značajne uštede. Za tu namenu, mogu da se koriste elektronski programabilni vremenski prekidači, koji prema zadatom vremenskom algoritmu, isključuju, odnosno, uključuju opremu (slika 3.2) [6].

Opšte mere	Isključivanje opreme kada se ne koristi Upravljanje opterećenjem i potrošnjom Korekcija faktora snage Transformatori Tarifni sistem
Procesni elektromotori	Zamena prenosnika Zamena dotrajalih i ugradnja energetski efikasnih elektromotora Zamena predimenzionisanih elektromotora Upotreba frekventnih regulatora
Rasveta	Zamena svetiljki i balasta Kontrola rasvete Korišćenje prirodnog osvetljenja Održavanje sistema
Komprimovani vazduh	Generisanje i priprema komprimovanog vazduha (izbor kompresora i adekvatnog upravljačkog sistema, podešavanje radnog pritiska, regeneracija toplice koja nastaje komprimovanjem vazduha, izbor mesta ugradnje kompresora i dimenzionisanje usisnog voda kompresora, izbor sušača, održavanje opreme) Razvod komprimovanog vazduha (sprečavanje i minimiziranje curenja, pravilan izbor rezervoara, dimenzionisanje vodova) Upotreba komprimovanog vazduha (sprečavanje neadekvatne upotrebe, filtriranje i podmazivanje, održavanje opreme, korišćenje efikasnih pištolja za vazduh)
Prikupljanje i pneumatski transport usitnjenog drveta	Pravilno projektovanje i izvođenje prijemnika (haube) - kontrola brzine vazduha u cevima Pravilno dimenzionisanje cevovoda pneumatskog transporta, izbor standardnih komponenata sistema i izbor mesta njihovog postavljanja Balansiranje mreže pneumatskih vodova Zamena predimenzionisanih ventilatora Izbor ventilatora velike efikasnosti Poboljšanje energetske efikasnosti elektromotornih pogona ventilatora Saniranje curenja Pravilno održavanje komponenata (elektromotora i ventilatora, odvajača, itd.) i celog sistema (saniranje curenja)

Tabela 3.1 Mogućnosti za uštedu električne energije



Slika 3.2 Programabilni vremenski prekidači

Električna energija se jednom industrijskom preduzeću prenosi distributivnom mrežom od izvorišta (elektrane). Neka preduzeća energetski intenzivnijih industrija mogu da imaju sopstvenu proizvodnju električne energije (ili kogeneracijsku jedinicu), što je redak slučaj u industriji nameštaja.

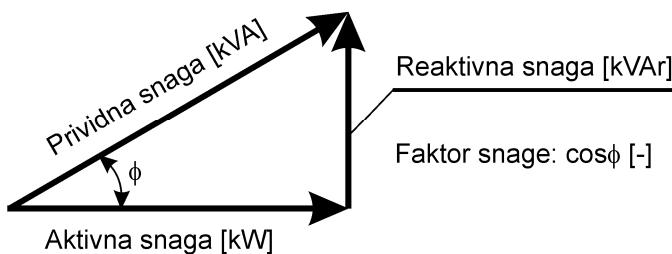
Preduzeće koje isporučuje električnu energiju preduzeću, istu naplaćuje prema usvojenom tarifnom sistemu, koji sadrži tarifne elemente i tarifne stavove za obračun cena električne energije. Poznavanje tarifnih elemenata i stavova, predstavlja preduslov za uspešno definisanje opštih mera, kojima se može ostvariti smanjenje energetskih troškova u industrijskom preduzeću [7].

Industrijski potrošači se klasifikuju u zavisnosti od nominalnog napona elektromreže sa koje im se prodaje električna energija [8]. Elektroenergetski sistem u jednom preduzeću, najčešće počinje od jednog ili više srednjenačnih transformatora (10 kV), što prema tarifnom sistemu EPS-a odgovara potrošnji na srednjem naponu. Pojedina preduzeća mogu biti priključena na mrežu visokog napona (110 kV) – potrošnja na visokom naponu (redak slučaj za preduzeće industrije nameštaja) ili niskog napona (380 V) – potrošnja na niskom naponu (slučaj kod manjih zanatskih radionica).

Sisteme sa naizmeničnom strujom čine otporni, induktivni i kapacitivni elementi. Struja koja protiče kroz otporne elemente, obezbeđuje *aktivnu* (korisnu) snagu tj. energiju. Ova snaga se troši za koristan rad električnih uređaja kod korisnika (obrtanje vratila elektromotora, dobijanje svetlosti,

stvaranje toplote). U toku rada, induktivni potrošači (jednofazni i trofazni asinhroni motori, transformatori, prigušnice, fluo rasveta, itd.) pored aktivne snage, iz mreže povlače i *reaktivnu snagu*, koja se koristi za stvaranje magnetnog polja. Za razliku od aktivne energije, koju potrošač trajno "troši", reaktivna energija "oskuljuje" između izvora i potrošača. Prisustvo reaktivne energije u sistemu ima negativne posledice, jer opterećuje prenosne vodove [9, 10].

Kada se aktivna snaga [kW], vektorski doda na reaktivnu snagu [kVAr], dobija se *prividna* ili *ukupna snaga* [kVA]. Iz ovog odnosa, moguće je izvesti *faktor snage* [-], koji se definiše kao kosinus ugla za koji ukupna snaga kasni ili prednjači u odnosu na aktivnu snagu (slika 3.3).



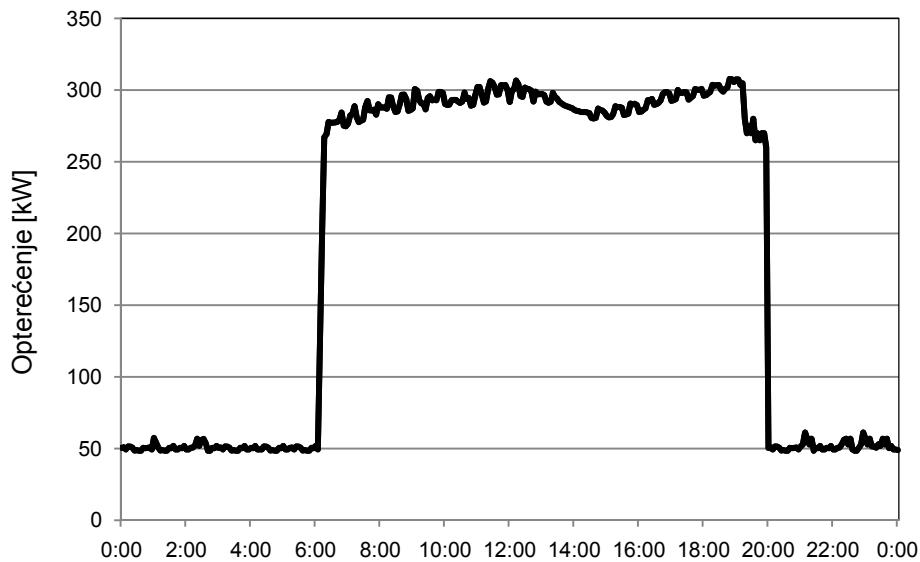
Slika 3.3 Trougao snage

Industrijsko preduzeće energiju troši prema potrebama svojih potrošača. Zato je aktivna snaga, koju preduzeće povlači (angažuje) iz elektro-distributivnog sistema³, promenljiva tokom vremena. Kriva koja prikazuje varijaciju opterećenja, koje prouzrokuju potrošači jednog industrijskog preduzeća, u određenom vremenskom intervalu (dan, nedelja, mesec) naziva se *dijagram opterećenja* ili *profil opterećenja* (dnevni, nedeljni, mesečni) (slika 3.4). Dijagrami opterećenja imaju različite profile u zavisnosti od radnog režima preduzeća (broj smena, tipa električnih uređaja, obima proizvodnje, itd.) [2]. Dijagrami se najčešće prikazuju na osnovu merenja opterećenja u intervalu od 15, 30 ili 60 min.

Odnos prosečnog i maksimalnog (vršnog) opterećenja sistema, definije se kao *faktor opterećenja* [-]. Prosečno opterećenje sistema se može odrediti kao odnos ukupno potrošene (aktivne) energije u posmatranom periodu, pa je:

³ Tzv. „opterećenje“

$$\text{faktor optereć.} = \frac{\text{proseč. optereć.}}{\text{vršno optereć.}} = \frac{\text{utrošena energija u vremenu}}{\text{vršno optereć.} \cdot \text{vreme}}.$$



Slika 3.4 Profil opterećenja (dnevni)

Što je manji faktor opterećenja potrošača, veći su ukupni troškovi električne energije.

Obračunski period za izdavanje računa za električnu energiju je jedan mesec [8].

Tarifni elementi su:

- 1) *snaga* - predstavlja mesečnu maksimalnu aktivnu snagu,
- 2) *aktivna energija*,
- 3) *reaktivna energija*,
- 4) *merno mesto* [7].

Maksimalna (vršna) aktivna snaga (vršno opterećenje) [kW] se utvrđuje merenjem srednje petnaestominutne aktivne snage tokom kalendarskog meseca. Vršno opterećenje se meri uređajem pod nazivom maksimetar (maksigraf). Ako se srednja petnaestominutna aktivna snaga meri na jednom mernom mestu, mesečna maksimalna aktivna snaga je jednaka najvećoj izmerenoj vrednosti. Ako se jednom potrošaču, srednja petnaestominutna

aktivna snaga meri na više mernih mesta u jednom objektu sistema ili na više mernih mesta u objektu potrošača, koji je priključen na jednu transformatorsku stanicu, mesečna maksimalna aktivna snaga je najveći zbir jednovremenih srednjih petnaestominutnih aktivnih snaga izmerenih na svim mernim mestima na istom naponskom nivou, ako su ostvarene tehničke mogućnosti za utvrđivanje tog zbiru [8].

Priključenjem potrošača na elektromrežu, tj. davanjem elektroenergetske saglasnosti, određuje se nazivno vršno opterećenje, tzv. *odobrena snaga* [kW]. Ako je mesečna maksimalna aktivna snaga manja ili jednakodobrenoj snazi, primenjuje se tarifni stav *obračunska snaga* [din/kW]. Ako je mesečna maksimalna aktivna snaga veća od odobrene snage, na iznos odobrene snage se primenjuje tarifni stav *obračunska snaga*, a na iznos razlike mesečne maksimalne i odobrene snage se primenjuje tarifni stav *prekomerno preuzeta snaga* [din/kW]. Prema važećim tarifnom sistemu [8], korisnici plaćaju prekomerno preuzetu snagu u dva puta većem iznosu od obračunske snage.

Aktivna energija [kWh] je suma aktivnih energija koje su izmerene na svim mernim mestima tokom obračunskog perioda. Za tarifni element aktivna energija, u zavisnosti od načina merenja i doba dana preuzimanja električne energije utvrđuju se tarifni stavovi:

- 1) viši dnevni tarifni stav za aktivnu energiju [din/kWh],
- 2) niži dnevni tarifni stav za aktivnu energiju [din/kWh].

Viši dnevni tarifni stav za aktivnu energiju, primenjuje se na iznos aktivne energije koju kupci preuzimaju iz sistema tokom obračunskog perioda, po pravilu u vremenu od 07h do 23h svakog dana. *Niži dnevni tarifni stav za aktivnu energiju*, se primenjuje se na iznos aktivne energije koju kupci preuzimaju iz sistema tokom obračunskog perioda, po pravilu, u vremenu od 00h do 07h i od 23h do 24h svakog dana. Prema važećim tarifnom sistemu [8], korisnici plaćaju aktivnu energiju u višem tarifnom stavu po ceni koja je tri puta viša nego u nižem.

Reaktivna energija [kVAr] je suma reaktivnih energija, koje su izmerene na svim mernim mestima tokom obračunskog perioda. Za tarifni element *reaktivna energija* se utvrđuju dva tarifna stava:

- 1) *reaktivna energija* [din/KVAr],
- 2) *prekomerno preuzeta reaktivna energija* [din/KVAr].

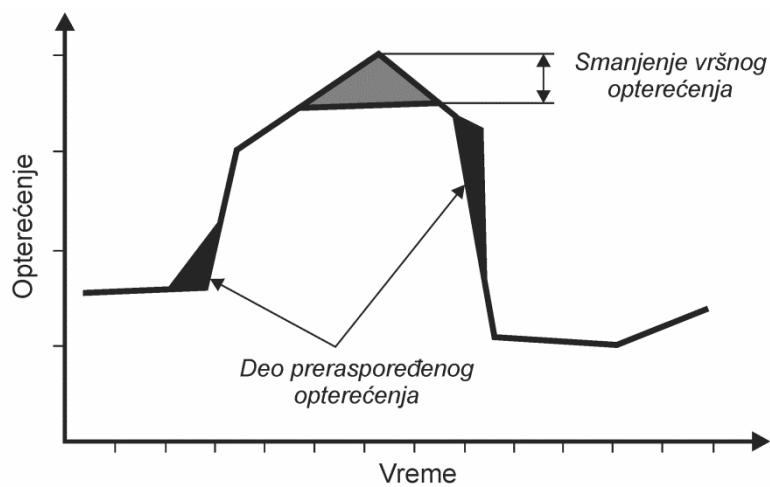
Ako je faktor snage za obračunski period veći ili jednak 0,95, tarifni stav reaktivna energija se primenjuje na iznos izmerene reaktivne energije.

Ako je faktor snage za obračunski period manji od 0,95, tarifni stav reaktivna energija se primenjuje na iznos reaktivne energije koja odgovara

faktoru snage 0,95, a tarifni stav prekomerno preuzeta reaktivna energija se primenjuje na iznos prekomerno preuzete reaktivne energije. Prekomerno preuzeta reaktivna energija je pozitivna razlika stvarno preuzete reaktivne energije i reaktivne energije koja odgovara faktoru snage 0,95. Prema važećim tarifnom sistemu [8], prekomerno preuzeta reaktivna energija je dva puta skuplja od reaktivne energije.

Upravljanje opterećenjem i upravljanje potrošnjom predstavljaju globalne termine, kojima se definišu metodi i tehnologije za upravljanje vršnim opterećenjem i vremenom potrošnje električne energije u jednom industrijskom preduzeću. Ovim tehnikama se ne redukuje potrošnja električne energije, ali se smanjuju troškovi tarifnih elemenata snage i aktivne energije.

Pod upravljanjem potrošnjom, podrazumeva se sagledavanje mogućnosti, da se deo aktivnosti preduzeća (čijim obavljanjem se troši električna energija) prebaci u period, kada je po tarifnom sistemu niža cena električne energije. Na primer: u jednom preduzeću industrije nameštaja, koje radi u jednoj ili dve smene, korisno bi bilo da noćni čuvan bude zadužen da obezbedi punjenje akumulatora za rad elektro viljuškara, prenosnih alata, i sl., u periodu nižeg dnevnog tarifnog stava za aktivnu energiju. Ovom tehnikom se ne smanjuje potrošnja električne energije, već se samo utiče na smanjenje njenih troškova, tako što se koristi u preduzeću, u periodu kada je njena jedinična cena niža.



Slika 3.5 *Upravljanje opterećenjem*

Upravljanje opterećenjem je opcija koju treba razmatrati, kada potrošnja u postrojenju znatno varira tokom vremena (profil opterećenja je neravnomeren i faktor opterećenja je nizak) a moguće je smanjenje vršnog opterećenja, zbog nekih „manje važnih“ potrošača ili potrošača koje je moguće po potrebi uključivati, tj. isključivati. (slika 3.5). Primeri potrošača koji se mogu kontrolisati su: električne peći, električni bojleri, kompresori, klimatizeri, ventilatori za grejanje i ventilaciju i „procesi u paketu“ koji nisu kritični.



Slika 3.6 Princip korišćenja računarskog sistema upravljanja opterećenjem

Prvi korak u primeni upravljanja opterećenjem je definisanje ciljne vrednosti vršnog opterećenja, na osnovu očitavanja stvarne potrošnje. Drugi korak je identifikovanje potrošača, koje je moguće isključivati da bi se ostvario željeni limit. Generalno, postoje dve tehnike za upravljanje opterećenjem u postrojenju. Prva i najjednostavnija podrazumeva izmenu plana proizvodnih aktivnosti, tako da veliki potrošači električne energije (ili bar deo njih) ne rade u periodu vršnog opterećenja, već u periodu kada su manji zahtevi za električnom energijom. Druga tehnika se odnosi na primenu uređaja kojima se mogu

automatski isključiti „manje važni“ potrošači u periodima vršnog opterećenja. U ovu grupu uređaja spadaju :

- jednostavni uključi/isključi (on/off) prekidači (vremenski prekidači, fotoelektrični releji, termostati sa podešavanjem),
- uređaji za upravljanje opterećenjem pojedinačnih potrošača,
- limiteri opterećenja i
- računarski sistemi koji upravljaju opterećenjem na osnovu merenja ukupnog opterećenja i radnog statusa pojedinačnih potrošača (slika 3.6). U slučaju da softver proceni da će se prekoračiti željena vrednost vršnog opterećenja do kraja 15 minutnog perioda, započinje se sa isključivanjem potrošača prema zadatom prioritetu, sve dok se ne proceni da će potrošena energija do kraja 15 minutnog perioda, biti manja od maksimalno dopuštene [3].

Pri primeni tehnika upravljanja opterećenjem, treba izbegavati kratkorajne cikluse rada opreme. Na primer, često uključivanje i isključivanje elektromotora (u intervalima kraćim od 5 min) može da ga ozbiljno ošteti i smanji mu radni vek. Za opremu kojom se upravlja, uvek treba proveriti specifikaciju proizvođača o maksimalnom dozvoljenom broju pokretanja (startovanja) elektromotora, da bi se uverili da više pokretanja u kratkom vremenskom periodu ne ošteteju tu opremu.

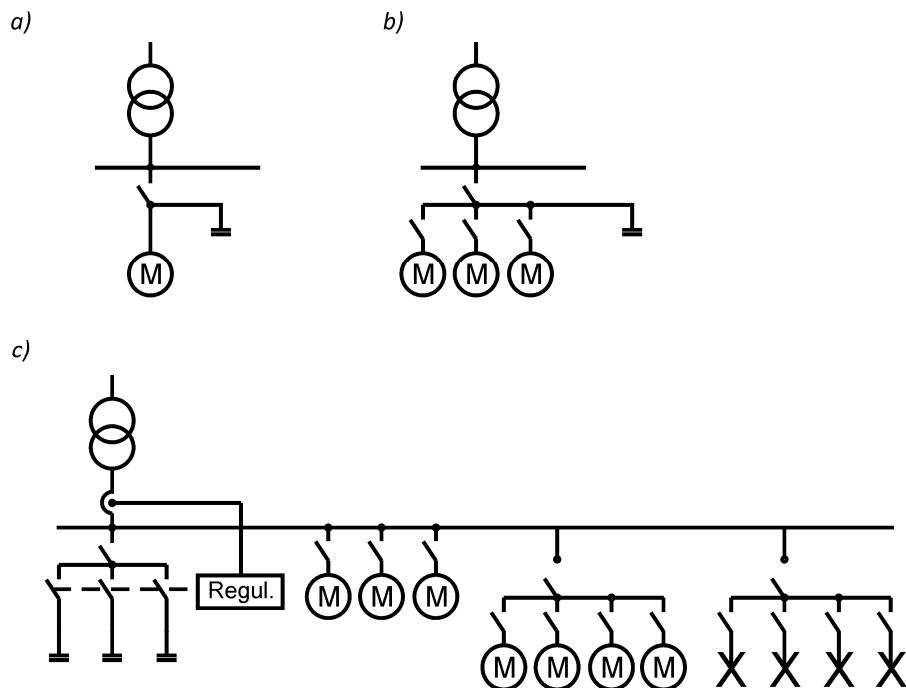
Elektrodistributivna preduzeća naplaćuju reaktivnu energiju koju potrošači povlače iz mreže. Mesečni trošak za reaktivnu energiju može biti znatan u zavisnosti od broja i veličine potrošača reaktivne energije u pogonu, odnosno od broja i snage induktivnih potrošača (pre svega asinhronih motora u pogonu, jer su to najčešći i najveći potrošači u pogonu). Već je napomenuto da, ako je faktor snage za obračunski period manji od neke granične vrednosti (u elektroenergetskom sistemu Srbije od 0,95), potrošači skuplje plaćaju „prekomerno“ preuzetu reaktivnu energiju. Pored sniženja troškova, smanjenjem preuzete reaktivne energije (povećanjem faktora snage) povećava se kapacitet za napajanje postrojenja, jer je moguće povećati opterećenje transformatora (na račun smanjenja prvidne snage), a smanjuju se i električni gubici u sistemu i poboljšana je regulacija napona [10].

Osnovni način korekcije faktora snage (uz upotrebu efikasnijih elektromotora i elektromotora koji rade pod punim opterećenjem) je upotreba eksternih kondenzatora (kondenzatorskih baterija) u samom pogonu. Korišćenjem jednog ovakvog sistema za *kompenzaciju reaktivne energije* (ili sistema za *korekciju faktora snage*) obezbeđuje se reaktivna energija za

induktivne potrošače, koja ne prolazi kroz brojila reaktivne energije (merne grupe) i tako direktno utiče na smanjenje mesečnih računa za struju.

Paralelnim priključivanjem kondenzatora potrošačima, smanjuje se vrednost prenesene reaktivne energije. Postoje četiri moguća načina za izvođenje kompenzacije:

- pojedinačna kompenzacija,
- grupna kompenzacija,
- centralna kompenzacija,
- mešovita kompenzacija [11].



Slika 3.7 Električna šema a) pojedinačne, b) grupne i c) centralne kompenzacije

Kod pojedinačne kompenzacije (slika 3.7 - a) uređaji za kompenzaciju (kondenzatori) se priključuju direktno na krajeve potrošača i zajedno se uključuju i isključuju sa potrošačem. Reaktivna energija kompenzira se neposredno na mestu nastajanja. Svakom induktivnom potrošaču, dodeljuje se odgovarajući kondenzator (kondenzatorska baterija). Kondenzator se isključuje

isključivanjem potrošača na koji je vezan, pa ne može da kompenzuje reaktivnu energiju nekog drugog potrošača. Ovaj sistem kompenzacije je ekonomičan kod potrošača većih snaga ($>20\text{kW}$).

Grupna kompenzacija (slika 3.7 - b) donekle umanjuje nedostatke pojedinačne. Kod grupne kompenzacije, kompenzira se više induktivnih potrošača koji su istovremeno u radu, npr. potrošači napajani iz jednog podrazdelnika. Potrošači sa promenljivim potrebama reaktivne energije ne dopuštaju čvrstu kompenzaciju, obzirom da može doći do neekonomične podkompenzacije ili opasne prekompenzacije. Ako se potrošači pojedinačno uključuju, kondenzator bi trebalo da sadrži sklopni uređaj (sklopku), koja se uključuje samo onda kada su svi potrošači u pogonu ili se instalira regulacioni uređaj za kompenzaciju.

Najčešće primjenjivan način kompenzacije predstavlja centralna kompenzacija (slika 3.7 - c). Ovakav sistem se sastoji od nekoliko kondenzatora i regulatora reaktivne energije i prilagođava se promenljivim potrebama reaktivne energije u postrojenju. Uređaj meri trenutni zahtev potrošača za reaktivnom energijom i na osnovu toga uključuje manje ili više kondenzatora, čime se rad kondenzatora automatski prilagođava potrebnoj reaktivnoj energiji. Najčešće se postavlja pored glavnog razvodnog ormana, na koji se i priključuje i tako kompenzuje reaktivnu energiju celog postrojenja. Ugradnja je relativno jednostavna, a moguća je naknadna ugradnja modula ili jedinica za proširenje.

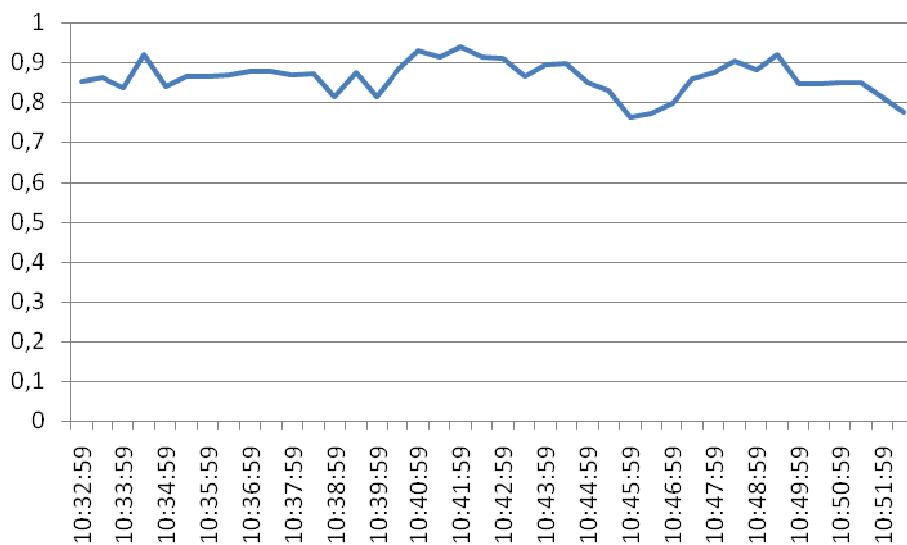
Mešovita kompenzacija objedinjuje sva tri prethodno navedena načina kompenzacije. Primjenjuje se kod izuzetno velikih pogona sa velikim brojem elektromotora, pa se za određene pogone sa specifičnim karakteristikama primjenjuje odgovarajući vid kompenzacije.

Potrebna snaga kondenzatora za kompenzaciju reaktivne energije može se odrediti na nekoliko načina:

- poznavanjem karakteristika potrošača u pogonu, može se izračunati njihova reaktivna snaga, na osnovu koje se određuje snaga kondenzatorskih baterija,
- primenom specijalnih mernih uređaja, mrežnih analizatora, može se u toku rada pogona izmeriti reaktivna energija koju povlači pogon, pa se na osnovu merenja može odrediti potrebna snaga kondenzatorskih baterija, i
- na osnovu mesečnog računa za utrošenu električnu energiju (na osnovu obračunatog utroška aktivne i reaktivne energije, kao i vršnog opterećenja).

Pri tome treba uzeti u obzir da preterana kompenzacija može dovesti do tehničkih problema i da u određenim okolnostima može izazvati štetu. To posebno vredi pri opterećenjima viših harmonika i povratnog delovanja na MTU (Mrežno ton – frekventno upravljanje) [11]. U praksi će se faktor snage nakon kompenzacije, u većini slučajeva kretati između 0,95 i 0,99. Popravkom faktora snage ugradnjom kondenzatorskih baterija mogu se smanjiti troškovi energije za oko 4% sa periodom otplate do jedne godine ili manje, dok se upravljanjem aktiviranja energetskih potrošača može redukovati angažovana snaga postrojenja [4].

U tabeli 3.2, prikazani su rezultati tehnico-ekonomske analize kompenzacije reaktivne energije u jednom preduzeću domaće industrije nameštaja, kod kojeg je trodnevnim merenjem (slika 3.8) trofaznim mrežnim analizatorom snage marke EXTECH model 382091, utvrđena srednja vrednost faktora snage od 0,88. Izabran je centralni tip kompenzacije i kondenzatorske baterije: 3x25 kVAr (stvarna efektivna vrednost 3x20 kVAr) i 1x12,5 kVAr (stvarna efektivna vrednost 10 kVAr) sa petostepenim kontrolerom za upravljanje uključenja/isključenja kondenzatorskih baterija odnosa 1:2:2:2:2 (po pravilu, uzima se stepen više, zbog kasnijeg proširenja kapaciteta postrojenja).



Slika 3.8 Detalj merenja faktora snage u jednom domaćem preduzeću industrije nameštaja [1]

Mesec	Aktivna energija [kWh]	Reaktivna energija [kVArh]	Prekomerna reaktivna energija [kVArh]	Faktor snage (iz računa) [-]	Mesečni trošak [din]	Dobit za faktor snage cosφ=0,96 [din]
1	36.880	11.856	4.544	0,91	152.871,30	5.643,64
2	31.880	10.325	5.595	0,89	136.897,90	6.948,99
3	20.880	6.773	3.907	0,89	88.595,46	4.852,49
4	13.900	4.488	2.232	0,90	64.115,65	2.772,14
5	33.120	10.930	8.750	0,85	150.435,80	10.867,50
6	30.080	9.926	5.914	0,88	125.881,70	7.345,18
7	34.400	11.352	4.648	0,90	138.881,60	5.772,81
8	41.600	13.728	5.472	0,90	163.231,40	6.796,22
Ukupna ušteda (dabit) za godinu dana:						76.600 din
Troškovi nabavke i ugradnje:						150.00 din
Period otplate:						23 meseca

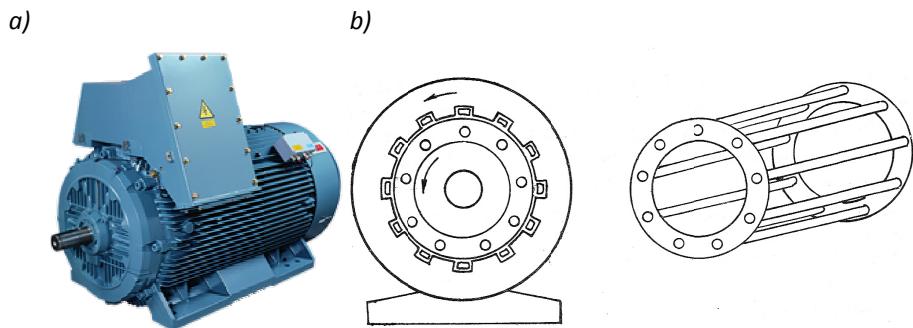
Tabela 3.2 Rezultati tehn-ekonomiske analize kompenzacije reaktivne energije u jednom domaćem preduzeću industrije nameštaja

Iako standardni transformatori imaju vrlo visok prosečan stepen korisnosti od 98% [10], poslednjih godina je dosta urađeno na poboljšanju njihove efikasnosti. Noviji razvoj amorfnih čelika, omogućio je da se gubici u transformatorima smanje za 60% smanjenjem gubitaka u gvožđu (zahvaljujući potrebi da se magnetiše gvozdeno jezgro transformatora). Transformatori napravljeni od amorfног čelika, imaju mnogo masivnija jezgra i zbog toga su veći nego konvencionalni transformatori. Za konvencionalan transformator od 250 kVA, gubici u gvožđu su približno 0,65 kW, dok za transformator sa amorfnim jezgrom iznose 0,215 kW. Pošto su ovi gubici prisutni 24 časa dnevno, za cenu električne energije od 0,06 €/kWh, godišnja ušteda iznosi 230 € [10]. Troškovi transformatora sa amorfnim jezgrom su 1.140 € što se otplaćuje za 5 godina.

3.1.2. Procesni elektromotori

Elektromotori su mašine koje pretvaraju električnu energiju u mehanički rad. Relevantne procene govore da u industrijskim sistemima, svi elektromotori i sistemi pogona troše preko 60% električne energije [10, 12]. Procesni

elektromotori, koji se koriste za obavljanje različitih operacija za proizvodnju nameštaja (mašinska obrada, transport, montaža, pakovanje i sl.), generalno troše najviše električne energije u industrijskom preduzeću.



Slika 3.9 Kratkospojeni asinhroni elektromotor a) izgled, b) rotor [13]

Najčešće korišćeni elektromotori su *kratkospojeni* (kavezni) trofazni *asinhroni (indukcioni) elektromotori* naizmenične struje (ređe monofazni kod elektromotora manje snage) (slika 3.9). Njihova ugaona brzina je konstantna i zavisi od učestanosti napojne električne struje i broja magnetnih polova i manja je od sinhrone brzine obrtnog polja za vrednost klizanja⁴ [13].

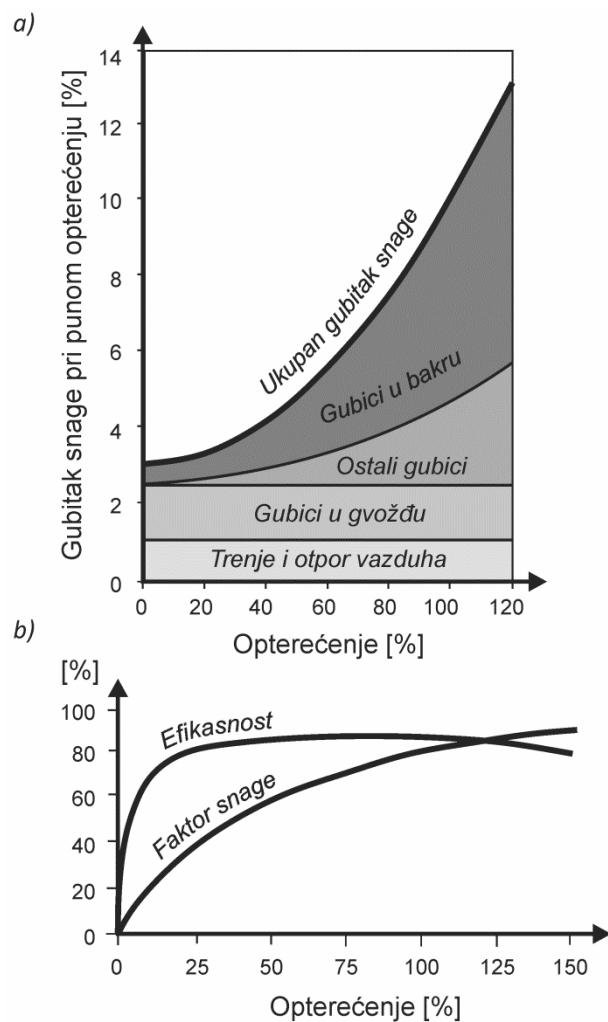
Kada se razmatraju moguće mere za povećanje energetske efikasnosti u jednom industrijskom pogonu, elektromotori se često zanemaruju zbog opšte prihvaćenog stava da su veoma efikasni. Generalna prepostavka da su elektromotori efikasni je često pogrešna, jer njihov stepen korisnosti zavisi od režima rada određenog opterećenjem koje treba da savladaju na svom vratilu. Postoje dve grupe gubitaka koji se javljaju pri funkcionisanju elektromotora: fiksni (nezavisni od opterećenja) i promenljivi (koji zavise od opterećenja) (slika 3.10 - a).

Fiksne gubitke čine:

- gubici u gvožđu (u jezgru magneta), podrazumevaju histerezisne gubitke i gubitke zbog vrtložne struje u statoru, koji zavise od napona i ostaju konstantni kroz sve režime rada motora, i

⁴ Vrednost klizanja zavisi od opterećenja elektromotora. Pri nazivnom (nominalnom) opterećenju ono iznosi od 10 % za elektromotore malih nominalnih snaga, do 2 % za elektromotore velikih nominalnih snaga.

- gubici usled trenja u ležajevima i otpora vazduha usled ventilacije, koji su konstantni za datu brzinu rotora i na zavise od opterećenja.



Slika 3.10 a) Gubici asinhronog elektromotora **b)** zavisnost stepena korisnog dejstva elektromotora i faktora snage od opterećenja

Promenljivi gubici su:

- gubici u namotajima statora i rotora (gubici u bakru) koji nastaju kao posledica otpora, na koji nailazi struja dok protiče kroz namotaje, a proporcionalni su kvadratu jačine struje, kao i
- različiti ostali gubici, koji se teško kvantifikuju, ali su generalno proporcionalni kvadratu jačine struje kroz namotaje [10, 13].

Ovakva priroda gubitaka u elektromotorima ima za posledicu da je promena stepena korisnog dejstva sa promenom opterećenja elektromotora prikazana dijagramom na slici 3.10 – b). Sem toga, promena opterećenja elektromotora značajno utiče i na sniženje faktora snage.

Prema sistematizovanim statističkim podacima [14], 25% elektromotora u industriji funkcioniše sa opterećenjem koje je manje od 30% od nominalnog opterećenja, 50% je opterećeno u intervalu 30-60% nominalnog opterećenja, a 25% je opterećeno sa više od 60% nominalnog opterećenja. Najveći stepen korisnosti elektromotora javlja se u režimima rada bliskim nominalnom opterećenju (od oko 75% nazivne snage do nominalne - slika 3.10 b), elektromotor treba dimenzionisati da bude što je moguće bliže postavljenim zahtevima, kako bi se umanjili loša efikasnost i nizak faktor snage. Nepravilno dimenzionisani elektromotori izazivaju nepotrebne gubitke. U slučajevima gde se vršna opterećenja mogu smanjiti, ugradnjom elektromotora manje snage potrošnja električne energije se može smanjiti za 1,2%, dok je za elektromotore manjih snaga taj procenat i viši. Više studija (IAC – Rutgers) pokazuju da je prosečan rok povraćaja ovakve investicije oko 1,5 god [14].

Ispravno održavani elektromotor ima značajno manje gubitaka, u poređenju sa elektromotorom koji se ne održava. Održavanje elektromotora je generalno jednostavno, ali mu se zbog toga ponekad i ne posvećuje adekvatna pažnja. Pri definisanju programa održavanja elektromotora, treba obratiti pažnju na:

- podmazivanje ležajeva,
- detaljno čišćenje motora,
- mehaničko podešavanje,
- kompletност električne izolacije,
- stanje komutatora, kliznih prstenova i četkica,
- neravnotežu napona (kod trofaznih elektromotora).

Neravnoteža napona po fazama trofaznog motora, definiše se kao maksimalno procentualno odstupanje faznog napona od srednjeg napona trofaznog sistema. Ova neravnoteža napona na statorskim priključcima, negativno utiče na neravnotežu jačine struje, što utiče na pulzacije obrtnog momenta, povećane vibracije i mehaničke napone, povećanje gubitaka i

pregrevanje motora, što, sa druge strane, utiče na skraćenje životnog veka izolacije namotaja. Preporuka je da neravnoteža napona na priključcima elektromotora, ne bude veća od 1%. Uobičajeni razlozi za neravnotežu napona su:

- nepravilan rad opreme za korekciju faktora snage,
- neuravnoteženo i nestabilno snabdevanje električnom energijom,
- opterećenje trofaznog elektromotora veće od kapaciteta neuravnotežene transformatorske grupe,
- neravnomerno opterećenje po fazama u sistemu,
- greške u uzemljenju pojedinih faza,
- otvoreno kolo u razvodnoj mreži distributivnog sistema [12].

Kod trofaznog elektromotora snage 75 kW, čije se vratilo obrće ugaonom brzinom 1.800 o/min, promena stepena korisnosti sa promenom opterećenja u zavisnosti od neravnoteže napona, prikazana je u tabeli 3.3 [12].

Opterećenje elektromotora [u % nazivne snage]	Stepen korisnog dejstva elektromotora [%]		
	Neravnoteža napona		
	Nominalna	1%	2,5%
100	94,4	94,4	93
75	95,2	95,1	93,9
50	96,1	95,5	94,1

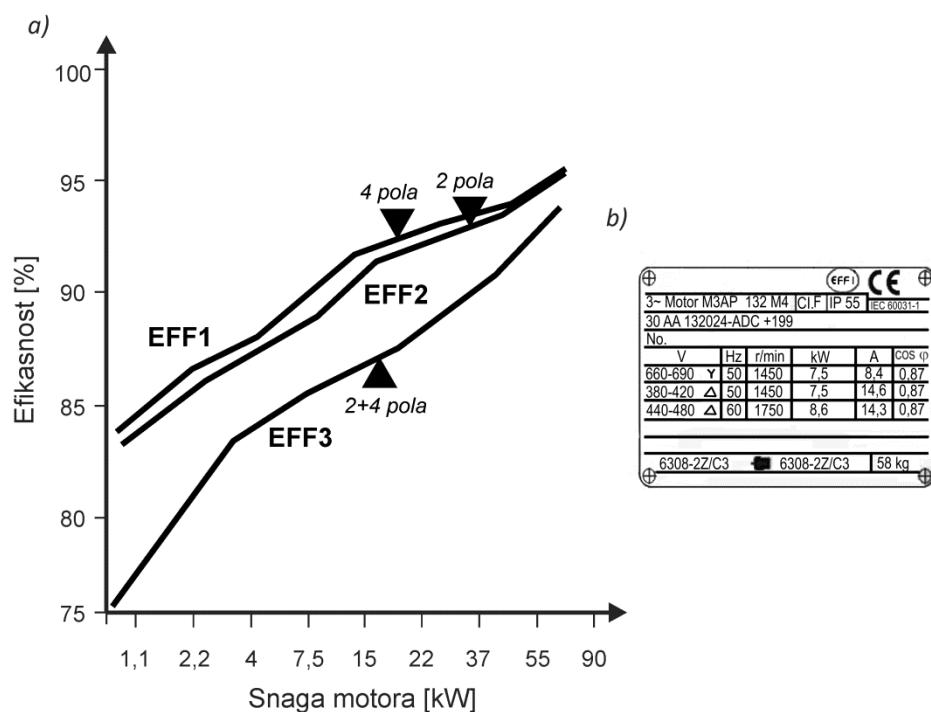
Tabela 3.3 Promena efikasnosti elektromotora sa promenom neravnoteže napona⁵

I pored redovnog održavanja, elektromotor ima životni vek i dešava se da otkaže. Uobičajena praksa u industriji da se po otkazu namotaji elektromotora „premotavaju“ (viklju). U pojedinim industrijskim preduzećima, premotani elektromotori čine i preko 50% ukupnog broja elektromotora. Ukoliko se premotavanje ne izvede na pravi način, efikasnost i faktor snage elektromotora će opasti. Istraživanja pokazuju da premotani motori mogu biti i do 5% manje

⁵ Po pravilu, elektromotori imaju maksimalni stepen korisnosti pri opterećenjima oko 75% nominalnog, mada kod testiranog elektromotora su dobijeni nešto drugačiji rezultati

efikasni u odnosu na nove, standardne motore [15]. Mada, treba napomenuti da ukoliko se preduzmu adekvatne mere prilikom premotavanja, efikasnost elektromotora se može očuvati, a u nekim slučajevima i povećati (pre svega povećanjem prečnika namotaja), ali na račun smanjenja faktora snage.

Tokom dugogodišnje eksploracije elektromotora, investicioni troškovi postaju gotovo zanemarljivi u odnosu na troškove utrošene energije. Tako, na primer, za elektromotor snage 15 kW, koji radi 3.000 h godišnje, u toku 10 godina, 98,7% troškova odnosi se na utrošenu energiju, a samo 1,3% su troškovi njegove nabavke i ugradnje [16]. Zato je zamena dotrajalih elektromotora novim, energetski efikasnim, često ekonomski opravdanija od uobičajene prakse ponovnog namotavanja motora. Ovi elektromotori smanjuju gubitke energije kroz poboljšanu konstrukciju, bolje materijale, uže tolerancije i poboljšane tehnike izrade. Uz pravilnu ugradnju, energetski efikasni elektromotori rade na nižoj temperaturi i zato se lakše održavaju, imaju duži radni vek ležajeva i izolacije, i smanjene su vibracije.

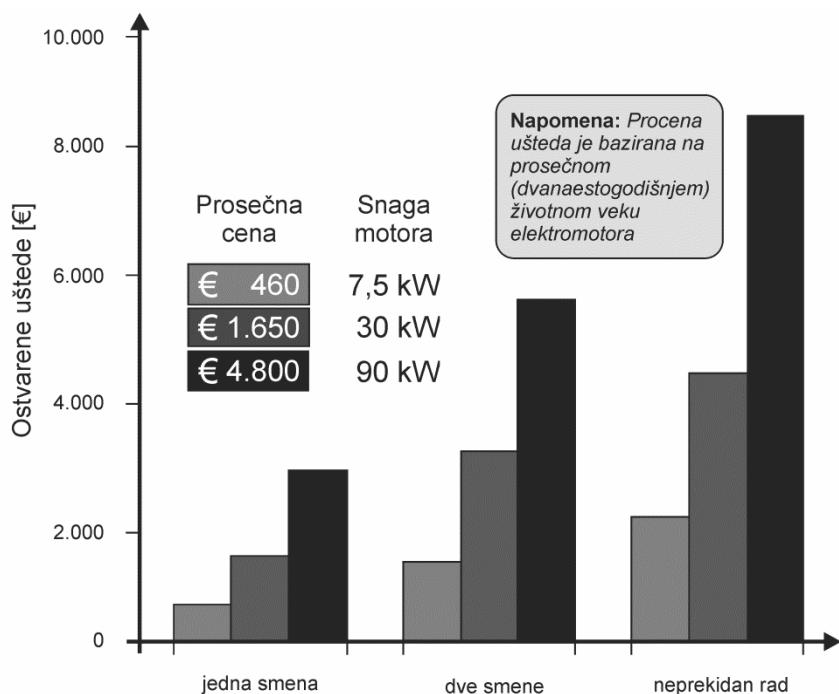


Slika 3.11 Stepen iskorišćenja različitih klasa dvopolnih i četvoropolnih kratkospojenih asinhronih elektromotora nazivnih snaga do 90 kW, b) izgled nazivne pločice

U cilju povećanja energetske efikasnosti elektromotora, proizvođači poslednjih godina razvijaju serije relativno jeftinih elektromotora sa povećanim stepenom korisnosti. Proizvođači elektromotora koji pripadaju grupaciji CEMER⁶, u toku 2000. godine, definisali su sledeće klase efikasnosti za dvopolne i četvoropolne, kavezne asinhronne motore u opsegu snaga od 1,1 kW do 90 kW:

- EFF1 - visoko efikasni elektromotori,
- EFF2 - elektromotori poboljšane efikasnosti,
- EFF3 - standardni elektromotori.

