

Vlatka Jirouš-Rajković¹

Europska direktiva o ograničavanju emisija hlapljivih organskih tvari pri površinskoj obradi drva

Council directive on limitation of emissions of volatile organic compounds in wood finishing

Stručni rad • Professional paper

Prispjelo - received: 05. 12. 2003. • Prihvaćeno - accepted: 04. 02. 2004.

*UDK 630*829.2, 630*829.3, 674.07*

SAŽETAK • Propisi o zaštiti okoliša uvelike će utjecati na površinsku obradu drva u sljedećem desetljeću, kako u zemljama članicama Europske unije tako i u zemljama koje će to tek postati. Da bi zadovoljili zahtjeve iz europske Direktive 1999/13/EC (VOC-direktiva), korisnici lakova u drvenoj industriji imaju mogućnosti uporabe ekološki povoljnijih materijala (vodenih sustava, UV otvrdnjavajućih lakova i praškastih materijala), modifikacije procesa radi povećanja djelotvornosti nanošenja, odnosno smanjenja gubitaka ili mogu pročišćavati i reciklirati otapala. U članku su navedena neka europska iskustva na području smanjenja emisije hlapljivih organskih tvari i predstavljeni ekološki povoljni sustavi.

Ključne riječi: površinska obrada drva, hlapljiva organska tvar, ekološki povoljne prevlake, VOC direktiva

ABSTRACT • Environmental legislation is likely to have significant impact on the practices of industrial wood coating over next decade, both in the present and future EU member states. To comply with the Council Directive 1999/13/EC (VOC-Directive) the options open to woodcoaters are the use of compliant coatings (water-based coatings, UV-coatings and powder coatings), process modification by an increased "transfer efficiency" (defined as the ratio between solid paint on the object and total solid paint used) and abatement. The paper discusses some European experiences related to reducing the VOC emissions and compliant coatings.

Key words: wood finishing, volatile organic compounds, compliant coatings, VOC - directive

¹ Author is assistant professor at Faculty of Forestry, Zagreb University, Croatia.

¹ Autorica je docentica na Šumarskom fakultetu, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska.

1 UVOD 1 INTRODUCTION

Većina materijala koji se rabe za površinsku obradu drva nanose se u tekućem obliku i najčešće kao otapalo sadrāvavaju hlapljive organske tvari (Volatile Organic Compounds - VOC) koje nakon nanošenja prekrivnog sredstva na podlogu ishlapljuju u atmosferu, gdje sudjeluju u stvaranju ozona i fotokemijskog smoga.

Da bi se smanjila emisija tih tvari u atmosferu, Vijeće EU-a izdalo je 1999. godine Direktivu o ograničavanju emisija hlapljivih organskih spojeva iz upotrebe organskih otapala u određenim aktivnostima i postrojenjima (Council directive 1999/13/EC). Budući da u drvnoj industriji lakirnice posebno pridonose emisiji hlapljivih organskih tvari, svi europski drvnoindustrijski pogoni koji prilikom površinske obrade emitiraju više od 15 tona otapala u godini moraju idućih godina drastično smanjiti emisiju hlapljivih organskih tvari.

U Nacionalnoj strategiji zaštite okoliša koju je Hrvatski sabor donio na sjednici od 25. siječnja 2002. stoji da se postojeća legislativa o kakvoći zraka mora uskladiti s onom EU-a i preuzetim međunarodnim obvezama, te da do 2010. godine treba smanjiti emisiju hlapljivih organskih tvari bez metana (NMVOC) za 14 % u odnosu prema 1990. godini.

Hrvatski proizvođači namještaja trebali bi stoga već sada početi razmišljati o zadovoljavanju ekoloških propisa koje će i Hrvatska morati prihvatiti ulaskom u EU. Neka ovaj članak bude poticaj proizvođačima namještaja, proizvođačima lakova, proizvođačima opreme i "zaštitarima okoliša" da organiziraju projekt prilagodbe naše industrije europskim propisima.

2 DIREKTIVA 1999/13/EC I LAKIRANJE DRVA 2 COUNCIL DIRECTIVE 1999/13/EC AND COATING OF WOODEN SURFACES

Direktiva Vijeća 1999/13/EC dio je globalne strategije za smanjenje onečišćenja prizemnim ozonom. Cilj te direktive jest smanjenje emisije hlapljivih organskih tvari u okoliš, ponajprije u zrak, a time i potencijalni rizik za zdravlje ljudi. U aneksu Direktive navedene su industrije koje se koriste hlapljivim organskim otapalima i granične potrošnje pri kojima se Direktiva mora primjenjivati. Hlapljiva organska tvar

(Volatile Organic Compound) definirana je kao svaka organska tvar koja pri temperaturi 293,15 K ima tlak pare 0,01 kPa ili veći. U drvnoj se industriji u skladu s Direktivom moraju ponašati svi koji pri površinskoj obradi drva emitiraju više od 15 tona otapala u godini. Direktivom se za takve tvrtke propisuju granične emisijske vrijednosti, planovi za "upravljanje otapalima" (*solvent management plan*) te kontrola emisije. Za one koji pri lakiranju drva rabe 15 - 25 tona otapala u godini, granična vrijednost emisije u otpadnim plinovima može iznositi 100 mgC/Nm³, a difuzna emisijska vrijednost može biti 25 % ukupne količine otapala u procesu. Za one koji prilikom lakiranja drva upotrebljavaju više od 25 tona otapala na godinu, granična emisijska vrijednost u otpadnim plinovima može iznositi 50 mgC/Nm³ pri sušenju, a 75 mgC/Nm³ pri nanošenju lakova. Difuzna emisija smije iznositi 20 % ukupnog unošenja otapala u proces.