Najveći broj proizvođača iz EU izbacuju elektromotore klase EFF3 iz proizvodnje. Krive stepena korisnosti u funkciji nominalne snage različitih klasa elektromotora, prikazane su na slici 3.11 – a) [17]. Klasa efikasnosti se utiskuje na nazivnu pločicu, koja pored nazivnih podataka o elektromotoru, sadrži i vrednosti stepena korisnosti pri nominalnom opterećenju i pri 75% od nominalnog opterećenja (slika 3.11 -b).



Slika 3.12 Uštede koje se ostvaruju ugradnjom EFF1 motora [17]

⁶ CEMER –Evropski komitet proizvođača električnih mašina i energetske elektronike

Poboljšanje efikasnosti elektromotora, ostvareno je primenom različitih mera:

- korišćenjem silicijumskog čelika sa malim gubicima za izradu magnetnog kola,
- optimizacijom geometrije žleba, korišćenjem metode konačnih elemenata za proračun magnetnog kola,
- korišćenjem izolacionih materijala sa boljim karakteristikama,
- korišćenjem savremenih hardverskih i softverskih alata za rešavanje različitih konstrukcijskih problema [15].

Uštede koje se ostvaruju kupovinom i ugradnjom najefikasnijih EFF1 motora, prikazane su na slici 3.12.

Procesni asinhroni elektromotori u industriji nameštaja obično imaju dva ili četiri pola, koji u slučaju napajanja električnom strujom učestanosti od 50 Hz, uslovljavaju da se njihovi rotori obrću konstantnim ugaonim brzinama nešto nižim od sinhronih 3.000 o/min tj. 1.500 o/min. Kako rezni elementi mašina za sečenje drveta, pojedini procesni ventilatori i druge mašine, zahtevaju niže ugaone brzine, to su njihova vratila, sa vratilom elektromotora, povezana sistemom kaišnog prenosa. Željen broj obrtaja dobija se korišćenjem kaišnika različite veličine, pomoću sledećeg odnosa:

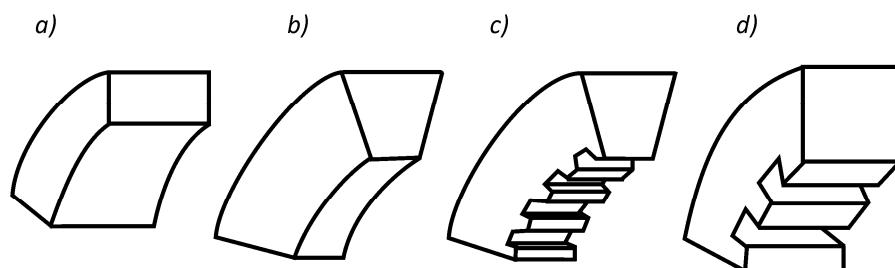
$$n_{k2} = n_{k1} \cdot i = n_{k1} \cdot \frac{D_1}{D_2}, \quad (3.1)$$

gde su:

n_{k1} [o/min]	- broj obrtaja pogonskog kaišnika,
n_{k2} [o/min]	- broj obrtaja gonjenog kaišnika,
D_1 [m]	- prečnik pogonskog kaišnika,
D_2 [m]	- prečnik gonjenog kaišnika,
i [-]	- prenosni odnos.

Četiri osnovna tipa kaiševa su: pljosnati kaiš, trapezni kaiš – (klinasti) remen, nazubljeni klinasti kaiš i upravljivi (sinhroni) kaiš (slika 3.13). Pljosnati kaiševi imaju pravougaoni poprečni presek i prenose snagu trenjem u kontaktu sa ravnom površinom kaišnika. Praktično se ne koriste u industriji nameštaja. Najveći broj kaišnih prenosnika u industriji koriste remenje, koje može da prenese veće obimne sile, jer pri istoj sili prethodnog zatezanja remena, zbog trapeznog poprečnog preseka kaiša, ostvaruju znatno veće normalne sile i sile trenja, nego u slučaju kaišnih prenosnika sa pljosnatim kaišem. Pravilno

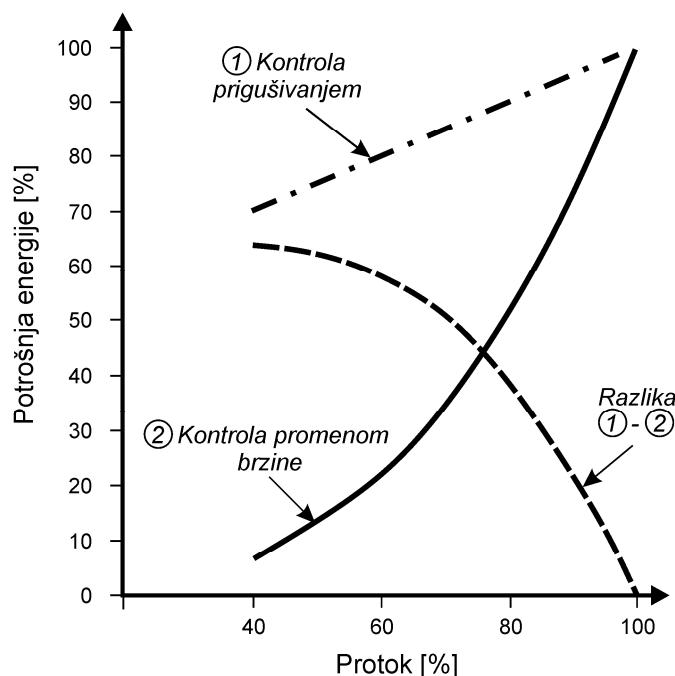
odabran i ugrađen remeni prenosnik može da u trenutku ugradnje ostvari stepen korisnog dejstva od 95% do 98% [12]. Tokom funkcionisanja sistema kaiševi se istežu pa je neophodno periodično proveravati zategnutost kaiša i zatezati ih po potrebi (sopstvenom težinom, pomoću kotura zatezača, zglobnim oslanjanjem elektromotora, elastičnim izduženjem kaiša, itd.) [18]. Ukoliko se remen ne zateže, efikasnost može da padne i za 5%. Nazubljeni remeni nudi iste prednosti kao i klasičan remen, s tim što njihova konstrukcija sa nazubljenim površinama pruža dodatnu fleksibilnost, koja dozvoljava upotrebu manjih remenica. Nazubljeni remeni mogu da se koriste na istim kaišnicima, kao i standardni remeni. Manje se zagrevaju, duže traju i imaju stepen korisnog dejstva 2% veći od ekvivalentnog standardnog remena [12]. Sinhroni zupčasti kaiševi nude mnoge prednosti u odnosu na standardne pljosnate i trapezne kaiševe. Sinhroni kaiševi imaju zupce kojima se sprežu sa zupcima u kaišniku. Ovakav način prenosa snage omogućava da su sinhroni kaiševi najefikasniji tip kaišnog prenosa jer se ne javljaju gubici efikasnosti usled klizanja. Oni zahtevaju manje naprezanje kaiša u odnosu na konvencionalne, čime smanjuju radikalna opterećenja na ležajeve elektromotora i gonjenog vratila (vratila maštine koju pokreće elektromotor) produžavajući tako njihov radni vek. Stepen korisnog dejstva ovih kaiševa je oko 98% u širokom opsegu radnih režima. Pri radu u više smena, ugradnja sinhronih kaišnika na elektromotorima snage preko 15 kW, obezbediće period otplate kraći od dve godine [19].



Slika 3.13 Različiti tipovi kaiševa: a) pljosnati kaiš; b) remen; c) nazubljeni remen; d) zupčasti (sinhroni) kaiš

Sinhroni kaiševi se lakše održavaju (nije ih potrebno pritezati) i ne gube efikasnost tokom eksploracije. Osnovne mane su buka koju stvaraju pri radu, potreba za preciznim pozicioniranjem kaišnika i nisu pogodni za udarna opterećenja. Sinhroni kaiševi nisu pogodni za udarna opterećenja, jer prenose obrtni moment veoma efikasno i u uređajima sa naglim promenom

opterećenja, kumulativni efekti naglog ubrzavanja i usporavanja uvećavaju habanje pogonjenih mašina i rizik od otkaza. Pre izbora ili prelaska na sinhrone prenosnike, treba kontaktirati proizvođača i raspitati se o iskustvima sličnih uređaja, u sličnim radnim uslovima.



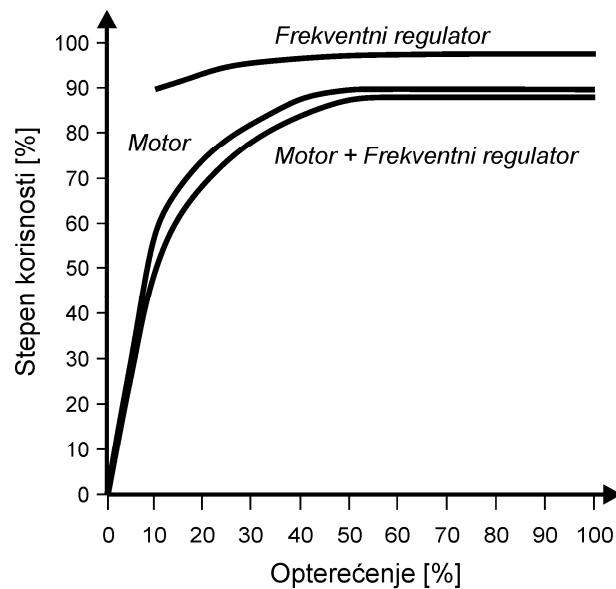
Slika 3.14 Poređenje potrošnje električne energije pri upravljanju prigušivanjem i regulisanjem brzine radnog kola ventilatora

Pored ušteda električne energije koje se ostvaruju kod svake pojedinačne komponente elektromotornog pogona, najveće uštede u jednom industrijskom pogonu, mogu se ostvariti usklađivanjem funkcionalnih karakteristika elektromotora, sa zahtevima mašine koju pogoni. U industriji nameštaja te mašine su, pre svega, ventilatori (za aspiraciju (otprašivanje) ili u sušarama) od kojih se, zbog karakteristika proizvodnog procesa, zahtevaju promenljive količine (protoke) vazduha. Za variranje protoka vazduha, koji ventilator distribuira u sistem, koriste se više različitih metoda:

- upravljanje prigušivanjem,
- promena ugla lopatica (kod aksijalnih ventilatora),

- promena širine radnog kola ili upravljanje pretkolom (kod centrifugalnih ventilatora),
- regulisanje ugaone brzine vratila radnog kola ventilatora.

Najefikasniji metod variranja protoka vazduha je regulisanje ugaone brzine vratila radnog kola ventilatora tj. rotora elektromotora (slika 3.14). Najpopularniji uređaji koji se koriste za regulisanje ugaone brzine rotora elektromotora su frekventni regulatori. Frekventni regulatori su elektronski uređaji koji, varirajući mrežni napon i učestanost, omogućavaju kontinualno upravljanje ili regulaciju brzine elektromotora. Variranjem učestanosti, direktno se utiče na ugaonu brzinu elektromotora, a variranjem napona sa promenom učestanosti, obezbeđuje se održavanje obrtnog momenta elektromotora. Za opsege snaga elektromotornih pogona u industriji nameštaja, najčešće su u primeni frekventni regulatori invertorskog tipa i raspoloživi su za opsege 2 Hz - 50 Hz, 5 Hz - 50 Hz, 10 Hz - 50 Hz i 10 Hz - 100 Hz [10].



Slika 3.15 Stepen korisnosti elektromotora i frekventnog regulatora

Ušteda energije koja se može ostvariti korišćenjem frekventnih regulatora zavisi od:

- oblika krive karakteristike ventilatora (kriva napor – protok),
- karakteristike cevovoda ventilatorskog sistema,

- godišnjeg broja radnih sati u svakom mogućem radnom režimu ventilatora (ušteda će biti veća ukoliko ventilator radi sa delimičnim kapacitetom u većem broju radnih sati),
- efikasnosti frekventnog regulatora (stepen korisnosti frekventnih regulatora varira sa promenom opterećenja elektromotora i kreće se do oko 0,98 (slika 3.15)) [10], [15],
- nominalne snage ventilatora (ventilatori se često predimenzionišu, još u fazi projektovanja sistema).

Pri odluci o eventualnom izboru i dimenzionisanju frekventnog regulatora, treba o svemu navedenom voditi računa. Njihovim korišćenjem, pored uštede energije, obezbeđuje se bolji faktor snage, „mekan“ rad sa smanjenjem broja startovanja i zaustavljanja elektromotora, a smanjuju se i troškovi održavanja.

3.1.3 Rasveta

Za obezbeđivanje udobnih radnih uslova (koji utiču na produktivnost rada) i bezbednosti radnika, važno je da u industrijskom postrojenju bude raspoloživa dovoljna količina svetlosti. Još se u fazi projektovanja zgrade ili industrijske hale, razmatraju sistemi za osvetljenje, jer se tada donose odluke koje utiču na pravilnu integraciju prirodne (dnevne) i veštačke svetlosti.

Količina svetlosti koju izvor svetlosti isijava u okolni prostor u jedinici vremena je svetlosni fluks [lm]. Osvetljenost (iluminacija) predstavlja iznos svetlosnog fluksa nad određenom površinom - E_m [lux].

Blještanje je nelagodni osećaj koji se javlja kada u oko stigne svetlost prevelikog sjaja, tako da oko nije u stanju da brzo i tačno raspozna predmete ili detalje na njima. Važno je da se u radnom prostoru ograniči odsjaj da bi se izbegle greške, zamor i nesrećni slučajevi. Ova pojava se može izbeći ako se svetlosni izvor postavi izvan vidnog polja ili ako je ugao između horizontale kroz oko posmatrača i linije koja spaja oko i svetlosni izvor veći od 35° . Kao mera blještavosti u radnom prostoru koristi se - UGR⁷ indeks prostorije [-] (obično između 10 – bez blještanja i 30 – naglašeno psihološko blještanje [20]), koji uzima u obzir uticaj svih svetiljki i sjaj pozadine. Direktno blještanje je moguće kontrolisati izborom odgovarajućih svetiljki.

⁷ UGR - Unified Glare Rating

Operacija	E_m [lux]	UGR indeks [-]	Ra [%]	Napomena
Sečenje ručnom testerom	300	25	60	Sprečiti stroboskopski efekat
Operacije spajanja (sastavljanja) lepljenja i montaže	300	25	80	
Mašinska obrada drveta (savijanje, intarzija, usecanje, sečenje, itd.)	500	19	80	Sprečiti stroboskopski efekat
Predtretman i površinska (završna) obrada	750	22	80	
Izbor iverice, intarzija, rezbarenje i sl.	750	22	90	T_s min. 4.000 K
Kontrola kvaliteta	1.000	19	90	T_s min. 4.000 K

Tabela 3.4 Potreban nivo i kvalitet osvetljenja u preduzećima industrije nameštaja prema ISO 8995:2002

U zavisnosti od mesta i namene, veštačko svetlo bi trebalo da pruži dobru reprodukciju boja kao prirodna dnevna svetlost. Reprezent kvaliteta svetlosti, koju proizvodi svetlosni izvor, je njen indeks reprodukcije boja - Ra [%]. Indeks reprodukcije boja, upoređuje obojenost predmeta pod svetlosnim izvorom koji se meri i njegove obojenosti pod referentnim svetlosnim izvorom. Svetlosni izvor koji ima Ra vrednost 100 odlično pokazuje sve boje. Što je manja Ra vrednost, lošija je reprodukcija boja.

Boja svetla sijalice - T_s [K] naziva se temperatura boje. Postoje tri osnovne grupe temperatura boje:

- toplo bela < 3.300 K,
- neutralno bela 3.300 K - 5.000 K i
- dnevna svetlost > 5.000 K.

Prema međunarodnim standardima za osvetljenje unutrašnjeg radnog prostora, potreban nivo i kvalitet osvetljenja u preduzećima industrije nameštaja, prikazan je u tabeli 3.4.

Nivo osvetljenosti Em treba da bude zadat pri projektovanju svakog dela fabrike za proizvodnju nameštaja i treba ga poštovati u svakom koraku naručivanja, nabavke i instalacije opreme za rasvetu. Postavljanjem i pridržavanjem standarda osvetljenja po jedinici površine, preduzeće auto industrije "Toyota" tvrdi da je uštedela 30% energije potrebne za osvetljenje [14]. Korišćenje dnevnog svetla, podrazumeva efikasno korišćenje prirodnog svetla, u cilju minimiziranja potrebe za veštačkim svetlom u građevinskom objektu. Povećanje nivoa dnevne svetlosti u prostorijama može da smanji električno osvetljenje za 70% [22]. Korišćenje dnevnog svetla se razlikuje od drugih mera energetske efikasnosti, jer su njegove osobine integrisane u arhitekturu zgrade, pa se primenjuje, pre svega, na nove građevinske objekte i uključuje u fazu projektovanja. Sistemi korišćenja dnevnog svetla uključuju: prozore sa automatski kontrolisanim roletnama, prozore na spratovima, svetlarnike, itd. [23].

U zavisnosti od vrste industrije, potrošnja električne energije za veštačko industrijsko osvetljenje varira. U industriji nameštaja procentualno učešće električne energije za rasvetu je relativno veliko (23%, slika 3.1). Inovacije i kontinuirana poboljšanja u oblasti osvetljenja, doveli su do značajnih mogućnosti uštede energije u ovoj oblasti. Efikasnost sistema za osvetljenje (njegova svetlosna efikasnost) [Im/W] pokazuje efikasnost kojom se potrošena električna energija pretvara u svetlost, a zavisi od:

- efikasnosti različitih komponenti instalacija: svetlosnih izvora (sijalica), prigušnica (balasta) i svetiljki,
- sistema za regulaciju i raspoloživosti dnevne svetlosti,
- održavanja sistema.

Električni svetlosni izvori su veštački svetlosni izvori koji električnu energiju pretvaraju u svetlosnu. Prema načinu pretvaranja, električni svetlosni izvori se dele u četiri osnovne grupe:

- inkadescentne sijalice (sa užarenim vlaknom) (IL), najčešće sa vlaknom od volframa (tungstena), punjene vakuumom ili halogenim gasovima (TH),
- svetlosne (fluo) cevi, u koje spadaju različite fluorescentne (FL) i kompakt fluorescentne sijalice (CFL),
- sijalice sa pražnjenjem visokog intenziteta (sijalice sa metalnim parama): natrijumske niskog (LPS) i visokog pritiska (HPS), živine visokog pritiska (HPM) i metalhalogene (metalhalidne) (MH),
- LED sijalice (relativno nova, još uvek relativno skupa, energetski vrlo efikasna tehnologija, čija se značajna primena očekuje u budućnosti), (slika 3.16).



Slika 3.16 Različiti tipovi sijalica: a) sa užarenim vlaknom, b) kompakt fluorescentne, c) fluorescentne, d) natrijumske, e) živine, f) metalhalidne, g) LED

Osnovne tehničke karakteristike ovih sijalica prikazana su u tabeli 3.5.

Tip	Im/W		Ra [-]	T_s [K]	Radni vek [h]
	Opseg	Prosek			
IL	8-18	14	100	2.700	1.000
TH	18-24	20	95	3.200	4.000
FL	60 (T-12), 68 (T-8), 104 (T-5)		60-90	2.700-5.500	5.000 (T-12), 8.000 (T-8), 20.000 (T-5)
CFL	40-100	60	80-90	2.700-6.400	8.000-15.000
LPS	100-180	150	0-18	1.550	10.000-20.000
HPS	65-120	90	22-70	2.100	10.000-15.000
HPM	40-60	50	50		12.000
MH	70-90	80	60-90	3.200-5.500	6.000-15.000
LED	150				100.000

Tabela 3.5 Osnovne karakteristike različitih tipova sijalica [6, 7, 9, 10, 20, 24]

Za zadovoljavanje potrebnog nivoa i kvaliteta osvetljenja u radnom prostoru proizvodnog pogona industrije nameštaja, u kom je kvalitet reprodukcije boje vitalan, najčešće se koriste fluorescentne sijalice. U velikom broju pogona, hala i radnih prostora izrađenih u poslednjih tridesetak godina, koriste se fluorescentne lampe T-12⁸ (prečnik 38 mm) obuhvaćene armaturama koje su otporne na paru. Fluorescentne cevi T-8 (prečnik cevi 26 mm), zamenjuju T-12 na novim instalacijama, čime se postiže isti svetlosni fluks sa 8% manjeg utroška energije i povećava radni vek sijalice. Još bolji rezultati postižu se ugradnjom T-5 (prečnik 16 mm) FL sijalica.

Na lokacijama gde se koriste inkadescentne IL sijalice, poželjno je iste zameniti CFL sijalicama. CFL imaju sličan nivo svetlosnog fluksa, troše električnu energiju do 80% manje i imaju superioran radni vek (8 puta duže nego IL sijalice). Zbog ovoga su smanjeni troškovi održavanja, iako inicijalni troškovi

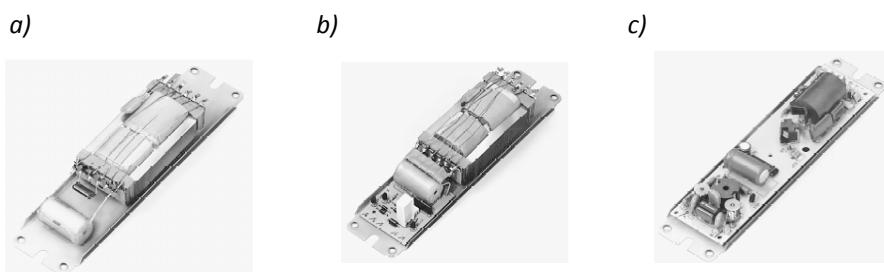
⁸ Oznaka T kod fluo cevi odnosi se na prečnik cevi u umnošcima od 1/8 in (inča) (T-12 označava prečnik cevi od 12/8 in ili 3,8 cm).

nabavke mogu da budu i preko 10 puta veći u odnosu na ekvivalentnu IL sijalicu.

U zonama gde prikaz boja nije kritičan, koriste se sijalice sa metalnim parama. U svakom slučaju, treba izbegavati korišćenje živinih HPM sijalica kao energetski neefikasnih. Za visoko postavljeno osvetljenje, a u manjem obimu za nisko postavljeno osvetljenje, prednost treba dati HPS i MH sijalicama. Natrijumske HPS sijalice imaju duži radni vek, ali i niži indeks reprodukcije boja i veoma su popularne, jer su energetski efikasne i cena im je niža. Zamenom HPM sijalica HPS sijalicama, mogu se ostvariti uštede i do 50-60% [14]. Metalhalogene MH sijalice obezbeđuju bolji kvalitet svetlosti, bolju raspodelu osvetljenja duž radnih površina i bolji prikaz boja i koriste se u zonama gde je prikaz boje kritičan. U ovim zonama, mogu da zamene HPM sijalice uz smanjenje troškova od 50% [14].

Fluo cevi i sijalice sa pražnjenjem visokog intenziteta sadrže kontrolni mehanizam, koga čine starter (reguliše količinu električne energije potrebnu za uključenje sijalice) i prigušnica (balast) (održava stalni svetlosni izlaz sijalice). Postoji tri tipa prigušnica koje se koriste kod FL sijalica (slika 3.17):

- magnetne,
- hibridne (elektromagnetne) i
- elektronske.



Slika 3.17 Tipovi prigušnica koje se koriste kod fluorescentnih sijalica
a) magnetne, b) hibridne, c) elektronske

Standardne elektromagnetne prigušnice troše od 10% do 20% ukupne električne energije sistema za osvetljenje. Visoko-frekventne elektronske prigušnice štede 12-30% električne energije u odnosu na magnetne [14]. Elektronskim prigušnicama eliminise se treperenje svetlosti, zujanje i stroboskopski efekat i uvode se "mekši" uslovi paljenja sijalica, čime se

obezbeđuje njihov duži radni vek (do 50% duži) i smanjenje troškova održavanja. Sem toga, visoko-frekventne elektronske prigušnice obezbeđuju automatsko isključenje neispravnih ili dotrajalih sijalica i efikasno regulisanje veštačkog svetla, u zavisnosti od prisustva ljudi ili pojave dnevne svetlosti. Ako se, zajedno sa prigušnicama, uključe i automatsko opažanje dnevne svetlosti, detektovanje okupiranosti prostorija i ručno smanjenje intenziteta svetla, uštede mogu biti veće od 65% [14].

Godišnji broj radnih sati (broj smena) u preduzeću koje proizvodi drveni nameštaj, kritičan je faktor koji određuje finansijsku atraktivnost primene mera koje se odnose na zamenu sijalica. U Tabeli 3.6 su prikazani periodi otplate, zasnovani na tipu zamene osvetljenja i broju smena u kojima postrojenje radi [4].

Primjenjena mera	Period otplate [god]	
	Rad u jednoj smeni	Rad u više smena
Zamena IL sijalica T-8 FL lampama sa elektronskim prigušnicama	< 1	
Zamena T-12 FL lampi sa magnetnim prigušnicama T-8 FL lampama sa elektronskim prigušnicama		< 2
Zamena živinih HPM sijalica natrijumskim HPS		< 2

Tabela 3.6 Period finansijske isplativosti ugradnje efikasnijih svetlosnih izvora

Svetiljke (svetlosna tela) treba da budu projektovane i izabrane, da odgovaraju potrebnim svetlosnim uslovima i funkcionalnim zahtevima prostora u koje se ugrađuju. Reflektor (uglačana komponenta koja usmerava svetlost na niže) i oklop svetiljke, osnovne su komponente, koje najviše utiču na svetlosnu efikasnost. Savremene fluorescentne svetiljke sa visokom svetlosnom efikasnošću, imaju sofisticirane sisteme reflektora, da bi usmerile svetlo u željenom pravcu i da bi obezbedile željenu osvetljenost na odgovarajućem mestu. Primena novih, savremenih svetiljki rezultira u smanjenju broja svetiljki potrebnih za obezbeđenje istog nivoa osvetljenja, uz uštedu električne energije i smanjenje troškova održavanja, u poređenju sa starijim svetlosnim telima.

Najjednostavniji način uštede novca za smanjenje energetskih troškova za rasvetu je isključivanje sijalica kada nisu potrebne. Korišćenjem odgovarajućeg sistema regulacije osvetljenja (u zavisnosti od nivoa dostupne dnevne svetlosti i/ili prisustva ljudi) može se ostvariti značajna ušteda energije (tipično od 20% do 50% u kancelarijama i industrijskim pogonima) [10]. Brojna istraživanja (IAC – Rutgers) pokazuju srednji period isplativosti ugradnje sistema za regulaciju osvetljenja od oko 1,1 godine [14].

Regulacija osvetljenja može da bude ručna ili automatizovana. Lokalizovano ručno uključivanje/isključivanje je važno za prostore u kojima ima dosta ljudi i gde su zahtevani različiti nivoi osvetljenja, jer u pojedinim delovima prostorije nema prisutnih ili su pojedini delovi osvetljeni adekvatnim nivoom dnevne svetlosti. Po pravilu, interval isključivanja/uključivanja sijalica treba da bude duži od 15 minuta, kako bi se nadomestio trošak usled skraćenja životnog veka sijalice, zbog čestih paljenja i gašenja.

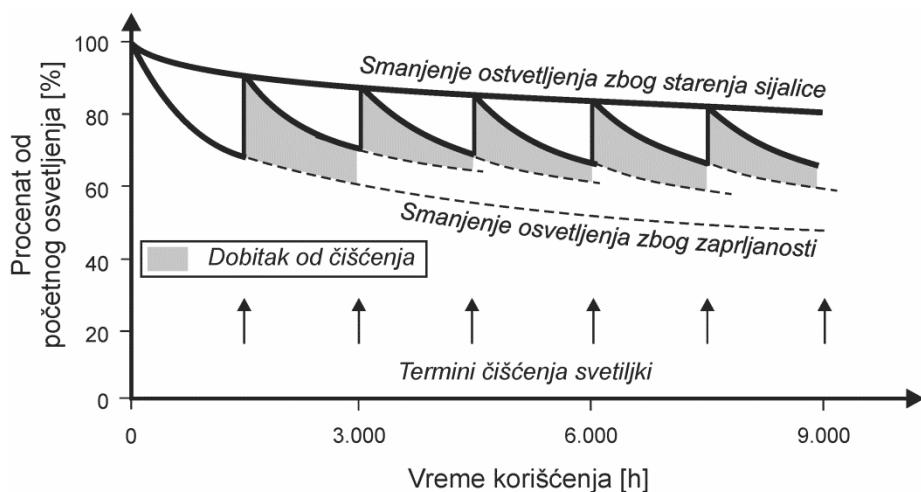
Automatska regulacija osvetljenja obuhvata:

- vremenski upravljačke sisteme, koji isključuju svetlo u skladu sa zadatim planom (van radnog vremena, pauze i sl.), uz opciju da ljudi koji borave u prostorijama mogu lako da zaobiđu upravljački sistem i da upale svetlo po potrebi,
- sisteme koje zavise od prisustva (senzore prisutnosti i pokreta), koji koriste infracrvene, zvučne, ultrazvučne ili mikrotalasne senzore (otkrivaju pokrete ili buku u prostoriji). Oni uključuju svetlo kada je detektovano prisustvo ljudi, a isključuju kada je prostor napušten za unapred postavljeno vremensko kašnjenje,
- regulacione sisteme kontrolisane nivoom dnevne svetlosti (fotosenzori), koji mere prisutnu količinu dnevne svetlosti preko uređaja sa fotoelektričnom čelijom i prema izmerenoj vrednosti podešavaju količinu veštačkog svetla. Fotoelektrični senzor može da kontroliše više svetlosnih tela (centralni) ili da bude postavljen na svakom svetlosnom telu. Bolje je individualno postavljanje fotoelektričnog senzora, u svakom svetlosnom telu pored prozora, pod prepostavkom da je osvetljaj svakog svetlosnog tela precizno regulisan za svaki deo prostora, u funkciji od količine slobodno raspoložive dnevne svetlosti.

Preporučuje se instaliranje senzora pokreta u magacinskim prostorima radi kontrole osvetljenja [23].

Najnovije tehnologije uključuju regulatore prigušenja, koji mere osvetljenost ispod svetlećeg tela i prigušuju sijalicu, da bi obezbedili

osvetljenost prema raspoloživoj dnevnoj svetlosti. Visoko-frekventne elektronske prigušnice obezbeđuju regulisanje nivoa svetlosnog fluksa u rasponu od 100% do 3%. Električna energija koju sijalica troši, praktično je direktno proporcionalna svetlosnom fluksu izvora svetlosti.



Slika 3.18 Efekat održavanja i čišćenja sijalica na nivo svetlosnog izlaza

Efikasnost sistema osvetljenja zavisi od pravilnog izbora svetlosnih izvora, prigušnica (balasta) i električnih svetiljki, ali i od načina održavanja tog sistema. Održavanje sistema električnog osvetljenja obuhvata i čišćenje i zamenu sijalica. Sijalice, instalacije, reflektori, sočiva i difuzori, skupljaju prašinu i insekte. Skupljanje praštine na uređajima osvetljenja i na površinama koje su u njihovoј blizini, smanjuju iskorišćenje osvetljenja za oko 40% i povećava proizvodnju topote. Povremeno čišćenje svetlosnih instalacija, ima za rezultat njihovo očuvanje i ravnomerniju raspodelu nivoa osvetljenja (slika 3.18).

Opadanje vrednosti svetlosnog fluksa električne sijalice javlja se pri njenom starenju. Ovo opadanje može biti znatno ubrzano u slučaju da električna sijalica radi u surovom okruženju, ili ako je sistem električnog osvetljenja podvrnut uslovima za koje nije konstruisan. Na primer, ako se sistem električnog osvetljenja sa fluorescentnim sijalicama uključuje i isključuje svakog minuta, sijalica i balast neće raditi dugo. Gubitak svetlosti, izazvan opadanjem vrednosti svetlosnog fluksa električne sijalice može se povratiti zamenom električne sijalice u instalaciji. Uobičajena strategija pri zameni sijalica u mnogim postrojenjima je da se sačeka da sijalica otkaže (pregori), pa

da se onda zameni. Ova strategija zamena nije nužno najbolje rešenje, jer ne uzima u obzir faktore kao što su cena radne snage za održavanje i opadanje vrednosti svetlosnog fluksa električne sijalice. Po pravilu, sijalice treba menjati kada se fluks smanji za 30% inicijalnog fluksa [10]. Često je ekonomičnije zameniti sve fluorescentne cevi i sijalice sa pražnjenjem u postrojenjima istovremeno. Pojedinačna zamena sijalica ima za posledicu veću cenu radne snage i rezultira manjom efikasnošću osvetljenja, u odnosu na grupnu zamenu električnih sijalica. Međutim, pojedinačna zamena može biti praktičnija u slučajevima kada se koriste svetlosni izvori kratkog radnog veka, kao što su sijalice sa užarenim vlaknom. Za fluorescentna rasvetna tela koja se uključuju prekidačima, zamena startera, prilikom svake druge zamene sijalice, može biti ekonomski opravdana.

3.1.4 Komprimovani vazduh

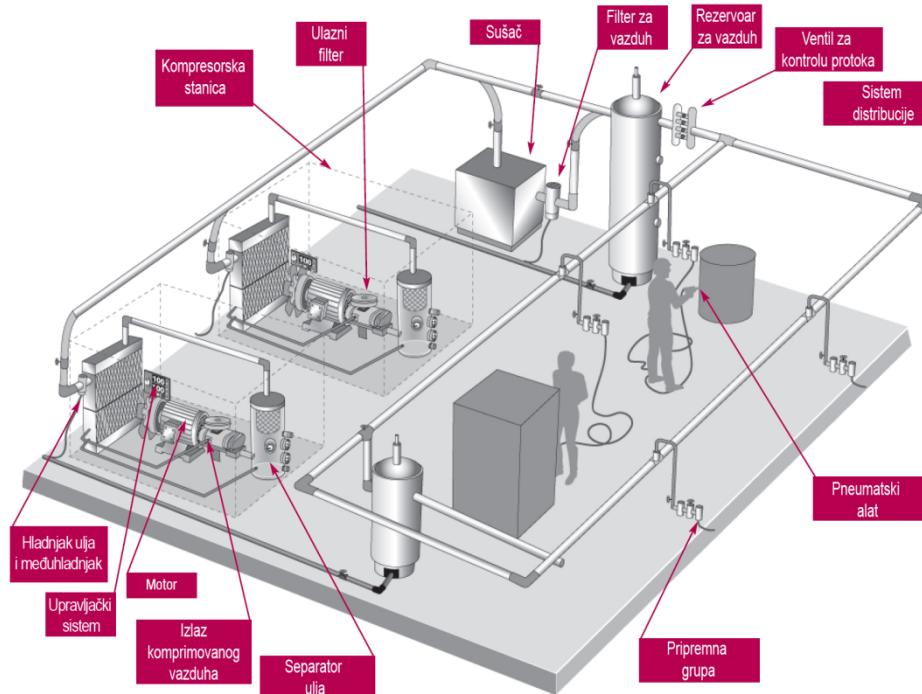
Komprimovani vazduh ima vrlo široku primenu u industriji nameštaja. Svako postrojenje za proizvodnju nameštaja, od malih zanatskih radionica do velikih industrijskih postrojenja, koristi komprimovan vazduh i bez njegovog angažovanja, nijedno postrojenje ne bi moglo da funkcioniše.

Za rad kompresora, koristi se značajna količina električne energije. Karakteristika sistema komprimovanog vazduha je da se samo od 10% do 30% ove energije iskoristi od strane krajnjih korisnika [25] i zato neefikasnost ovih sistema treba svesti na najmanju moguću meru. Unapređivanjem komponenata i sistema komprimovanog vazduha, kao i njihovim pravilnim korišćenjem, može se uštedeti od 20% do 50% električne energije, redukovati troškovi, smanjiti vreme zastoja i povećati produktivnost [26].

Postoji relativno veliki broj mera i aktivnosti, koje se mogu sprovoditi u cilju smanjenja utroška energije, u sistemima komprimovanog vazduha. Prema mestu primene, mogu se sistematizovati na mere u podsistemima:

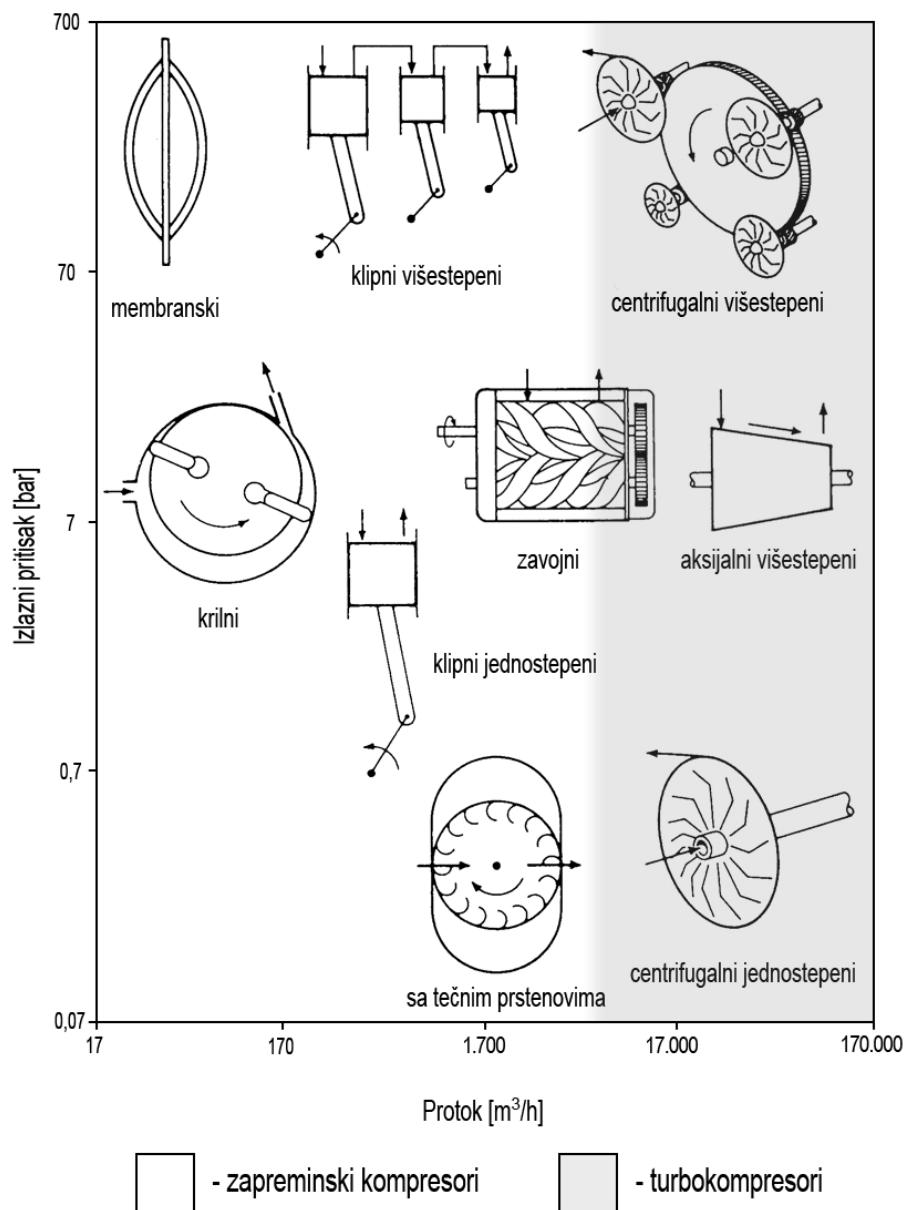
1. generisanja i pripreme komprimovanog vazduha,
2. razvoda komprimovanog vazduha,
3. upotrebe komprimovanog vazduha.

Pri analizi korišćenja energije u sistemu komprimovanog vazduha, ovaj sistem se mora analizirati kao celina, a ne kao suma sastavnih delova. Izvođenje izmena u delu sistema, bez uzimanja u obzir njegovog uzajamnog dejstva sa ostalim delovima sistema, može dovesti do značajnog smanjenja količine korišćenog vazduha, ali uz minimalno smanjenje utroška energije.



Slika 3.19 Sistem komprimovanog vazduha u industrijskom preduzeću

Osnovni element u podsistemu za proizvodnju i pripremu vazduha pod pritiskom su kompresori - mašine za generisanje komprimovanog vazduha. Pored kompresora, ovaj podsistem se sastoji od upravljačkog sistema, međuhladnjaka za vazduh, hladnjaka za ulje, separatora za ulje i vodu i pripadajuće opreme (manometara, termometara, ventila, oklopa oko kućišta kompresora, itd.) (slika 3.19). Obzirom da su radni pritisci vazduha koje zahtevaju potrošači u postrojenjima industrije nameštaja oko 6 bar - 7 bar, najrasprostranjeniji metod komprimovanja vazduha u ovoj industriji je upotreba jednostepenih rotacionih zavojnih (vijčanih) kompresora sa ubrizgavanjem tečnosti za podmazivanje (slika 3.20). Njihova popularnost leži u činjenicama da su jeftiniji i da se lakše održavaju od klipnih kompresora, iako su manje efikasni od njih (posebno kada su delimično opterećeni). U manjem broju postrojenja ove industrije, naročito u onim kod kojih su zahtevi za količinom komprimovanog vazduha manji, koriste se i jednostepeni klipni kompresori.



Slika 3.20 Karakteristike kompresora koji se koriste u industrijskim sistemima [25]

Mali broj sistema komprimovanog vazduha funkcioniše pod punim opterećenjem sve vreme. Delimično opterećeni sistemi su, prema tome, kritični, i njihove performanse, na prvom mestu, zavise od tipa kompresora i strategije upravljanja. Za sistem koji ima jedan kompresor sa veoma ravnomernom potražnjom, prikladno rešenje je jednostavan upravljački sistem. Sa druge strane, kompleksan sistem sa nekoliko kompresora, potražnjom koja varira i sa mnogo krajnjih korisnika, zahteva puno sofisticiraniju strategiju upravljanja.

Upravljački sistem kompresora (koji predstavlja njegov integralni deo) usklađuje snabdevanje komprimovanog vazduha sa potrebama potrošača i predstavlja jedan od najvažnijih elemenata sveukupne efikasnosti sistema. Izbor ovog sistema je značajan, jer troškovi energije čine oko 75% - 80% ukupnih troškova komprimovanog vazduha, u desetogodišnjem periodu rada sistema⁹ [2].

Sistemi sa komprimovanim vazduhom su obično projektovani da funkcionišu na stalnom (željenom, zadatom) pritisku, koji se podešava u upravljačkom sistemu. To praktično znači, da se pritisak na izlazu iz kompresora uspostavlja u zavisnosti od stanja u razvodnoj mreži (lokalnih i usputnih otpora i radnog pritiska koji zahtevaju krajnji potrošači), a kada se dostigne neka željena vrednost pritiska na izlazu, slanje komprimovanog vazduha iz kompresora u sistem se prekida. Treba razmotriti mogućnosti za sniženjem pritiska na izlazu iz kompresora, jer se time smanjuje potrošnja električne energije i produžava njegov radni vek. Može se uzeti da snižavanje pritiska na izlazu iz kompresora za 1 bar, smanjuje potrošnju električne energije za rad kompresora za 6% - 10% [7].

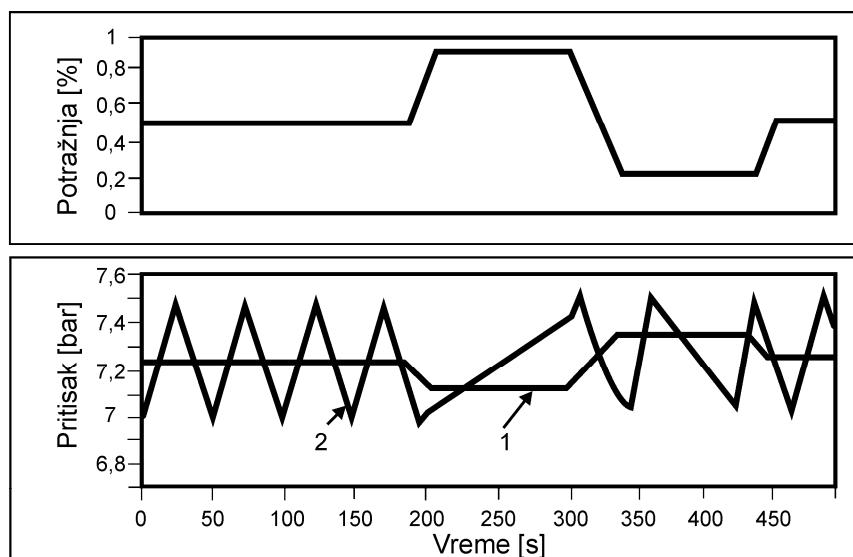
Sa druge strane, protok (kapacitet) kompresora varira od potražnje sistema i njime se upravlja. Za ovakvo funkcionisanje sistema komprimovanog vazduha, proizvođači kompresora su razvili više različitih upravljačkih strategija, koje se mogu svrstati u sledeće dve grupe (slika 3.21):

- diskretno upravljanje protokom (kapacitetom) kompresora,
- kontinualno upravljanje protokom (kapacitetom) kompresora [27,28].

Sistemi diskretnog upravljanja su najčešće korišćeni sistemi upravljanja kompresora, a podrazumevaju diskretno upravljanje i podrazumevaju varijaciju pritiska između dve zadate vrednosti. Razlika ova dva pritiska se naziva kontrolni opseg, koji se kreće u opsegu od 0,3 bar do 1 bar, u zavisnosti od primjenjenog sistema i dozvoljenog broja ciklusa u određenom vremenskom

⁹ 10%-15% su kapitalni troškovi nabavke opreme, a 10% su troškovi održavanja.

intervalu. Izvodi se kao upravljanje *uključivanjem/isključivanjem pogonskog motora* ili kao *upravljanje praznim hodom*. Količina vazduha koju kompresor proizvodi, veća je od količine vazduha koja se troši u sistemu. Neposredno posle kompresora, ugrađuje se rezervoar vazduha pod pritiskom, koji prima stvoreni višak vazduha¹⁰. Kada pritisak u sistemu dostigne višu vrednost zadatog pritiska, pogonski elektromotor kompresora se isključuje ili se kompresor rasterećuje, tako što nastavlja da radi, ali ne šalje komprimovani vazduh u sistem. Potrošnja vazduha u sistemu se nastavlja iz stvorene rezerve vazduha u rezervoaru i pritisak u sistemu počinje da opada. Kada pritisak opadne do niže vrednosti zadatog pritiska, pogonski elektromotor se ponovo uključuje ili se kompresor „opterećuje“ (ponovo se šalje vazduh u sistem), pa pritisak u sistemu ponovo počinje da raste.



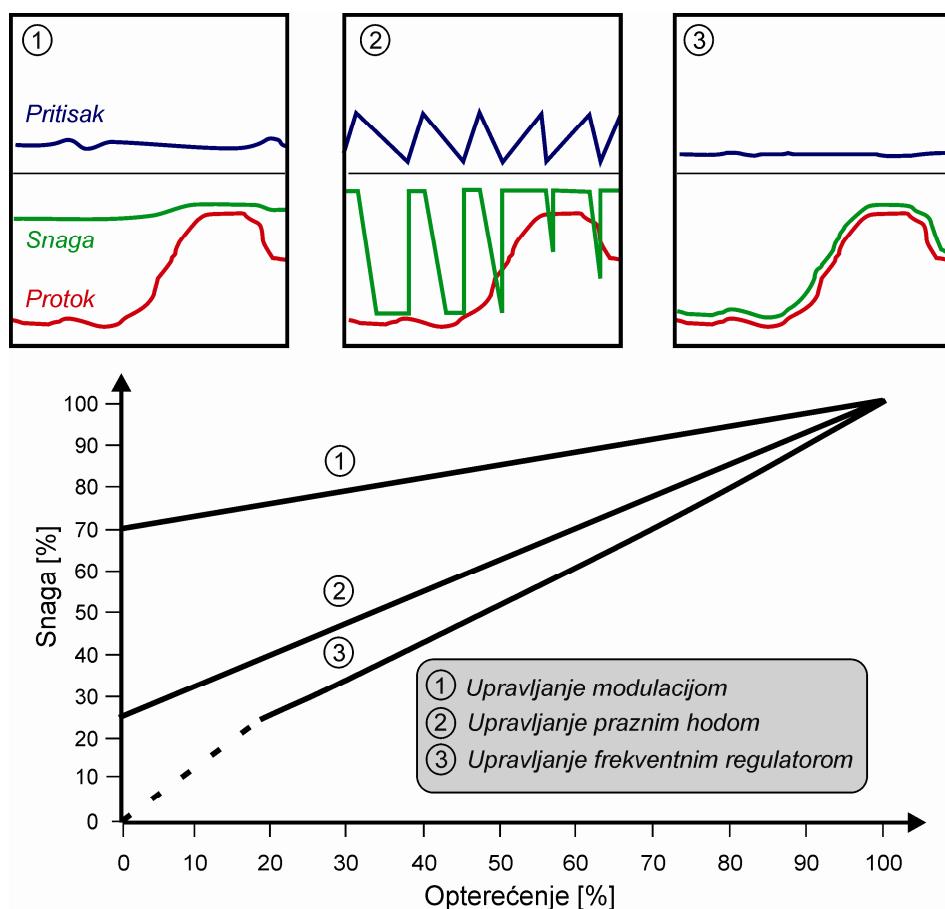
1. Kontinualno upravljanje protokom, 2. Diskretno upravljanje protokom

Slika 3.21 Principi upravljanja radom kompresora

Upravljanje uključivanjem/isključivanjem pogonskog elektromotora pritisnim prekidačem je najjednostavniji sistem upravljanja i može biti

¹⁰ U izuzetno retkim situacijama, kada je zapremina pneumatskih vodova dovoljno velika da primi višak vazduha i spreči često ponavljanje pomenutih ciklusa, rezervoari se ne ugrađuju.

primjenjen na klipne i rotacione zavojne kompresore. Elektromotor koji pokreće kompresor, uključuje se i isključuje u zavisnosti od pritiska na izlazu iz kompresora (ulazu u rezervoar). Ovaj način rada je energetski efikasan, ali ga ne bi trebalo koristiti u sistemu koji zahteva veliki broj prekida rada pogonskog elektromotora i ponovnog uključivanja, jer, kao što je napomenuto u glavi 3.1.2, često ponavljanje pokretanja elektromotora može izazvati njegovo pregrevanje i povećane troškove održavanja ostalih komponenata sistema. Ova upravljačka strategija se koristi kod manjih agregata pogonske snage do 10 kW [28].



Slika 3.22 Poređenje potrošnje energije jednostepenih rotacionih zavojnih kompresora sa ubrizgavanjem tečnosti za podmazivanje, za različite upravljačke strategije

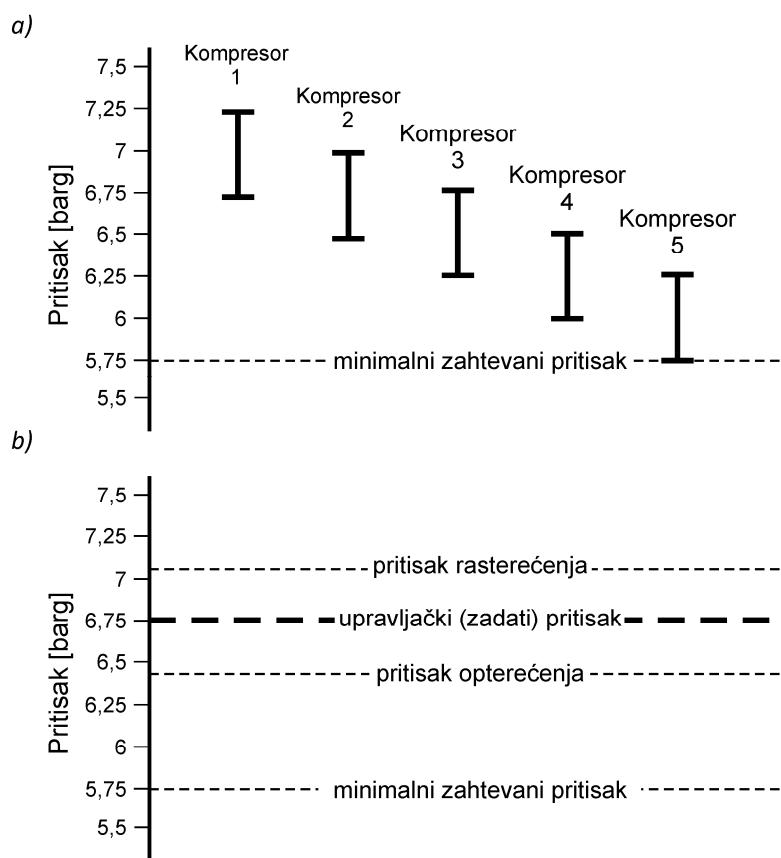
Upravljanje praznim hodom dozvoljava elektromotoru kompresora da radi kontinualno, a rasterećuje kompresor kada pritisak dostigne određenu vrednost. Ova upravljačka strategija se koristi kod kompresora pogonske snage preko 5 kW. Proizvođači kompresora koriste razne upravljačke strategije za rasterećenje kompresora: ispuštanje vazduha direktno u atmosferu otvaranjem ventila, zatvaranje usisnog voda pomoću ugrađenog ventila u usisnom vodu (kod klipnih i zavojnih kompresora) i otvaranje usisnog voda pomoću posebnog mehanizma (hvatača) koji drži usisni ventil u otvorenom položaju (kod velikih klipnih kompresora) [29]. U većini slučajeva, neopterećeni rotacioni zavojni kompresor koristi 15% - 35% snage koju koristi pri punom opterećenju [30]. Ovaj sistem upravljanja je opravdano koristiti kod kompresorskih sistema, kod kojih zahtev za komprimovanim vazduhom prelazi 80% nazivnog protoka kompresora [10]. Da bi se povećala efikasnost upravljačkog sistema, čest je slučaj da se posle određenog vremena rada u praznom hodu, elektromotor kompresora isključi.

Kontinualno upravljanje protokom (kapacitetom) kompresora, podrazumeva neprekidnu varijaciju protoka u skladu sa varijacijom pritiska, čime se ostvaruje znatno uži kontrolni opseg pritiska (0,1 bar - 0,5 bar, slika 3.21). Ostvaruje se *prigušivanjem usisnog voda* (tzv. „modulacijom“) ili *promenom ugaone brzine pogonskog elektromotora*.

Upravljanje prigušivanjem usisnog voda, ostvaruje se prigušivanjem ventila postavljenog u usisnom vodu kompresora. Koristi se kod zavojnih kompresora sa ubrizgavanjem tečnosti za podmazivanje. Modulacijom ulaznog ventila, u određenom rasponu (obično od 40% do 100% od nominalnog [30]), količina vazduha koju proizvodi kompresor, kontinualno se usklađuje sa zahtevima sistema. Prigušivanjem ulaznog ventila, povećava se razlika (porast) pritiska koju stvara kompresor, pa ovaj sistem upravljanja nije energetski efikasan. Kod većine tipova tradicionalnih modulacijskih upravljanja, u slučaju dostizanja pomenute donje granice kapaciteta i punog opterećenja, kompresor se potpuno rasterećuje, kao kompresor upravljan praznim hodom (tzv. „auto-dualno“ upravljanje).

Protok zapreminske kompresore je proporcionalan brzini rotacije njegovog vratila. Kompresori opremljeni pogonom promenljive brzine, neprekidno prilagođavaju ugaonu brzinu elektromotora, da bi se na taj način izlaz iz kompresora (njegov protok) prilagodio promenljivoj potražnji iz sistema. Najefikasniji način varijacije brzine je upotreba elektromotora sa frekventnim regulatorima, o kojima je već bilo reči u glavi 3.1.2. Njihovom primenom, izlazni pritisak kompresora se može održavati unutar uskog intervala (obično $\pm 0,1$ bar),

kroz širok raspon kapaciteta (od 15% do 100% nominalnog kapaciteta kod zavojnih kompresora). Tipične uštede energije, u odnosu na upravljanje praznim hodom, kreću se od 10% do 15%, kada kompresor prosečno funkcioniše sa 40% - 75% nominalnog kapaciteta [10, 28] (slika 3.22). Ovakvi kompresori se najčešće koriste u multikompresorskim sistemima kao „trim“ kompresori, kako bi se ostvarile najveće energetske uštede.



Slika 3.23 Principi sekvenčnog upravljanja radom više kompresora

Upravljanje sistemom sa više kompresora, ima za cilj usklađivanje rada više kompresora koji zajedno snabdevaju pneumatski sistem, vazduhom pod željenim pritiskom, uz minimalni utrošak energije. Čest uzrok energetske neefikasnosti ovakvih sistema je istovremeni rad više delimično opterećenih kompresora, kako bi se proizvodnja vazduha pod pritiskom uskladila sa

potrošnjom. Takav rad rezultira većom potrošnjom energije za 10% do 15% u odnosu na dobro upravljan jedinstveni multikompresorski sistem [30].

U višekompresorskim sistemima industrije nameštaja koriste se, po pravilu, zapreminske kompresori istog tipa i za upravljanje njihovim radom se najčešće koristi *mrežno sekvensijalno (kaskadno) upravljanje*¹¹. Zadatak ovakvog upravljanja je da ravnomerno raspodeli angažovanje svih kompresora. Za tu namenu koriste se mikroprocesori za upravljanje svakog pojedinačnog kompresora, povezani da zajedno formiraju lanac komunikacije, koji odlučuje o uključivanju/isključivanju, opterećenju/rasterećenju, prigušivanju usisnog voda ili promeni brzine svakog kompresora. Manje sofisticirani mrežni sistemi koriste *kaskadno upravljanje sistemom kao celinom*, kod koga se kompresori uključuju i isključuju iz sistema sa promenom opterećenja u sistemu, tako što svaki kompresor dobija komandu sa „svog“ pritisnog prekidača (slika 3.23 - a). Sofisticiraniji upravljački sistemi kaskadnog upravljanja koriste samo jedan, *centralno postavljen analogni davač pritiska*, koji omogućava niži kontrolni opseg pritisaka sistema (slika 3.23 - b). U sistemima sa zapreminskim kompresorima (klipni, zavojni) kompresori rade sa punim kapacitetom, sem jednog („trim“ kompresor) koji funkcioniše delimično opterećen (najbolje rešenje ako je frekventno regulisan). Ako su kompresori različitih kapaciteta, treba varirati samo protok kompresora najmanjeg kapaciteta.

Nije redak slučaj da se sistem snabdeva komprimovanim vazduhom i u slučajevima kada uređaji koji ga koriste ne funkcionišu (neradno vreme za postrojenje koje ne radi u sve tri smene, vikend, praznici, kolektivni godišnji odmori, periodi remonta opreme, itd). To ima za posledicu nepotreban rad kompresora sa malim kapacitetom, koji pokriva samo gubitke usled curenja komprimovanog vazduha. Da bi se sprečilo nastajanje ovakvih gubitaka, potrebno je postaviti ventile za izolaciju na odgovarajućim mestima u distributivnom sistemu, kako bi se pojedini delovi cevovoda mogli „isključiti“ iz napajanja, tako da to ne smeta ostalim potrošačima. Poželjno je da upravljanje i nadzor nad ovim ventilima bude daljinsko.

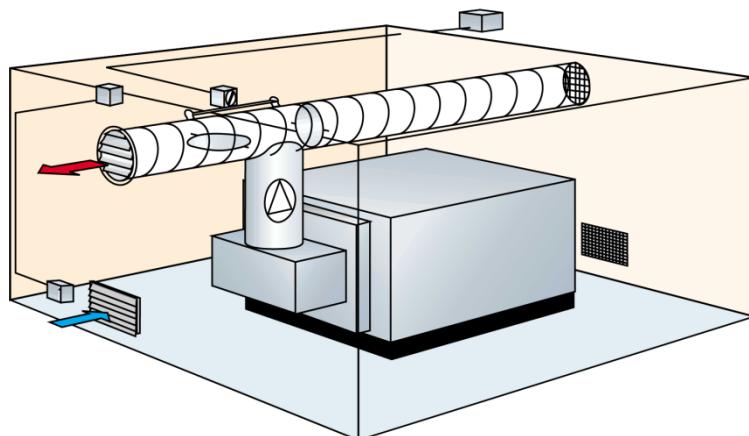
Da bi se održao efikasan rad kompresora, neophodno je odgovarajuće održavanje. U tom cilju, potrebno je preduzeti sledeće korake:

- obučiti osoblje koje održava kompresore prema standardima postavljenim od strane proizvođača i zahtevima dobre prakse,

¹¹ Kod složenijih kompresorskih sistema većih kapaciteta, koristi se centralizovano upravljanje (single master control) [30]

- obezbediti dovoljno prostora oko kompresora, kako bi se održavanje obavljalo bez smetnji i u što kraćem roku,
- menjati usisne i ostale filtere (za ulje i vodu) u predviđenim intervalima,
- obezbediti da se sredstva za hlađenje održavaju čistim.

Izbor odgovarajućih sredstava za podmazivanje kompresora može da značajno utiče na efikasan rad kompresora. Na primer, primena sintetičkih lubrikanata može da smanji nivo trenja do 8%, produži servisni period i može da napravi ekološki pogodniji, biodegradabilni, ekološki prihvatljivi kondenzat. Tako se može povećati efikasnost rada kompresora, ali se, za svaku promenu sredstva za podmazivanje, mora dobiti odobrenje proizvođača kompresora [29].



Slika 3.24 Regeneracija toplote iz vazdušno hlađenog kompresora za zagrevanje prostora

Od 80% do 95% električne energije, koju koriste industrijski kompresori za sabijanje vazduha, pretvara se u toplotu. Rashladnim fluidima (vodom ili vazduhom) kod kvalitetno projektovanog i izvedenog sistema za regeneraciju toplote¹², od ove količine se može iskoristiti od 50% do 90% energije za različite potrebe [30]. Procjenjuje se da je oko 15 kW toplotne energije na raspolaganju na svakih 500 l/s kapaciteta kompresora (pri punom opterećenju) [14]. U

¹² Moguće je kompresore kupiti sa kompletom za regeneraciju toplote, ali je uvek bolje namenski projektovati sistem prema karakteristikama i potrebama postrojenja, čiji je kompresorski sistem sastavni deo.

industriji nameštaja, najčešće se ova otpadna toplota može koristi za zagrevanje vazduha u proizvodnoj hali. To je ujedno i najjednostavnije rešenje za upotrebu otpadne toplote (slika 3.24). Generalno, periodi isplativosti korišćenja otpadne toplote u različitim industrijskim preduzećima su, obično, vrlo kratki (neretko manji od jedne godine [31]), ali se regeneracija otpadne toplote obično ne uzima u razmatranje kao opcija u industriji nameštaja, jer se proizvodne hale, po pravilu, zagrevaju toplotom dobijenom od otpadne biomase, koja nastaje obradom drveta u proizvodnom procesu. Druge moguće primene otpadne toplote obuhvataju: procese sušenja, predgrevanje vazduha za sagorevanje i zagrevanje tople vode, o kojima treba razmišljati pri ugradnji novog kompresora.

Temperatura vazduha na ulazu [°C]	Promena količine vazduha [%]	Ušteda energije [%]
10,0	101,9	1,4
15,5	100	-
21,1	98,1	-1,3
26,6	96,3	-2,5
32,2	94,5	-4,0
37,7	92,9	-5,0
43,3	91,2	-5,8

Tabela 3.7 Uticaj temperature vazduha u usisnom vodu na potrošnju električne energije kompresora

Mesto ugradnje kompresora u fabričkom postrojenju može značajno da utiče na njegov rad. Kompresore treba ugraditi na mestu koje omogućava usisavanje čistog, suvog i hladnog vazduha. Po pravilu, usisava se vazduh iz spoljašnje sredine, sem u situacijama ekstremno niskih spoljašnjih temperatura, što obezbeđuje efikasno funkcionisanje kompresora i redukciju troškova električne energije. Hlađenjem ulaznog vazduha, poboljšava se efikasnost

kompresora i kvalitet dobijenog vazduha pod pritiskom, jer se smanjuje količina unete vlage u sistem. Snižavanje ulazne temperature vazduha za 4°C, izaziva 1% smanjenje potrošnje električne energije za rad kompresora (tabela 3.7) [7]. Ulagani vazduh može da se hlađi posebnim hladnjacima do -20 °C ili -25 °C, čime se dobija tačka rošenja pod radnim pritiskom od oko 0 °C, a kao dodatna prednost, vazduh se oslobađa čestica prljavštine, jer se one izdvajaju sa kondenzovanom vodom na cevima hladnjaka [29]. Ulagani otvor za vazduh treba obezbediti od kiše, insekata i nanosa prašine koja bi mogla da zaguši usisni filter. Uz adekvatan izbor i održavanje filtera u usisnom vodu, treba voditi računa da usisni vod kompresora bude što je moguće kraći (sa što manje krivina) i da ima što veći unutrašnji prečnik, kako bi se smanjili gubici pritiska pri strujanju vazduha. Svakih 25 mbar pada pritiska u dovodnom vodu vazduha, smanjuje efikasnost kompresora za 2% [7].

Priprema komprimovanog vazduha obuhvata: sušenje komprimovanog vazduha, njegovo početno filtriranje i stabilizaciju pritiska u sistemu. Sušači treba da budu određeni i izabrani na osnovu performansi sistema i potrošnje energije u sistemu. Važno je pripremiti stvarne tehničke specifikacije količine ulaznog vazduha koju treba sušiti, kao i njegovu temperaturu i pritisak. Ako je ulazna temperatura vazduha veća od projektovane temperature sušača, sušač će morati da otkloni više vlage od one za koju je projektovan, što zahteva više energije za regeneraciju sredstva za sušenje. Ostale preporuke se odnose na adekvatno održavanje filterskih elemenata, u cilju održavanja predviđenog pada pritiska vazduha kroz njih.

Mere koje se odnose na razvod komprimovanog vazduha uključuju:

- adekvatno održavanje sistema za razvod,
- obezbeđenje adekvatnog kapaciteta skladištenja (rezervoara) komprimovanog vazduha u sistemu i
- pravilno dimenzionisanje pneumatskih vodova.

Loše projektovan, nekvalitetno izveden i loše održavan sistem razvoda (distribucije) vazduha pod pritiskom, prouzrokuje mnoge probleme u radu (uključujući i energetske gubitke) i dovodi do skupih popravki i zastoja u radu proizvodne opreme. Redovna inspekcija curenja, provjera ispravnosti odvajača kondenzata i pražnjenje nagomilane prljavštine i emulzije iz odvajača kondenzata, samo su neki od postupaka održavanja koji moraju redovno da se obavljaju.

Isticanje vazduha kroz pukotine (curenje vazduha) može predstavljati značajan gubitak energije. Kod tipičnog pogona koji nije pravilno održavan, nekad i do 30% ukupne proizvedene količine vazduha iz kompresora, izgubi se

curenjem [26]. Iskustvo u drvnoj industriji, pokazalo je da se, u ekstremnim slučajevima, curenjem gubi i do 50% kapaciteta sistema kompresora [5]. Pravilnim preduzimanjem preventivnih mera, detekcijom i popravkom mesta curenja, ovu vrstu gubitka možemo svesti na manje od 10%, od ukupne proizvedene količine vazduha.

Curenjem se gubi energija vazduha koji pod pritiskom ističe u atmosferu, što dovodi do nepotrebnog povećanja kapaciteta angažovanog(ih) kompresora. Sem toga, curenje izaziva pad pritiska u sistemu, što može smanjiti efikasnost uređaja koji koriste komprimovani vazduh. Takođe, zbog rada na nižem pritisku oprema mora raditi duže, pa curenje smanjuje radni vek skoro sve opreme uključujući i samog kompresora. Povećanje vremena rada opreme, povećava potrebe za održavanjem i neplanirane zastoje.

Curenje se pojavljuje kod bilo kog dela opreme, najčešće na:

- spojevima, crevima, cevima i priključcima,
- regulatorima pritiska,
- otvorenim odvajačima kondenzata i isključnim ventilima,
- spojevima cevi, zaptivačima, spojevima opreme i cevi, pukotinama, itd.

Za procenu količine vazduha koja curi iz sistema mogu se, u osnovi, koristiti dva metoda:

- određivanje ukupne količine vazduha koja curi iz sistema,
- određivanje količine vazduha koja curi kroz uočene pukotine, na osnovu kojih se ocenjuje ukupno curenje iz sistema [26].

Prvi način se može koristiti za procenu količine vazduha, koja ističe iz diskretno upravljenih kompresora. U trenutku kad je sva oprema isključena (kada nema potrošnje) potrebno je pokrenuti kompresor. Iстicanje vazduha izaziva pad pritiska u sistemu, pa će se zato kompresor uključivati/isključivati ili opterećivati/rasterećivati. Ukupno curenje, izraženo u procentima kapaciteta kompresora $Q_{m\ rel}$ [%], može se izračunati kao:

$$Q_{m\ rel} = \frac{t_r}{t_r + t_s} \cdot 100 \ [\%], \quad (3.2)$$

gde su:

- t_r [min] – vreme rada kompresora,
 t_s [min] – vreme zastoja kompresora.

Sem na ovaj način, ukupna količina vazduha koja curi iz sistema se može odrediti ugradnjom manometra na izlazu iz rezervoara. Kada se pritisak na

izlazu iz rezervoara dovede do nivoa p_1 [bar], prekida se dovod vazduha (zatvara se ventil na izlazu iz rezervoara). Beleženjem vremena t [s], koje je potrebno da pritisak na izlazu iz rezervoara opadne na vrednost p_2 [bar], uz poznavanje ukupne zapremine glavnih vodova i prijemnika (rezervoara) V_v [m^3], zapreminski protok curenja Q [m^3/s] se računa po [2]:

$$Q = \frac{V_v}{t} \cdot \frac{p_1 - p_2}{p_a}, \quad (3.3)$$

gde je p_a [bar] atmosferski pritisak.

Za upotrebu drugog metoda, potrebno je odrediti količinu vazduha koja curi kroz uočene otvore. Količina vazduha u jedinici vremena (maseni protok Q_m [kg/s]) koja iscuri kroz otvor, može se računati iz sledećeg izraza [25], [32]:

$$Q_m = A \cdot \alpha \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\chi}{\chi-1} \cdot p_1 \cdot \rho_1 \cdot \left[\left(\frac{p_a}{p_1} \right)^{\frac{2}{\chi}} - \left(\frac{p_a}{p_1} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} \right]}, \quad (3.4)$$

gde su:

A [m^2] – površina otvora,

α [-] – koeficijent protoka¹³,

p_1 [Pa] – apsolutni pritisak u instalaciji na mestu isticanja,

p_a [Pa] – atmosferski pritisak,

ρ_1 [kg/m^3] – gustina vazduha u instalaciji na mestu isticanja,

$\chi = 1,41$ – eksponent izentrope za vazduh.

U slučaju da je pritisak u sistemu veći od 1,894 bar¹⁴, tj. kada je odnos pritisaka p_1/p_a manji od kritičnog odnosa 0,528, za maseni protok vazduha koristi se sledeći izraz:

$$Q_m = A \cdot \alpha \cdot \sqrt{2 \cdot \chi \cdot p_1 \cdot \rho_1 \cdot \left[\frac{2}{\chi+1} \right]^{\frac{\chi+1}{\chi-1}}}. \quad (3.5)$$

¹³ Koeficijent protoka zavisi od oblika otvora i režima strujanja vazduha, a može se približno odrediti kao $\alpha=0,64$ za pukotine oštrih ivica, tj. $\alpha = 0,97$ za otvore ili pukotine zaobljenih ivica.

¹⁴ Za atmosferski pritisak od 1 bar

Na osnovu ovako određenog masenog protoka vazduha, godišnji troškovi zbog curenja komprimovanog vazduha kroz otvor T_{kos} [€] mogu se izračunati korišćenjem sledećeg izraza [26]:

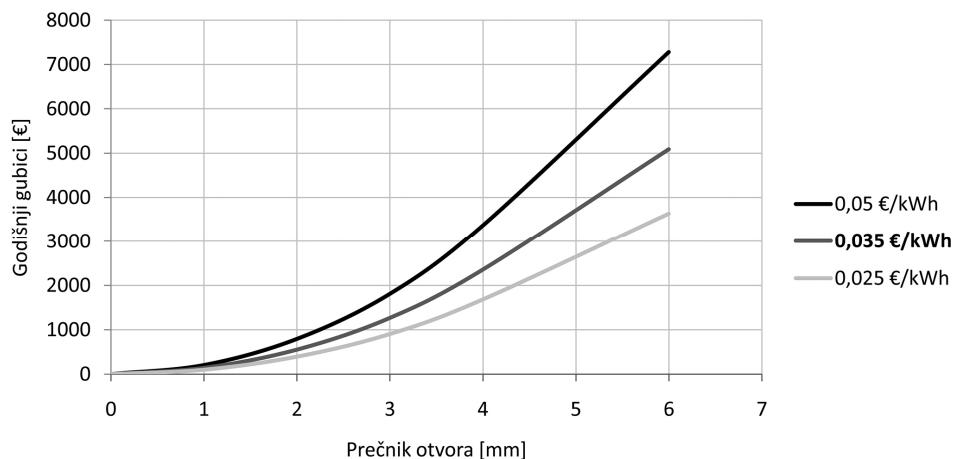
$$T_{kos} = \frac{3.600 \cdot Q_m}{\rho_1} \cdot P_{sp} \cdot t \cdot C_e, \quad (3.6)$$

gde su:

P_{sp} [kW/m³/h] – specifična potrošnja električne energije za komprimovanje vazduha,

t [h/god] – godišnje angažovanje sistema komprimovanog vazduha,

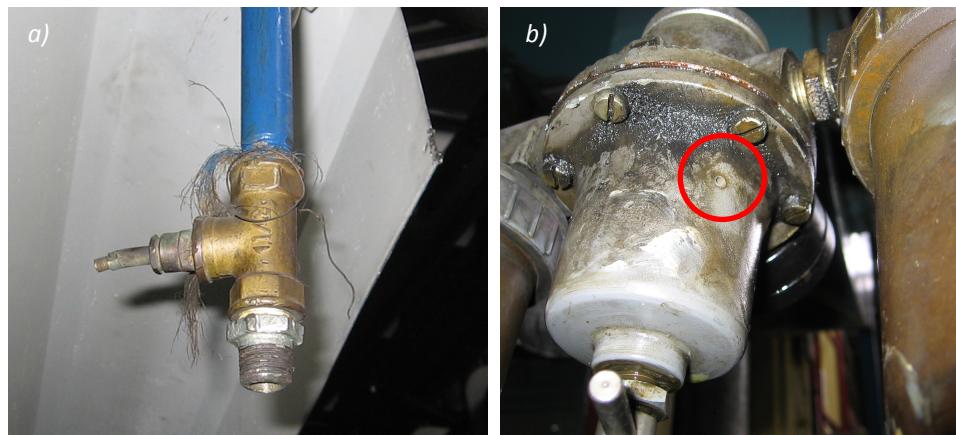
C_e [€/kWh] – (osrednjena) cena električne energije.



Slika 3.25 Godišnji troškovi zbog curenja vazduha kroz otvore u funkciji cene električne energije i prečnika otvora kružnog poprečnog preseka

У slučaju kada радни притисак у систему, који ради у proseku 6.000 h/god, iznosi 7 bar, specifična порошња електричне енергије 0,11 kW/m³/h, проценjeni годишњи трошкови zbog curenja vazduха кроз отворе круžног попреčног пресека у функцији од цене електричне енергије и пречника отвора, приказани су на слици 3.25. Очигледан је значajan porast трошкова са повећањем пречника отвора из којег истиче компримовани vazduh. Само на једном отвору пречника 3 mm годишње се губи око 2.000 € zbog curenja komprimovanog vazduha (за цену електричне енергије од 0,05 €/kWh). Може се запазити да су годишњи трошкови curenja kroz otvore značajni i pri trenutnoj relativno niskoj prosečnoj ceni

električne energije u industriji Srbije. Ne treba zaboraviti da u velikom broju naših industrijskih preduzeća, zbog dugogodišnjeg neadekvatnog održavanja, ima na desetine lokacija kod kojih se javlja curenje vazduha (kao što je prikazano na slici 3.26) [33].



Slika 3.26 Primeri neadekvatnog održavanja instalacija komprimovanog vazduha u jednom domaćem industrijskom preduzeću, a) neispravan ventil-slavina, b) otvor prečnika 3,5 mm na pripremnoj grupi

Curenje vazduha je skoro nemoguće vizuelno uočiti, pa postoje drugi metodi za njegovo lociranje. Najrasprostranjeniji je ultrazvučni metod detektovanja curenja. Ultrazvučni detektor se sastoji od usmerenog mikrofona, pojačala, audio filtera i obično vizuelnog indikatora ili slušalica za detektovanje curenja (slika 3.27). Ovim detektorima, mogu se otkriti mesta "srednjih" i "velikih" curenja. Prednost ultrazvučnog detektovanja curenja je svestrana primena, brzina, lakoća upotrebe, tačnost, mogućnost ispitivanja opreme u radu, itd.

Jednostavniji metod detekcije curenja je nanošenje četkom mešavine vode i sapuna na mesta kod kojih očekujemo curenje. Lako pouzdan, ovaj metod zahteva više vremena.

Curenja se najčešće pojavljaju na spojevima i vezama. Često se može lako i jednostavno zaustaviti učvršćivanjem spojeva, a nekad je potrebno izvesti složenije radove, kao što je zamena neispravnih delova (cevi, filtera, sušača, itd.). U mnogim slučajevima curenje je izazvano neočišćenim navojima na spojevima ili lošim i nepravilnim postavljanjem zaptivača. Treba odabratи visoko

kvalitetnu opremu i cevi, i izvršiti pravilnu montažu uz korišćenje adekvatnih zaptivača.

Oprema koja se ne koristi takođe može biti izvor curenja. Ukoliko se ne koristi u dužem periodu, takvu opremu treba izolovati ventilom od ostatka sistema.



Slika 3.27 Ultrazvučni detektor curenja

Drugi način da se smanji curenje je smanjenje pritiska u sistemu. Održavanje pritiska u sistemu na najnižem primenljivom pritisku, minimiziraće curenje iz sistema.

Jednom kad su curenja popravljena, potrebno je ponovo proceniti mogućnosti uštede energije, analiziranjem upravljačkog sistema kompresora.

Rezervoari su posude pod pritiskom koje se ugrađuju iza kompresora sa zadatkom da:

- stabilizuju i umire pulzacije pritiska u sistemu (naročito kod klipnih kompresora),
- spreče kratkotrajne radne cikluse kompresora (prečesto uključivanje/isključivanje (rasterećivanje/opterećivanje) kompresora,
- usklade vršnu potrošnju vazduha sa mogućnostima proizvodnje (akumuliraju vazduh pod pritiskom za kratkotrajne periode vršne potrošnje vazduha, koje prevazilaze kapacitete kompresora),

- odvajaju kondenzat (vlagu koja nastaje zbog hlađenja vazduha u naknadnim hladnjacima) i pare lubrikanta, zajedno sa krupnijim nečistoćama iz komprimovanog vazduha, koje se talože na dno rezervoara,
- rashlade vazduh, koji se zagreva pri sabijanju u kompresoru.

Samo pravilno dimenzionisan, izведен i ugrađen rezervoar može da obavi navedene zadatke. Nivo komprimovanog vazduha, uskladištenog u razvodnom sistemu, može uticati na rad sistema. Neadekvatan kapacitet (zapremina) rezervoara, uslovljava potrebu korišćenja kompresora većeg kapaciteta, kako bi se obezbedila količina vazduha za kratkotrajnu vršnu potražnju. U suprotnom, postojaće primetno smanjenje pritiska kod krajnjih korisnika (čime se ne obezbeđuje potrebna snaga kod potrošača) ili se može javiti nedovoljna količina vazduha koja značajno usporava rad izvršnih organa. Veličina rezervoara zavisi od namene, potrošnje vazduha, kapaciteta kompresora, upravljačkog sistema kompresora, itd. Izrazi za proračun potrebne zapremine rezervoara, mogu se naći u relevantnoj literaturi [27], [28]. Rezervoari se izvode kao vertikalni i horizontalni, a prilikom određivanja mesta za njihovu ugradnju, pored pristupačnosti, mora se voditi računa i o dovoljnom prostoru za njihovo prirodno hlađenje¹⁵. Zato se rezervoari ne ukopavaju ili postavljaju u kanale.

Dimenzionisanje vodova koje se obavlja pri projektovanju sistema, bitno je za smanjenje pada pritiska u sistemu. Posledice poddimenzionisanja cevovoda značajno utiču na energetsku efikasnost sistema, jer dovode do suviše velikih brzina strujanja vazduha i time do povećanog pada pritiska, koji zavisi od kvadrata te brzine [34]. Pored toga, velike brzine strujanja smanjuju i sposobnost izdvajanja kondenzata. Zato se dozvoljena brzina u glavnom vodu ograničava na 3 m/s do 6 m/s. Veće vrednosti brzine vazdušne struje (do 20 m/s) mogu biti prihvatljive kod kraćih vodova za distribuciju vazduha pod pritiskom (maksimalno 8 m dužine). Ciljna vrednost za pad pritiska u glavnom vodu pri punom kapacitetu sistema, ne bi trebalo da bude veća od 0,1 bar [7]. Visok pad pritiska zahteva dodatnu energiju i često se manifestuje kao izražen nedostatak količine vazduha ili njegovog pritiska.

Zahtevi potrošača za korišćenjem komprimovanog vazduha diktiraju izbor i dimenzionisanje svih komponenata sistema komprimovanog vazduha. Smanjenje zahteva potrošača za komprimovanim vazduhom, utiče na

¹⁵ Udaljenost rezervoara od zida, treba da bude najmanje 1 m u prostoriji u kojoj postoji provetranje, kako bi vazduh iz spoljašnje sredine mogao da opstrujava oko rezervoara i tako ga dodatno hladi.

smanjenje potrošnje energije pri proizvodnji, pripremi i distribuciji vazduha pod pritiskom.

Pneumatska oprema (oprema koja koristi komprimovani vazduh) ne bi trebalo da koristi komprimovani vazduh, čiji je pritisak iznad preporučenog radnog pritiska, jer to, ne samo što bespotrebno troši energiju, već takođe može da dovede do prekomernog habanja komponenti opreme, koje dovodi do dodatnog rasipanja energije.

Komprimovani vazduh pre dovođenja do pneumatske opreme treba da bude adekvatnog kvaliteta, što se postiže pravilnim izborom, ugradnjom i održavanjem pripremne grupe (filter, regulator pritiska i zauljivač). Adekvatno podmazana pneumatska oprema smanjuje trenje, sprečava habanje zaptivača i drugih gumenih delova, čime se sprečava gubitak energije zbog prevelike potrošnje vazduha ili curenja.



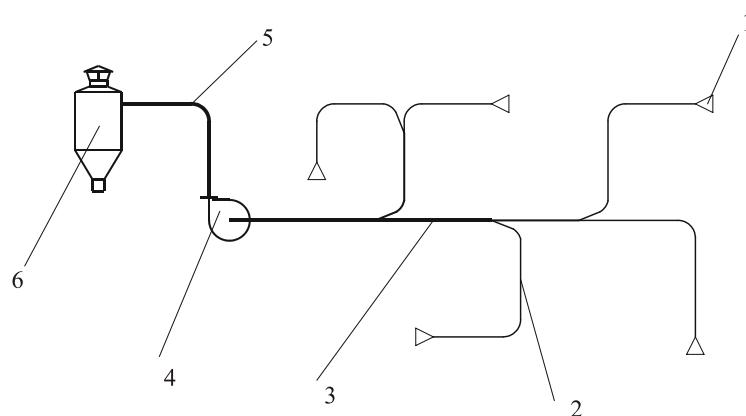
Slika 3.28 Visokoefikasni pištolji za vazduh

Čest je slučaj da se u preduzeću industrije nameštaja komprimovani vazduh koristi za čišćenje komadića drvenog materijala, koji nastaju pri mašinskoj obradi drveta i materijala na bazi drveta. Da bi se smanjila potrošnja vazduha, poželjno je koristiti visokoefikasne mlaznice (pištolje za vazduh) (slika 3.28) kojima se mogu ostvariti značajne uštede u potrošnji komprimovanog vazduha u odnosu na korišćenje standardnih pištolja za vazduh. Ovi uređaji u sebi sadrže integrisani upravljački ventil, kojim se kontroliše izbacivanje vazduha u atmosferu. U svakom slučaju, treba sprečiti neadekvatne upotrebe standardnih pištolja za vazduh (čišćenje odeće, čišćenje poda, itd.) da bi se smanjila potrošnja komprimovanog vazduha.

3.1.5 Otprašivanje (aspiracija) i pneumatski transport usitnjenog drveta

Sistem za otprašivanje (aspiraciju) i pneumatski transport usitnjenog otpada od drveta, namenjen je da sakupi i transportuje van pogona usitnjeno drvo, koje nastaje prilikom mašinske obrade drveta. Neprekidno odstranjivanje otpadaka od drveta sa mašina, doprinosi poboljšanju kvaliteta obrade drveta i materijala od drveta, produžava radni vek maštine i reznih alata i smanjuje utrošak energije za rezanje.

Usitnjeno drvo, kao materijala koji se pneumatski transportuje, značajno se razlikuje po obliku, veličini i masi. U industriji nameštaja kao usitnjeno drvo transportuju se: piljevina, strugotina idrvna prašina (drvno brašno). Piljevina se dobija pri mehaničkoj obradi na testerama, a oblik i veličina čestica piljevine zavise od pomaka drveta po zubu testere i načina obrade, tj. da li je obrada poprečna ili uzdužna. Strugotina nastaje pri obradi drveta glodanjem, a najčešće ima oblik pločica, čija veličina zavisi od veličine pomaka po jednom nožu, debljine glodanog sloja drveta, dimenzija obratka i smera vlakna u odnosu na smer pomaka drveta. Prašinom se naziva sav usitnjeni drveni materijal veličine do 0,1 mm, sposoban da se kreće u okolnom vazduhu duže vreme u lebdećem stanju. Aspiracijom se odstranjuje prašina, koja nastaje prilikom mašinske obrade drveta, onemogućavajući je da se širi po pogonu, pa ovi sistemi imaju i higijensko - zaštitnu funkciju u pogonu [35].



Slika 3.29 Šema uređaja za aspiraciju: 1) prijemnik, 2) grana cevovoda, 3) magistralni usisni cevovod promenljivog prečnika, 4) centrifugalni ventilator, 5) potisni cevovod konstantnog prečnika, 6) odvajač materijala

Šema jednog tipičnog sistema za aspiraciju u industriji nameštaja prikazana je na slici 3.29. Uređaji za aspiraciju usitnjenog drveta, spadaju u kategoriju uređaja pneumatskog transporta niskog pritiska (maksimalni natpritisak u sistemu 10 kPa) [36]. Sakupljanje usitnjenog drveta, direktno sa radne mašine, obavljaju prijemnici (usisnici, haube) (1), na koje je povezan razgranati cevovod (2). On se povezuje u magistralni cevovod (3). Zbog priključenja mašina, prečnik magistralnog cevovoda se povećava, nakon svakog priključka, do priključenja u ventilator (4), iz koga se mešavina vazduha i usitnjenog drveta potisnim cevovodom (5), odvodi do odvajača materijala (6)¹⁶. Glavni nedostatak postrojenja ovog tipa je nemogućnost promene mesta priključaka grana na magistralni vod. U slučaju promene mesta priključaka, potrebno je kompletну mrežu ponovno balansirati, jer dolazi do narušavanja projektovanog režima strujanja vazduha, što izaziva nepravilan rad sistema.

U manjim radionicama, sa manjim brojem mašina koje ne rade istovremeno, najčešće se koriste prenosni uređaji za aspiraciju. Uređaji za aspiraciju ovoga tipa, najčešće opslužuju jednu do dve mašine istovremeno. Drveni otpad, koji se sakuplja, čuva se u bunkeru (rezervoaru) koji je sastavni deo samog uređaja.

Ušteda energije u sistemima aspiracije, ostvaruje se:

- smanjenjem zapremine vazduha i otprašenog materijala, koja se u jedinici vremena kreće kroz sistem, pravilnim projektovanjem i izvođenjem prijemnika (haube),
- smanjenjem porasta pritiska ventilatora pravilnim dimenzionisanjem cevovoda pneumatskog transporta i izborom standardnih komponenata sistema i mesta njihovog postavljanja,
- pravilnim balansiranjem mreže pneumatskih vodova,
- zamenom predimensionisanih ventilatora,
- ugradnjom energetski efikasnijih centrifugalnih ventilatora,
- poboljšanjem energetske efikasnosti elektromotornih pogona ventilatora,
- pravilnim održavanjem komponenata (elektromotora i ventilatora, odvajača materijala, itd.) i celog sistema (saniranjem curenja).

Sistematski pristup u toku faze projektovanja ovih sistema, može minimizirati troškove u životnom ciklusu sistema. Pravilno određivanje potrebnih protoka i radnog (porasta) pritiska ventilatora je najvažnije za određivanje tipa i karakteristika ventilatora. Čest je slučaj da se, pri

¹⁶ Tzv. kombinovani sistemi pneumatskog transporta

projektovanju sistema i izboru odgovarajućeg ventilatora, koristi „konzervativan“ pristup izbora predimenzionisanog ventilatora, snage znatno veće od potrebne. Ovakav ventilator će funkcionisati tako da vrednosti protoka koje ostvaruje, budu znatno ispod njegove projektovane vrednosti, što će usloviti njegov rad sa niskim stepenom korisnosti. U tom slučaju, preporučuje se zamena predimenzionisanog ventilatora.

Potrebna snaga ventilatora P [kW], definiše se izrazom [35]:

$$P = \frac{1,2 \cdot Q \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta_v}, \quad (3.7)$$

gde su:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1,2 | - koeficijent koji uzima u obzir prisustvo materijala u vazduhu, |
| Q [m^3/s] | - nominalni zapreminski protok vazduha kroz ventilator, |
| Δp [Pa] | - porast pritiska koji ostvaruje ventilator pri protoku Q , |
| η_v [-] | - stepen korisnog dejstva ventilatora. |

Jedan od glavnih uslova za pravilan rad uređaja za aspiraciju je pravilno projektovan prijemnik (hauba), koji najpotpunije odstranjuje otpatke i u isto vreme hvata svu prašinu koja nastaje prilikom obrade drveta. Proizvođači mašina, koje se koriste u drvnoprerađivačkoj industriji, u svoje mašine ugrađuju prijemnike, pri čemu definišu i prečnik cevi koja se vezuje za prijemnik. Ovi prijemnici su najčešće konstruisani tako da sa najmanjim otporom usisaju najveći procenat usitnjjenog drveta.

Pravilno projektovan prijemnik mora da:

- osigura najpotpunije hvatanje otpadaka i prašine koja se stvara prilikom obrade drveta,
- ima male aerodinamičke otpore,
- bude pogodan za odstranjivanje otpadaka i prašine, koji se javljaju pri mogućim vidovima i režimima obrade na dotoj mašini,
- obezbedi slobodan pristup reznom alatu.

Proizvođači mašina za mašinsku obradu drveta, dostavljaju uz mašine i kompletну tehničku dokumentaciju, koja sadrži i podatke vezane za aspiraciju otpadnog materijala koji nastaje prilikom obrade. To su podaci o parametrima, koji se prilikom projektovanja i izvođenja sistema moraju zadovoljiti, kao što su: unutrašnji prečnici priključnih cevi na mašinu i minimalne preporučene brzine

strujanja vazduha prilikom aspiracije¹⁷ i/ili zapreminske brzine strujanja vazduha koji je potrebno ostvariti na mestu aspiracije. Ukupan zbir ovih protoka određuje nominalni protok kroz ventilator. Poštovanje ovih preporuka je preduslov za efikasan i ispravan rad sistema. Prevelike brzine strujanja (tj. protoci) na usisu, dovode do neopravdanog povećanja utroška energije, jer izazivaju povećanje protoka i gubitaka pritiska u celom sistemu¹⁸, i eventualne deformacije elastičnih vodova (slika 3.30), dok male brzine strujanja vazduha mogu dovesti do nagomilavanja materijala u cevovodu, a samim tim i do začepljenja cevovoda. Podaci pokazuju da smanjenje protoka u sistemu sakupljanja prašine za 10%, dovodi do smanjenja potrošnje energije od skoro 30% [36].



Slika 3.30 Deformacija cevovoda nastala kao posledica prevelike brzine strujanja

Određivanje potrebnog nominalnog porasta pritiska ventilatora je relativno teži zadatak. Nominalni porast pritiska ventilatora, određuje se proračunom gubitaka pritiska za, od ventilatora najudaljeniju i sa aspekta pada pritiska, najnepovoljniju granu cevovoda, za slučaj kada se aspiracija izvodi sa svih mašina. Proračun gubitaka pritiska podrazumeva detaljnu analizu i proračun usputnih (na pravolinijskom delu puta) i lokalnih gubitaka. Pravilnim projektovanjem i izvođenjem komponenta sistema utiče se na vrednosti otpora.

¹⁷ Preporučene vrednosti se, u zavisnosti od tipa mašine i vrste materijala od drveta koji se obrađuje, kreću od 26 m/s - 30 m/s [36].

¹⁸ Gubici pritiska u sistemu srazmerni su kvadratu brzine [34].

Smanjenje usputnih gubitaka, ostvaruje se pravilnim projektovanjem cevovoda pneumatskog transporta (izborom adekvatnog materijala i unutrašnjeg prečnika cevovoda). Unutrašnji prečnik se bira na osnovu potrebnog protoka i usvojene brzine strujanja mešavine¹⁹, koja osigurava postojano transportovanje materijala kroz horizontalne i vertikalne cevovode u letećem stanju. Smanjenje lokalnih gubitaka, ostvaruje se pravilnim izborom standardnih komponenata sistema (ventila, zasuna, prigušnika, kolena i krivina, trojnika, usisnika, taložnika, odvajača) i mesta njihovog postavljanja.

Posebnu pažnju treba obratiti na izbor odvajača. Aspiracija ne podrazumeva samo „izbacivanje“ usitnjenog drveta iz pogona, već i njegovo odlaganje, na određenom mestu van pogona. Takođe, postoje zakonske norme koje se odnose na dozvoljenu količinu drvene prašine koja se sme emitovati u atmosferu. Granična vrednost za emisiju drvene prašine u respirabilnom obliku, iznosi 20 mg/m^3 za maseni protok iznad $0,1 \text{ kg/h}$ [39].

Da bi se, uopšte, materijal mogao odložiti, potrebno ga je odvojiti od vazduha. U sistemima aspiracije, najčešće se koriste dva tipa odvajača:

- centrifugalni odvajači (cikloni) i
- filteri.

Cikloni se koriste kada je potrebno odvojiti krupnije čestice materijala, dok se sitnije čestice odvajaju u filterima. U praksi, minimalna veličina čestica, koje se mogu prečišćavati u ciklonima, ograničena je na oko $10 \mu\text{m}$.



Slika 3.31 3D model ciklona

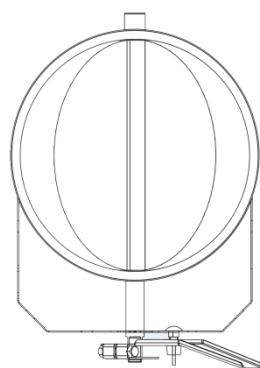


Slika 3.32 Ventilator i filterska jedinica

¹⁹ Minimalne preporučene (kritične) brzine strujanja pri pneumatskom transportu u horizontalnim i vertikalnim cevodima, mogu se naći u [35], [37], [38].

Postoji više konstrukcija ciklona, što zavisi od namene i željenog stepena prečišćavanja. Na slici 3.31, prikazan je ciklon tipične konstrukcije. Lokalni otpori koji se javljaju u ciklonima, najčešće zavise od njegove konstrukcije. Pad pritiska na tipičnom ciklonu u fabrikama za preradu drveta može da ide od 400 Pa do 1.500 Pa [4]. Ne postoji garancija da cikloni sa većom razlikom pritisaka imaju veću efikasnost prečišćavanja od ciklona sa manjom razlikom pritisaka. Treba izabrati ciklon korektne veličine i konfiguracije, koji zadovoljava potrebe za količinom vazduha na minimalnoj razlici pritisaka. Sem toga, treba biti obazriv i pri izvođenju ciklona, jer često cikloni u radu stvaraju veću razliku pritisaka od potrebne. Ulaz u ciklon treba da bude gladak, bez nepotrebnih lokalnih otpora. Takođe, unutrašnjost ciklona treba da bude glatka i čista. Svi ovi nedostaci mogu se veoma lako otkloniti, a smanjiće pad pritisaka u ciklonu i upotrebljenu snagu na ventilatorima.

Cikloni često ne obezbeđuju dovoljan nivo prečišćavanja. Pored toga, u nekim fabrikama za preradu drveta, drveni otpad koji se javlja na mašinama je malih dimenzija (praškast), pa se u sistemima za aspiraciju ne mogu primenjivati cikloni. Navedeni razlozi doveli su do toga da su filteri sa vrećama od tkanine (slika 3.32) postali standardni deo uređaja za aspiraciju. Zbog lepljenja čestica materijala na unutrašnju površinu vreće, vremenom dolazi do povećanja lokalnih otpora, pa je potrebno povremeno rastresati vreće. Za rastresanje vreća postoji više mehanizama, od kojih se najčešće koristi rastresanje polugom ili komprimovanim vazduhom. Gubici pritiska u filterima iznose 800 Pa do 1.000 Pa [39]. Ukoliko se filter adekvatno ne održava, gubici pritiska mogu da budu znatniji i da dovedu do nepravilnog rada sistema.

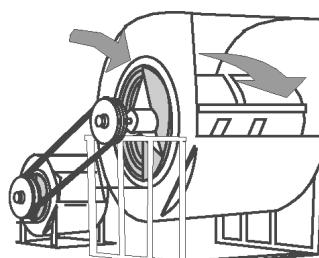


Slika 3.33 Obrtni zasun

Kao što je napomenuto, proračun pritiska se obavlja za najudaljeniju i najnepovoljniju granu cevovoda. Ostale grane treba balansirati ugradnjom zasuna (slika 3.33). Usled nepravilno projektovanog sistema i debalansa u mreži, sistem „teži“ da izjednači padove pritiska u vodovima i kao posledica toga javlja se povećanje brzine u granama sa manjim otporima i smanjenje brzine u granama sa većim otporima, što konačno može da rezultira neadekvatnim otprašivanjem sa pojedinih mašina, ali i nepotrebним povećanjem protoka ventilatora i povećanim gubicima u mreži.

Obrtni zasuni, pored uloge u balansiranju mreže, mogu da se koristite i za zatvaranje grana ka mašinama koje ne rade, kako bi se smanjili troškovi električne energije. U tom slučaju, najefikasniji način smanjenja protoka ventilatora je smanjenje ugaone brzine pogonskog elektromotora frekventnim regulatorom (slika 3.14). Uključivanjem mašina za mašinsku obradu drveta, koje su predviđene da u toku radnog vremena rade samo povremeno, šalje se signal (električni ili pneumatski) do obrtnog zasuna (koji se otvara do položaja definisanog da obezbedi balansiranje mreže) i elektromotora (koji pomoći frekventnog regulatora ostvaruje potreban protok ventilatora).

Potrebnu energiju za strujanje mešavine vazduha i usitnjenog drveta u sistemu, obezbeđuju radikalni (centrifugalni) ventilatori (slika 3.34). Najčešći slučaj je da drveni materijal zajedno sa vazduhom prolazi kroz ventilator, pa konstrukcija radnog kola ventilatora mora da obezbedi nesmetan prolaz usitnjenog drvenog materijala. Materijal od koga je ventilator napravljen, treba da spreči pojavu varničenja.



Slika 3.34 Centrifugalni ventilator (pogon sa remenim prenosom)

Ušteda energije u sistemima aspiracije ostvaruje se i ugradnjom energetski efikasnijih centrifugalnih ventilatora. U osnovi, karakteristike ventilatora su određene oblikom radnog kola i lopatica. Osnovna izvođenja radnih kola radikalnih ventilatora prikazana su na slici 3.35. Zbog svoje

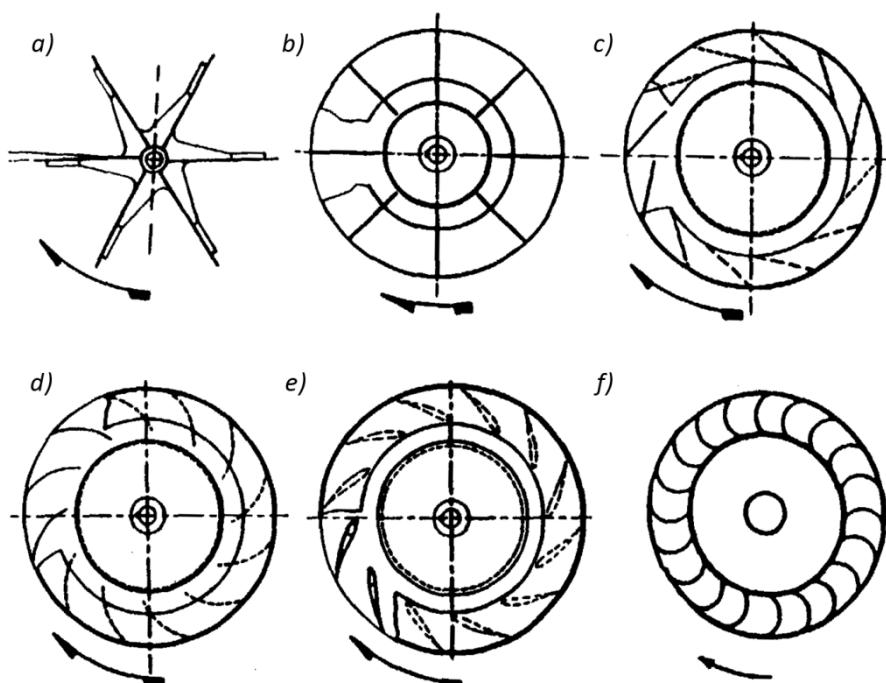
jednostavnosti i robusnosti, veliki broj ventilatora instaliranih u fabrikama za preradu drveta su ventilatori čija radna kola imaju radijalne lopatice. Ovakav oblik lopatica sprečava taloženje i lepljenje nečistoća na radno kolo. Međutim, od svih tipova radijalnih ventilatora ovi ventilatori su najmanje efikasni. Zbog oblika glavčine preko koje struji vazduh na usisu, ventilator sa radijalnim lopaticama sa otvorenim livenim radnim kolom (slika 3.35 - a), ne može da postigne efikasnost veću od 55%, dok je maksimalna vrednost stepena korisnog dejstva ventilatora sa pravim radijalnim lopaticama dobošastog tipa (slika 3.35 - b) nešto veća (do oko 70%). Povećanje efikasnosti radijalnih ventilatora sa radijalnim lopaticama, postiže se zakošavanjem ili zakriviljenjem lopatica suprotno smeru rotacije radnog kola. Ventilator sa pravim lopaticama zakošenim unazad (slika 3.35 - c) je možda najbolji kompromis između efikasnosti, robusnog dizajna, tolerancije na prašinu i lakoće održavanja. Ovi ventilatori i ventilatori sa radijalno unazad zakriviljenim cilindričnim lopaticama (slika 3.35 - d) ostvaruju maksimalne stepene korisnosti od oko 80%. Ventilatori sa unazad zakošenim aeroprofilnim lopaticama (slika 3.35 - e) su najefikasniji (stepen korisnosti ide do 90%), ali nisu tolerantni na abrazivne uslove koju stvaraju čestice usitnjjenog drveta. Takođe, njihovo održavanje koje podrazumeva zamenu lopatica je relativno komplikovano. Ventilatori sa unapred zakriviljenim lopaticama (slika 3.35 - f) imaju najmanje gabarite u odnosu na ostale radijalne ventilatore. Retko se koriste za pneumatski transport usitnjjenog drveta, jer funkcionišu samo sa čistim vazduhom, a karakterišu se relativno malim stepenom korisnosti (do oko 60%) [4], [7], [30].

U zavisnosti od vremenskog profila angažovanja mašina za obradu drveta koje zahtevaju otprašivanje, često je bolja varijanta korišćenja dva paralelno vezana ventilatora manje snage, nego jednog većeg snage. U najvećem broju slučajeva dva manja ventilatora su jeftinija i imaju bolje performanse nego jedan veliki. Prednost korišćenja paralelne veze ventilatora se ogleda u:

- višoj efikasnosti u širokom opsegu radnih režima,
- smanjenju rizika od prekida rada usled otkaza ili lošeg održavanja.

Paralelna veza je pogodna za sisteme aspiracije, koji se odlikuju velikim varijacijama protoka vazduha. Velike varijacije zahteva sistema, uslovljavaju da ventilator koji radi sam u sistemu, često ne funkcioniše u blizini svoje optimalne radne tačke, što utiče na njegovu nižu efikasnost, izaziva povećane troškove rada i održavanja. Više paralelno vezanih ventilatora dozvoljavaju postepeno povećanje energije strujanja vazduha, kako bi se odgovorilo na zahteve sistema. Tako na primer, pri projektovanju sistema centralne aspiracije u jednom domaćem preduzeću nameštaja, predloženo je rešenje sa dva ventilatora, od

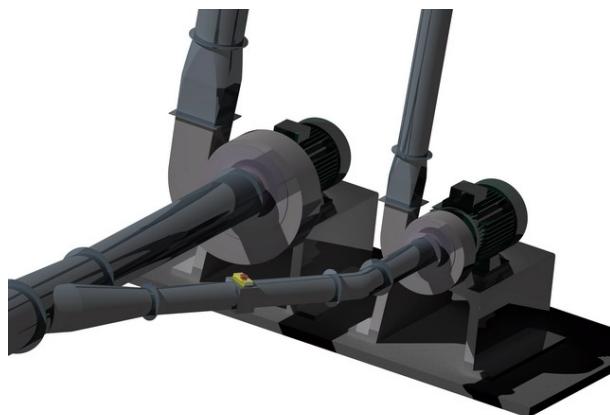
kojih jedan, koji zadovoljava 60% potreba protoka, radi bez prekida i bez frekventne regulacije (DYNAIR PS-L 904), a drugi, koji se uključuje po potrebi, paralelno je vezan i frekventno regulisan (DYNAIR PS-L 562). Prvi ventilator je dimenzionisan tako da zadovolji potrebe mašina, koje su u funkciji najveći deo radnog vremena. U slučaju kvara glavnog elektromotora, frekventno regulisani ventilator može da zadovolji do 40% potreba sistema i omogući nastavak proizvodnje [40]. U ventilatorskom sistemu sa više paralelno vezanih ventilatora, svaki ventilator mora na izlazu da ima ugrađen nepovratni ventil, koji sprečava povratno strujanje vazduha ka ventilatoru kada nije aktivan.



Slika 3.35 Radna kola centrifugalnih ventilatora: a) sa pravim radijalnim lopaticama (otvoreni, sa livenim radnim kolom), b) sa pravim radijalnim lopaticama (zatvoreni, dobošasti), c) sa unazad zakošenim pravim lopaticama, d) sa unazad zakrivljenim cilindričnim lopaticama, e) sa unazad zakrivljenim aeroprofilnim lopaticama, f) sa unapred zakrivljenim cilindričnim lopaticama.

Ventilatori za pneumatski transport usitnjjenog drveta se pogone trofaznim asinhronim elektromotorima, pa sve mere koje se odnose na

procesne elektromotore mogu se primeniti i na elektromotore ventilatora (poglavlje 3.1.2).



Slika 3.36 3D model primenjene ventilatorske jedinice sa 2 paralelno vezana ventilatora

Često je efikasno da se pri projektovanju sistema aspiracije, isti podeli na dva ili više delova, pri čemu su mašine koje zahtevaju više pritiske aspiracije u jednom sistemu, a ostale u drugom (drugim) sistemu (sistemima) nižeg pritiska.

Pri eksploataciji sistema, treba voditi računa o održavanju njegovih elemenata. Neophodno je periodično proveravati sve komponente, podmazivati ležajeve ventilatora, proveravati zategnutost kaiševa i pravovremeno menjati kaiševe, itd. Već je pomenuto da neadekvatno održavani filteri stvaraju bespotrebno veći pad pritiska, pa treba obratiti pažnju na njihovo redovno čišćenje, pražnjenje i zamenu. Najjednostavniji način ostvarivanja ušteda energije je pronalaženje mesta i saniranje curenja. Praktično, u svakom realnom sistemu javlja se curenje, ali, treba naglasiti, da su, zbog nižih pritiska u vodovima pneumatskog transporta, gubici usled curenja znatno manji, nego u sistemima komprimovanog vazduha.

3.2 MOGUĆNOSTI UŠTEDE TOPLOTNE ENERGIJE

Već je napomenuto da se najveći deo toplotne energije u preduzećima industrije nameštaja koristi za zagrevanje proizvodnih pogona i poslovnih prostora, dok se manji deo koristi za procese sušenja sirove drvne građe ili lakiranih komada. Kao dominantan energet koristi se otpadni materijal, koji

nastaje pri glavnoj (mašinskoj) obradi drveta i materijala od drveta. Dešava se da se, kod pojedinih preduzeća, za grejanje poslovog prostora koristi neki drugi energet (daljinsko grejanje, prirodni gas ili električna energija). Najčešće, količine generisanog drvenog otpada i kapaciteti ugrađenih kotlova, omogućavaju zajedničko grejanje proizvodnih pogona i poslovnih prostora. U takvim slučajevima, obavezno treba supstituisati energet i preći na korišćenje drvenog otpada i za grejanje poslovnih prostora.

Pošto je otpadno drvo, praktično, besplatan energet za dobijanje toplotne energije, mere koje se odnose na smanjenje potrošnje toplotne energije, neće izazvati smanjenje energetskih troškova preduzeća i stoga neće biti obrađene u ovom tekstu. Kao napomena, pomenuće se samo tipične mogućnosti za smanjenje potrošnje toplotne energije u jednom preduzeću industrije nameštaja:

- kotlovi (generisanje toplotne energije) - pravilno dimenzionisanje kotla, pravilan izbor i konstrukcija sistema za dovod otpadnog drvenog materijala i ložišta, kontrola procesa sagorevanja (kontrola i smanjenje viška vazduha, adekvatno mešanje goriva i vazduha i kontrola vremena zadržavanja gorivih gasova), poboljšanje izolacije kotla, održavanje kotlova, smanjenje gubitaka toplote u dimnim gasovima (minimiziranje izlazne temperature dimnih gasova, minimiziranje izlazne količine dimnih gasova, smanjenje infiltracije vazduha), regeneracija toplote iz dimnih gasova (ugradnja ekonomajzera), povratak kondenzata (kod parnih sistema), regeneracija toplote pri ispuštanju vode (odmuljavanju) i odsoljavanju, itd.,
- distribucija vrele vode ili pare - poboljšanje izolacije, održavanje izolacije, zamena i održavanje odvajača kondenzata (kod parnih sistema), smanjenje curenja, korišćenje otparne pare (kod parnih sistema), elektronska kontrola, itd.,
- korišćenje toplotne energije - grejanje prostora: podešavanje i kontrola temperature grejanja, izolovanje objekta, upotreba otpadne toplote kompresora; sušare: regulacija parametara procesa sušenja, prirodno sušenje drvene građe pre ubacivanja u sušaru, kontrola količine i rasporeda drvene građe u sušari, ugradnja rekuperatora u ventilacioni sistem, izolacija sušare, itd.

Detaljnije o pomenutim merama može se naći u relevantnoj literaturi.

LITERATURA

- [1] Gordić, D., Babić, M., Šušteršić, V., Končalović, D., Jelić, D., Mogućnosti uštede energije u industriji drvenog nameštaja, Energija, ekonomija, ekologija, Vol.12, No.2, 2010, pp. 108-112.
- [2] Morvay, Z., Gvozdenac, D., Applied Industrial Energy and Environmental Management, JohnWiley & Sons Ltd, 2008.
- [3] Gordić, D., Babić, M., Jelić, D., Končalović, D., Jovičić, N., & Šušteršić, V., Energy auditing and energy saving measures in 'Zastava Automobili' factory, THERMAL SCIENCE, Vol.13, No.1, 2009., pp. 185-193.
- [4] Emplaincourt, M., Kristoffer F., Hodge, B. Energy Conservation in the Wood-Furniture Industry, Proceedings of the 2003 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry, Rye, NY, July 2003., pp 2,29-2,37.
- [5] Council of Forest Industries and CIPEC, Energy Efficiency Opportunities in the Solid Wood Industry, Cat. No. M27-01-828E, Canada, 1996.
- [6] Wulffinghoff R. Donald, Energy Efficiency Manual, Energy Institute Press Wheaton, Maryland USA.,1999.
- [7] National Productivity Council - India, National Certificate Examination for Energy Managers and Energy Auditors, Book III - Energy efficiency in electrical utilities, 2005, available at: <http://www.energymanagertraining.com>
- [8] Agencija za energetiku Republike Srbije, Tarifni sistem za obračun električne energije za tarifne kupce, Sl. gl. RS br. 1/07 od 05.01.2007.
- [9] Turner, W. C., Energy Management Handbook - Third Edition, The Fairmont Press, USA, 1997.
- [10] LDK Consultants Industrial Energy Audits and Training Programme, Technical Training Material, Athens, 2003.
- [11] Osnove kompenzacije reaktivne energije, dostupno na:
<http://www.mktrade.co.rs/pdf/KOMPENZACIJA%20REAKTIVNE%20ENERGIJE%20Osnove.pdf>
- [12] Motors, Industrial Technologies Program, US Department of Energy, available at:
http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs_motors.html
- [13] Miljanić, P., Elektrotehnika, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
- [14] Gordić, D., Babić, M., Jovičić, N., Šušteršić, V., Miloradović, D., Glišović, J., Povećanje energetske efikasnosti i mogućnost smanjenja troškova u automobilskoj industriji, Elaborat #1/2007 Projekta NPEE 232007: Programi uštede energije i racionalnog gazzovanja energijom u grupi Zastava, Mašinski fakultet Kragujevac, 2007.

- [15] Thuman, A., Mehta, P., Handbook of Energy Engineering, 5th ed., The Fairmont Press, Lilburn, USA, 2001.
- [16] Jeftenić, B., Bebić, M., Energetska efikasnost kod elektromagnetskih pogona, MEEIS – buletin, Mreža za energetsku efikasnost u industriji Srbije, Beograd, 2009.
- [17] Brook Crompton, Motor efficiency labelling scheme, 2219E Issue 1, 2002, available on: http://www.brookcrompton.com/pdf-files/2219e_efflabelling_v1.pdf
- [18] Miltenović, V. Mašinski elementi, VII - prerađeno i dopunjeno izdanje, Mašinski fakultet Niš, 2009.
- [19] Beals, C., Ghislain, J., Kemp, H. et. al, Improving Fan System Performance, U.S. Department of Energy, Industrial Technologies Program, Washington D.C., 2004.
- [20] Wood, D., Lighting Upgrades, A Guide for Facility Managers, The Fairmont Press, New York and Basel, 2004.
- [21] ISO 8995:2002, Lighting of Work Places - Part 1: Indoor [incl. Technical Corrigendum ISO 8995:2002/Cor.1 2005(E)]
- [22] Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies (CADDET). Saving Energy with Daylighting Systems. Maxi Brochure 14., 2001.
- [23] Gordić, D., Babić, M., Končalović, D., Jelić, D., Ušteda električne energije u sistemima rasvete industrijskog osvetljenja, Energija, ekonomija, ekologija, Vol.10, No.1-2, 2008., pp. 180-185.
- [24] Capeheart, L. B., Turner, W. C., Kennedy, W. J., Guide to Energy Management, The Fairmont Press and Marcell Dekker Inc., Fourth Edition, USA, 2003.
- [25] Yeaple, F., Fluid Power Design Handbook, Marcel Deckker inc., New York, 1996.
- [26] Gordić, D., Babić, M., Končalović, D., Jelić, D., Ušteda energije u industrijskim sistemima komprimovanog vazduha kroz saniranje curenja, Energija, ekonomija, ekologija, Vol.10, No.1-2, 2008., pp. 174-177.
- [27] Uzelac Dušan, Hidropneumatske komponente, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1995.
- [28] Compressed Air Manual, 6th ed., Atlas Copco, 1998.
- [29] Šešlija, D., Vodič za povećanje energetske efikasnosti pneumatskih sistema, MEEIS – buletin, Mreža za energetsku efikasnost u industriji Srbije, Beograd, 2009.
- [30] Beals, C., Ghislain, J., Kemp, H., et. al., Improving Compressed Air System Performance – A Sourcebook for Industry, U.S. Department of Energy, Washington D.C., 2004.
- [31] Thumann, A., Plant Engineers and Managers Guide to Energy Conservation, The Fairmont Press and Marcell Dekker Inc., USA, 2002.
- [32] Mogućnosti povećanja energetske efikasnosti kod sistema za komprimovani vazduh, Best Practice Booklet no 3. MEEI – Mreža za energetsku efikasnost u industriji Srbije
- [33] Gordić, D., Babić, M., et. al., Analiza stanja i definisanje mera za bolje gazdovanje potrošnjom komprimovanog vazduha u "Zastava automobili" a.d., Studija projekta NPEE 232007 Programi uštede energije i racionalnog gazdovanja energijom u grupi Zastava vozila, 2007.
- [34] Gordić, D., Prenos snage fluidom – hidraulika, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2007.
- [35] Svatkov, S.N.: Pneumatski transport usitnjenog drveta, Sarajevo, 1969.

- [36] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković, Grejanje i klimatizacija 94/95 - srpsko izdanje, Beograd 1994.
- [37] Mills, D., Pneumatic Conveying Design Guide, Sec. Ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Great Britain, 2004.
- [38] Šašić, M., Transport fluida i čvrstih materijala cevima, Naučna knjiga Beograd, 1990.
- [39] Pravilnik o graničnim vrednostima emisije, načinu i rokovima merenja i evidentiranja podataka, Sl. gl. RS br. 30/97 i 35/97 - ispr.
- [40] Gordić, D., Babić, M., Šušteršić, V., Vukašinović, V., Končalović, D., Jelić, D., Sistem centralne aspiracije u industriji nameštaja, Tehničko rešenje TR 59/2011, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac 2011. dostupno na http://www.mfkg.rs/sajt/Downloads/tehnicka_resenja/TR-59-2011.pdf

Upravljanje otpadom u industriji nameštaja

Prilikom proizvodnje nameštaja, kao nus produkti generišu se različite vrste otpadnih materija, čije prisustvo može da uzrokuje zagađenje zemlje, vode i vazduha (tabela 4.1).

Na zagađenje vazduha utiču drvna prašina, isparljiva organska jedinjenja¹ i produkti sagorevanja.

Različiti rastvori i jedinjenja, koji se upotrebljavaju u operacijama pripremne i završne (površinske) zaštite drveta, mogu da utiču na zagađenje voda.

Proizvodni proces	Zagađenje		
	Vode	Vazduha	Zemlje
Nabavka i prijem, sušenje i skladištenje	-	x	x
Primarna obrada i lepljenje	-	x	x
Glavna obrada i brušenje	x	x	x
Montaža	x	x	x
Pripremna i površinska (završna) obrada	x	x	x
Pakovanje, skladištenje i transport	-	-	x
Održavanje opreme i radnog prostora	x	x	x

Tabela 4.1 Uticaj na životnu sredinu otpada koji se generiše tokom proizvodnje nameštaja

¹ Isparljivo organsko jedinjenje (eng. Volatile organic compound - VOC) je bilo koje organsko jedinjenje, koje ima početnu tačku ključanja jednaku ili manju od 250 °C na standardnom pritisku od 101,3 kPa.

Čvrsti otpad: otpadno usitnjeno drvo, iskorišćeni filteri, materijali premaza sa prošlim rokom trajanja, prazni kontejneri ili kante sa rastvorima, rastvaračima ili materijalima premaza, adhezioni otpaci i otpadaci od smole, takođe predstavlja veliki problem u tendenciji očuvanja životne sredine, posebno kada je u pitanju njegovo odlaganje na deponijama [1].

U tabeli 4.2 prikazan je otpad koji se generiše pri različitim procesima i operacijama u proizvodnji nameštaja od drveta. Količina i vrsta generisanog otpada i intenzitet štetnog uticaja na okolinu, zavise od vrste materijala i upotrebljene tehnologije za proizvodnju finalnog proizvoda, kao i od obima proizvodnje i veličine preduzeća.

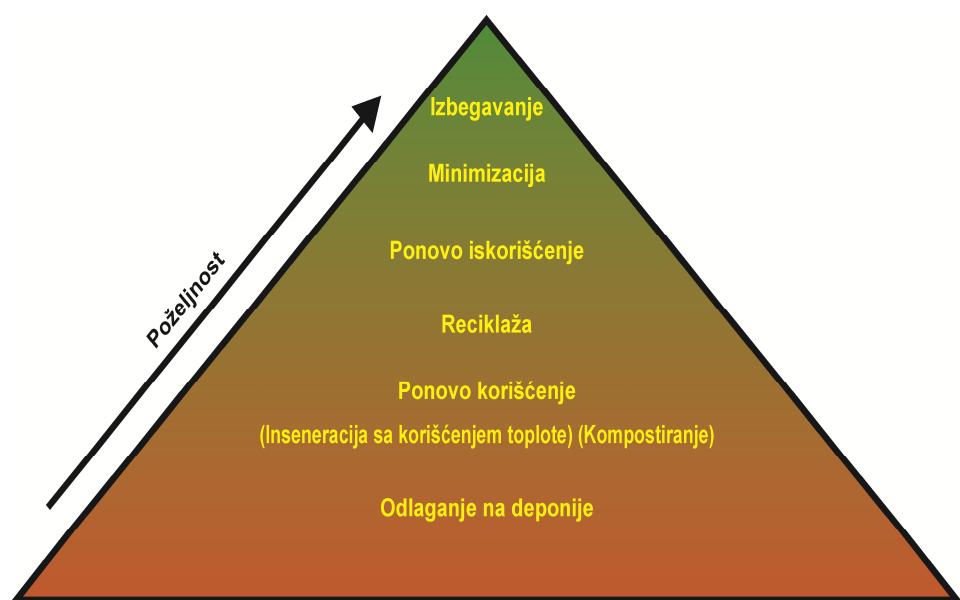
PROCESI/OPERACIJE	OTPAD
Nabavka i prijem drvne građe, njeno sušenje i skladištenje	
Sušenje	<ul style="list-style-type: none"> Emisije iz sušara, uključujući vodu i moguće hemikalije korišćene u predtretmanu sirovog drveta Emisije iz kotla, pepeo i drugi otpad iz kotla Kondenzat iz procesa sušenja
Primarna obrada i lepljenje	
Opkrjanje	<ul style="list-style-type: none"> Piljevina i drvna prašina
Lepljenje i spajanje	<ul style="list-style-type: none"> Emisija isparljivih gasova Utrošeni lepkovi koji sadrže rastvarače (metil izobutil keton, metil etil keton (butanon), ksilen, toluen, 1,1,1-trihloroetan)
Glavna (mašinska) obrada, brušenje	
Sečenje, rendisanje, brušenje, itd.	<ul style="list-style-type: none"> Piljevina, strugotina, drvna prašina, komadići pločastog materijala
Montaža (sastavljanje)	
Lepljenje i furniranje	<ul style="list-style-type: none"> Emisija isparljivih gasova iz lepkova Utrošeni lepkovi koji sadrže rastvarače (metil izobutil keton, metil etil keton (butanon), ksilen, toluen, 1,1,1-trihloroetan)
Pripremna i završna obrada	
Kvašenje i brušenje	<ul style="list-style-type: none"> Drvna prašina, lepkovi i čestice smole
Odsmoljavanje	<ul style="list-style-type: none"> Emisije rastvarača (acetona) Utrošeni aceton, amonijak i prirodna smola iz drveta
Beljenje (posvetljivanje)	<ul style="list-style-type: none"> Utrošeni agensi za beljenje (vodonik peroksid (hidrogen), natrijum bisulfit, natrijum hiposulfit,

	natrijum perborat, oksalna kiselina, kalijum permanganat, natrijum ili kalcijum hipohlorit)
Bajcovanje	<ul style="list-style-type: none"> • Emisije razređivača • Otpad od utrošenih razređivača i pigmenata (oksiđi gvožđa, oovo hromat, kalcijum sulfat, kadmijum selenid)
Lakiranje	<ul style="list-style-type: none"> • Emisije razređivača • Utrošeni razređivači, nitrocelulozni lakovi, akrilni lakovi, poliestarski lak, poliuretan, šelak, itd.
Kitovanje i špahtlovanje	<ul style="list-style-type: none"> • Emisije razređivača • Utrošeni razređivači, boje, ulja za sušenje, sintetičke smole, lakovi i pigmenti (oksiđi gvožđa, oovo hromat, kalcijum sulfat, kadmijum selenid)
Impregnacija	<ul style="list-style-type: none"> • Emisije razređivača • Utrošeni razređivači, nitrocelulozni lakovi, akrilni lakovi, poliestarski lak, šelak, poliuteran...
Lakiranje drveta obojenim lakovima	<ul style="list-style-type: none"> • Emisije razređivača (toluena) • Utrošeni razređivači (toluen), pigmenti (titanijum dioksid, oksiđi gvožđa, oovo hromat, smole epoksiestra, aromatični ugljovodonici, vinil acetat i akril) • Utrošeni filteri i iskorišćene krpe • Emisije razređivača (toluena) • Utrošeni alkoholi, smole, šelak, naftni destilati, toluen disocijanat, itd.
Završni sloj premaza površinska obrada	<ul style="list-style-type: none"> • Čestice sa lepkom, smolom, nitrocelulozom, lakom, farbom, puniocem i drvnom prašinom • Utrošeni lubrikanti, deterdženti i ulja • Komadi kant trake, delovi folija, obrađeni škart komadi
Brušenje	
Poliranje	
Kantovanje i lameliranje	
Pakovanje, skladištenje i transportovanje	
Pakovanje	<ul style="list-style-type: none"> • Otpadni papir, izlomljene palete, staklo, oštećeni delovi i komadi nameštaja
Održavanje opreme i radnog prostora	
	<ul style="list-style-type: none"> • Potrošeno ulje za podmazivanje mašina, metalni otpaci • Potrošene komponente za čišćenje, absorbenti i hemikalije za pripremu i tretman vode u kotlu • Otpad u širem smislu nastao čišćenjem prostora (đubre)

Tabela 4.2 Otpad koji se generiše pri različitim operacijama proizvodnje nameštaja od drveta [2], [3]

Pomenuti generisani otpad najviše utiče na zaposlene u preduzećima za proizvodnju nameštaja, koji su direktno izloženi njihovom štetnom dejstvu tokom izvođenja različitih proizvodnih procesa. Neki od ovih otpada, čak mogu biti veoma štetni za bezbednost i zdravlje radnika (pre svega drvna prašina i isparljiva organska jedinjenja) ako se sa njima ne postupa na adekvatan način [2].

Sem rešavanja problema vezanih za bezbednost i zdravlje radnika i zaštitu životne sredine, postoje mnogi ekonomski razlozi zbog kojih bi svako preduzeće, čija je delatnost proizvodnja nameštaja, trebalo da razmotri mogućnosti za adekvatnim upravljanjem otpadom. To, na prvom mestu, podrazumeva primenu različitih tehnika za sprečavanje i minimiziranje njegovog nastajanja. Tamo gde je generisanje čvrstog i tečnog otpada neizbežno, procese treba organizovati tako da se ponovo upotrebe prateći nus proizvodi. U hijerarhiji upravljanja otpadom (slika 4.1) zatim sledi reciklaža, koja podrazumeva preradu otpada za druge namene. Pažnja se dalje usmerava na jednu od opcija obnovljivosti (energije – inseneracija sa iskorišćavanjem toplote i materijala - kompostiranje). Poslednja u nizu i ujedno najnepoželjnija opcija je odlaganje čvrstog i tečnog otpada na deponije.



Slika 4.1 Hijerarhija upravljanja otpadom u industriji proizvodnje nameštaja

Prema podacima iz studije [4], prosečni troškovi generisanja i odlaganja drvnog otpada u industriji nameštaja u Ujedinjenom Kraljevstvu, iznose 2% godišnjih prihoda preduzeća. Ukoliko se uzme u obzir i činjenica da se u nekom preduzeću ove delatnosti pored drvnog, generišu i druge vrste otpada (hemikalije koje se upotrebljavaju za završnu obradu proizvoda, otpad prilikom pakovanja, itd.) pomenuta procentualna vrednost troškova, zasigurno je još veća. Iz godine u godinu, troškovi odlaganja ovog biorazgradivog otpada u zemljama EU biće sve veći, s obzirom na tendenciju smanjenja odlaganja ove vrste otpada na deponijama, a samim tim i smanjenja njihovog štetnog uticaja na životnu sredinu. U okviru EU usvojena je direktiva o odlaganju otpada na deponijama, kojom se reguliše odlaganje biorazgradivog gradskog otpada, a koja će ubuduće zasigurno uključivati i biorazgradivi otpad iz industrije nameštaja. U Danskoj i Holandiji su već usvojeni regulativni propisi, kojima se zabranjuje odlaganje ovog otpada na deponijama [4]. Takođe, treba imati u vidu i postojanje direktive o pakovanju proizvoda iz ove industrije, kojom se reguliše odlaganje ove vrste otpada.

U daljem delu teksta, detaljno su prikazane vrste otpada koje nastaju tokom sprovođenja različitih procesa i operacija u industriji nameštaja, kao i njihov uticaj na životnu sredinu. Sem toga, definisane su mogućnosti i načini upravljanja otpadom. Istovremeno, predstavljeni su i uspešni primeri iz prakse, u vezi sa implementiranim tehnikama upravljanja otpadom i smanjenjem zagađenja životne sredine.

4.1 NABAVKA I PRIJEM, SUŠENJE I SKLADIŠTENJE DRVNE GRAĐE

Postoje različite tehnike kojima se smanjuje količina otpada, generisanog tokom obavljanja proizvodnih operacija nabavke i prijema, sušenja i skladištenja drvne građe, a vezane su za:

- pravilno i efikasno planiranje i organizovanje nabavke i prijema drvne građe,
- utvrđivanje kvaliteta i pravilno sortiranje građe,
- odvajanje slojeva građe pomoću tzv. štapova separatora,
- povećanje efikasnosti kotlova za sušare,
- povećanje efikasnosti sušenja građe u sušarama,
- korišćenje energetski efikasnijih tehnika sušenja i
- skladištenje u magacinima [1].

4.1.1 Nabavka drvne građe

Nabavka ili naručivanje drvne građe je tesno povezana sa projektovanjem finalnog proizvoda i izborom materijala od koga će isti biti proizveden. Pri projektovanju nameštaja, treba voditi računa da se minimalna količina materijala koristi za njegovu izradu, da korišćeni materijali imaju što je moguće manji uticaj na zdravlje ljudi i okolinu, i da se na kraju svog životnog veka projektovani nameštaj može demontirati i reciklirati. Kada je reč o izboru materijala, treba imati na umu i to da se u nekim situacijama može odabrati jeftiniji i ekološki prihvatljiviji materijal, koji u potpunosti ili delimično može supstituisati prethodno upotrebljeni materijal [5].

Preduzeće Senator International Ltd (Velika Britanija), koje se bavi proizvodnjom kancelarijskog nameštaja od oplemenjene iverice i furnirske ploča, količinu generisanog otpada je značajno smanjilo još od faze projektovanja. Komponente nameštaja su dimenzionisane tako da što više odgovaraju dimenzijama ploča koje se naručuju od dobavljača, čime se smanjuje količina drvnog otpada pri sečenju tabli. Na taj način i korišćenjem formatizera, svedena je količina otpada na samo 6% - 10%.

Takođe, preduzeće Charnwood Upholstery Ltd (Velika Britanija), koje kao sirovini koristi brezovo drvo, u početku svog poslovanja je naručivalo građu koja se mašinskom obradom oblikovala u četiri različita prizmatična obratka dužine 3 m. Tokom 1999. godine, preduzeće se odlučilo na izbor drugog sirovinskog materijala, koji je, iako za 26% skuplji, redukovao troškove generisanja otpada za 80% i troškove radne snage, čime je preduzeće ostvarilo godišnju uštedu od 12.000 £ [4].

Po završenoj nabavci i prijemu, drvna građa se istovara, proverava, sortira, slaže, suši i skladišti. U određenim situacijama, zbog u tom trenutku niske nabavne cene, drvna građa se nabavlja u većim količinama, zbog čega se odlaže u prostoru (dvorištu) oko proizvodne hale. To za posledicu može imati nastajanje otpada, pre svega, usled njenog dužeg izlaganja spoljašnjim uticajima (atmosferskim ili kontaktom sa drugim predmetima) što dovodi do lomljenja delova građe ili narušavanja njenog kvaliteta. Zato je potrebno efikasno i dobro isplanirati i organizovati ovu operaciju, jer se finansijska sredstva koja se uštede naručivanjem veće količine građe, lako mogu izgubiti.

Drvna građa se često doprema tako da sadrži prizmatične delove različitih dužina, debljinu i kvaliteta. Utvrđivanjem njenog kvaliteta i pravilnim

sortiranjem izbegava se nastajanje otpada. Po prijemu građe, savetuje se utvrđivanje njenog kvaliteta i sortiranje po dužini, debljini i kvalitetu. Sortiranje se može obaviti korišćenjem mehanizacije ili manuelno. Na taj način se efikasno štedi i organizuje prostor oko preduzeća i povećava produktivnost sušara u kojima će se građa sušiti, jer se izbegavaju prazni i neiskorišćeni prostori. Sem toga, smanjuje se rizik od nastajanja defekata prilikom sušenja ili oštećenja koja bi mogla da nastanu pri pomeranju složajeva (paketa) sa isturenim komadima drveta. Primer uspešne primene ove mogućnosti redukcije generisanja otpada je preduzeće Eurotek Office Furniture Ltd (Velika Britanija), koje proizvodi kancelarijski nameštaj. U preduzeću se kontroliše kvalitet naručene građe, pri čemu se izdvajaju otpadni ili nekvalitetni delovi građe, i kontaktira se dobavljač radi njihovog vraćanja ili zamene [4]. Poverenje, blisko i iskreno partnerstvo između proizvođača i dobavljača može znatno redukovati nastajanje pomenutog otpada, pa čak i uticati na eliminisanje operacija utvrđivanja kvaliteta i sortiranja [6].

Naručena drvna građa se najčešće isporučuje tako da su prizmatični komadi drveta naslagani jedan na drugi. Čest je slučaj, da se na takav način građa slaže i nakon utvrđivanja njenog kvaliteta i sortiranja. Takvo slaganje drvne građe za posledicu može imati nastajanje fleka ili mrlja na površinama građe ili čak do stvaranja plesni i truljenja, što ugrožava njen kvalitet i doprinosi nastajanju otpada. Zato se građa odvaja u slojeve tzv. „štapovima separatorima“ (letvama najčešće dimenzija: dužine 2.5 m, širine 40 mm i debljine 25 mm [6]) čime se omogućava efikasnije sušenje površina građe. Prilikom slaganja građe, neophodno je voditi računa i o tome na kom rastojanju i međusobnom položaju se postavljaju štapovi separatori, kako bi se spričilo deformisanje i oštećenje donjih slojeva drvne građe, usled težine građe iz gornjih slojeva. Upotrebotom ovih štapova, građa se pakuje po određenom šablonu i dimenziji tih pakovanja, najčešće su jednakе dimenzijama sušara.

4.1.2 Sušenje drvne građe

U industriji nameštaja, jedan od glavnih zagađivača vazduha su konvencionalne sušare, kod kojih se za dobijanje toplotne energije koriste kotlovi. Toplotna energija koju stvaraju kotlovi, najvećim delom se troši na zagrevanje prostora. Sagorevanje u kotlovima izaziva ekološke probleme zagađenja vazduha kroz emisiju čestica pepela i gasova (ugljenmonoksida (CO) i niza različitih organskih jedinjenja) i zagađenja zemljišta pepelom koji nakon

sagorevanja ostaje u komori za sagorevanje [7]. Na vrstu i količinu emisija iz kotlova utiču:

- vrsta i struktura goriva,
- konstrukcija kotla i njegovog ložišta,
- režimi rada kotla,
- održavanje kotla,
- sistem za regulaciju i monitoring rada kotla, itd.

Kotlovi za sušare kao gorivo koriste čisti drvni otpad (odsečci i prašina od drveta), koji nastaje u procesu izrade nameštaja. Otpadno drvo koje se koristi kao emergent, sadrži oko približno 50% masenih delova ugljenika, 44% kiseonika i 6% vodonika [8]. Drvo čine: isparljive frakcije drveta (volatili, gorivi gasovi) koje sagorevaju, a osnovni su izvor aerozagađenja u slučaju da je sagorevanje nepotpuno (čine približno 80% ukupne mase), ugljenik koji ostaje u pepelu nakon sagorevanja i voda [9]. Sadržaj vlage u drvetu, koje se koristi za proizvodnju nameštaja, kreće se u granicama do oko 20% njegove mase, što utiče na veoma male emisije čestica, ukoliko se postignu optimalni uslovi sagorevanja [1]. Najčešće je u pitanju netretirani drvni otpad, a u manjem procentu mogu da se javе i tretirani delovi drveta (npr. lakirani ili farbani škart). Otpaci od materijala baziranih na drvetu sadrže i dodatna hemijska jedinjenja. Na primer, otpaci od medijapanata i iverice sadrže i vezivne materije, kao što je urea-formaldehid, od oplemenjene iverice u površinskom sloju sadrže melamin. U otpacima mogu da se nađu ostaci od PVC ili ABS kant traka i lamelirani ili lakirani škart elementi.

Proces sagorevanja u kotlu podrazumeva prethodno uvođenje prikupljenog drvnog otpada, u vidu drvenih odsečaka i usitnjenog drveta (strugotine, piljevine i drvene prašine) u ložište kotla, kao i obezbeđivanje adekvatne količine vazduha (kiseonika) za sagorevanje. U cilju obezbeđivanja optimalnih uslova sagorevanja drvnog otpada, neophodno je neprekidno kontrolisati ovaj proces, što podrazumeva:

- održavanje odgovarajuće temperature sagorevanja,
- održavanje odgovarajuće količine kiseonika (vazduha) i njegovog ravnomernog mešanja sa gorivom i
- održavanje odgovarajućeg vremena zadržavanja gorivih gasova.

Vrednost temperature sagorevanja koja se održava u kotlovima ove namene, kreće se od 850 °C do 1.050 °C [7]. Temperatura sagorevanja niža od predviđene za posledicu ima nepotpuno sagorevanje. Viša temperatura uzrokuje topljenje pepela i stvaranje klinkera, koji se može zlepiti za zidove

ložišta i uticati na neefikasno sagorevanje i smanjenje efikasnosti čitavog kotla. Temperatura pri kojoj dolazi do stvaranja klinkera zavisi od vrste drvnog otpada, koji se koristi kao gorivo. Tako na primer, pri sagorevanju drveta klinker se neće formirati do 1.100°C , pri sagorevanju oplemenjene iverice do 850°C , a pri sagorevanju medijapanu do 1.050°C [9]. Osnovni način kontrolisanja temperature sagorevanja je varijacija količine i cirkulacije vazduha.

Kotlovsko ložište se snabdeva vazduhom, čija količina je nešto veća od teorijski potrebne (idealne) količine vazduha za potpuno sagorevanje goriva, jer se idealna mešavina vazduha i gorivih gasova, praktično, nikada ne može postići. Ta količina vazduha, naziva se višak vazduha i u praksi se nastoji da njegova vrednost bude što je moguće manja. Povećanjem viška vazduha, opada efikasnost sagorevanja, smanjuje se temperatura u prostoru za sagorevanje, a samim tim i kvalitet sagorevanja. Smanjenje količine vazduha ispod teorijski potrebne, izaziva nepotpuno sagorevanje.

Vreme zadržavanja gorivih gasova u prostoru za sagorevanje drveta mora da bude od 0,5 s do 0,75 s da bi se obezbedilo njihovo mešanje sa kiseonikom i ostvarilo potpuno sagorevanje. Manje vreme zadržavanja izaziva nepotpuno sagorevanje.

Posledica nepotpunog sagorevanja je visok nivo emisije CO i emisija niza gasova koji zagađuju atmosferu:

- poliaromatičnih ugljovodonika (jedni od najtoksičnijih zagadjivača izazivača kancera, koji bi trebalo da se razgrade kada je vreme zadržavanja gorivih gasova preko 1,5 s na temperaturi preko 800°C),
- polihlorisanih dioksina i furana (vrlo toksični gasovi koji se formiraju na temperaturama od $180^{\circ}\text{C} - 500^{\circ}\text{C}$, u slučaju kada se hlor nalazi u gorivu, npr. od PVC-a u kant trakama) i
- azotnih oksida (NO_x) (izazivaju kisele kiše i stvaraju fotohemski smog) [10].

Emisije azotnih oksida iz ovih kotlova su manje u poređenju sa emisijama iz kotlova u kojima se sagoreva ugalj, zbog manjeg prisustva azota u masivnom drvetu i zbog niže temperature sagorevanja. Ukoliko se u ložištu sagoreva iverje iz prerađe ploča iverica situacija je komplikovanija, jer iverice sadrže određeni procenat azota (oko 3% do 3,5%). Najnovija iskustva pokazuju, da se, kod izvedenih proba sa „problematičnim“ gorivima, ne prekoračuju vrednosti od približno 300 mg/m^3 , ukoliko temperatura prostora gorenja ne prelazi mnogo preko 1.000°C . Pouzdano ograničavanje ove vrednosti, postiže se naknadnim hlađenjem prostora sagorevanja i/ili vraćanjem dimnih gasova u ložište [8].

U zavisnosti od vrste drvnog otpada koji se sagoreva, tj. prisustva različitih jedinjenja u njemu, kao i uslova sagorevanja (potpuno ili nepotpuno), neki od pomenutih gasova će se u određenim situacijama generisati. Međutim, gas koji će se u svakom trenutku prilikom spaljivanja drvnog otpada generisati je ugljen dioksid (CO_2) koji nastaje kao posledica reakcije ugljenika u drvetu i kiseonika. Treba napomenuti da se ovaj gas tokom analiziranja štetnog uticaja sagorevanja drveta ne posmatra kao zagađujući gas, jer je CO_2 od strane drveta apsorbovan tokom formiranja drveta (procesa fotosinteze).

Čvrsti ostaci od sagorevanja otpadnog drveta (pepeo) čine od 0,5% do 5% mase otpadnog drveta koje sagoreva. Od 60% do 90% pepela ostaje u komori za sagorevanje, od 10% do 30% se izdvoji u sistemu za prečišćavanje dimnih gasova, a od 2% do 10% se iz dimnjaka emituje u atmosferu. Otpad, neemitovan u atmosferu, periodično se (svake ili svake druge nedelje) manuelno ili automatski odstranjuje iz kotla čišćenjem. Ovaj pepeo nije toksičan, pa se, umesto odlaganja na komunalne deponije, može koristiti za poboljšanje kvaliteta zemljišta. Problemi se mogu javiti usled podizanja prašine prilikom pražnjenja kontejnera sa pepelom, što se rešava vlaženjem pepela.

a)



b)



Slika 4.2 Elektrostatički i keramički filteri

Odredbe o zaštiti životne sredine, zahtevaju uvođenje odgovarajućih uređaja za prečišćavanje dimnih gasova. Kotlovi snage preko 0,4 MW koji koriste drveni otpad kao gorivo, obično imaju multiciklonske filtere za prečišćavanje dimnih gasova koji ograničavaju emisiju čestica do 150 mg/m^3 . Elektrostatički filtri obezbeđuju redukciju emisija čestica do 25 mg/m^3 , a

keramički filteri redukuju emisiju do nivoa od 5 mg/m^3 i, po pravilu, koriste se u postrojenjima koji sagorevaju tretirano drvo [9].

Zbog negativnog uticaja štetnih materija, koje se generišu pri sagorevanju otpadnog materijala i emituju u atmosferu, Evropska direktiva o spaljivanju otpada (The European Waste Incineration Directive - 2000/76/EC, definiše dozvoljene granične vrednosti ovih materija. Direktiva 2000/76/EC se odnosi na spaljivanje različitih vrsta otpada i isključuje drveni otpad, sem onaj koji sadrži halogena organska jedinjenja (hlor, brom, fluor, tj. polivinil hlorid – PVC) i teške metale (bakar, hrom, arsen, koji se javljaju kao rezultat zaštite drveta i ne koriste se u industriji nameštaja). To praktično znači, da bi preduzeća koja sagorevaju drveni otpad trebalo da obezbede, da PVC kant trake i delovi nameštaja laminirani PVC folijama, ne budu sastavni deo otpadnog drvnog materijala koji se sagoreva.

Štetne materije	Kapacitet (MW_{th})		
	$> 1 - 50$ mg/m^3	$> 50 - 300$ mg/m^3	> 300 mg/m^3
prašina	50	50	50
ugljen-monoksid (CO)	250	250	250
azot-dioksid (NO_2)	500	400	200
organska jedinjenja izražena preko ukupnog ugljenika	50	50	50

Tabela 4.3 Granične vrednosti emisija štetnih materija, pri sagorevanju biomase u kotlovima [2], [3]

Kod nas, dva pravilnika: Pravilnik o graničnim vrednostima emisije, metode i periodi merenja (Službeni glasnik 35/1997) i Pravilnik o graničnim vrednostima emisije, metode merenja i kriterijumi za određivanje mesta merenja (Službeni glasnik 30/1999), propisuju mogućnost sagorevanja drvnog otpada kao goriva, pri čemu se drveni otpad tretira kao biomasa [7]. Tabelom 4.3 su predstavljene granične vrednosti emisija štetnih materija pri sagorevanju biomase u kotlovima [7].

Oba pomenuta Pravilnika je neophodno izmeniti ili dopuniti, u skladu sa istim definisanim i usvojenim u EU. U okviru istog Pravilnika za kotlove snage manje od 1 MW_{th} primenjuje se Standard JUS M.E6110 iz 1987., kojim se ne propisuju granične dozvoljene vrednosti emisija štetnih materija [7].

Preporuka je da i sušare funkcionišu pri optimalnom kapacitetu ispunjenosti drvnom građom, što obezbeđuje njihovo najefikasnije funkcionisanje. Ukoliko je stepen ispunjenosti sušare drvnom građom veći od preporučenog, može doći do sprečavanja cirkulacije vazduha unutar nje, što za sobom povlači i neadekvatno sušenje građe, veće vreme sušenja, a samim tim i veći utrošak energije, veće emisije gasova i veće troškove. Sa druge strane, ukoliko su one minimalno napunjene građom (npr. 10% – 50% kapaciteta), obezbediće se bolja cirkulacija vazduha, smanjiće se vreme sušenja, ali će produktivnost biti manja, uz veći utrošak energije i veće prateće troškove. Povećanjem brzine vazduha upotreboom ventilatora, postiže se ne samo kraće vreme sušenja, veći i bolji kvalitet osušene građe. Preporučuje se korišćenje ventilatora sa promenljivim protokom, koji bi u početnoj fazi sušenja obezbeđivali veću količinu vazduha, a u fazi kada je difuzija molekula vode iz drveta usporena, manju količinu vazduha bez smanjenja brzine sušenja. U poslednje vreme se teži ka uvođenju senzora i automatizovanju postupka dovođenja vazduha i uspostavljanja optimalnih uslova funkcionisanja sušare [6], [11].

U situacijama kada je funkcionisanje kotlova zabranjeno regulativama o zagađenju vazduha ili je u bilo kom drugom smislu nemoguće i nedostupno, upotrebljavaju se kondenzacione sušare.

4.1.3 Skladištenje drvne građe

Osušenu drvnu građu ili kupljeni pločasti materijal, neophodno je što pre iskoristiti ili uskladištiti u suvom i zaštićenom magacinskom prostoru, u kome se sprečava njihovo oštećenje, koje mogu da izazovu spoljašnji vremenski uslovi ili aktivnosti unutar samog preduzeća. Ukoliko se drvana građa nalazi duže vreme u magacinima², preporučuje se kontrolisanje parametara sredine u magacinskom prostoru [6].

² Minimalno nekoliko meseci,

4.2 PRIMARNA OBRADA I LEPLJENJE

Tokom izvođenja operacija uklanjanja defekata sa površina prethodno osušene građe, njenog sečenja i kasnijeg lepljenja i spajanja u prizmatične delove većih dimenzija, dolazi do generisanja otpadaka od drveta,drvne prašine i ostataka od adhezivnih materijala (lepkova). Kao posledica odvijanja pomenutih operacija, negativan uticaj na okruženje predstavlja emisija organskih isparljivih jedinjenja u vazduh i okolinu.

Mogućnosti za minimiziranjem otpada i smanjenjem njihovog negativnog uticaja na životnu sredinu odnose se na:

- efikasnije uklanjanje defekata sa osušene građe,
- veću upotrebu operacije dužinskog nastavljanja drveta,
- recikliranje otpadaka od drveta i drvne prašine i
- upotrebe adekvatnih lepkova i adekvatnih tehnika lepljenja.

Efikasnije uklanjanje defekata sa površine građe, podrazumeva kombinovano sečenje više komada različitih dužina iz jednog komada, čime se postiže bolje iskorišćenje građe i smanjuje nastajanje otpadaka od drveta. Razvijene su i nove tehnologije koje obezbeđuju efikasno obavljanje ove operacije, vrše identifikaciju defekata i smanjuju otpad, kao što je npr. tehnologija kompjuterizovanog skeniranja [6]. Primenom izvođenja operacija lepljenja i spajanja krajeva kraćih tabli ili letvi, preduzeće Richard Burbidge Ltd (Velika Britanija), koje godišnje procesira preko 50.000 m³ drveta, znatno je redukovalo generisanje otpada [12].

Najčešće se otpad koji nastaje pri obradi drveta, koristi kao gorivo za kotlove u fabrici ili odlaže na deponijama. Kako cena drveta (kao i cena odlaganja drveta na deponijama u svetu) neprekidno raste, pronalaze se rešenja za njegovom ponovnom upotrebom ili recikliranjem (tabela 4.4). Drvni otpaci i prašina, nastali tokom izvođenja ovih operacija, mogu se odlagati i kasnije reciklirati u preduzećima za proizvodnju tabli od iverice i laminata, papira i pulpe, apsorpcionih materijala, prostirki za životinje (slika 4.3), dekorativnog materijala za uređenje zemljišta,drvne galerije, itd. [6, 12, 13]. Sem toga, moguće je otpadni drveni materijal koristiti kao energetski izvor na nekom drugom mestu. Pritom, potrebno je otpad peletirati ili brikerirati, kako bi se omogućio njegov transport i kasnija upotreba (slika 4.4).

	1	2	3	4	5
Ostaci, strugotina i piljevina od mekog drveta	Prostirka za domaće životinje/ prostirka za mačke	Prostirka za konje	Peletiranje/ briketiranje	Iverica	Kompostiranje
Drvno brašno od mekog drveta	Prostirka za mačke	Peletiranje/ briketiranje	Kompostiranje	Spaljivanje sa iskorишћenjem toplove	
Ostaci tvrdog drveta	Dužinsko nastavljanje i kaširanje	Dobijanje čumura	Iverica	Prostirka za životinje (drvo svetlige boje)	Spaljivanje sa iskorишћenjem toplove
Strugotina i piljevina od tvrdog drveta	Peletiranje/ briketiranje	Kompostiranje/za uzgajanje pečuraka	Spaljivanje sa iskorишћenjem toplove		
Drvno brašno od tvrdog drveta	Peletiranje/ briketiranje	Kompostiranje/za uzgajanje pečuraka	Spaljivanje sa iskorишћenjem toplove		
Pločasti materijali i mešani ostaci drveta	Iverica	Prostirka za stoku i svinje niskog kvaliteta	Kompostiranje	Spaljivanje sa iskorишћenjem toplove	
Pločasti materijali i mešana strugotina, piljevina i brašno	Prostirka za stoku i svinje niskog kvaliteta	Kompostiranje	Spaljivanje sa iskorишћenjem toplove		

Tabela 4.4 Reciklažne opcije materijala od drveta rangirane u opadajućem nizu ekonomskih/ekoloških prioriteta [12]

Operacija dužinskog nastavljanja drveta, već je pomenuta u poglavlju 2.2. U poslednje vreme, sve češće se ova operacija izvodi zbog značajne uštede materijala, a time i smanjenja količine generisanog otpada.



Slika 4.3 Prostirka za konje



Slika 4.4 Drvni peleti

Upotreba adekvatnih lepkova, takođe predstavlja jedan od načina za redukovanjem otpada tokom izvođenja ovih operacija. Treba koristiti reverzibilne lepkove, tj. one koji se nakon upotrebe mogu ponovo prevesti u tečno agregatno stanje. U protivnom, u slučaju nedobijanja kvalitetnog spoja, drveni materijal će završiti kao otpad. Posebnu pažnju treba posvetiti i tehnički lepljenju (nanošenju, prenošenju, vlaženju i očvršćavanju lepka). Lepak se po nanošenju na površinu jednog komada, prenosi na površinu drugog komada, dok je još uvek u tečnom agregatnom stanju i dok može da vlaži površinu komada. Uprebom posebnih tzv. „nanosača lepka“, obezbeđuje se konstantna debljina sloja lepka između površina komada. Različite vrste drveta imaju različite otpore prema vlaženju, zbog čega proces lepljenja treba kontrolisati. Očvršćavanje (sušenje) lepka, mora da nastupi nakon vlaženja i da se završi pre uklanjanja spojenih komada iz prese i izlaganja spoja opterećenju. Preporučuje se da kante i kontejneri sa lepkovima budu, kad god je to moguće, zatvoreni, kako bi se sprečila emisija isparljivih materija u atmosferu.

4.3 GLAVNA (MAŠINSKA) OBRADA, BRUŠENJE I MONTAŽA

Tokom izvođenja operacija mašinske obrade i brušenja generiše se otpad u formi piljevine, strugotine i drvne prašine. Ovaj otpad se može iskoristiti kao

izvor energije ili reciklirati, na potpuno identičan način, kao i drvni otpad generisan tokom primarne obrade.

Drvna prašina ima veoma negativan uticaj, ne samo na zagađenje vazduha, već izaziva akutne i hronične zdravstvene efekte na zaposlene, koji su izloženi njenom dejству. Ona utiče na iritaciju očiju (crvenilo, suzenje, manje oticanje), kožu (alergijske reakcije i dermatitis u slučaju izloženosti u dužem vremenskom periodu), iritaciju nosa, grla i pluća pri udisanju (preterana osjetljivost i alergijske reakcije) i bol u stomaku, pri slučajnom gutanju većih količina. Hronični efekat dugotrajnog udisanja vazduha, koji sadrži i čestice drvne prašine, podrazumeva i kancer nosne šupljine, astmu i dermatitis. Negativan uticaj drvne prašine može se umanjiti pravilnom upotreboru zaštitne opreme i ugradnjom kompleta za prvu pomoć u pogonu, koji treba da sadrži: jedinicu za umivanje, zaštitnu kremu i kremu za čišćenje kože (slika 4.5). Radnici koji obavljaju operacije, pri čijem izvođenju se generiše drvna prašina, moraju da nose zaštitne naočare, nepropustljive rukavice, zaštitnu obuću i radni kombinezon, a posetiocima se savetuje da nose odeću sa dugim rukavima i pantalone [2].



Slika 4.5 a) Jedinica za umivanje i b) zaštitne naočare

Pravilno projektovanje sistema za uklanjanje drvne prašine iz pogona je značajno za obezbeđivanje adekvatnih radnih uslova. Vazduh sa česticama drvnog materijala ne može se direktno izbaciti u atmosferu, već se materijal mora odvojiti pre njegovog izbacivanja. U sistemima aspiracije, najčešće se koriste dva tipa odvajača: centrifugalni odvajači (cikloni) i filteri (glava 3.1.5). Primena sistema aspiracije utiče na povećanje efikasnosti brušenja, jer se sprečava ulazak prašine od drveta, u alate i mašine za brušenje. Time se povećava radni vek pomenutih uređaja i smanjuje se potreba za njihovim

održavanjem. Takođe, ovim sistemima se sprečava kontakt materijala sa nečistoćom i prljavštinom, čime se obezbeđuje mogućnost njegove reciklaže [6].

Redovnim čišćenjem alata, pribora i mašina za mašinsku obradu produžava se njihov radni vek i smanjuje se otpad koji nastaje usled njihovog nepravilnog funkcionisanja.

Što se tiče mogućnosti i načina za smanjenjem generisanja otpada prilikom operacije montaže, one se odnose na aktivnosti recikliranja drvnih odsečaka i drvne prašine, upotrebu adekvatnih lepkova i adekvatnih tehnika lepljenja, koje su opisane u poglaviju 4.2.

4.4 PRIPREMNA I ZAVRŠNA POVRŠINSKA OBRADA

Vrsta i količina otpadnih materija koje se generišu pri izvođenju operacija pripremne i završne (površinske) obrade, zavisi od vrsta primenjenih operacija i materijala koji se koriste za njihovo izvođenje (tabela 4.2). Tokom sprovođenja ovih operacija dolazi do generisanja gasovitog, tečnog i čvrstog otpada. Gasoviti otpad se odnosi na emisije isparljivih organskih jedinjenja (VOC) i drugih gasova opasnih po zdravlje i okolinu (HAP)³, i drvnu prašinu koja nastaje pri brušenju materijala. Pod tečnim otpadom se podrazumevaju upotrebljeni rastvor i materijali za operacije pripremne obrade, bajcevi, materijali za ispunu i zaptivanje, materijali različitih vrsta boja i lakova, materijali za ribanje i poliranje i otpadne vode. Čvrsti otpad čine iskorišćeni filteri u komorama za nanošenje premaza, krpe i tkanine, kontejneri i kante sa pomenutim rastvorima i materijalima, delovi folija, kant trake, škart materijal, itd.

Primenom alternativnih materijala premaza, pouzdanih i efikasnijih tehnologija njihovog nanošenja, kao i adekvatnim planiranjem i organizovanjem proizvodnih operacija i održavanja, moguće je redukovati pomenuti generisani otpad.

Isparljiva organska jedinjenja i opasni zagađivači vazduha iz organskih rastvarača, koji su sastavni deo različitih premaznih materijala u industriji nameštaja, mogu da predstavljaju veliku opasnost za zdravlje i bezbednost neposredno izloženih radnika. Ako se progutaju, ove materije mogu da izazivaju iritaciju očiju, nosa i kože, kao i mučninu i povraćanje ili bol u trbušu. U

³ Opasni zagađivači vazduha - HAP (Hazardous Air Pollutants)

slučajevima kada ove materije dođu u kontakt sa očima ili kožom, mogu da izazovu bol, ošamućenost, pa čak i konvulziju u ekstremnim slučajevima. Sumnja se da su kancerogene kada se udišu, pa je potrebna zaštitna oprema (zaštitne maske sa odgovarajućim umecima) pri radu sa premazima koji ih sadrže [2].

Materijal premaza	Sadržaj čvrstih materija [%]	VOC [%]
Bajcevi sa rastvaračima	1–10	99–90
Vodeni bajcevi	1–20	3–10
Bajcevi sa rastvaračima za impregnaciju	10–20	90–80
Vodeni bajcevi za impregnaciju	10–20	2–8
Alkidni premazi	30–50	70–50
Nitrocelulozni premazi	15–25	85–75
Kiseloočvršćavajući premazi	25–40	75–60
2K (dvokomponentni) poliuretanski premazi	30–40	70–60
2K HS poliuretanski premazi	45–60	55–40
2K akrilni premazi	15–30	85–70
Nezasićeni poliestarski premazi	60–85	40–15
UV poliestarski premazi	60–95	40–5
UV akrilni premazi	60–99	40–1
Vodeni premazi	30–40	3–10
Premazi u prahu	99–100	0–1

Tabela 4.5 Sadržaj čvrstih materija i VOC u različitim tipovima premaza za drvo

Proizvođači nameštaja suočeni su sa sve strožijom ekološkom regulativom, vezanom za smanjenje emisije organskih komponenata u vazduh⁴. To je uslovilo zamenu konvencionalnih premaza sa organskim rastvaračima (NC, SH, PU), premazima baziranim na vodi kao rastvaraču, premazima sa velikim sadržajem čvrstih materija (High solid content), premazima baziranim na očvršćavanju zračenjem (UV i elektronsko), kao i premazima u prahu. Primenom ovih materijala, smanjuje se količina otpadnih materija ili se generiše otpadni materijal, koji je manje toksičan ili potpuno netoksičan. U tabeli 4.5 su prikazane indikativne vrednosti sadržaja čvrstih materija i lako isparljivih organskih jedinjenja (VOC) u premaznim materijalima za obradu drveta [16].

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • Smanjenje emisija štetnih gasova i nastajanja opasnog tečnog i čvrstog otpada • Primena kod različitih tehnika nanošenja premaza • Smanjenje toksičnosti i neprijatnih mirisa • Obrađena površina otporna na vlagu, hemikalije, udarce i abraziju • U određenim slučajevima moguće čistiti opremu sapunom i vodom • Smanjenje troškova osiguranja protiv požara (u slučaju kada se zamenjuju premazi sa klasičnim VOC rastvaračima) 	<ul style="list-style-type: none"> • Duže vreme sušenja, potrebe za većim količinama vazduha za sušenje ili višim temperaturama u sušarama • Skladištenje na sobnoj temperaturi u cilju ostvarivanje bolje rastvorljivosti i sprečavanja mržnjenja • Oprema kojom se nanose mora da bude otporna na koroziju (plastika, nerđajući čelici) • Opremu kojom se nanose potrebno čistiti odmah po nanošenju • Neophodna kontrola vlažnosti vazduha u prostorima za nanošenje • Površine komada moraju da budu čiste • Nekada je teško postići visok sjaj površina, pa je potrebno intenzivnije glačanje i poliranje • Otežana naknadna obrada • Veliki troškovi prelaska na opremu otpornu na koroziju

Tabela 4.6 Prednosti i nedostaci upotrebe vodenih premaza

⁴ Takve su npr. u EU, direktive Evropske komisije: Directive 1999/13/EC on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations [14] i Directive 2004/42/EC on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refuelling products (tzv. Direktiva o bojama) [15]

Najjednostavniji način smanjenja emisija VOC i generisanja tečnog i čvrstog otpada je prelaz sa korišćenja klasičnih nitroceluloznih premaza na korišćenje alkidnih premaza sa visokim sadržajem čvrstih materija (min. 35% – 40%). Potreban je manji broj nanošenja prskanjem da bi se dobila ista debljina premaza, jer bolje pokrivaju materijal koji se obrađuje. Neophodni su relativno mala finansijska sredstva za prelazak na ove premaze i nezнатне promene u opremi, a operateri se vrlo lako prilagođavaju na upotrebu novih premaza. Međutim, sadržaj VOC je još uvek veliki, jer i ovi premazi sadrže organske rastvarače, a javljaju se i problemi sa zapaljivošću.

Umesto organskih rastvarača, kod vodenih premaza kao rastvarač se koristi voda. U određenim situacijama se kao rastvarač koristi mešavina vode i nekog konvencionalnog rastvarača. Prednosti i mane korišćenja materijala sa vodom kao rastvaračem, prikazane su u tabeli 4.6 [6, 16, 18]. Zamenom nitroceluloznih premaza za grundiranje i lakiranje vodenim premazima, preduzeće New England Woodcraft (SAD) je redukovalo emisije isparljivih organskih jedinjenja za 80% i troškove osiguranja za 25%, prilikom završne obrade komada kupatilskog i nameštaja za spavaće sobe [6, 17]. Na isti način, preduzeće The Shuttery Nanik (SAD) je korišćenjem ovih premaza, smanjilo emisije štetnih materija za 85% i godišnje uštedelo 32.000 US \$, pri čemu je trošak prelaza na vodene premaze bio 72.000 US \$ [17].

Poliesterski i poliuretanski premazi se na površine komada nameštaja, najčešće nanose upotrebom konvencionalnih tehnika nanošenja premaza – prskanjem ili industrijskim nanošenjem valjanjem i nalivanjem. U poređenju sa materijalima na bazi nitroceluloze, imaju manje negativniji uticaj na životnu sredinu. U preduzeću Geiger Brickel (SAD) ova vrsta materijala premaza se nanosi na vertikalne površine komada nameštaja. Na taj način, pomenuto preduzeće je redukovalo emisije isparljivih organskih jedinjenja za 25%, uz istovremena povećanja produktivnosti i kvaliteta premazanih površina [17].

Relativno novi sistemi premaza podrazumevaju upotrebu premaza sa CO₂ u superkritičnom stanju kao rastvaračem⁵, čime se smanjuje viskoznost premaza, poboljšava atomizacija materijala i delimično ili potpuno zamenjuje konvencionalni rastvarač. Posebno projektovani pištolji i mlaznice za bezvazdušno prskanje se koriste prilikom stvaranja mešavine film premaza i CO₂. Premazi od ovih materijala očvršćavaju vazdušnim sušenjem ili pečenjem u

⁵ UNICARB® sistem prskanja, patentiran od strane Union Carbide (sada deo firme Dow Chemical Corporation)

pećima. Upotreboom pomenutih materijala, moguće je ostvariti redukciju emisiju VOC i za 50% u poređenju sa NC premazima. Prednosti i mane korišćenja materijala sa CO₂ kao rastvaračem, prikazane su u tabeli 4.7 [6, 16]. Instaliranjem UNICARB® sistema prskanja sa premazima na bazi ugljendioksida, preduzeće Pennsylvania House (SAD) je redukovalo emisije isparljivih organskih jedinjenja za 70% i količinu potrebnog materijala za 50%, ne narušavajući kvalitet nanetih slojeva premaza [6].

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • Manja upotreba materijala i sniženi troškovi • Manje emisije štetnih gasova, manje generisani otpad i troškovi vezani za njegovo odlaganje • Dobijanje premaza visokog kvaliteta • Manji broj nanošenja materijala za istu deblijinu sloja premaza • Ponekad smanjuje potrebe za brušenjem • Lako ispravljanje grešaka na obrađenim komada nameštaja 	<ul style="list-style-type: none"> • Mali broj snabdevača opremom za nanošenje premaza • Tehnologija u razvoju i relativno mala iskustva u pogledu korišćenja opreme • Upotreba opreme iziskuje posebne obuke zaposlenih • Visoki troškovi nabavke i korišćenja opreme; • Visoki troškovi ugradnje • Kabasta oprema • Potrebeni obučeni radnici

Tabela 4.7 Prednosti i nedostaci materijala premaza sa CO₂ kao rastvaračem

Kod sistema premaza koji očvršćavaju zračenjem, pod dejstvom ultraljubičastog (UV), infracrvenog (IC) ili zračenja elektronskim snopom (EB), dolazi do brze polimerizacije premaza i promene njegovih fizičkih i hemijskih svojstava. Premazi koji očvršćavaju zračenjem su epoksidni i materijali bazirani na akrilatima. Generalno, potrebno je manje energije za očvršćavanje ili sušenje ovih premaza, kraće je vreme sušenja, a oni u sebi sadrže manje isparljivih organskih jedinjenja od konvencionalnih materijala premaza (tabela 4.8) [6, 18]. Zamenom premaza na bazi poliuretana, premazima koji očvršćavaju UV zračenjem, preduzeće Hussey Seating (SAD) je znatno smanjilo emisije štetnih materija u atmosferu, dok je godišnje uštedelo u materijalu premaza oko 55.000 US \$, a u troškovima radne snage oko 280.000 US \$. Period povraćaja uloženih sredstava bio je oko 4,5 godine [17].

Kao što je već pomenuto, primenom pouzdanije i efikasnije opreme za nanošenje premaza postiže se veća produktivnost, uz istovremeno smanjenje

generisanja otpada, zagađivanja životne sredine i ugrožavanja zdravlja zaposlenih. Umesto vazdušnog prskanja (komprimovanim vazduhom visokog pritiska), kao što je već pomenuto u poglavlju 2.5, razvijeno je više alternativnih tehnika prskanja čijom se primenom smanjuje generisani otpad. U tabeli 4.9 (kao i tabeli 2.2), prikazane su prednosti i mane upotrebe različitih alternativnih tehnika nanošenja premaza prskanjem.

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • Manja upotreba materijala i sniženi troškovi • Manje emisije štetnih materija i sniženi troškovi • Manji utrošak energije i niži troškovi energenata • Manji broj nanošenja materijala za istu debljinu premaza • Dobijanje visokokvalitetnih, dugotrajnih i sjajnih premaza • Veća produktivnost i kraće vreme sušenja • Lako instaliranje opreme • Upotreba malih sušara 	<ul style="list-style-type: none"> • Potreba za automatizacijom • Ne mogu se primeniti kod nanošenja premaza sa pigmentima (bajcevi) • Obrađeni komadi se teško dorađuju • Otežano očvršćavanje premaza trodimenzionalnih komada • Veliki troškovi postavljanja sušara u poređenju sa konvencionalnim • Visoki troškovi obezbeđivanja UV i EB zračenja • Potencijalna toksičnost sastavnih delova premaza (dermatitis) • Problem skupljanja/adhezije akrilata • Teško sušenje 3D elemenata • „Plastičan“ izgled obrađenih delova

Tabela 4.8 Prednosti i nedostaci premaza koji očvršćavaju zračenjem

Bezvazdušnim prskanjem je omogućeno raspršivanje materijala povećanjem pritiska fluida (materijala), bez dovođenja vazdušne struje pod pritiskom, čime je moguće smanjiti generisanje otpada, emitovanje emisija VOC i povećati produktivnost. U preduzeću Kernp Furniture Industries (SAD) upotrebo bezvazdušnog prskanja uz delimično prisustvo vazduha (airmix), za potrebe površinske obrade komada nameštaja, godišnje se uštedelo oko 23% materijala premaza, u poređenju sa prethodno korišćenom konvencionalnom tehnikom vazdušnog prskanja, a time su smanjeni troškovi odlaganja generisanog otpada i čišćenja opreme [19]. Tehnikom vazdušnog prskanja niskog pritiska i velike zapremine – HVLP, moguće je efikasno i pouzdano naneti različite vrste materijala premaza na površine komada nameštaja, koje sadrže razna udubljenja, šupljine ili pukotine. Najbolji primer redukcije generisanja

otpada i s tim u vezi troškova i emisija štetnih materija upotrebom ove tehnike prskanja su iskustva preduzeća Ethan Allen (SAD) i njihovog pogona Beecher Falls, proizvođača kvalitetnog sobnog nameštaja, koje je izvršilo analizu mogućnosti zamene konvencionalne tehnike vazdušnog prskanja pomenutom tehnikom. Analiza je pokazala da je upotrebom HVLP prskanja, redukovana potrebna količina materijala premaza za 39% Ujedno je i za 39% redukovana emisija VOC, uz istovremenu godišnju uštedu u materijalu od 145.000 US \$ i period otplate uloženih sredstava za manje od tri nedelje [20]. Primer uspešne upotrebe HVLP predstavlja i preduzeće Henredon Furniture Industries (SAD), proizvođač stolica i klupa, koje je u svojim pogonima ovim sistemom zamenilo klasične sisteme vazdušnog prskanja. Preduzeće je ostvarilo godišnje uštede od 120.000 US \$, uz smanjenje potrošnje premaza od 13% do 15% i povećan kvalitet izlaznih proizvoda. Period povraćaja uloženih finansijskih sredstava je bio oko 3,5 meseca [6]. Thomasville Furniture (SAD) je prilikom površinske obrade drvenih stolica vazdušnim prskanjem, ostvarivalo efikasnost prenosa od 20% (80% gubitka materijala premaza). Preduzeće je zato ugradilo pet ručnih elektrostatičkih raspršivača, čime su za 30% - 40% smanjeni generisani otpad i emisija VOC. Čišćenje kabine za prskanje, sprovodi sa jednom nedeljno, umesto prethodne prakse svakodnevног čišćenja. Ova ugradnja se isplatila za manje od godinu dana [6].

Premazi u prahu omogućavaju površinsku obradu drveta praktično bez emisije organskih komponenti u vazduh i bez nastajanja otpada. Osnovne prednosti premaza u prahu su sledeće:

- skoro u potpunosti je eliminisana emisija rastvarača (sadržaj VOC <0,2%),
- nema koagulacije rasutog materijala i otpad je skoro u potpunosti isključen,
- iskoršćenje materijala>95%, moguće je zahvaljujući hvatanju i ponovnom korišćenja rasutog materijala,
- moguće je nanošenje slojeva velike debljine bez opasnosti od nastanka slivanja („curotina“),
- veoma dobra funkcionalna i optička svojstva premaza,
- često je dovoljan jedan sloj premaza (smanjuju se troškovi obrade),
- mogućnost automatizacije procesa [24].

U tabeli 4.10, prikazane su prednosti i mane upotrebe različitih tehnika nanošenja premaza kontaktnim metodama, o kojima je bilo reči u poglavlju 2.5. U cilju povećanja produktivnosti, održavanja visokog kvaliteta i smanjenja emisije VOC, preduzeće Steelcase, Inc. (SAD) ugradilo je sistem za nanošenje

premaza valjanjem. Ušteda u materijalu ostvarena je povećanom efikasnošću prenosa i prelaskom na premaze sa velikim sadržajem čvrstih materija. Smanjen je procenat škarta i naknadnih (doradnih) radova za 30-50%, a emisija VOC za 25% [6].

Tehnika prskanja	Prednosti	Nedostaci
Bezvazdušno prskanje	Efikasnost prenosa (35% -65%), manja upotreba premaza, manje emisije gasova i generisanje otpada, visoka produktivnost i manje zamaranje radnika, mogućnost korišćenja viskoznih materijala, veća pokretljivost pištolja i operatera	Relativno loše raspršivanje materijala, skupe mlaznice, ograničena upotreba materijala premaza, neophodna obuka radnika, intenzivnije održavanje, opasnost po operatera od dejstva fluida pod pritiskom
Bezvazdušno prskanje uz delimično prisustvo vazduha (airmix),	Efikasnost prenosa (40% -70%), manja upotreba materijala, manja mogućnost nanošenja prekomerne količine materijala, smanjeno odbijanje materijala sa predmeta i smanjen rastur materijala	Ne koristi se kod nekih vrsti premaza sa visokim sadržajem čvrstih materija, veće održavanje, veći troškovi, neophodna obuka radnika, intenzivnije održavanje, rizik po operatera od dejstva fluida pod pritiskom
Vazdušno prskanje niskog pritiska i velike zapremine (HVLP)	Efikasnost prenosa (40% -70%), smanjeno odbijanje materijala sa predmeta, manje emisije VOC, manja mogućnost prekomernog nanošenja premaza, manji troškovi čišćenja komora i zamene filtera i tretmana otpadnih voda, upotreba različitih vrsta materijala premaza	Neophodno obučavanje zaposlenih, sporija primena i ponekad manja produktivnost, nepotpuno raspršivanje materijala koje u nekim slučajevima ne obezbeđuje finu završnu obradu
Elektrostatičko prskanje	Efikasnost prenosa (35% -70%), manja upotreba materijala, manje generisanje otpada i emitovanje štetnih gasova, ravnomerna debljina sloja premaza, dobro pokrivanje svih strana premaza, upotreba različitih vrsti materijala premaza	Potrebne dopunske mere zaštite zbog visokog napona (požar bezbednost), ponekad neophodno korišćenje posebnih sredstva za premazivanje površina komada u cilju povećanja elektroprovodljivosti, relativno visoki troškovi, glomazni i delikatni pištolji, problemi zbog efekta Faradejevog kaveza, preveliko nanošenje premaza na ivicama

Tabela 4.9 Prednosti i nedostaci alternativnih tehnika nanošenja premaza prskanjem

Tehnika nanošenja	Prednosti	Nedostaci
Nanošenje valjanjem	Visoka efikasnost prenosa, visoka produktivnost, manje generisanje otpada, moguća upotreba premaza sa velikim sadržajem čvrstih materija i premaza koji očvršćavaju zračenjem	Ograničena upotreba na komadima ravnih površina, otežano nanošenje na teško pristupačnim mestima i šupljinama, emisije isparljivih organskih jedinjenja pri upotrebi materijala na bazi rastvarača, pojava nepravilnosti na podlozi kao rezultat neadekvatnog tečenja premaza
Nanošenje nalivanjem	Izvanredna efikasnost prenosa, vrlo visoka produktivnost, manje generisanje otpada, ravnometerna debljina sloja premaza, moguća upotreba premaza koji očvršćavaju zračenjem	Ograničena upotreba na komadima ravnih površina, zahtevaju čistu radnu prostoriju, moguće penušanje i prekid toka premaza
Potapanje	Izvanredna efikasnost prenosa, visoka produktivnost, manje generisanje otpada, manja potreba za radnom snagom	Nepogodna tehnika za komade sa otvorima ili šupljinama, promena boje je otežana i spora, lošiji izgled obrađene površine u poređenju sa prskanim površinama
Vakuumsko nanošenje	Izvanredna efikasnost prenosa (~ 100%), značajno manje generisanje otpada i emisije isparljivih organskih jedinjenja, visoka produktivnost, manji troškovi rada	Primarna upotreba kod materijala sa vodom kao rastvarača, oblik komada mora da bude ujednačen, mogućnost promene viskoznosti premaza zbog uticaja potpritiska na rastvarač ili vodu, postoji tendencija za penušanjem
Flutacija	Visoka produktivnost, manje generisanje otpada, manja potreba za radnom snagom, manji troškovi instaliranja	Kontrolom viskoznosti reguliše se debljina sloja prevlake

Tabela 4.10 Prednosti i nedostaci različitih kontaktnih metoda nanošenja premaza

Nanošenjem premaza prskanjem nastaje određena količina magle premaza i dolazi do značajnog isparenja tečnih komponenata. U određenim koncentracijama, magla i isparenja su veoma štetni za zdravlje prisutnih, a isparljive komponente povećanih koncentracija, mogu da budu potencijalno

zapaljive i eksplozivne. Da bi se magla i isparenja koja nastaju pri nanošenju premaza odvela iz prostorije, prskanje treba da se obavlja u posebnim prostorima: kabinama za prskanje (prostor za prskanje ograničen sa tri strane), zidnim prskalištima (prostor ograničen sa jedne strane) ili u komorama za prskanje (potpuno zatvoreni prostori sa kontrolisanim odvođenjem i dovođenjem vazduha). Vazduh koji se odvodi iz radne zone prostora za prskanje naknadno se prečišćava, da bi se oslobodio čestica premaza i štetnih gasovitih supstanci koje nosi sa sobom.

Prema načinu prečišćavanja odsisanog vazduha, kojim se vazduh oslobađa čestica premaza, razlikuju se:

- suvo prečišćavanje i
- mokro (vodeno) prečišćavanje.

Za postupak suvog filtriranja, koriste se savijeni limovi, vlknasti slojeviti materijali, teško zapaljivi papirni filteri i filteri od savijenog kartona. Mali stepen prečišćavanja i visoki troškovi održavanja sistema sa savijenim limovima, doveli su do razvoja sistema sa zamenjivim filterom. Vlknasti filteri se odlikuju relativno kratkim vremena trajanja, što stvara probleme u radu kod srednje i masovne proizvodnje. Filter u obliku saća, napravljenog od više tankih papirnih slojeva, po učinku je sličan vlknastom, ali ga odlikuje duže vreme trajanja. Poslednji korak u razvoju tehnike suvog prečišćavanja je filter od savijenog kartona, koji se odlikuje visokim stepenom odvajanja čestica, uz dugo vreme upotrebe.

Kod mokrog postupka prečišćavanja vazduha, zaprljani vazduh se dovodi u kontakt sa vodom. Po celoj frontalnoj površini zidnog prskališta ili kabine, sliva se voda formirajući „vodenu zavesu“, tako da se čestice premaza „hvataju“ na vodene kapi. U zavisnosti od upotrebljenog premaza, vodi se dodaju hemijska sredstva (koagulaciona i protiv penušanja) da bi se poboljšalo odvajanje čestica premaza. Ostaci premaza koji su prešli u vodu, izdvajaju se kao plivajući ili nataloženi mulj, koji se povremeno odstranjuje. Pri tome, voda ostaje u bazenu ispod radnog dela kabine, tretira se i, eventualno, ponovo koristi u kružnom toku. Pod dejstvom ventilatora, vazdušna struja se izvlači naviše, gde se prečišćava prolaskom kroz niz mehaničkih prepreka ili kroz mlaz vode. U zavisnosti od primenjene tehnologije, prečišćavanje može biti: mlaznicama, kaskadno, vrtložno, venturi [21]. U pitanju su vrlo efikasni sistemi – u optimalnim uslovima stepen prečišćavanja je oko 99,5%, kod prečišćavanja mlaznicama i kaskadama, a čak 99,8% - 99,9%, kod vrtložnog i venturi prečišćavanja. Nedostaci vodenog filtriranja vazduha, ogledaju se u višim investicionim troškovima, u odnosu na uporedivu kabinu sa suvim

prečišćavanjem, otežanom održavanju (dugotrajnom i teškom čišćenju), visokim troškovima eksploatacije, većim troškovima održavanja i smanjenom vremenu trajanja kabine zbog korozije.

Za prečišćavanje vazduha od štetnih gasovitih supstanci, koriste se sledeći postupci:

- apsorpcija (vazduh se dovodi u kontakt sa nosećim medijumom, koji prihvata i vezuje štetne materije),
- adsorpcija (zagađen vazduh se provodi kroz usitnjen aktivni ugalj, na kome se talože organski rastvarači),
- kondenzacija (prerađeni vazduh se hlađi u rashladnom agregatu dok se ne kondenzuju štetne materije sa višom tačkom ključanja)
- upotreba bioloških ispirača (vazduh sa organskim rastvaračima provodi se kroz vodu, u kojoj se nalaze odgovarajući sojevi bakterija, koje uništavaju štetne sastojke) i
- sagorevanje (otpadni vazduh se zagreje do određene temperature da štetni sastojci sagore).

Adekvatno planiranje i organizovanje proizvodnih operacija i operacija održavanja se vezuje za potrebu i mogućnost obučavanja zaposlenih u preduzeću, adekvatnu pripremu materijala premaza, direktno dopremanje materijala premaza do opreme za nanošenje prskanjem, upotrebu toplotne energije radi dobijanja željene viskoznosti materijala premaza, održavanje proizvodne opreme i uređaja, upravljanje sirovinama i recikliranje upotrebljenih materijala.

Obučavanje zaposlenih se sprovodi u cilju smanjenja generisanja otpada, emitovanja štetnih materija, povećanja produktivnosti, ali i smanjenja potencijalne opasnosti od povređivanja zaposlenih. Potrebno je da postoji česta komunikacija sa zaposlenima o ciljevima i očekivanjima preduzeća vezanih za kvalitet i efikasnost proizvodnje, redukovanje generisanja otpada, energetsku potrošnju, bezbednost na radu, itd. Zaposleni moraju da se pridržavaju uputstava o korišćenju proizvodne opreme i uređaja, vezano za vrednosti radnih pritisaka, koncentraciju materijala premaza, vrednosti protoka ili procedura održavanja. Posebnu pažnju rukovaoci treba da obrate na opasnosti po bezbednost i zdravlje, koje se javljaju pri korišćenju opreme i materijala, kao i načinima kako da zaštite sebe i spreče neželjene nesrećne slučajevе. Prilikom upotrebe opreme za prskanje, treba voditi računa da pištolji budu usmereni upravno na površine komada na adekvatnoj udaljenosti, da se pištolji aktiviraju ili deaktiviraju po započinjanju ili na kraju svake faze nanošenja materijala

premaza i da se održava njihova konstantna brzina. U nekim preduzećima, zaposleni se periodično snimaju, pa se kasnije diskutuje o tome gde su pogrešili i koje su mogućnosti za poboljšanjem njihove aktivnosti i produktivnosti. Tako na primer, u preduzeću Ethan Allen (SAD) obučavanje radnika se sprovodi u tri koraka. U prvom koraku, zaposleni se video kamerama snimaju tokom izvršavanja operacija, zatim u drugom, zajedno sa tehničkim osobljem, analiziraju i diskutuju snimljeni materijal i na kraju se ponovo snimaju, što im daje šansu da uporede postupke „pre“ i „posle“ i uoče poboljšanja. Obučavanje se sprovodi dva puta godišnje, što je preduzeću donelo godišnju uštedu od 8% do 10%, u potrebnoj količini materijala (tj. od 50.000 US \$ do 70.000 US \$) [6].

Neadekvatna priprema materijala premaza može da dovede do njegove povećane upotrebe i povećanog generisanja otpada. Zato je potrebno obezbediti pravilno doziranje i mešanje materijala premaza i rastvarača. Uvek se dodaje rastvarač materijalu premaza, a ne materijal rastvaraču, pri čemu se rastvarač dodaje relativno sporo, uz istovremeno nadgledanje i utvrđivanje željenog kvaliteta mešavine. Utvrđivanje kvaliteta mešavine premaza se sprovodi poređenjem boje i tečenja gornjih i donjih slojeva premaza. Preporučuje se mešanje premaza pre i tokom upotrebe, da bi se održala ujednačenost sastava mešavine. Da bi se sprečile emisije štetnih materija, preporučuje se da rezervoari u kojima se nalaze mešavine premaznih materijala budu zatvoreni, ukoliko nema potrebe za njihovim korišćenjem. Kod industrijskih sistema, za nanošenje kontaktnim metodama, treba neprekidno nadgledati viskoznost premaza u rezervoaru, tako da se ne dodaju prevelike količine rastvarača [22].

Fluidni transport materijala premaza, zamenjuje indirektno dovođenje materijala, koje se sastojalo u tome što se iz prenosnog kontejnera, prethodno napunjenoj materijalom iz nekog rezervoara i dopremljenog do radnog prostora, sprovodio materijal do opreme za nanošenje prskanjem. Direktnim dovođenjem materijala premaza sistemom fluidnog transporta do opreme za nanošenje, smanjuje se otpad koji nastaje usled prosipanja pri transportu materijala, ostataka materijala u prenosnim kontejnerima i isparavanja organskih jedinjenja. Sem toga, smanjuje se izloženost radnika opasnim hemikalijama, obezbeđuje se ujednačen kvalitet (konzistentnost) premaza i time poboljšava kvalitet obrađenog dela, smanjuju se troškovi radne snage, smanjuju se troškovi rastvarača i otpada od rastvarača, jer nema potrebe za čišćenjem prenosnih kontejnera, ostvaruje se popust pri kupovinama veće količine premaznog materijala, itd.

Viskoznost materijala premaza najčešće se reguliše upotrebom različitih rastvarača. Promena ambijentalne temperature radnog prostora za posledicu može imati promenu viskoznosti premaza, što može da izazove probleme pri funkcionisanju opreme za nanošenje materijala premaza. Iz tog razloga, u nekim situacijama treba održavati željenu vrednost viskoznosti zagrevanjem premaza. Ovaj postupak doprinosi manjoj upotrebi rastvarača, manjem generisanju otpada i manjoj emisiji isparljivih organskih jedinjenja, bržem sušenju, ostvarivanju konzistentnije viskoznosti premaza i poboljšanju izgleda obrađene površine [22].

Redovnim održavanjem proizvodne opreme za površinsku obradu drveta, sprečava se njihovo nepouzdano i nepravilno funkcionisanje, nastajanje otpada (i sa tim u vezi troškova) i eventualno nastajanje kvarova i otkaza. Operacija čišćenja opreme dolazi nakon završetka nanošenja materijala premaza ili pre nanošenja drugog materijala premaza. Što operacija čišćenja duže traje, veće je generisanje otpada, s obzirom da se, između ostalog, kao sredstvo za čišćenje opreme koriste različiti rastvarači. Iz pomenutih razloga, neophodno je utvrditi da li postoji potreba za čišćenjem, težiti ka tome da broj operacija čišćenja bude što je moguće manji, da se koriste rastvarači sa što manjim negativnim uticajem po zdravlje zaposlenih i okolinu, itd. Posebna pažnja treba da bude usmerena na izvođenje operacija čišćenja i održavanja opreme za nanošenje premaza prskanjem. Preporučuje se da kontejneri sa materijalom premaza budu, kad god je to moguće, zatvoreni, kako bi se sprečio ulazak praštine, prljavštine i drugih čestica. Kompresore opreme za vazdušno nanošenje treba redovno održavati. Treba održavati odgovarajuće vrednosti radnih pritisaka fluida i vazduha. Održavanje proizvodne opreme podrazumeva i održavanje pumpi sa ciljem sprečavana curenja rastvarača. Pojava curenja iz pištolja za prskanje, sprečava se tako što se, pri čišćenju, samo vrh mlaznika potapa u rastvarač, a pokretni delovi pištolja se svakodnevno podmazuju. Preporučuje se da se, u komori u kojoj se premazi nanose prskanjem, ne koriste različite vrste premaznih materijala, jer to može da izazove spontano izbijanje požara, a na taj način se dobija otpad od mešavine različitih materijala, koji se kasnije teško reciklira ili odlaže na deponijama. Takođe se savetuje, da se čišćenje opreme sprovede odmah nakon njenog korišćenja, pre nego što dođe do očvršćavanja ili sušenja korišćenog materijala, što kasnije otežava izvođenje ove operacije. Iskorišćene organske rastvarače za čišćenje opreme, treba kasnije iskoristiti kao rastvarače za dobijanje premaza nižeg zahtevanog kvaliteta. Kada god je moguće, treba mehanički čistiti opremu (krpama, tkaninama, četkama i sl.) umesto ispiranja i potapanja u rastvaraču [6, 19, 22].

Uspostavljanjem upravljanja zalihamu materijala za pripremnu i završnu (površinsku) obradu, postiže se smanjenje generisanja otpada i odgovarajućih troškova, i povećava se raspoloživi prostor za rad ili skladištenje. Treba uspostaviti i održavati bliske kontakte sa proizvođačima i dobavljačima sirovina, kako bi se izbegla situacija da određena količina sirovina propadne ili postane otpad zbog nekorišćenja ili isteka roka trajanja. U prilog tome je i primer preduzeća Century Furniture (SAD) u kojem se periodično sprovodi kontrola svih sirovina (premaza, razređivača, lepkova, tonera, itd), kako bi se da iskoristili pre isteka roka trajanja, čime se izbegavaju troškovi njihovog kasnijeg odlaganja zbog neupotrebljivosti [19].

Da bi se smanjila količina utrošenog premaznog materijala, razvijena su prskališta sa sistemom za recikliranje premaza. Postoji više tehnika prikupljanja premaza, koji se gubi pri prskanju kao rastur materijala⁶, i njegovog vraćanja u sistem za nanošenje:

- Relac sistem (sa beskonačnom transportnom trakom, koja se nalazi neposredno iza predmeta obrade i hvata u potpunosti rastureni materijal, a direktno ga vraća u sistem sa više od 90%, tako što se sa transportne trake odvaja nožem pre nego što se osuši),
- ULF-modulni sistem (sa beskonačnom filter trakom pokretanom pomoću cilindra, na koju se *overspray* hvata i transportuje u područje čišćenja, pri čemu se materijal ne lepi na vlaknasti filter i može se lako usisati) i
- COOLAC sistem (predviđen za recikliranje vodorastvornih sistema premaza, a sačinjen je od čelične ploče koja se kontinualno hlađi i omogućava neprekidno kondenzovanje *overspray-a*) [21].

Tehnološka voda u kabinama i komorama za lakiranje, koristi se za razdvajanje čvrstih delića premaza iz vazduha, čime se voda zagađuje u zoni filtriranja i neposredno u radnom prostoru, pa ju je potrebno neprekidno ili povremeno čistiti od ostataka premaza. Neprekidno uklanjanje mulja premaza i kružni tok cirkulacione vode u kabinama za prskanje, smanjuje količinu čiste vode koja bi trebalo da zameni otpadnu. Dodavanjem flokulanta izdvaja se premaz, koji se taloži u bazenu sa vodom ili pliva na površini, pa se odgovarajućim uređajima fizički odstranjuje kao talog ili plutajuća depozicija [21].

⁶ Za rastur materijala pri prskanju se često koristi engleski termin *overspray*.

4.5 PAKOVANJE, TRANSPORT I SKLADIŠTENJE

U poslednje vreme, velika pažnja se usmerava na pronalaženje rešenja i mogućnosti za redukovanjem generisanja otpada prilikom izvođenja operacija pakovanja, transporta i skladištenja. Mogućnosti i načini za redukovanjem otpada, uz istovremeno smanjenje njihovog uticaja na životnu sredinu, povezani su za poboljšanje operacije pakovanja kroz:

- utvrđivanje procene nastajanja oštećenja komada nameštaja
- procenu otpornosti upakovanih finalnih proizvoda na uticaj vlage,
- smanjenje sadržaja toksičnih metala i eliminisanje materija koje uništavaju ozon, u materijalima za pakovanje,
- redizajniranje paketa, u cilju smanjenja njegove mase i zapremine,
- razvoj kontejnera, koji se mogu više puta upotrebiti,
- upotrebu materijala koji se mogu reciklirati i
- recikliranje ostalog otpada generisanog u ovim operacijama.

Velike količine različitih materijala se koriste za pakovanje delova i gotovih komada nameštaja. Ambalažni materijal predstavlja otpad, koji može da ima negativnog uticaja na okolinu. S druge strane, neadekvatno pakovanje proizvoda, pri transportu može da dovede do oštećenja i pretvaranja nameštaja u otpad, što može da izazove veći ekološki problem od samog pakovanja. Da bi se poboljšala operacija pakovanja, formira se evidenciona lista u koju se beleži kako, kada i gde je došlo do oštećenja gotovih proizvoda prilikom pakovanja. Na osnovu tih beleški, definišu se rešenja, koja će otkloniti oštećenja pri budućem pakovanju. Tako na primer, prilikom otpakivanja paketa upakovanih heft mašinama i odgovarajućom „municijom“, mogu da se javе ogrebotine na nameštaju. Zato su heft mašine sve ređe u upotrebi, a zamenjuju se samolepljivim trakama, plastičnim trakama ili kaiševima, itd. [23]. Preporučuje se i upoznavanje zaposlenih sa novim metodama i tehnikama pakovanja nameštaja. Pri transportu nameštaja, nikada ne treba preopterećivati dostavna vozila. Zaštiti ivica komada nameštaja, treba posvetiti pažnju prilikom pakovanja nameštaja [6, 23]. Na slici 4.6, prikazane su različite mogućnosti pakovanja komada nameštaja.

Komadi nameštaja su najčešće veoma osjetljivi na prisustvo vlage (vode), zbog čega je neophodno da se paketi dobro zaštite od njenog uticaja, koji se javlja kao posledica pojave kiša, snega ili velike vlažnosti vazduha. Zato se materijali koji se koriste pri pakovanju nameštaja podvrgavaju različitim

testovima, kojima se utvrđuje njihova otpornost na vlagu. Proizvođači nameštaja bi trebalo da se opredeljuju za materijale, koji su dovoljno otporni na vlagu i izdržljivi za pakovanje nameštaja.



Slika 4.6 Različite mogućnosti pakovanja komada nameštaja

Materijali koji se koriste prilikom pakovanja komada nameštaja će se ponovo upotrebiti, reciklirati ili odložiti na deponijama. Ukoliko postoji namera da se pomenuti materijali recikliraju ili odlažu na deponije, mora se utvrditi da li su u njima prisutne toksične materije, kao posledica korišćenja mastila, ulja, lepkova ili boja za obeležavanje paketa. Proizvođači materijala za pakovanje treba da poseduju sertifikat, kojim garantuju da njihovi proizvodi ne sadrže toksične materije (živu, olovo, kadmijum, heksavalentni hrom) ili da se sadržaji pomenutih toksičnih materija nalaze u dozvoljenim granicama, propisanim odgovarajućom regulativom. Isto se odnosi i na ambalažne materijale, koji u sebi sadrže materije koje uništavaju ozon [6].

Redizajnjiranjem paketa u cilju smanjenja njihove mase i zapremine, proizvođač će za isti paket komada nameštaja imati manji utrošak energije tokom proizvodnje paketa, manju upotrebu sirovina, manje troškove radne snage i transporta, kao i manje generisanje otpada. Zato se radi na razvoju lakših materijala za pakovanje, koji imaju potrebnu čvrstoću. Kao materijal za pakovanja se često upotrebljava i drvo, tj. drveni podmetači (palete). Najčešće se postavljaju ispod komada nameštaja, radi njihovog premeštanja i pomeranja u okviru proizvodnog pogona i transporta ili otpremanja. U poslednje vreme, drvene se palete zamenjuju kartonskim, koje su lakše, jeftinije i lakše se recikliraju. Tako je jedno preduzeće iz SAD, zamenom drvenih paleta kartonskim, uspelo da redukuje godišnje troškove transporta za 90.000 US \$ i materijala za 55.000 US \$, pri obimu od 125.000 upakovanih finalnih proizvoda

[6]. Sem toga, razvija se i upotreba bioplastičnih materijala, kao plastičnih materijala nastalih u procesu fermentacije glukoze u prisustvu bakterija. Najveće prednosti korišćenja ovih materijala je činjenica da se dobijaju iz obnovljivih izvora (kukuruza) i da su biorazgradivi u aerobnim uslovima. Međutim, njihovu masovniju upotrebu ograničava činjenica, da su troškovi proizvodnje ovih materijala oko 10 puta veći od troškova proizvodnje konvencionalnih plastičnih materijala [23]. Bez obzira na vrstu upotrebljenog materijala (drvo, plastiku, karton ili bioplastiku) treba težiti tome da se redukuje masa i zapremina paketa, da su paketi pouzdani i da se mogu ponovo upotrebiti ili reciklirati.

Prilikom transporta komada nameštaja koriste se transportni kontejneri, kutije i paketi. U cilju smanjenja generisanja otpada pri sprovođenju ove operacije, razvijaju se različita rešenja, koja omogućavaju da se pomenuta ambalaža po obavljanju transporta nameštaja vrati do preduzeća i kasnije ponovo upotrebi. Iako na prvi pogled to izgleda jednostavno, veliki problem se javlja prilikom isporučivanja nameštaja kupcu, koji sam odlučuje o tome šta će sa ambalažom (da je ponovo upotrebi, reciklira ili otpremi do deponije). U nekim zemljama se došlo na ideju, da se kupci ohrabre i nagovore, da transportne pakete spakuju u posebnu vreću ili kutiju i da ih pošalju preduzeću od kojih potiču, pri čemu će im kasnije preduzeće nadoknaditi novac, utrošen za plaćanje poštarine.

U situaciji kada je nemoguća ponovna upotreba materijala za pakovanje, razmatra se mogućnost njegovog recikliranja. Materijali za pakovanje koji se najčešće recikliraju su plastika (polietilen, polipropilen) i kartoni. Posebnu pažnju pri recikliranju, treba obratiti na količinu samolepljivih traka i adhezivnih sredstava, u ukupnoj masi materijala za pakovanje. Prisustvo ovih materija u ukupnoj masi materijala za pakovanje manje od 2%, neće uticati na reciklažu materijala za pakovanje [6]. Ukoliko ih u nekom slučaju nije moguće reciklirati, plastični materijali se mogu iskoristiti u procesu sagorevanja, u cilju dobijanja toplotne energije. Recikliranje kartona zavisi od mogućnosti disperzije vlakana papira u vodi. Veliki problem predstavljaju i posebne vrste kartona presvućene raznim slojevima ili premazima.

4.6 ODRŽAVANJE OPREME I RADNOG PROSTORA

Mogućnosti za smanjenjem generisanja otpada prilikom izvođenja ovih operacija se odnose na:

- upotrebu sintetičkih ulja za podmazivanje sa dužim vekom trajanja, u odnosu na konvencionalna i njihovo kasnije recikliranje,
- održavanje sušara,
- čišćenje prosutog ulja sa apsorbentima koji se mogu reciklirati,
- razvrstavanje otpada, sa ciljem kasnijeg recikliranja ili sprečavanja izbijanja požara,
- recikliranje drveta, metala, stakla i papira i
- upotrebu pepela iz kotlova u poljoprivredi.

U poređenju sa konvencionalnim uljima, sintetička vrše bolje podmazivanje i traju duže. Postoje različiti mobilni uređaji kojima se mogu reciklirati ulja za podmazivanje na mestu proizvodnje. Prilikom čišćenja ulja preporučuje se upotreba organskih apsorbenata. Prosuto ulje se može kupoviti sunđerom i kasnije ponovi iskoristiti, naravno, ukoliko nije zagađeno ili zaprljano nekim nečistoćama. Ovaj tretman se najčešće sreće prilikom čišćenja podova radnog prostora, kada se pribegava i upotrebni biorazgradivih sapuna, čija primena izaziva znatno manji negativan uticaj na okolinu. Takođe se prosuto ulje ili neke druge materije sakupljaju pomoću tkanina, koje je moguće oprati ili ponovo upotrebiti, ukoliko nisu zaprljane ili zagađene nekom opasnom materijom, na šta treba obratiti pažnju pre njihovog pranja. U mnogim situacijama, različite vrste otpada se međusobno mešaju bez uvida u mogućnost njihovog recikliranja. S druge strane, mešanje otpada može uzrokovati pojavu požara ili eksplozije. Pepeo iz kotlova koji nastaje sagorevanjem drveta, može se upotrebiti u poljoprivredi za kondicioniranje zemljišta [6].

LITERATURA

- [1] Nikolić, N., Gordić, D., Waste minimization in the furniture industry, Proceedings of the 4th International Quality Conference (QUALITY FESTIVAL 2010), Kragujevac, 2010, May 19 - 21., pp. 385-394.
- [2] An Environmental Management Guide for WOOD-BASED FURNITURE Industry, Environmental Management Unit of DBP, 2004.
- [3] Emission Estimation Techniques Manual for Furniture and Fixtures Manufacturing, Environment Australia, 1999.
- [4] Bromhead, A., Reducing Wood Waste in Furniture Manufacture. Fauna & Flora International, Cambridge, UK, 2003.
- [5] Enterprise Ireland, Sector Specific Best Practice Guide, FURNITURE MANUFACTURE, <http://www.envirocentre.ie/includes/documents/Furniture.pdf>
- [6] TVA, Waste Reduction Guide – Wood Furniture Industry, US Environmental Protection Agency, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio, available at. <http://www.p2pays.org/ref/01/00418.pdf>
- [7] Gordić, D., Babić, M., Nikolić, N., Jelić, D., Končalović, D., Wood waste combustion in the furniture industry, 2nd Regional Conference: Industrial energy and environmental protection in Southeast Europe (IEEP 2010), Zlatibor, June 22-26, 2010, pp. 54.
- [8] Danon, G., Energetika u drvnoj industriji, Šumarski fakultet Beograd, Materijal dostupan na: <http://data.sfb.rs/mladen.furtula/Energija%20u%20preradi%20%20drveta.doc>
- [9] Bromhead, A., Benchmarking wood waste combustion in the UK furniture manufacturing sector, The Association For British Furniture Manufacturers, 2005.
- [10] Obernberger, I., Brunner, T., Bärnthaler, Chemical properties of solid biofuels – significance and impact, Biomass and Bioenergy, 30, 2006, pp. 973-982.
- [11] Milić, G., Kolin, B., Sušenje drveta – preskupa nestručnost, DRVOTEhnika 7, 2005, str. 28-29.
- [12] BFM, Wood waste recycling in furniture manufacturing – a good practice guide, The Waste and Resources Action Programme, UK, 2003.

- [13] Maksić, J., Vasiljević, G., Jović, B., Mogućnosti iskorišćenja krupnog drvnog otpada kao sirovine pri proizvodnji drvne galanterije, Prerada drveta 15-16, 2006, str. 52-54.
- [14] Directive 1999/13/EC on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations, Official Journal of the European Communities, 29.03.1999.
- [15] Directive 2004/42/EC on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products, Official Journal of the European Communities, 21.04.2004.
- [16] Bulian, F., Graystone, J., Wood Coatings: Theory and Practice, Elsevier, 2009.
- [17] Wood Furniture: The Clean Air Act Amendments of 1990 and Pollution Prevention Opportunities, The Northeast Waste Management Officials' Association and The Northeast States for Coordinated Air Use Management, 1997.
- [18] Marshall, A., Fields, J., Case Studies: Low-VOC/HAP Wood Furniture Coatings, Project Summary, EPA/600/SR-00/043, USA Environmental Protection Agency, 2000.
- [19] Kohl, J., Pearson, J., Rose, M., Wright, P., Managing and Recycling Solvents in the Furniture Industry, N.C. Board of Science and Technology, North Carolina, 1986.
- [20] Griffith, J., Ford, P., Wood Furniture Finishing - High Solids Topcoats and HVLP Spray Guns, Pollution Prevention Case Study, Northeast Waste Management Officials Association (NEWMOA) and Northeast States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM), dostupno na: <http://www.newmoa.org/publications/wood/EACASE.pdf>
- [21] Jaić, M., Živanović-Trbojević, R., Površinska obrada drveta - teorijske osnove, tehnološki procesi, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2000.
- [22] Preventing Pollution in Wood Furniture Manufacturing, A Guide to Environmental Compliance and Pollution Prevention for Wood Furniture Manufacturers in Missouri, Missouri Department of Natural Resources, Environmental Assistance Office, 2005.
- [23] Furniture Packaging – Best Practice Guide, (FIET) Furniture Industry Environment Trust, UK, 2001. dostupno na: <http://www.trada.co.uk/techinfo/library>
- [24] Jaić, M., Palija, T., Dosadašnji razvoj i trend površinske obrade drveta, Šumarski fakultet Beograd, dostupno na:
<http://data.sfb.rs/povrsinskaobrada/opste%20o%20povrsinskoj%20obradi%20drveta.pdf>

Sistem energo-eko menadžmenta

5.1 OPŠTE NAPOMENE I DEFINICIJE

Industrija nameštaja spada u grupu energetski neintenzivnih industrija i zato se obično troškovi za utrošenu energiju posmatraju kao prateći troškovi poslovanja preduzeća. Međutim, konstantan rast cene energenata, uslovjava da i industrijska preduzeća ove industrije postaju sve više svesna, da je energija skupa „roba“ i da je treba efikasno koristiti, kako bi se povećao profit preduzeća. To uslovjava da preduzeća postaju sve više motivisana, da uvođe praksu *energetskog menadžmenta (upravljanja energijom, gazdovanja energijom)*, kao deo svojih redovnih aktivnosti [1].

Sve donedavno, praksa energetskog menadžmenta, u svetu je podrazumevala zamenu neefikasne opreme i upotrebu različitih metoda za procenu ostvarenih ušteda. Iskustva pokazuju da se pozitivni efekti ovakvih mera povećanja energetske efikasnosti često vremenom umanjuju. Razlog leži u činjenici, da korišćenje energije u industrijskom preduzeću, u najvećoj meri zavisi od operativne prakse. U jednom industrijskom pogonu, obim proizvodnje, raspored obavljanja operacija i/ili tip proizvoda koji se proizvodi, može značajno da se menja tokom života preduzeća. Energetski potrošači koji podržavaju proizvodnju, mogu da budu relativno energetski efikasni u inicijalnom proizvodnom scenariju, ali značajno manje efikasni pod izmenjenim proizvodnim uslovima. Prisustvo energetski efikasne opreme, iako vrlo bitno, ne osigurava da će industrijski sistem biti energetski efikasan. Čest je slučaj da se energetski efikasna oprema, energetski neefikasno upotrebljava u pojedinim preduzećima [2].

Gazdovanje energijom je neprekidan proces, koji obuhvata praćenje energetskog učinka preduzeća i neprestano pronalaženje načina da se isti održi i poboljša [3]. Tokom poslednjih desetak godina, u razvijenom industrijskom svetu, učinjeni su značajni napor da se definišu odgovarajući standardi i primeri

najbolje prakse, da bi se formirao i u praksi implementirao postojan sistem energetskog menadžmenta, kojim bi se održao i/ili povećao pomenuti obim uštede energije. Znanja i iskustva stečena realizacijom na hiljade projekata energetske efikasnosti, uslovili su prelazak iz tradicionalne prakse - taktičkog nivoa: jednom implementiranih i zaboravljenih projekata, na strateški nivo gazdovanja energijom, koji predlažu i podržavaju brojne relevantne međunarodne organizacije, uključujući Energy Star (SAD), National Resources Canada (Kanada), Action Energy (Ujedinjeno Kraljevstvo), EPA Victoria (Australija), itd. Štavše, definisano je nekoliko nacionalnih standarda *sistema gazdovanja energijom*: Danska – DS/INF 136, Irska - I.S. 393:2005, Švedska - SS 627750, SAD – ANSI MSE 2000, itd. [4]. U julu 2009. godine, od strane CEN – Evropske komisije za standardizaciju, objavljen je evropski standard EN 16001:2009 [5]. U Februaru 2008. godine, Tehnički upravni odbor međunarodne organizacije za standardizaciju ISO, odobrio je iniciranje novog projektnog podkomiteta (PC 242 – Energy Management), imenovanog sa ciljem da razvije novi ISO standard sistema energetskog menadžmenta. Ovaj standard - ISO 50001, objavljen je 15.06.2011. godine.

Sistem gazdovanja energijom se fokusira na efikasnu upotrebu energije, vode i ostalih sirovina. Standardne aktivnosti u sistematskom pristupu gazdovanju energijom obuhvataju: nabavku energije, merenje i fakturisanje, merenje učinka, razvoj energetske politike, izradu energetskih pregleda i bilansa, uspostavljanje korelacije između upotrebe energije i obima finalne proizvodnje, podizanje nivoa svesti, implementaciju projekata poboljšanja energetske efikasnosti, obuku i obrazovanje, upravljanje investicionim projektima, itd. [6,7].

Kao rezultat proizvodnog procesa i korišćenja različitih materijala u industriji nameštaja, javljaju se različiti problemi vezani sa zagađivanjem čovekove okoline (tečni i čvrsti opasni i ostali otpad, emisija štetnih gasova i čestica u vazduh, itd.), o čemu je bilo reči u poglavlju 4. Za poboljšanje ekoloških performansi preduzeća, često je potrebna primena skupih mera bez očiglednih i neposrednih finansijskih koristi za preduzeće, pa godinama pitanja zaštite životne sredine nisu bila na listi prioriteta industrijskih preduzeća. Međutim, proizvođači nameštaja u razvijenim industrijskim zemljama (Kanada, SAD, EU) suočavaju se sa strogim ekološkim propisima i ograničenjima, jer vlade tih zemalja zahtevaju od proizvođača veću odgovornost prema životnoj sredini, što uslovljava njihovu potrebu za upravljanjem otpadom. Sa druge strane, pravilan odnos prema životnoj sredini jednog industrijskog preduzeća, predstavlja poželjno korporativno ponašanje, koje značajno utiče na dobar imidž preduzeća kod potrošača i konkurenциje.

Neprestano zagađivanje životne sredine, strah od potpunog iscrpljenja prirodnih resursa, povećana zainteresovanost javnog mnjenja za očuvanjem životne sredine, nedostatak organizovanog i sistematskog praćenja posledica zagađenja i posebni uslovi rada u ugroženim oblastima, doveli su do izražene potrebe za uvođenjem *sistema upravljanja (menadžmenta) zaštitom životne sredine*, definisanog kroz standarde, kao što su EU EMAS (EU Eco-Management and Audit Scheme) i međunarodni ISO 14001:2004 [8].

Sistem upravljanja zaštitom životne sredine, treba da uzme u obzir zakonsku regulativu, postojeće standarde, da bude u skladu sa potrebama životne sredine, da kontroliše i smanjuje zagađenja i uticaj koji ta zagađenja imaju na životnu sredinu, a koja su nastala upotrebom sirovina i energije pri proizvodnji finalnog proizvoda u industrijskom preduzeću. Svojim razvojem i evolucijom, sistem za upravljanje zaštitom životne sredine, svoj fokus je premestio sa usklađivanja sa potrebama životne sredine, na potencijalno rizične situacije, koje su povezane sa promenama u tehnološkom procesu ili su moguće u svakodnevnom radu.

Prednosti koje se ostvaruju primenom ovog sistema u industriji su:

- smanjenje uticaja na životnu sredinu,
- smanjenje rizika od potencijalnih ekoloških katastrofa i
- smanjenje troškova potrebnih da se sistem održi u skladu sa životnom sredinom.

Troškovi zaštite životne sredine posledica su:

- investicionih i radnih troškova za opremu sistema za kontrolisanje zagađenja,
- tarifa za odlaganje otpada (opasnih materija),
- obuka potrebnih za zaštitu životne sredine,
- praćenja, čuvanja i analiziranja podataka, izveštavanja, itd.

U okviru ovog sistema, definiše se i implementira politika zaštite životne sredine, postavljaju se ciljevi i očekivanja, uspostavlja se sistem za praćenje uticaja na životnu sredinu nastalog kao posledica rada industrijskog preduzeća i primenjuju se procedure (postupci) u cilju obezbeđivanja neprekidnog poboljšanja uticaja funkcionisanja preduzeća na životnu sredinu i smanjenja sadašnjih i izbegavanja budućih ekoloških nesrećnih slučajeva (tzv. akcidenata) [8, 9].

Sistem gazdovanja energijom treba podjednako da vodi računa o troškovima energenata, kao i o efikasnosti transformisanja, generisanja i distribucije energije. S druge strane, sistem upravljanja zaštitom životne sredine, prvenstveno se fokusira na: usaglašenost sa zakonskom regulativom,

minimizaciju uticaja proizvodnje na životnu sredinu i smanjenja emisija u atmosferu, čvrstog otpada i otpadnih voda. Zajedničko za oba sistema upravljanja je da se bave efikasnošću upotrebe sirovina i smanjenja otpada, jer svako (nepotrebno) rasipanje sirovina, označava da se istovremeno, koristi više energije nego što je neophodno i da je zagađenje životne sredine veće nego što je neophodno.

Prema analizama relevantnih aktuelnih istraživanja, individualni elementi sistema energetskog menadžmenta, mogu se porediti sa elementima sistema menadžmenta zaštitom životne sredine [9, 10]. U jednom industrijskom preduzeću, stoga se može uvesti jedinstvena praksa *energo-eko menadžmenta (upravljanja energijom i zaštitom životne sredine)*. Time se ostvaruje neprekidno poboljšanje energetskih i eko performansi postrojenja i čitavog preduzeća, sa osnovnim ciljem smanjenja operativnih troškova (kroz ostvarene uštede u troškovima energije i odlaganja otpada), količine generisanih otpadnih materija i uticaja funkcionisanja preduzeća na životnu sredinu.

Sistem energo-eko menadžmenta, predstavlja sistem za poboljšanje energetskog i ekološkog učinka preduzeća, za čije funkcionisanje je potrebno da se integrišu:

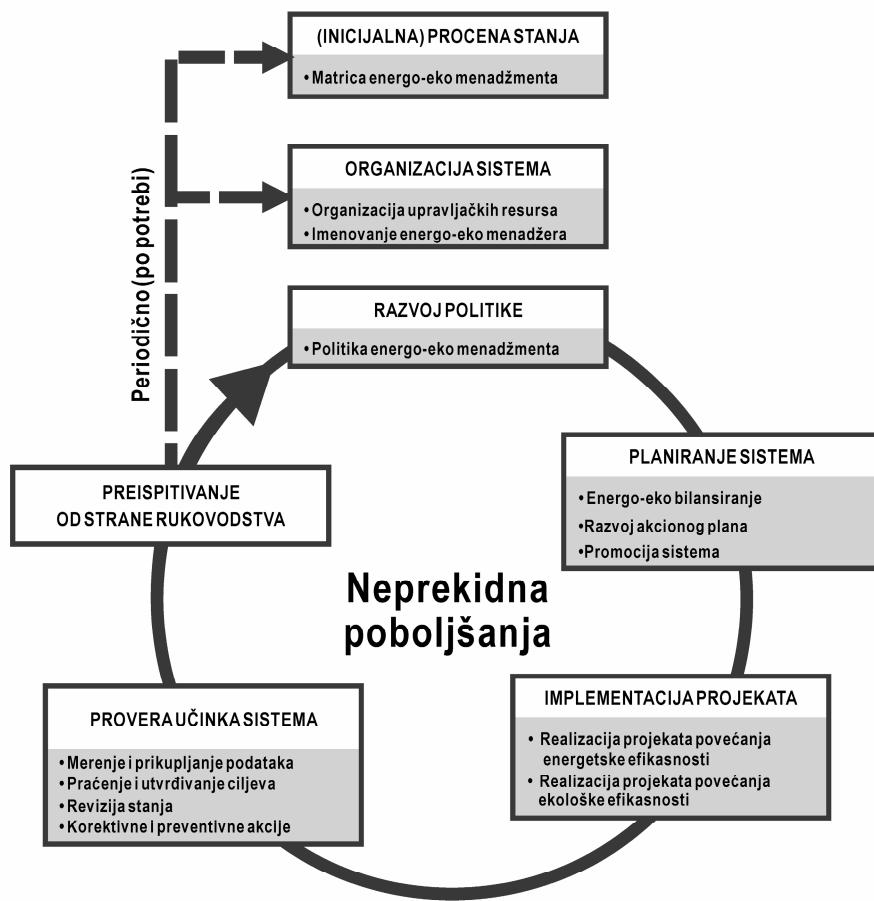
- ljudi sa potrebnim veštinama i dodeljenim zaduženjima,
- sistem za merenje efikasnosti sistema,
- pokazatelji (indikatori) efikasnosti,
- evaluacija efikasnosti korišćenjem direktnih merenja,
- postupci za praćenje efikasnosti.

Praktično, to je sistem koji treba da omogući ostvarivanje postavljenih ciljeva merenjem, praćenjem i evaluacijom energetske i ekološke efikasnosti proizvodnih procesa u industrijskom preduzeću [10].

Preciznije definisano, sistem energo-eko menadžmenta može se posmatrati kao skup znanja, sa odgovarajućom organizacijom i strukturom potrebnom za implementaciju, koji integriše sledeće elemente:

- ljudi sa potrebnim znanjima i dodeljenim zaduženjima,
- objavljenu politiku sa jasno i transparentno opisanim ciljevima,
- definisane procedure za implementaciju,
- uspostavljen merni sistem za praćenje efikasnosti,
- akcioni plan potreban za ostvarivanje neprekidnih poboljšanja,
- sistem izveštavanja za proveru napretka i praćenje rezultata,

a čiji primarni cilj su stalna poboljšanja energetske i ekološke efikasnosti [9].



Slika 5.1 Struktura sistema energo-eko menadžmenta

Prednosti integrisanja sistema energetskog menadžmenta i menadžmenta zaštitom životne sredine su:

- izbegavanje paralelnog sistema menadžmenta za energiju i zaštitu životnu sredinu,
- manje papirologije u preduzeću,
- lakše održavanje sistema,
- veće ekonomski uštede i manje zagađenje životne sredine [11].

Prilikom uvođenja sistema upravljanja energijom i zaštitom životne sredine kao svakodnevne prakse u preduzeću, može se naći na nekoliko vrsta problema izazvanih:

- nedostatkom motivacije i niskim nivoom svesti o mogućnostima i tehnikama kada su u pitanju energija i zaštita životne sredine,
- neadekvatnom organizacijom u odeljenjima za gazdovanje energijom i zaštitu životne sredine,
- nedostatkom informacija o tome gde, kako, zašto i na koji način se energija koristi i utiče na životnu sredinu,
- nedostatkom obučenih i iskusnih zaposlenih,
- ograničenim sredstvima (finansijskim, ljudskim, „know-how“, opremom).

Uobičajeno je naići na objašnjenja zašto nešto ne može da bude urađeno u preduzeću. Ovakav pristup je neophodno menjati, pa se zato sistem energo-eko menadžmenta uvodi kroz sledeće faze:

- priprema i planiranje,
- implementacija,
- rad,
- učenje.

Svaka faza može se posmatrati kao proces, za koji su potrebni vreme, materijalni i ljudski resursi, ali koja, sa druge strane, ostvaruje rezultate na koje se sledeće faze nadovezuju. Važno je imati u vidu da je ovo sistem koji ostvaruje neprekidni napredak, koji podjednako vodi računa i o tehničkom i o ljudskom aspektu delovanja u preduzeću, zahteva stalnu podršku najvišeg rukovodstva, visoko kvalitetne zaposlene u odeljenjima za gazdovanje energijom i zaštitu životne sredine i stalne izvor finansiranja.

Sistem energo-eko menadžmenta u jednom industrijskom preduzeću zavisi od grane industrije kojoj preduzeće pripada, vrste proizvoda, tipa i obima proizvodnje, nivoa automatizacije, broja radnika, stanja tehnološke opremljenosti i sl. No, bez obzira o kakvom se preduzeću radi, osnovni elementi strukture ovog sistema prikazani su na slici 5.1.

5.2 MATRICA ENERGO-EKO MENADŽMENTA

Pre započinjanja procedure uvođenja sistema energo-eko menadžmenta, preporučeno je napraviti analizu postojećeg stanja gazdovanja energijom i odnosa prema životnoj sredini u preduzeću. A i kasnije, u toku faze razvoja sistema i njegove implementacije, korisno je povremeno analizirati pomenuto stanje, da bi se videlo dokle se stiglo i šta treba ispraviti i uraditi da bi se postiglo željeno [12]. Efikasan način sticanja predstave o trenutnom odnosu

preduzeća prema ovim problemima, obezbeđuje *matrica energo-eko menadžmenta* (tabela 5.1). Svaka kolona matrice obrađuje jedan od šest najvažnijih aspekata energo-eko menadžmenta:

- politiku preduzeća prema upravljanju energijom i zaštitom životne sredine,
- organizaciju,
- motivaciju zaposlenih,
- informacioni sistem za praćenje, nadgledanje i obaveštavanje,
- svest, obuku i unapređenja zaposlenih i
- investicije.

Nivo	Politika	Organizacija	Motivacija zaposlenih	Informacioni sistem	Svest i obuka	Investicije
4	Obaveza rukovodstva kao deo ukupne strategije – formalna politika potpuno integrisana u strukturu upravljanja	Energo-eko menadžment menadžeri sa jasnim ciljevima i definisanim odgovornostima	Osoblje svih nivoa obučeno i motivisano da rešava probleme	Složeni sistem – ciljeve, prati potrošnju materijala i energije, količinu otpada i emisije, identifikuje greške, kvantifikuje troškove i uštede i omogućava praćenje budžeta	Promocija vrednosti energetske efikasnosti i zaštite živote sredine u okviru i van organizacije	Pozitivna diskriminacija u korist projekata za uštedu energije i zaštitu životne sredine
3	Formalna politika, ali bez aktivne i formalne obaveze od strane rukovodstva preduzeća	Energo-eko menadžeri sa jasnim ciljevima i definisanim odgovornostima	Najrelevantnije osoblje obučeno i motivisano	Izveštaji o praćenju i kontroli za pojedinačne pogone i prostorije zasnovani na merenjima, ali ostvareni pozitivni efekti neefikasno saopšteni korisnicima	Programi obuke zaposlenih, kampanje za podizanje svesti i redovno izveštavanje javnosti.	Površna ocena izbora projekata zasnovana na kriterijumu perioda otplate

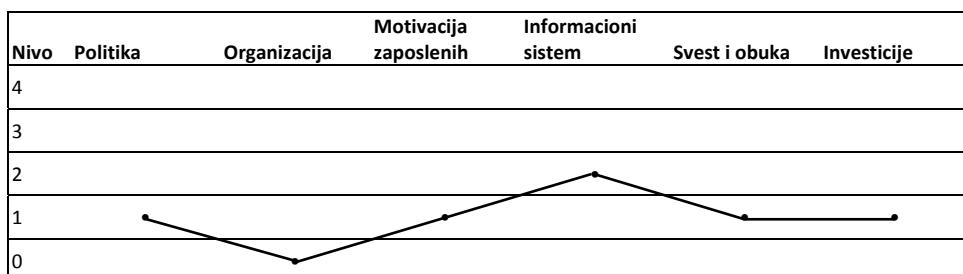
2	Neusvojena/ neformalna politika postavljena od strane odgovarajućih menadžera	Delegirani energo-eko menadžeri, ali su nejasne njihova subordinacija i ovlašćenja	Kontakti sa glavnim korisnicima, preko grupe kojom predsedava viši rukovodilac sektora	Čuvaju se samo zakonski zahtevani podaci	Odeljenja za energiju i zaštitu životne sredine imaju neadekvatan deo u postavci budžeta. Improvizovane akcije za podizanje svesti i obuku zaposlenih	Investiranje uz korišćenje samo kriterijuma brzog povratka investicija
1	Nepisani skup uputstava. Povremena odgovornost osoba sa ograničenim ovlašćenjima i uticajem	Energo-eko menadžment povremena obaveza osobe sa ograničenim uticajem i autoritetom	Svest dela osoblja	Čuvaju se pojedine informacije (neselektivno)	Neformalni kontakti korišćeni za promociju	Preduzimaju se samo nisko- budžetne mere
0	Nema politike. Nema menadžera za energiju i/ili zaštitu životne sredine	Nema odgovornosti	Nema svesti da postoji potreba za motivisanjem zaposlenih	Ne čuvaju se informacije o potrošnji energije i količinama generisanog opada	Nema promocije energetske efikasnosti i zaštite životne sredine	Nema investiranja u energetsku efikasnost/ zaštitu životne sredine

Tabela 5.1 Matrica energo-eko menadžmenta

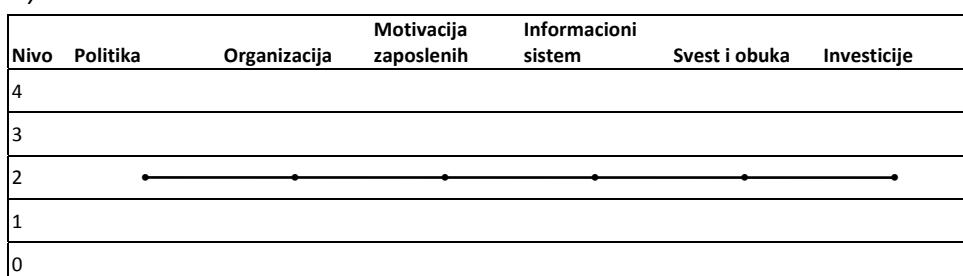
Matrica energo-eko menadžmenta se koristi tako što se posebno posmatra i analizira svaka kolona, u kojoj se označava nivo koji najbolje opisuje trenutni položaj preduzeća. Za svaki od pomenutih aspekata, stanje u preduzeću može da bude na jednom od pet nivoa: 0 - najnižem, 1, 2, 3 ili 4 - najvišem (najsofisticiranim) [13]. Sledеći korak predstavlja „spajanje“ obeleženih oznaka, kao na slici 5.2. Na taj način se opisuje pristup preduzeća gazdovanju energijom i zaštiti životne sredine i daje opšta slika, koliko je dobro uravnotežen energo-eko menadžment u okviru preduzeća. Matrica identificuje one aspekte na koje je potrebno obratiti pažnju, da bi se osiguralo razvijanje energo-eko menadžmenta na zaokružen i efikasan način. Čest je slučaj da je linija neravna (neuravnotežena matrica) (slika 5.2 - a), a sasvim su retke proizvodne organizacije kod kojih je matrica uravnotežena (slika 5.2 - b). Maksimalne vrednosti prikazuju najviše razvijene aspekte, a minimalne

vrednosti označavaju aspekte gde preduzeće najslabije napreduje i kod kojih je potrebno uložiti najviše napora.

a)



b)



Slika 5.2 Primeri a) neuravnotežene i b) uravnotežene matrice

Ukratko rečeno, sažete karakteristike svakog pojedinačnog nivoa su:

NIVO 0 Gazdovanje energijom i menadžment zaštitom životne sredine nisu na dnevnom redu organizacije. Ne postoji politika energo-eko menadžmenta, nema formalne upravljačke strukture, nema sredstava za izveštavanje i nema posebnih osoba zaduženih da prate potrošnju materijala, energije i količine generisanih otpada.

NIVO 1 Uspostavljeni su mali koraci ka gazdovanju energijom i menadžmentu zaštitom životne sredine. Iako nema zvanične politike, postavljeni su menadžeri za energiju i zaštitu životne sredine, koji promovišu svest o energetskim i ekološkim problemima preko labave mreže neformalnih kontakata, sa licima direktno odgovornim za potrošnju energije i generisanje otpada.

NIVO 2 Gazdovanje energijom i zaštita životne sredine su priznati kao važne aktivnosti od strane višeg rukovodstva, ali, u praksi, ima malo aktivne posvećenosti ili podrške za aktivnosti iz ovih oblasti.

NIVO 3 Viši rukovodioci priznaju vrednost programa redukcije potrošnje energije i smanjenja generisanja otpada i emisija. Ovi programi su, stoga, integrirani u strukturu organizacije. Postoji složen informacioni sistem i uspostavljeni sistem izveštavanja. Takođe, postoji dogovoren sistem energo-eko menadžmenta i investiranja u projekte energetske efikasnosti i zaštite životne sredine.

NIVO 4 Energo-eko menadžment je glavni prioritet u celoj organizaciji, a više rukovodstvo mu je posvećeno. Stvarni učinak se prati prema proračunatim ciljevima i koristima od mera energetske efikasnosti i zaštite životne sredine. Dostignuća u gazdovanju energijom i zaštiti životne sredine su propisno saopštena, a potrošnja energije je dovedena u vezu sa uticajem na šire probleme zaštite životne sredine.

Cilj preduzeća treba da bude ravnomerno kretanje ka višim nivoima, uz ravnotežu u svim kolonama.

Redovni pregled matrice energo-eko menadžmenta omogućava da se napredak u gazdovanju energijom i menadžmentu zaštitom životne sredine uoči i objavi.

5.3. ORGANIZACIJA SISTEMA ENERGO-EKO MENADŽMENTA

Odluka rukovodstva preduzeća da kontroliše troškove za energiju i troškove usaglašavanja preduzeća sa ekološkim regulativnim zahtevima, predstavlja prvi bitan korak u pokretanju bilo koje vrste programa energo-eko menadžmenta. Ova odluka mora da bude jasno predočena zaposlenima, jer bez odluke rukovodstva ne može se mnogo postići. Kada se više rukovodstvo posveti gazdovanju energijom i zaštiti životne sredine, važno je definisati i dokumentovati odgovarajuće uloge, odgovornosti, ovlašćenja i međusobno povezane funkcije, kao i preraspodeliti finansijske i kadrovske resurse neophodne za ostvarivanje programa. Potrebno je izdati i distribuirati pisani dokument podrške, tako da svi zaposleni budu svesni prirode predloženih mera i da znaju ko je odgovoran za njihovo sprovođenje. U dokumentu takođe treba jasno naglasiti, da svi treba da budu svesni rasipanja energije i generisanja prevelikih količina otpadnih materija i da je obaveza zaposlenih, da doprinesu da se rasipanje redukuje u svim njegovim oblicima [14].

Najviše rukovodstvo treba da prenese odgovornost i podstakne slobodno učešće zaposlenih sa svih nivoa. Ukoliko se ne podstiče osećaj "vlasništva", šanse za uspeh su ograničene. Bez obzira na ugrađenu skupocenu mernu opremu, primenjena tehnološka rešenja, savremen sistem nadzora, nijedan program energo-eko menadžmenta neće biti uspešan, ukoliko zaposleni ne osete potrebu da učestvuju u rešavanju problema vezanih za prekomernu energetsku potrošnju i zaštitu životne sredine. Potrebno je ubediti zaposlene da promene svoj odnos prema problemima uštede energije i smanjivanja otpada, jer će i uz sofisticiranu opremu i tačne informacije, bez uključenja zaposlenih, energetski i ekološki učinak preduzeća biti smanjen.

Važan deo opredeljenja najvišeg rukovodstva čini i uspostavljanje organizacije odgovorne za sprovođenje sistema energo-eko menadžmenta, koja se obično sastoji od dva nivoa:

- menadžera za energiju i zaštitu životne sredine i
- odbora za energiju i zaštitu životne sredine.

Dokaz opredeljenosti najvišeg rukovodstva, vidi se i u odobrenim resursima i stepenu podrške i ovlašćenja datih pomenutim menadžerima i odboru.

Za uspešnu realizaciju sistema energo-eko menadžmenta, neophodno je da postoje lideri programa, koji će neumorno tražiti prilike za poboljšanjem energetskog i ekološkog učinka preduzeća. Ti pojedinci – *menadžeri za energiju i zaštitu životne sredine (energo-eko menadžeri)* moraju iskreno da veruju u potrebe i mogućnosti za poboljšanjem učinka. Menadžeri za energiju i zaštitu životne sredine su pokretačka snaga sistema i moraju da poseduju dovoljno ličnog i stručnog autoriteta da ih, kao lidera programa, zaposleni poštuju, slušaju i slede. Oni su delimično stratezi, delimično rukovodioci projekta i delimično koordinatori promena. Trebalo bi da budu osobe sposobne da se fokusiraju i na tehničke aspekte svog posla, ali i na probleme komunikacije, motivacije i angažovanja zaposlenih.

Poželjno je da menadžeri za energiju i zaštitu životne sredine poseduju sledeće kvalifikacije:

- široko tehničko iskustvo i znanje, kao i motivaciju i želju da stiču nova znanja,
- poznavanje i iskustvo u proizvodnim procesima preduzeća,
- poznavanje preduzeća po "dubini", kao i njegovog unutrašnjeg i spoljašnjeg okruženja i kredibilitet na svim nivoima preduzeća,
- sposobnost i veštinu da organizuju resurse, sastanke i treninge,

- visok nivo komunikacijskih sposobnosti, uključujući sposobnost ostvarivanja veza i sposobnost pregovaranja i konsultacija,
- dokazano iskustvo u rukovođenju projektima, posebno u uvođenju novih sistema,
- sposobnost da motivišu zaposlene, prevazilaze prepreke, rešavaju probleme i održavaju napredak,
- poznavanje troškova energije i strukture energetske industrije (za menadžere za energiju),
- poznavanje sistema i tehnologija energetske efikasnosti (za menadžere za energiju),
- poznavanje aktuelne regulative vezane za zaštitu životne sredine (za menadžere za zaštitu životne sredine),
- poznavanje ekološki čistih sistema i tehnologija (za menadžere za zaštitu životne sredine),
- posvećenost ekološki održivoj proizvodnji i zaštiti životne sredine,
- sposobnost korišćenja softvera za obradu teksta, tabela i baza podataka i
- poznavanje problema bezbednosti i zaštite na radu, kvaliteta i finansija.

Najčešće se energo-eko menadžeri biraju iz redova zaposlenih. Prednost ovakvog pristupa leži u tome što su ovakvi pojedinci upoznati sa tehnološkim aspektima funkcionisanja preduzeća, organizacionom struktururom i zaposlenima.

Uloga menadžera za energiju i zaštitu životne sredine, razlikuje se od preduzeća do preduzeća, ali ova lica su, uglavnom, odgovorna za:

- razvoj politike energo-eko menadžmenta,
- redovno prikupljanje i analizu podataka koji se odnose na energiju i količinu generisanih emisija gasovitih, tečnih i čvrstih materija iz proizvodnog procesa,
- praćenje nabavke energije i sirovina koje mogu da izazovu negativan uticaj na životnu sredinu, zdravlje i bezbednost radnika,
- istraživanje i identifikacija primera najbolje prakse u gazdovanju energijom i zaštiti životne sredine,
- identifikaciju mogućnosti za uštedu energije i smanjenje generisanja svih vrsta otpada,
- razvoj projekata za uštedu energije i povećanje ekološke efikasnosti, kao i potrebne tehničke i ekonomske procene,

- sprovođenje projekata za uštedu energije i povećanje ekološke efikasnosti,
- održavanje komunikacija sa zaposlenima (višim rukovodstvom i zaposlenima nižeg hijerarhijskog nivoa),
- promovisanje rezultata kod višeg rukovodstva i objavljivanje uspeha pred zaposlenima,
- promovisanje sistema energo-eko menadžmenta i odnose sa javnošću [9, 14, 15].

U zavisnosti od veličine i aktivnosti preduzeća, može se birati najčešće jedan ili više menadžera za energiju i najčešće jedan ili više menadžera za zaštitu životne sredine. Kako je industrija nameštaja energetski neintenzivna industrijska grana, a preduzeća ove industrijske grane uglavnom spadaju u grupu malih i srednjih preduzeća, preporuka je da se izabere jedna osoba – energo-eko menadžer, koji će imati obavezu da vodi računa o zaštiti životne sredine i energetskoj efikasnosti u preduzeću.

Energo-eko menadžer treba da bude nezavisan od glavnih operativnih odeljenja (nije poželjno da odgovara direktno direktoru proizvodnje, šefu održavanja, itd.). Organizacija se može postaviti tako da menadžer za energiju i zaštitu životne sredine bude direktno odgovoran generalnom direktoru preduzeća, posebno na početku primene programa, da bi se i na taj način, pažnja usmerila na pitanja energetske efikasnosti i smanjenja otpada. Neophodno je da generalni menadžment preduzeća pruži podršku ovoj osobi svim mogućim resursima.

U mnogim preduzećima (posebno velikim, iz energetski intenzivnih industrijskih grana i sa znatnim uticajem proizvodnog procesa na životnu sredinu) formira se i odgovarajući *odbor (upravljački komitet)*, koji predstavlja tim entuzijasta za pomoć menadžerima za energiju i životnu sredinu, u procesu uvođenja sistema energo-eko menadžmenta. Ova grupa treba da bude zadržana i nakon faze uvođenja, radi koordinacije i redovne ocene sistema energo-eko menadžmenta.

Sastav odbora razlikuje se od preduzeća do preduzeća, u zavisnosti od strukture rukovođenja, vrste i količine energije koja se koristi i drugih faktora specifičnih za svako preduzeće. Ovaj odbor treba da:

- vodi i savetuje menadžere za energiju i zaštitu životne sredine,
- pomaže u formiranju nacrta politike energo-eko menadžmenta i akcionog plana,
- pomaže u širenju informacija i izveštavanju o napredovanju programa,

- pomaže promociju inicijativa vezanih za povećanje energetske efikasnosti i smanjenja otpada, i
- daje opštu podršku menadžerima za energiju i zaštitu životne sredine.

Dinamika zasedanja odbora, zavisi od učešća troškova za energiju i troškova usaglašavanja sa regulativom vezanom za zaštitu životne sredine, u ukupnoj strukturi troškova preduzeća, kao i od broja i vrste trenutno aktivnih projekata povećanja energo-eko efikasnosti. Odbor se obično sastaje jednom mesečno, tako da može redovno da kontroliše mesečnu proizvodnju i potrošnju energenata i sirovina. U manjim ili srednjim preduzećima, menadžeri direktno odgovaraju generalnom direktoru ili direktoru fabrike, čime se eliminiše potreba za energetskim odborom.

Energo-eko menadžer(i), po potrebi, formira(ju) svoj *tim (grupu)* koordinatora za gazzdovanje energijom i upravljanje zaštitom životne sredine. Ovu grupu bi trebalo imenovati na određeni vremenski period (po pravilu na godinu dana). Rotacijom članova, dovode se novi ljudi, sa novim idejama, čime se stvara mehanizam za nesmetanu zamenu neaktivnih članova i obezbeđuje kvalitetno uključivanje kadrova. Koordinatori bi trebalo da budu tako izabrani da poseduju veštine koje nedostaju menadžerima. Dok su menadžeri za energiju i zaštitu životne sredine angažovani punim radnim vremenom, ove osobe će, po pravilu, samo deo svog radnog vremena biti angažovane na poslovima energo-eko menadžmenta. Kod većih preduzeća, sa više fabrika i postrojenja, članovi tima mogu da budu angažovani sa punim radnim vremenom.

Poslednji nivo organizacione strukture čine *zaposleni*, koji su kao što je već napomenuto najveći i neiscrpni izvor programa energo-eko menadžmenta. Dobri energo-eko menadžeri odvojiće i do 20% svog vremena za rad sa zaposlenima, jer radnici u proizvodnim postrojenjima, generalno, znaju mnogo više o opremi od bilo kog drugog u postrojenju, pošto su direktno upućeni na nju. Oni znaju kako da što efikasnije gazduju energijom i da efikasno koriste resurse, ali ako nema mehanizma koji bi ih podstakao na delovanje, njihove će ideje ostati nerealizovane. Za uspešno sprovođenje programa uključivanja zaposlenih, potrebno ih je motivisati, jer zaposleni podržavaju program pod uslovom:

- da su podsticani,
- da osećaju da su potrebni i važni,
- da im se dopusti da se u tome ističu,
- da im se oda priznanje za njihova dostignuća,
- da rukovodstvo zna da su ponosni na svoj rad, stručnost i dostignuća,

- da im se pomogne da uživaju u svom poslu, umesto da im je dosadno,
- da im se ponude interesantniji i odgovorniji poslovi,
- da stalno budu obavešteni o tome na koji način su njihove ideje i naporci bili korisni,
- da su nagrađeni (finansijski i na drugi način) za doprinose energo-eko efikasnosti.

Da bi se motivacija u preduzeću održala na adekvatnom nivou, osim komunikacije, važan činilac je edukacija zaposlenih. Uz odgovarajuću obuku, obezbeđuju se adekvatna znanja i veštine, za pravilno ispunjavanje zadataka svih zaposlenih uključenih u energo-eko menadžment. Postoje dve vrste obuka, koje direktno doprinose efikasnoj upotrebi energije i sirovina:

- obuka sa ciljem podizanja nivoa svesti, koja bi trebalo da svima u organizaciji pruži podsticaj, motivaciju i uverenje da je ispravan pristup biti energetski efikasan i ekološki odgovoran¹,
- obuka o sredstvima i tehnologiji, koja zaposlenima pruža odgovarajuća sredstva i tehnička znanja za izvršenje posla na energetski efikasan i ekološki odgovoran način.

Sem pomenutih, obuka može da se sastoji od kurseva kojima se ostvaruju indirektni efekti (kursevi za komunikacijske, društvene i organizacione veštine, obuka za upravljanje projektima i sl.).

U zavisnosti od trenutne situacije u preduzeću, moguće je da se obuka u cilju podizanja nivoa svesti preduzme u ranoj fazi sprovođenja programa energo-eko menadžmenta, nakon čega sledi obuka o sredstvima i tehnologiji, pošto se bolje definišu potrebe preduzeća, odnosno, definiše akcioni plan za implementaciju energo-eko menadžmenta [15].

5.4. RAZVOJ POLITIKE ENERGO-EKO MENADŽMENTA

Nakon što više rukovodstvo donese odluku o uvođenju sistema energo-eko menadžmenta, pažnja se usmerava na razvoj *politike energo-eko menadžmenta*. Ova politika predstavlja dokument u kome se izražava posvećenost preduzeća povećanju energetske efikasnosti i smanjenju negativnog uticaja na životnu sredinu, bezbednost i zdravlje radnika.

¹ Ove obuke treba da zaposlenima objasne, zašto moraju da povećaju energetsku i ekološku efikasnost preduzeća, tj. da daju odgovore na sledeća pitanja: Zašto treba da se štedi energija? Kakve su posledice neefikasnog korišćenja energije i sirovina? Šta to znači za zaposlenog, organizaciju ili njegovu zajednicu?

Postoji nekoliko razloga zbog kojih preduzeće ostvaruje korist od usvajanja zvanične politike energo-eko menadžmenta u pisanim oblicima:

- jasna izjava daće osećaj svrhe, povećavajući šanse za uspeh,
- više rukovodstvo može da proceni učinak strategije u odnosu na dogovoren i skup ciljeva,
- potrebe za energetskom efikasnošću i zaštitom životne sredine se bolje razumeju i prihvataju u preduzeću, ako imaju podršku višeg rukovodstva,
- aktivnosti će biti uspešnije, ukoliko se energo-eko menadžmentu dodeli odgovarajući resursi,
- to je prilika da se "stave na papir" obaveze i odgovornosti za utrošenu energiju i stvorene otpadne materije u preduzeću [16].

Politika energo-eko menadžmenta postavlja ciljeve u vezi zahtevanog nivoa učinka preduzeća, po pitanjima potrošnje energije i generisanja otpadnih materija, u odnosu na koje će biti ocenjene sve sledeće akcije. Njom se definišu i odgovornosti za energetsку efikasnost i zaštitu životne sredine u preduzeću. Posvećenost preduzeća smanjenjima potrošnje energije i količine generisanog otpada, opada na intenzitetu u slučaju promena na rukovodećim mestima ili među odgovornim zaposlenima, ukoliko funkcioniše na nezvaničnim osnovama. Politika energo-eko menadžmenta u pisanim oblicima, zaštitice odluku preduzeća da gazduje potrošnjom energije i upravlja zaštitom životne sredine.

Imperativ je da napisana izjava o politici bude formalno usvojena. Više rukovodstvo treba da potvrdi politiku energo-eko menadžmenta, na nivou upravnog odbora ili drugog ekivalentnog nivoa. Bez toga, politika neće imati potrebnu podršku rukovodstva, neophodnu za ostvarivanje uspeha.

Politika tada može biti distribuirana svim delovima preduzeća koji imaju interesa da je primene. Ukoliko je potrebno, treba održati sastanke na kojima će se razmotriti njen sadržaj i način distribucije u preduzeću. Težnja je da se svakome dodeli uloga u kreiranju politike i razviju dobri odnosi između tima za energo-eko menadžment i ostalih zaposlenih, koji mogu da utiču na predviđene ciljeve politike. Transparentnost ove politike, omogućava da se, na jednostavan način, svi zaposleni upoznaju sa pravcima delovanja preduzeća.

Definisanje politike energo-eko menadžmenta je zadatak kome svako preduzeće prilazi na jedinstven način, ističući aspekte koji su najvažniji za sopstveno poslovanje. Tako, na primer, politika energo-eko menadžmenta u jednom preduzeću industrije nameštaja od drveta, trebalo bi da sadrži podatke prikazane u tabeli 5.2.

1. Politika

Politika našeg preduzeća je da gazdujemo energijom i vodimo računa o zaštiti životne sredine da bi smo:

- izbegli nepotrebne troškove,
- poboljšali upravljanje troškovima, produktivnost i radne uslove,
- zaštitili životnu sredinu.

2. Opšti ciljevi

Dugoročni ciljevi su:

- kupovina električne energije, vode i drvenih materijala po tržišno najpovoljnijim cenama,
- najefikasnija moguća upotreba ovih resursa,
- smanjenje zagađenja i emisija gasova staklene bašte uzrokovanih upotrebom energije i sirovina u našem preduzeću,
- smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva upotrebom biomase.

3. Neposredni ciljevi

Kratkoročni ciljevi našeg preduzeća su:

- uspostavljanje kontrole nad energetskim i ekološkim aspektima našeg poslovanja kroz reviziju i poboljšanje merenja, rada, održavanja i motivacije,
- stalno poboljšanje energetske i ekološke efikasnosti implementacijom efikasnih energetskih i ekoloških programa, koji će podržavati aktivnosti preduzeća, a na zadovoljstvo klijenta i korisnika, ujedno obezbeđujući i bezbedan i ugodan radni ambijent.

4. Akcioni plan

U narednim godinama sledeće aktivnosti će se pripremiti i izvesti:

- program održavanja,
- plan aktivnosti sa listom osoba zaduženih za njihovo izvođenje,
- promotivni plan za podizanje svesti zaposlenih,
- obuka zaposlenih kako mogu da štede energiju na poslu i kod kuće.

Tabela 5.2 *Primer politike energo-eko menadžmenta u jednom preduzeću industrije nameštaja [17]*

5.5. PROCENA STANJA SISTEMA (ENERGO-EKO BILANSIRANJE)

Proces planiranja sistema energo-eko menadžmenta, pomaže proizvodnoj organizaciji da utvrdi relevantne ciljeve i procese, koje je neophodno realizovati, kako bi se ostvarila željena smanjenja potrošnje energije i količine stvorenog otpadnog materijala. Planiranjem se, takođe, identificuju aktivnosti i mere kod kojih postoji potencijal za povećanje energo-eko efikasnosti i definiju prioriteti za njihov izbor.

Da bi se identifikovale mogućnosti za smanjenje troškova energije, vode i sirovina, kao i troškovi usaglašavanja ekoloških performansi jednog preduzeća sa regulativnim zahtevima, potrebno je sprovести tzv. *energo-eko bilansiranje*. Ovo bilansiranje obuhvata snimanje postojećeg stanja sa bilansiranjem tokova energije i materijala, a može da obuhvati jedan tehnološki proces, proizvodnu liniju, pogon ili celo preduzeće. Njegovim izvođenjem se sagledava trenutno (bazno) stanje energetske i ekološke efikasnosti preduzeća, u odnosu na koje se prati stanje tokom vremena uspostavljanja sistema energo-eko menadžmenta.

Energo i ekološko bilansiranje podrazumeva izradu studije² o postojećem stanju sistema energo-eko menadžmenta u industrijskom postrojenju, kojom treba da se:

- u proizvodnom procesu, odredi gde i kako se, različiti tipovi energije i sirovina, koriste ili pretvaraju iz jednog u drugi oblik,
- utvrди trenutni iznos potrošnje energije i sirovina, kao i tipovi i količine otpada koji se generiše,
- obezbedi sveobuhvatna analiza svih ekoloških pitanja i uticaja proizvodnih aktivnosti preduzeća,
- identificuju sva relevantna zakonska i podzakonska regulativa, standardi i ostali zahtevi po pitanju zaštite životne sredine,
- kvantifikuju i kvalifikuju značajni negativni ekološki uticaji,
- identificuju mogućnosti i definiju mere za povećanje energetske efikasnosti i povećanje ekoloških performansi preduzeća,
- proceni tehnno-ekonomska analiza mogućnosti implementacije ovih mera i preporuče projekti poboljšanja energetske i ekološke efikasnosti,
- formiraju lista prioriteta i plan implementacije projekata, čiji je cilj smanjenje energetskih troškova, upotrebe sirovih materijala i

² Za ovaku studiju koriste se termini: audit (udit), bilans, revizija, pregled ili procena.

obezbeđenje usaglašenosti sa regulativnim dokumentima o zaštiti životne sredine [2, 9, 18-21].

Aktivnosti koje se sprovode tokom analize postojećeg stanja u preduzeću, trebalo bi da obuhvate:

- definisanje potrošnje svih vrsta energije, koje se koriste u preduzeću i svih vrsta otpadnih materija koje se stvaraju u proizvodnim pogonima,
- identifikovanje potrošnje energije najvećih potrošača energije i određivanje njihovog učešća u ukupnoj potrošnji energije u preduzeću,
- identifikovanje mesta u proizvodnom procesu, u kojima je najveći mogući negativan uticaj na životnu sredinu, bezbednost i zdravlje zaposlenih,
- identifikovanje zakonskih i drugih zahteva, koje se nameću preduzeću u vezi sa zaštitom životne sredine, bezbednošću i zdravljem zaposlenih,
- identifikovanje najekonomičnijih mera, kako bi se poboljšala energetska i ekološka efikasnost u preduzeću,
- procenu potencijala uštede energije, troškova implementacije i perioda otplate za predložene mere ili aktivnosti povećanja energetske efikasnosti,
- procenu potencijala smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu, bezbednost i zdravlje zaposlenih, kao i procenu troškova implementacije i, eventualno, perioda otplate za predložene mere i aktivnosti povećanja ekološke efikasnosti,
- revidiranje strategije (politike) energo-eko menadžmenta, uključujući sistem evaluacije efekata sprovedenih mera.

Energo-eko bilansiranje podrazumeva opsežno prikupljanje, obradu i analizu podataka o korišćenju energije i količinama stvorenih otpadnih materija u industrijskom preduzeću. To je relativno složen postupak, koji zahteva korišćenje odgovarajuće opreme i angažovanje iskusnih i stručnih kadrova. Njega mogu da sprovode zaposleni - energo-eko menadžeri sa svojim timom, ukoliko imaju dovoljno znanja, veština i resursa za analizu stanja sa bilansiranjem tokova energije i materije, ili se mogu angažovati eksterni konsultanti. Preporučljivo je angažovanje eksternih konsultanata, jer su ove osobe nezavisne, imaju šire poglede i poznaju većinu modernih tehnologija.

Timovi angažovani na izradi bilansa moraju da:

- poznaju analizirani proizvodni proces,

- poznaju proizvodnju (isporuku), prenos i upotrebu različitih oblika energije (toplota energija, električna energija, komprimovani vazduh, itd.),
- poznaju zakone i standarde zaštite životne sredine u vezi sa proizvodnim procesom,
- poseduju osnovna znanja iz ekonomije, neophodna za ekonomsku evaluaciju različitih predloga za povećanje energo-eko efikasnosti proizvodnog procesa.

Prema obimu i definisanom cilju, bilansi se generalno mogu podeliti na dva osnovna tipa:

- *preliminarni bilans*, koji podrazumeva početno prikupljanje podataka i ima za cilj ocenu trenutnog nivoa, na osnovu pregleda postojeće dokumentacije i kratkog pregleda preduzeća, tokom kojeg tim za izradu bilansa pregleda opšte stanje opreme, standarde održavanja, stepen kontrole operacija i važeće procedure izveštavanja i
- *detaljni bilans*, koji podrazumeva sveobuhvatno snimanje i analizu tokova energije i materije u preduzeću. Obično se koriste merni instrumenti, da bi se proverio način korišćenja energije i odredila količina otpadnih materijala, što je praćeno detaljnom analizom različitih sistema i podsistema [19-21].

U praksi postoje mnogi slučajevi da bilans spada između pomenuta dva; složeniji od preliminarnog, a ne tako opsežan kao detaljan energo-eko bilans. Rad na bilansu zahteva fleksibilan pristup, u kojem se postupci prilagođavaju potrebama preduzeća za koje se bilans radi.

Nakon planiranja i upoznavanja sa proizvodnim procesima, energo-eko bilansiranje, u prvoj fazi, podrazumeva prikupljanje:

- opštih podataka (podaci o tipu industrije, projektovani obim proizvodnje, broj radnih sati, specifikacija opreme i postrojenja sa pratećim tehničkim uputstvima, tehnološke šeme i opis postrojenja, dispozicioni crteži postrojenja, itd.),
- podataka o istorijskoj³ potrošnji i troškovima energetika (podaci sa računa za energente) i mesečnom obimu proizvodnje,
- istorijskih podataka o životnoj sredini (podaci o količinama odlaganog čvrstog otpada, saglasnost za ispuštanje otpadnih voda u kanalizaciju ili kontrolisane vodene tokove, podaci o emisijama u vazduh, zapisi o

³ Istorijski podaci treba da obuhvate period od najmanje 12 uzastopnih meseci, a preporuka je 24 ili 36 meseci.

žalbama i ekološkim incidentima, detalji o kršenju ekoloških propisa i povezanim pravnim procesima, itd.),

- podaci o eventualnom generisanju energije (sopstvena proizvodnja tople vode, vodene pare, električne energije),
- podataka sa mernih uređaja, kojima se mere energetski parametri i količine generisanih otpadnih materija,
- podataka dobijenih intervjuisanjem zaposlenih (tehničkog osoblja, neposrednih rukovaoca i održavaoca opreme) o problemima u vezi sa povećanom energetskom potrošnjom i značajno uvećanim uticajem na životnu sredinu i bezbednost i zdravlje zaposlenih.

Prikupljene podatke treba sistematizovati, analizirati i prikazati na pogodan način (tabelarno ili grafički). Podaci prikupljeni tokom bilansiranja, moraju da se analiziraju na način koji omogućava konsultantima, da ocene mogućnosti za uštedu energije i smanjenje negativnog uticaja proizvodnje na životnu sredinu. Neki primeri prikazivanja podataka dobijenih pri izradi energo-eko bilansa, prikazani su u tabelama 5.3 i 5.4 i slici 5.3.

Energent	Potrošnja	Jed.	Ekvivalentna energija		Trošak	
			kWh	%	€	%
El. energija	388.604	kWh	330.640	77	32.001	94
Biomasa/otpad	40.050	kg	100.125	23	-	
Obična voda	4.174,5	m ³			1.934	6
UKUPNO			354.265	100		100

Tabela 5.3 Godišnji bilans potrošnje energije i vode u preduzeću industrije nameštaja

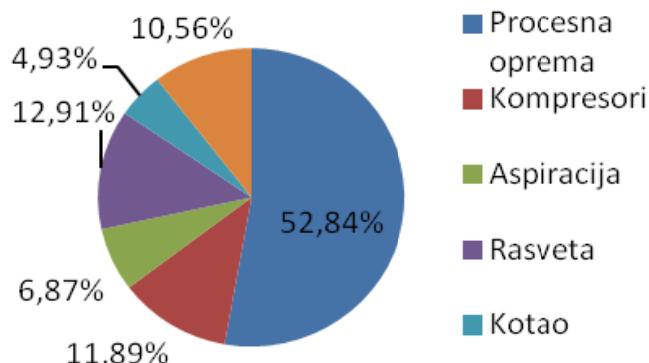
Za utvrđivanje trenutnog stanja energo-eko menadžmenta, važno je analizirati mesečne promene utroška energije i količine generisanog otpada u funkciji od mesečnog obima proizvodnje. Pri tome, dijagramske prikazi pružaju bolju procenu varijacija nego tabelarni.

Pri analizi, treba praviti odvojene dijagrame za svaki od energenata tj. svaku otpadnu materiju. Radi dobijanja pouzdanih rezultata, korišćenje energije u proizvodne svrhe, treba da se analizira odvojeno od energije koja se koristi za grejanje ili hlađenje prostora, iako se sličan postupak analize može primeniti i

na energiju koja se koristi za grejanje ili hlađenje prostora, kada se prave dijagrami potrošnje energije u funkciji od stepen-dana grejanja ili hlađenja [14].

Drvni otpad	Oplemenjena iverica	Medijapan	Lesonit
Gustina (kg/m³)	694,5	715,5	879
Donja topotna moć (MJ/kg)	16.479	17.413	19.401
Količina otpada (m³/god)	115,36	16,27	7,23
Energetski potencijal (GJ/god)	1.320.257	202.708	123.297
Energet. pot. ukupno (GJ/god)	1.646.262		

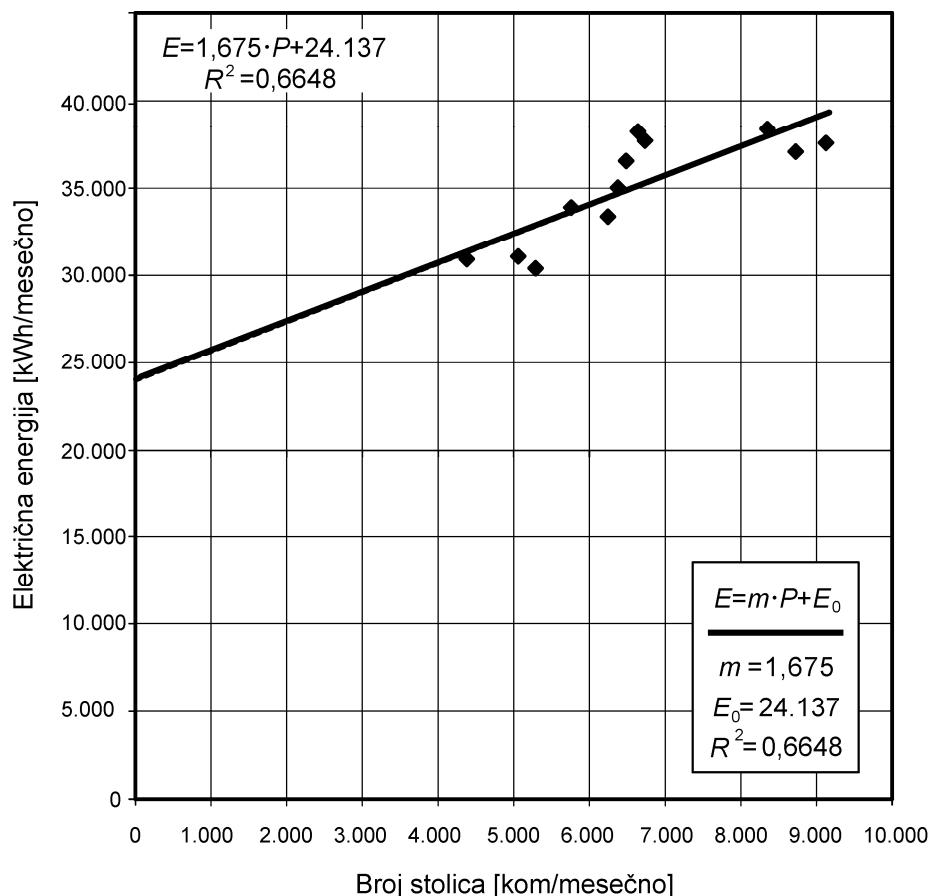
Tabela 5.4 Bilans drvnog otpada generisanog u preduzeću industrije nameštaja [22]



Slika 5.3 Raspodela potrošnje električne energije u preduzeću industrije nameštaja

Najjjednostavniji način analize je formiranje dijagramskog prikaza utroška energenta - E (količine otpadnog materijala - O) u zavisnosti od obima proizvodnje na mesečnom nivou – P (slika 5.4). Za većinu standardnih industrijskih postrojenja, ova funkcionalna zavisnost je bliska pravoj liniji:

$$E(O) = m \cdot P + E_0(O_0). \quad (5.1)$$



Slika 5.4 Zavisnost mesečne potrošnje energije od obima proizvodnje

O načinu formiranja ove dijagramske zavisnosti, videti poglavlje 5.8.3. Postoje tri osnovna elementa, koja bi trebalo analizirati na takvom grafiku:

- tačka preseka sa ordinatnom osom (odsekak ordinate) – E_0 , koja prikazuje kolika se energija troši kada se proces odvija bez ikakve proizvodnje. To je takođe i energija koja se troši pri proizvodnji, ali joj ne doprinosi (npr. kod električne energije: rasveta, električna energija

za kancelarijsku opremu, cirkulacione pumpe, kompresori, ventilatori, energija za održavanje postrojenja, energija za prazan hod opreme⁴⁾);

- koeficijent pravca - m , koji predstavlja količinu energije utrošene (količinu otpada generisanog) na datom nivou proizvodnje za proizvodnju svake dodatne jedinice proizvoda. Poznavanjem nagiba prave linije, može se utvrditi energetska i ekološka efikasnost proizvodnog procesa (što je nagib manji, situacija je bolja).
- stepen rasipanja tačaka, koji se opisuje koeficijentom determinacije - R^2 . On uzima vrednosti $0 \leq R^2 \leq 1$ i predstavlja opšti pokazatelj gazdovanja energijom (upravljanja otpadom) u preduzeću. Široko rasute tačke (kada je R^2 blisko 0), obično označavaju da se ovi procesi adekvatno ne kontrolišu, da je operativna praksa loše definisana i neadekvatno vođena od strane odgovornih.

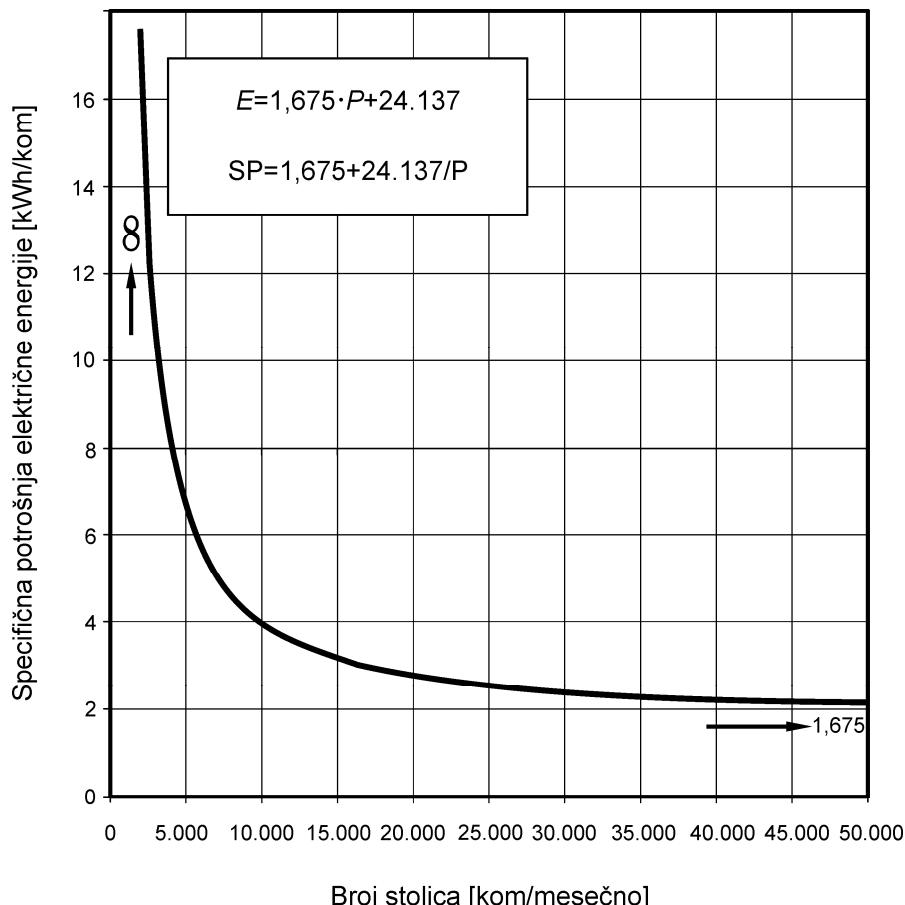
Energo-eko bilansiranjem se određuju i *energetski i ekološki pokazatelji (indikatori) učinka sistema*. Pokazatelji energetskog učinka (indikatori energetske efikasnosti) izražavaju se u obliku *specifične potrošnje energije*, koja se definiše kao odnos potrošene energije (u fizičkim jedinicama ili novčanom ekvivalentu troška nabavke) prema proizvodnom izlazu (ili ređe prema količini ulaznog materijala). Pokazatelji (indikatori) ekološkog učinka se izražavaju kao odnos količine nastalog gasovitog, tečnog ili čvrstog otpada, prema količini utrošenog resursa (sirovine ili energenta).

Treba napomenuti da podaci o specifičnoj potrošnji energije ne znače mnogo, sve dok se ne povežu sa obimom proizvodnje ili sa nivoom iskorišćenosti kapaciteta preduzeća. To se posebno odnosi na preduzeća kod kojih obim proizvodnje značajno varira tokom vremena. Zato se, sem prikaza utroška energenta u zavisnosti od obima proizvodnje, pri energetskom bilansiranju prikazuje i zavisnost specifične potrošnje energije – SE , od obima proizvodnje na mesečnom nivou (slika 5.5) koja je određena sledećom funkcionalnom zavisnošću:

$$SE = m + \frac{E_0}{P} \quad (5.2)$$

koja se dobija iz prethodno pomenute jednačine prave (5.1). Vrednosti specifične potrošnje energije teže beskonačnosti pri nultom obimu proizvodnje, a teže vrednosti m pri velikom obimu proizvodnje (slika 5.5).

⁴⁾ U slučaju da se radi o funkcionalnoj zavisnosti količine otpadnog materijala od obima proizvodnje, ordinata ove tačke bi bila 0 ($O_0=0$).



Slika 5.5 Zavisnost specifične potrošnje energije od obima proizvodnje

Energo-eko menadžment podrazumeva i decentralizovanje odgovornosti za energetske i ekološke performanse preduzeća duž proizvodnih i energetskih tokova i definisanje centara koji su odgovorni za potrošnju energije i negativan uticaj na životnu sredinu. Ovi poslovni segmenti (pogoni, delovi preduzeća, grupa opreme ili pojedinačna oprema) u kojima se obavljaju merljive proizvodne aktivnosti značajnog obima proizvodnje i u kojima se koriste značajni iznosi energije, zovu se *centri potrošnje energije* – CPE [9]. Ne postoji egzaktno pravilo kako se definišu centri potrošnje energije. CPE može da bude bilo koji pogon, poslovna jedinica ili mašina, koja koristi značajan iznos energije ili čije funkcionisanje stvara značajni uticaj na životnu sredinu. Iako se termin

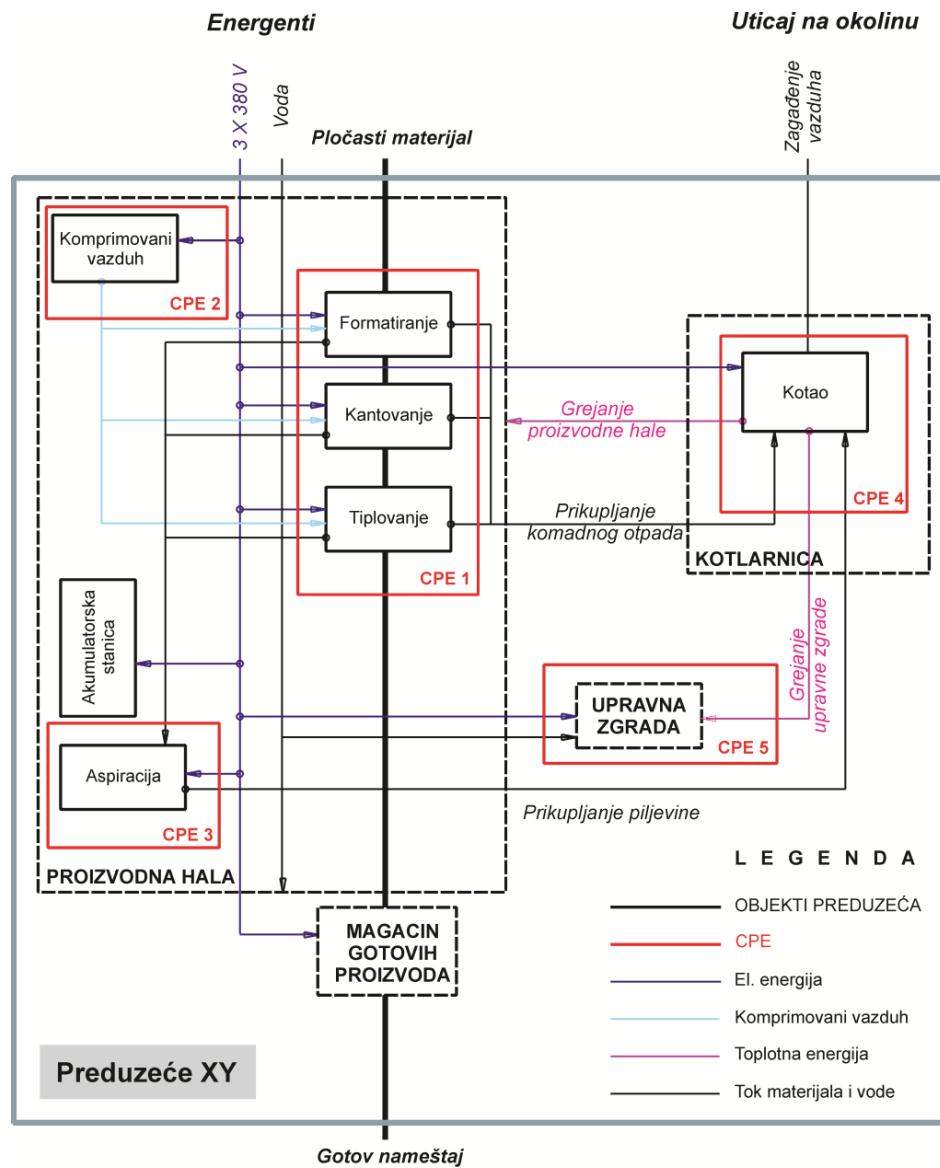
„značajan“ može slobodno tumačiti, postoji nekoliko kriterijuma koje treba uzeti u obzir pri određivanju centara potrošnje energije:

- proces ili aktivnost, koja troši energiju, treba da ima merljiv (po mogućству jedan) izlaz,
- potrošnja energije i/ili uticaj na životnu sredinu procesa, može da se direktno meri,
- troškovi merenja ne bi trebalo da budu veći od 10% do 20% godišnjih troškova energije ili usaglašavanja sa regulativom zaštite životne sredine tog centra,
- odgovornost za energetski i ekološki učinak te „oblasti“, može da se dodeli osobi koja radi u oblasti ili je odgovorna za njeno funkcionisanje,
- standardni pokazatelji učinka mogu da budu izraženi i
- ciljevi za poboljšanje učinka mogu da se utvrde.

Primer određivanja i šematskog prikazivanja centara potrošnje energije, u jednom preduzeću koje proizvodi nameštaj od pločastih drvenih materijala, prikazan je na slici 5.6.

Detaljno energo-eko bilansiranje treba da obezbedi više informacija i u tom cilju neophodno je obaviti merenja kako bi se dobili dodatni podaci o svakom konkretnom centru potrošnje energije, izvršile adekvatne analize i definisao predlog mera i aktivnosti. Ova dodatna merenja treba da budu dovoljno detaljna da omoguće osobama za izradu bilansa, bilansiranje energije i materijala za pojedine pogone, procese ili uređaje, koji su odgovorni za najveći deo potrošnje energije ili generisanje otpada. Tip podataka koji se traži, zavisi od opreme ili procesa koji se analiziraju.

Ključnu ulogu u bilansiranju na „nižem“ nivou, ima korišćenje merne opreme i merenje odgovarajućih fizičkih veličina. Najbolje je ako u preduzeću postoji ugrađena merna oprema, jer već ugrađeni merni uređaji u nekom postrojenju, smanjuju rad i vreme koji su potrebni za energo-eko bilansiranje. Međutim, najčešći slučaj je, da je merni sistem u preduzeću koncipiran tako, da ne obezbeđuje dovoljno podataka za ocenjivanje postojećeg stanja, na nivou centara za potrošnje energije. Zato je, pri energo-eko bilansiranju, potrebno imati na raspolaganju razne vrste prenosivih instrumenata, kako bi se dobili adekvatni podaci za izračunavanje potrošene energije i za analizu potencijalnih ušteda (slika 5.7).



Slika 5.6 Centri potrošnje energije u jednom preduzeću industrije nameštaja

Nakon pažljivog pregleda industrijskog preduzeća i energo-eko bilansiranja, treba definisati mere i aktivnosti (sa analizom isplativosti za svaku intervenciju) koje se kasnije uključuju u izveštaj sa preporukama rukovodstvu preduzeća. Mere i aktivnosti za uštedu energije i povećanje ekološke efikasnosti

preduzeća, identificuju se pomoću uporedne statistike, iskustva i poznavanja primera dobre prakse.



Slika 5.7 Oprema za energetsko bilansiranje RESEE Kragujevac
 a) ultrazvučni merač protoka tečnosti, b) merač debljine materijala, c) trofazni analizator snage, d) termovizijska IC kamera , e) IC termometar, higro-termo-anemometar, merač obroja obrata, merač osvetljenosti (respektivno)

Ove mere se, prema nivou finansijskih sredstava neophodnih za njihovu primenu, mogu klasifikovati na:

- mere i aktivnosti koje ne zahtevaju nikakve troškove i mere sa niskim troškovima, tzv. mere domaćinskog poslovanja,
- mere koje zahtevaju srednje investicije,
- mere koje zahtevaju visoke, kapitalne investicije.

Mere na povećanju energetske efikasnosti, često se klasificuju i prema vremenu isplativosti investicija za njihovu implementaciju na: kratkoročne, srednje, dugoročne.

Mere domaćinskog poslovanja je relativno lako uvesti uz minimalna ili nikakva ulaganja. Ako su u pitanju mere domaćinskog poslovanja koje se odnose na povećanje energetske efikasnosti, period isplativosti je vrlo kratak, a uštede trenutne. Praksa pokazuje da se u mnogim preduzećima uvođenjem

mera domaćinskog poslovanja, može uštedeti između 25% do 50% od ukupnog potencijala za smanjenje potrošnje energije [20, 21].

Mere i aktivnosti na povećanju energetske efikasnosti u industriji nameštaja, sa posebnim osvrtom na uštede električne energije, prikazane su u poglavlju 3, a mere i aktivnosti na povećanju ekološke efikasnosti, prikazane su u poglavlju 4.

Rezultati energo-eko bilansiranja moraju da budu sistematizovani u obliku jasnog i konciznog izveštaja. Bez obzira koliko analiza obavljena energo-eko bilansiranjem bila sveobuhvatna i kvalitetna, njena vrednost zavisi od kvaliteta završnog izveštaja. Neki od ključnih elemenata ovog izveštaja su:

- sažetak (rezime) sa preporukama uređenim po prioritetima, sa procenama troškova za njihovo uvođenje i perioda otplate,
- relevantni podaci o pogonu i proizvodnom procesu,
- podaci o opremi, sa podacima o merenju ili proceni potrošnje energije i količini generisanog otpada za svaki deo postrojenja,
- podaci i grafička analiza podataka o potrošnji energije i količini generisanog otpada,
- detalji o poboljšanju energo-eko efikasnosti,
- poređenje trenutne potrošnje sa potrošnjom koja se predviđa nakon primene preporučenih mera i aktivnosti,
- preporuke za uključivanje strategije energo-eko menadžmenta, kao što su sistemi praćenja i procesi revizije [14, 15, 23].

Najvažniji cilj završnog izveštaja je da ubedi rukovodstvo preduzeća, da investira u predložene mere i aktivnosti, kojima će se povećati energetska i ekološka efikasnost preduzeća.

5.6. RAZVOJ AKCIONOG PLANA

Ova faza razvoja sistema podrazumeva definisanje i usvajanje *akcionog plana* za implementaciju prioritetnih aktivnosti energo-eko menadžmenta.

Rezultati energetskog i ekološkog bilansiranja dobijaju istinsku vrednost, tek kada se preporuke iz izveštaja uključe u aktioni plan energo-eko menadžmenta preduzeća. Kao rezultat izveštaja o bilansiranju, mogu da proisteknu različite vrste inicijativa:

- promene u operativnim procedurama,
- revizije sistema održavanja, jer on utiče na efikasno korišćenje energije i sirovina,

- modifikacije ili zamene postojećih postrojenja i/ili opreme,
- naknadne detaljne studije o mogućnostima smanjenja potrošnje energije određenog postrojenja ili procesa i
- posvećenost neprekidnom obučavanju i širenju informacija, kako bi se povećala svest zaposlenih o pitanjima uštede energije i zaštite životne sredine.

Energo-eko menadžeri, zajedno sa svojim timom, treba da na osnovu izveštaja o bilansiranju, prikupe sve mogućnosti unapređenja i uspostave sistem za transparentnu i razumljivu proceduru izbora mera koje treba primeniti. Na taj način, osigurava se izbor najboljeg rešenja i podrška zaposlenih u realizaciji planiranih aktivnosti. Lista mera i aktivnosti za uštenu energije i smanjenja generisanja otpadnih materija, treba da bude sistematizovana prema troškovima implementacije: bez ulaganja, koje zahtevaju mala ulaganja, koje zahtevaju srednja ulaganja i koje zahtevaju visoka ulaganja. U okviru akcionog plana, mere i aktivnosti se opisuju na jednostavan način, sa jasnim ciljevima, referentnim vrednostima ušteda/smanjenja, definisanim ulogama i odgovornostima za njihovo izvršenje i dinamikom realizacije. Dinamika primena mera i aktivnosti, zavisi od dostupnosti resursa (neke mere mogu odmah da se primene, dok je za realizaciju pojedinih potrebno dugoročno planiranje).

Akcioni plan treba da sadrži sledeće stavke:

- definisane mere i aktivnosti za povećanje energo-eko efikasnosti i kriterijume za njihov izbor,
- detalje o odgovornostima i raspodeli resursa (kadrovskih, tehničkih, finansijskih) za sprovođenje plana,
- relevantne zakonske obaveze i definisane ciljeve energetskog i ekološkog učinka i vremenske rokove ostvarivanja ciljeva,
- usvojene postupke (procedure) izveštavanja, kojima se prati potrošnja energije i količina otpadnih materija i sa njima u vezi odgovarajući troškovi,
- redovni pregled (reviziju) akcionog plana,
- definisane postupke kojima se uključuju poboljšanja.

Akcioni plan treba, po potrebi, ažurirati i poboljšavati, na osnovu stečenih iskustava pri realizaciji sistema. Politika energo-eko menadžmenta treba da bude takođe redefinisana, tako da uključuje akcioni plan i sve modifikovane ciljeve [15, 23].

5.7. PROMOCIJA SISTEMA

Usvojen i dokumentovan akcioni plan služi kao osnov za uvođenje energo-eko menadžmenta u industrijskom preduzeću.

Uspešan energo-eko menadžment zahteva posvećenost i napor zaposlenih na svim nivoima proizvodne organizacije. Potrebno je osigurati odgovornosti i resurse, tako što se:

- identificuju interni i eksterni resursi, koji mogu da pomognu u implementaciji i
- osigura da pomenuti resursi budu dostupni integrisanjem energo-eko menadžmenta u radne planove i organizacionu strukturu preduzeća.

Zaposleni moraju da prihvate svoje odgovornosti i ispunjavaju zadatke, tako da optimalno doprinose energo-eko menadžmentu. Svaki pojedinac mora neprekidno da bude svestan važnosti dodeljene uloge.

Svest da postoje potencijali za uštedu energije i povećanje eko-efikasnosti, jasan opis posla, nedvosmislene radne instrukcije i dodatna obuka vitalni su za uspeh energo-eko menadžmenta. Sem toga, za uspešnu implementaciju energo-eko menadžmenta, potrebno je da pojedinci postanu i ostanu motivisani da daju svoj doprinos.

Za neprekidno unapređenje energo-eko menadžmenta, potrebno je pravilno izvršavanje postavljenih zadataka. Međutim, jednako je važno navesti aktere da razmišljaju, daju predloge i pokušavaju da postignu više od očekivanog. Pojedinac mora da bude uključen i stimulisan da dâ svoj doprinos uspehu programa gazdovanja energijom i upravljanja zaštitom životne sredine i preduzeću kao celini.

Neophodno je zaposlenima redovno dostavljati podatke o rezultatima i proslavljati uspeh sa njima. Za ostvarene rezultate, zaposlene treba pohvaljivati i nagrađivati, što će osigurati da „oči i uši“ u proizvodnji budu usmerene na identifikovanje neregluarnosti i neusaglašenosti [17].

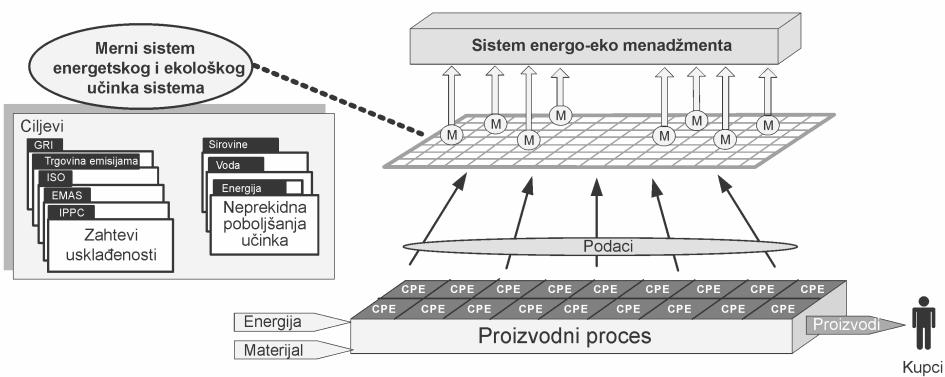
Nakon definisanja uloga pojedinaca, neophodno je utvrditi da li određene osobe imaju veštine i znanje za obavljanje novododeljenih zadataka. Zato je često neophodna dodatna obuka, o kojoj je već bilo reči u poglavljiju 5.3.

5.8. PROVERA UČINKA SISTEMA

Izabrane mere i aktivnosti iz akcionog plana, koje direktno ili indirektno rezultiraju smanjenjem potrošnje energije i negativnog uticaja na životnu sredinu, implementirane su u prethodnoj fazi uvođenja sistema, u skladu sa akcionim planom. Da bi se dobio odgovor na pitanje: „Da li primenjene mere ostvaruju željene efekte?“, mora da postoji odgovarajući sistem merenja, prikupljanja i analize podataka. Ovakav *sistem provere učinka*, koji podrazumeva *merenje, praćenje i utvrđivanje ciljeva*, kao i *definisanje korektivnih mera*, kritično je važan za uspešnu implementaciju sistema energo-eko menadžmenta.

5.8.1. Merenje i prikupljanje podataka

Praćenje učinka sistema započinje merenjem i prikupljanjem podataka (sa mernih instrumenata, računa, podataka o obimu i vrsti proizvodnje i sl.). Uspešnost ovog postupka zavisi od kvaliteta podataka koji se prikupljaju. Podaci koji se prikupljaju, odnose se na celokupan industrijski pogon ili centar potrošnje energije (CPE).



Slika 5.8 Sistem merenja i prikupljanja podataka o energetskom i ekološkom učinku

Svaki centar potrošnje energije koristi resurse da bi proizveo proizvode ili usluge i tako uticao na poslovne rezultate preduzeća. Čest je slučaj, da je u industrijskim preduzećima nivo ugrađene merne opreme nedovoljan. Naime, iako se potrošnja energije u nekim slučajevima i svakodnevno evidentira, najčešće se merenja obavljaju samo na nivou celokupnog industrijskog postrojenja. Merenje i prikupljanje podataka i analiza učinka sistema, treba da budu bazno planski organizovani od „nižeg nivoa“, tj. nivoa centara potrošnje energije, pri čemu treba voditi računa da se izbegnu preklapanja, odnosno više merenja istih pokazatelja učinka (Slika 5.8). Pri definisanju plana ugradnje merne opreme, treba voditi računa da troškovi njene ugradnje i održavanja budu manji od očekivanih dobitaka, koji nastaju merenjem i prikupljanjem podataka.

5.8.2. Poređenje pokazatelja (indikatora) učinka sistema

Značajna aktivnost energo-eko menadžmenta je redovno periodično merenje, analiza i izveštavanje o *pokazateljima (indikatorima) učinka sistema*⁵. Ovi postupci omogućavaju energo-eko menadžerima i drugim kompetentnim osobama sa autoritetom u preduzeću, da prate kako se tokom vremena razvija energetska i ekološka efikasnost njihovog preduzeća i kakva je u poređenju sa drugim preduzećima iz iste proizvodne delatnosti. Praćenje indikatora ekološkog učinka, fokusira se na nadgledanje poštovanja regulativnih zahteva u pogledu zaštite životne sredine i sa tim u vezi povezanih troškova [24], dok se praćenje indikatora energetske efikasnosti fokusira na direktnе uštede troškova, kroz energetski efikasnije korišćenje resursa.

Ostvarene pokazatelje učinka preduzeća ili centra potrošnje energije, potrebno je, uvek kada je to izvodljivo, porebiti sa pokazateljima preduzeća slične industrijske grane, sličnog proizvodnog programa ili obima proizvodnje, itd. Na međunarodnom nivou, postoji relativno veliki broj baza za uporednu statistiku (engl. *benchmarking*) u kojima se nalaze podaci o potrošnji energije u različitim industrijskim granama, pogonima ili tehnološkim procesima (EU - BESS [19] i Odyssee [9], Azijsko-pacifička regija - APERC [25], SAD - IAC Database [26], itd.). U pojedinim bazama se mogu naći i podaci o specifičnoj potrošnji energenata u industriji proizvodnje nameštaja od drveta, tako da se stanje u preduzeću može uporediti sa relevantnim svetskim iskustvima iz sektora.

⁵ Definicija pokazatelja energetskog i ekološkog učinka data je u poglavљу 5.5.

5.8.3. Praćenje i utvrđivanje ciljeva

Praćenje i utvrđivanje ciljeva (engl. *monitoring and targeting*) predstavljaju suštinski deo sistema energo-eko menadžmenta industrijskog preduzeća. Ova tehnika koristi redovno prikupljane podatke o energetskim i ekološkim pokazateljima učinka sistema, čime se omogućava:

- procena energetskog i ekološkog učinka preduzeća u odnosu na postavljene ciljeve, norme industrijskog sektora, promene efikasnosti u vremenu i
- sistematska provera usaglašenosti sa relevantnim pravnim i drugim zahtevima.

Na taj način se može ostvariti uvid u efektivnost preduzetih mera i može se identifikovati svaka neusklađenost, tj. odstupanje od planiranog.

Četiri glavna elementa uspešnog sistema praćenja i utvrđivanja ciljeva su:

- prikupljanje podataka (podaci sa čitanja mernih uređaja, računa za energente, sirovine, podaci o obimu proizvodnje),
- analiza (od prikupljenih podataka stvaraju se korisne informacije o akcijama koje bi trebalo preduzeti),
- izveštavanje (osigurava da pravovremena, koncizna i korisna informacija dođe do pojedinca koji je sposoban i odgovoran za sprovođenje odgovarajućih aktivnosti),
- pokretanje aktivnosti (sistem praćenja i utvrđivanja ciljeva nema smisla, ukoliko se odmah ne pokrenu odgovarajuće konkretne aktivnosti).

Postoje tri problema koja su obično javljaju pri prikupljanju podataka:

1. nedovoljno podataka (podaci treba da se beleže u redovnim intervalima),
2. previše podataka (teško je obraditi i delotvorno analizirati previše podataka, koji se dobijaju suviše čestim merenjem i prikupljanjem podataka u redovnim intervalima – npr. na svakih pola sata i češće).
3. nekompatibilni podaci (treba porebiti podatke koje se odnose na iste intervale vremena)⁶.

⁶ Na primer, ako se nedeljni podaci o potrošnji energije prikupljaju petkom popodne, podaci o proizvodnji sredom ujutru, a podaci o vremenskim prilikama ponедeljkom, prikupljeni podaci nisu kompatibilni.

Sve prednosti sistema praćenja i utvrđivanja ciljeva proizilaze iz delovorne analize prikupljenih podataka, pa ako je ona neefikasna, ceo sistem je slab. Za analizu podataka dostupan je širok dijapazon statističkih metoda: grafički metodi (X-Y ili grafikon rasipanja, histogrami, grafikoni ekstremnih vrednosti, distributivne krive, Paretovi grafikoni), merenje i analiza odstupanja (standardne devijacije, koeficijent korelacije, granica tolerancije), algebarska regresija (metoda najmanjih kvadrata, regresija sa više od dve promenljive), CUSUM (kumulativna suma razlika), kontrolni grafikoni, itd. [14]. Postoje i računarski programi za praćenje i utvrđivanje ciljeva, mada su standardni PC programi za tabelarne proračune (*spreadsheet* aplikacije) podesni za većinu primena.

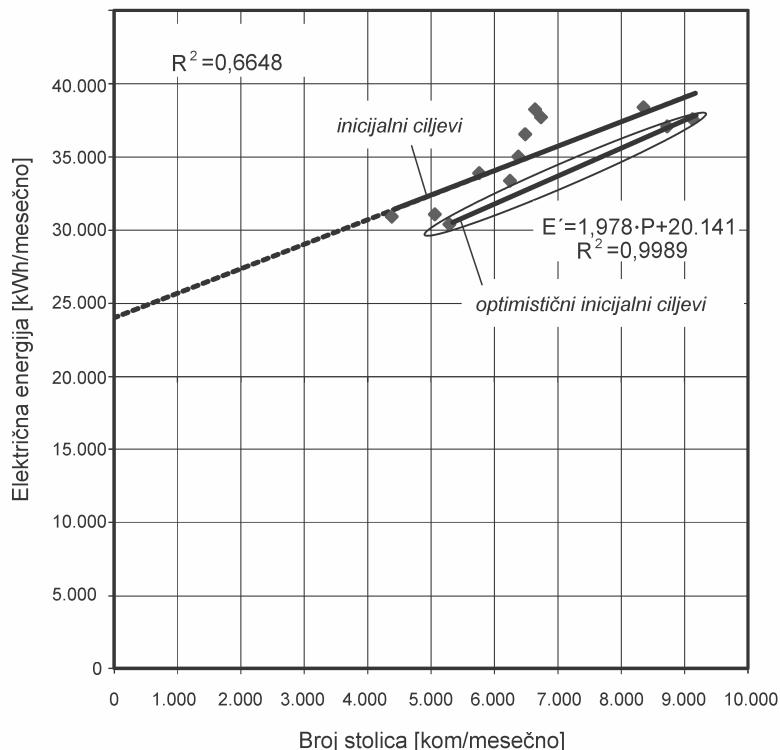
Nakon prikupljanja podataka, sledeća faza kojoj se pristupa je *utvrđivanje inicijalnih (baznih) ciljeva*, u odnosu na koje će se porebiti praćeni podaci i zatim uporediti stvarna potrošnja sa predviđenom (cilnjom). Pošto obim proizvodnje utiče na potrošnju energije (količinu generisanih otpadnih materija), ciljna potrošnja energije (ili količina generisanih otpadnih materija) ne može da bude samo jedna vrednost, već mora da bude neka funkcionalna zavisnost obima proizvodnje. Inicijalni ciljevi se mogu utvrditi primenom analize podataka o potrošnji energije (količini generisanog otpadna) u prethodnom periodu. Dostupni podaci na mesečnom nivou u prethodnom periodu, od minimalno jedne do preporučivo dve godine, mogu se uzeti kao bazni podaci u odnosu na koje se buduća poboljšanja mogu proceniti. U slučaju da relevantni podaci o praćenju potrošnje energije i količina generisanog otpada nisu poznati, kao početni cilj se postavlja projektna potrošnja i dozvoljena zakonska količina otpada. Ovaj se cilj može kasnije modifikovati, pošto se prikupi više podataka i stekne više iskustva o samom sistemu.

Pomenuti prikupljeni podaci o potrošnji energije (količini generisanog otpada) prikazuju se u odgovarajućoj grafičkoj formi u funkciji obima proizvodnje, pri čemu se dobija niz rasutih tačaka, kao na slici 5.9. Iz dijagrama rasipanja može da se utvrdi linearna zavisnost između potrošnje energije (količine otpada) i proizvodnje (5.1), koja predstavlja liniju inicijalnih (baznih) ciljeva.

Jedan od metoda određivanja pomenute linearne jednačine, podrazumeva unošenje navedenih podataka u neki od programa za tabelarne proračune (npr. MS Excel). U ovakovom programu se jednostavno obavlja regresiona analiza, koja kao rezultat daje pomenutu linearu jednačinu. Međutim, obzirom da će softver formirati jednačinu, bez obzira na podatke koji

su u njega uneti, treba pažljivo analizirati dobijenu analitičku zavisnosti pre njenog prihvatanja.

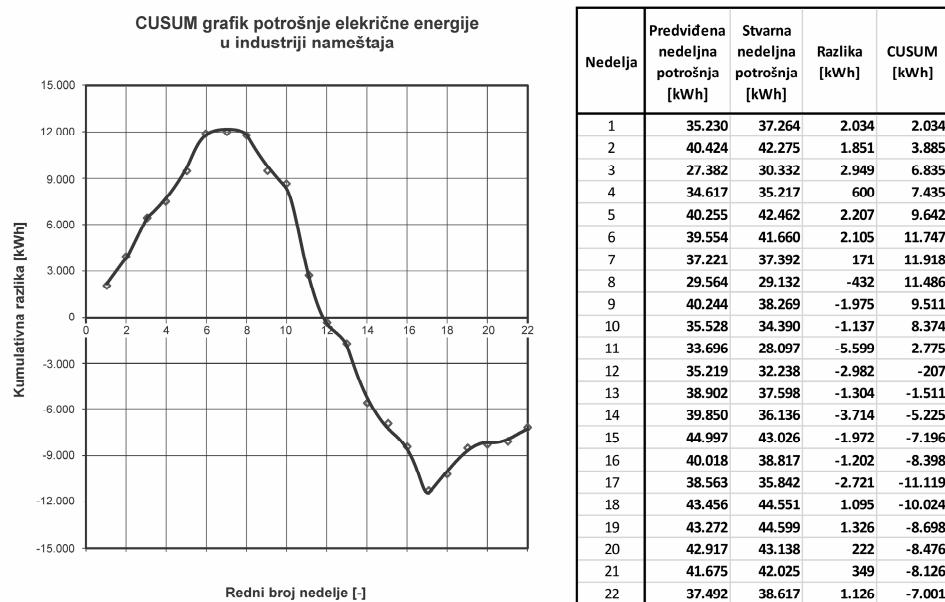
Ako se želi da se postave optimistični (ali realni ciljevi) na početku programa, onda se sa dijagrama uzimaju podaci samo za mesece u kojima su ostvareni najbolji rezultati i za njih se određuje inicijalna (bazna) linija ciljeva.



Slika 5.9 Utvrđivanje inicijalnih (baznih) ciljeva

Posle utvrđivanja ciljeva, treba neprestano pratiti rad preduzeća i njegovih centara za potrošnju energije, da bi se videlo da li se taj cilj i postiže. Najbolji način utvrđivanja stanja preduzeća je poređenje njegovog stvarnog učinka sa utvrđenim ciljevima ili zakonskim ograničenjima. Može da se prati potrošnja energije (količina otpadnih materija) u zavisnosti od proizvodnje ili specifična potrošnja energije (energija po jedinici proizvoda) u zavisnosti od obima proizvodnje. Međutim, najjednostavniji i najefektivniji način praćenja učinka u odnosu na utvrđeni cilj, predstavlja korišćenje metoda kvantitativnih

procena ušteda ili gubitaka putem izračunavanja „kumulativnog zbir razlika“ - poznatog kao *CUSUM*⁷ metod [27]. CUSUM je jednostavan, ali izuzetno moćan, statistički metod koji ukazuje i na male razlike u učinku energetske i ekološke efikasnosti. Redovna primena ovog postupka, omogućava energo-eko menadžerima preduzeća i pratećem timu da brzo uočavaju sve promene u sistemu [14].



Slika 5.10 CUSUM primer

Ovim metodom se sabira razlika između predviđenog i stvarnog učinka tokom vremena i tako dobija devijacija kumulativne sume. CUSUM se primenjuje na sledeći način: prvo se iz linearne jednačine inicijalnih ciljeva izračunava procenjena količina utrošene energije (generisanog otpada) u posmatranom periodu (dan, nedelja ili mesec), zatim se izračunava razlika između izračunate i stvarne potrošnje energije (količine generisanog otpada) za svaki posmatrani period i na kraju se izračunava kumulativni zbir razlika. CUSUM dijagram kumulativnog zbir razlika crta se u odnosu na vreme (slika 5.10). Njegove karakteristike su:

⁷ CUSUM - CUmulative SUM of difference

- Kada je linija dijagrama, manje ili više horizontalna, do mesečnih izmena u korišćenju energije (generisanju otpada) dolazi verovatno usled normalnih varijacija u operacijama. Ni jedan realni proces se ne odvija bez fluktuacija (na primer, male izmene u kvalitetu napajanja ili čistoći sirovina, promene spoljašnje temperature, itd.). I male varijacije tokom vremena, dobrim operativnim praćenjem, mogu da se svedu na minimum. Prekomerne promene znače lošu kontrolu i treba uložiti napore da se one smanje.
- Uzlazni trend CUSUM linije označava neprestanu prekomernu potrošnju (generisanje) u odnosu na ciljanu, dok silazni trend označava neprekidno manje korišćenje energije (generisanje otpada) od predviđenog.
- Nagib CUSUM linije je glavni pokazatelj ostvarenih ušteda. Promena njegove vrednosti označava izmenu u načinu na koji se praćeni proces odigrava.

5.8.4. Provera (revizija) stanja sistema

U ovoj fazi razvoja sistema energo-eko menadžmenta, stanje proizvodne organizacije po pitanjima energetske i ekološke efikasnosti je dobro poznato. Zato je to pravi trenutak da preduzeće razvije i održava postupke za redovne periodične revizije sistema energo-eko menadžmenta, kako bi se utvrdilo da li se planovi, aktivnosti i postupci sprovode na zahtevani način. To podrazumeva dobijanje odgovora na sledeća pitanja:

- da li su očekivani ciljevi dostignuti?
- da li se planovi i kontrole koje je utvrdilo preduzeće prate?
- da li definisani postupci i planovi mogu da ostvare deklarisane ciljeve energo-eko menadžmenta?
- da li se sistem energo-eko menadžmenta efektivno primenjuje i održava?

Veoma je važno da se ključni elementi proveravaju i ocenjuju redovno, u intervalima definisanim od strane preduzeća (najmanje jednom godišnje), bilo kroz internu ili eksternu proveru stanja sistema energo-eko menadžmenta. Rezultati revizije treba da budu dostupni zaposlenima sa odgovarajućim nivoom zaduženja, koji bi trebalo da blagovremeno preduzmu korektivne akcije prema svim uočenim neusaglašenostima.

Odstupanje od određenih ciljeva ne mora nužno da znači neusaglašenost, ali obično opravdava istraživanja, kada je odstupanje van postojećih (planiranih) normi.

5.8.5. Korektivne i preventivne akcije

Odstupanja od zahteva sistema energo-eko menadžmenta, mogu se ispraviti primenom korektivnih i preventivnih mera. Na taj način se obezbeđuje privrženost preduzeća neprekidnim poboljšanjima politike energo-eko menadžmenta. Preduzeće treba da razvije, implementira i održava dokumentovane postupke za korektivne i preventivne akcije.

Korektivne i preventivne akcije treba da dovedu do poboljšanja sistema, pri čemu su osnov za definisanje akcija:

- rezultati revizija,
- rezultati procene usaglašenosti,
- neuspesi da se ostvare posebni ciljevi u praćenju i utvrđivanju ciljeva,
- neuspesi usaglašavanja sa operativnim kontrolnim procedurama,
- neuspesi u zacrtanoj dinamici ostvarivanja programa energo-eko menadžmenta.

5.9. PREISPITIVANJE OD STRANE RUKOVODSTVA

Uvedeni sistem energo-eko menadžmenta neophodno je redovno preispitivati, kako bi se osiguralo njegovo neprekidno i ispravno funkcionisanje. Tokom pomenutih revizija, mogu se identifikovati moguća poboljšanja, uz ambiciju da se pripremi skup korektivnih aktivnosti u narednim koracima ciklusa energo-eko menadžmenta.

Pošto je sistem energo-eko menadžmenta neprekidan proces, svaki element mora da ostvari traženi učinak, kako bi ceo proces mogao da se odvija neometano. Neadekvatna implementacija jednog koraka, može da utiče na ostale elemente i na učinak celog programa. Zato je revizija (preispitivanje) energetskog menadžmenta, od vitalnog značaja za stalno unapređenje sistema.

Najviše rukovodstvo mora da proverava i ocenjuje energo-eko menadžment, kako bi se osigurala njegova prikladnost, adekvatnost i efektivnost. Preispitivanje od strane rukovodstva bi trebalo da obrati pažnju na

moguće potrebe za promenama sistema energo-eko menadžmenta i da identificuje oblasti u kojima se mogu napraviti poboljšanja.

Podaci koji su neophodni za preispitivanje od strane rukovodstva uključuju:

- rezultate internih i eksternih revizija,
- učinak sistema energo-eko menadžmenta,
- promene vrednosti pokazatelja učinka,
- nivo ostvarivanja zacrtanih ciljeva,
- praćenje akcija sprovedenih od prethodnog preispitivanja rukovodstva,
- značajne promene u organizaciji preduzeća i načinu snabdevanja energentima i sirovinama,
- predloge za poboljšanjima.

Izlazni rezultati preispitivanja od strane rukovodstva, trebalo bi da budu odluke ili akcije, koje se odnose na:

- moguće promene politike energo-eko menadžmenta,
- promene ciljanih vrednosti pokazatelja učinka,
- promene u ciljevima ili ostalim elementima sistema energo-eko menadžmenta, koji su u saglasnosti sa posvećenošću preduzeća za neprekidnim poboljšanjem,
- alokaciju resursa.

Da bi se osiguralo da preporuke budu uzete u obzir, preispitivanje od strane rukovodstva mora da bude dokumentovano. Tim za sprovođenje energo-eko menadžmenta mora da se usaglasi sa definisanim akcijama i da odredi osobe odgovorne za njihovu implementaciju.

LITERATURA

- [1] Gordić, D., Babić, M., Šušteršić, V., Končalović, D., Jelić, D., Mogućnosti uštade energije u industriji drvenog nameštaja, Energija, ekonomija, ekologija, Vol.12, No.2, 2010, pp. 108-112.
- [2] Capeheart, B. L., Turner, W. C., Kennedy W. J., Guide to Energy Management, 4th ed., The Fairmont Press and Marcell Dekker Inc., 2003.
- [3] Doty, S., Turner, W. C., Energy management handbook - 7th ed, The Fairmont Press, 2009.
- [4] Jelić, D., Gordić, D., Babić, M., Končalović, D., Šušteršić, V., Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia, Thermal Science: Vol. 14, No. 3, 2010, pp. 613-623.
- [5] I.S. EN 16001:2009, Technical Guideline, Energy management systems – Requirements with guidance for use, Sustainable Energy Ireland,
http://www.seai.ie/Your_Business/Energy_Agreements/IS393_Energy_Management_System/EN16001_Technical_Guideline.pdf
- [6] Gordic, D., Babic, M., Sustersic, V., Jovicic, N., Koncalovic, D., Jelic, D., Development Of Energy Management System - Case Study Of Serbian Car Manufacturer, Energy Conversion and Management: Vol.51, No.12, 2010, pp. 2783-2790.
- [7] McKane, A., Industrial Energy Managemant, Issues Paper, Prepared for Expert Group Meeting: Using Energy Management Standards to stimulate persistent application of Energy Efficiency in Industry, Vienna, Austria, March 21-22, 2007.,
http://www.gfse.at/fileadmin/dam/gfse/gfse7/EM_Issues_Paper031207.pdf
- [8] Envirowise, Environmental management systems for the furniture industry - Good Practice Guide GG338, <http://envirowise.wrap.org.uk/uk/Our-Services/Publications/GG338-Environmental-Management-Systems-for-the-Furniture-Industry.html>
- [9] Morvay, Z., Gvozdenac, D., Applied Industrial Energy and Environmental Management, JohnWiley & Sons Ltd, 2008.
- [10] Amundsen, A. Joint management of energy and environment, Journal of Cleaner Production, Vol. 8, Issue 68, 2000, pp. 483-494.
- [11] Januškevičius, D., Kildišas, V., Amundsen, A., Integration of Cleaner Production, Environment and Energy Management Systems, Environmental research, engineering and management, Vol. 24, No. 2, 2003, pp. 3-11.

- [12] Energy And Greenhouse Management Toolkit, Sustainable Energy Authority Victoria, Australia, 2004,
- [13] Gordić, D., Babić, M., Jovičić, N., Šušteršić, V., Končalović, D., Jelić, D., Maksimović, S., Milojević, S., Drobnjak, A., Todorović, S., Uspostavljanje sistema gazdovanja energijom u fabrići "Zastava Automobili" a.d., Energija, List Saveza energetičara: Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 9, No.1-2, 2007, str. 183-189.
- [14] Republika Srbija, Agencija za Energetsku efikasnost, Training Programme on Industrial Energy Management Systems, Technical Training Material, LDK Consultants, 2005.
- [15] Lackne, P., Holanek, N., Step by step guidance for the implementation of energy management, Handbook created in the framework of BESS project: Benchmarking and Energy Management Schemes in SMEs, Intelligent Energy – Europe (IEE), EIE/04/246/S07.38678, Vienna, 2007.
http://alpha.cres.gr/bess/downloads/Handbook_final_version_new_22022007.pdf
- [16] Gordić, D., Babić, M., Jovičić, N., Končalović, D., Politika gazdovanja energijom u industrijskom preduzeću, Zbornik rada Fastivala Kvaliteta 2007., maj 2007, Kragujevac, str. A-61 - A-63.
- [17] Gordić, D., Babić, M., Jelić, D., Končalović, D.. Introducing Energy and Environmental Policy in Furniture Industry, Proceedings of 4th International Quality Conference, May 2010, Kragujevac, Serbia, pp. 395-401.
- [18] Thumann, A., Youngeer, W. J., Handbook of Energy Audits - 6th ed., Fairmont Press, USA, 2003.
- [19] Turner, W. C., Energy Management Handbook - Third Edition, The Fairmont Press, USA, 1997.
- [20] Thumann, A., Plant Engineers and Managers Guide to Energy Conservation, The Fairmont Press and Marcell Dekker Inc., USA, 2002.
- [21] Gordić, D., Babić, M., Jelić, D., Končalović, D., Jovičić, N., Šušteršić, V., Energy auditing and energy saving measures in 'Zastava automobili' factory, Thermal Science: Vol. 13 (2009), No. 1, pp. 185-193.
- [22] Nikolić, N., Gordić, D., Waste minimization in the furniture industry, Proceedings of the 4th International Quality Conference (QUALITY FESTIVAL 2010), Kragujevac, 2010, May 19 - 21., pp. 385-394.
- [23] I.S. EN 16001:2009, Implementation Guide, Energy management systems - Requirements with guidance for use, Sustainable Energy Ireland,
http://www.seai.ie/Your_Business/Energy_Agreements/IS393_Energy_Management_System/EN16001_Implementation_guide.pdf
- [24] Bromhead, A., Benchmarking wood waste combustion in the UK furniture manufacturing sector, The Association For British Furniture Manufacturers, 2005.
- [25] Asia Pacific Energy Research Centre, Energy Efficiency Indicators - A Study of Energy Efficiency Indicators for Industry in APEC Economies, Tokyo, 2000,
<http://www.ieej.or.jp/aperc/final/efficiency.pdf>
- [26] US Department of Energy, Industrial Assessment Centers (IAC) Database,
<http://iac.rutgers.edu/database/>

- [27] Giacone, E., Manco, S., Gabriele, P., Energy Management Techniques for Small- and Medium-Sized Companies (ESDA2006-95808), Journal of Energy Resources Technology, Vol 130, Issue 1, 2008, pp. 012002-1 – 012002-7.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

684.4

ГОРДИЋ, Душан, 1970-

Energo-eko menadžment u industriji
nameštaja / Dušan Gordić. - Kragujevac :
Fakultet inženjerskih nauka, 2011 (Kragujevac
: Pres print). - VII, 183 str. : ilustr. ; 24
cm

Na vrhu nasl. str.: Univerzitet u Kragujevcu.
- Tiraž 250. - Napomene uz tekst. -
Bibliografija uz svako poglavlje.

ISBN 978-86-86663-77-1

a) Индустрија намештаја
COBISS.SR-ID 187237900