Pod difuznom emisijom razumijeva se svaka emisija koja nije obuhvaćena u otpadnim plinovima, odnosno emisija koja se širi u okoliš preko prozora, vrata i ventilacijskih otvora.

Rok do kojega zemlje članice EU-a moraju u svojim pogonima za lakiranje zadovoljiti navedene zahtjeve je 31. listopada 2007.

Industrijski pogoni koje zahvaća ta direktiva mogu zadovoljiti tražene zahtjeve ili instaliranjem skupe opreme kojom će smanjiti emisiju i svesti se u propisane emisijske vrijednosti ili uvođenjem redukcijskih shema za svoje pogone kojima će postići ekvivalentne emisije zamjenom konvencionalnih lakova s visokim sadržajem otapala lakovima koji sadrāvavaju mali udio otapala ili ga uopće ne sadrāvavaju.

3 MOGUĆNOSTI SMANJENJA EMISIJE HLAPLJIVIH OTAPALA 3 POSSIBILITIES FOR REDUCING VOC EMISSIONS

Količine organskih otapala koje se izdvajaju iz laka ovise o vrsti laka, udjelu organskih otapala u laku, količini nanosa laka po četvornome metru površine i o načinu nanošenja laka.

Smanjenje emisije organskih otapala može se postići:

1. primjenom materijala s manjim sadržajem organskih otapala,
2. povoljnijim postupcima nanošenja,
3. pročišćavanjem onečišćenog zraka i recikliranjem otapala i laka.

3.1 Primjena materijala s manjim sadržajem organskih otapala

3.1 Use of compliant coatings

Izborom materijala s malim sadržajem organskih otapala možemo znat-

Potrošnja lakova za drvo u Europi prikazana je na slici 1. U 2000. godini upotrijebljeno je 428 kt lakova za drvo, od čega je 140 kt potrošeno u Italiji (Streitberger, 2003). Još uvijek dominiraju lakovi s velikom količinom organskih otapala. To

Vrsta materijala <i>Material</i>	Sustav laka <i>Coating system</i>	Sadržaj suhe tvari <i>Solid content (%)</i>	Sadržaj otapala <i>Solvent content (%)</i>	Sadržaj vode <i>Water content (%)</i>	Gustoća <i>Density (g/l)</i>
močila <i>Stains</i>	vodena - <i>Water</i>	5	0	95	1,000
	pozitivna - <i>Positive</i>	5	0	95	1,000
	kombinirana - <i>Mixed</i>	5	5	90	1,000
		5	30	65	0,950
		5	40	55	0,950
vodeni lakovi <i>Waterborne coatings</i>	konvencionalni sušivi <i>Conventional drying</i>				
	bezbojni - <i>Transparent</i>	30	7	63	1,000
	pigmentirani - <i>Pigmented</i>	50	7	43	1,200
	1. 2K PU				
	bezbojni - <i>Transparent</i>	35	7	58	1,000
	pigmentirani - <i>Pigmented</i>	55	7	38	1,200
	2. Izolacije <i>Sealers</i>				
	bezbojne - <i>Transparent</i>	15	7	78	1,000
pigmentirane - <i>Pigmented</i>	31	7	62	1,200	
poliesterski lakovi <i>Polyesters</i>	UV lakovi <i>UV-coatings</i>				
	bezbojni - <i>Transparent</i>	35	5	60	1,000
	pigmentirani - <i>Pigmented</i>	50	5	45	1,200
parafinski lakovi <i>Unsaturated PE</i>	parafinski PE <i>Unsaturated PE</i>				
	bezbojni - <i>Transparent</i>	60	40		1,000
	pigmentirani - <i>Pigmented</i>	65	35		1,4 – 1,6
UV lakovi <i>Radiation cured coatings</i>	temelji za nanošenje valjcima <i>Primers for roller machines</i>				
	bezbojni - <i>Transparent</i>	100	0	0	1,000
	pigmentirani - <i>Pigmented</i>	100	0	0	1,300
	završni za nanošenje valjcima <i>Top coatings for roller machines</i>	95	5	0	1,000
	specijalna ulja s akrilatima <i>Special acrylics oils</i>	100	0	0	0,950
materijali na prirodnoj bazi <i>Natural materials</i>	bezbojna "tvrda" ulja <i>Transparent "hard" oils</i>	61	39	0	1,000
	bezbojni "tvrdi" voskovi <i>Transparent "hard" waxes</i>	85	15	0	0,950
	pigmentirani zapunjači <i>Pigmented sealers</i>	70	0	30	1,500
	ulja za vruće štrcanje <i>Oils for hot spray</i>	100	0	0	1,000
	woskovi za vruće štrcanje <i>Waxes for hot spray</i>	100	0	0	0,950

Tablica 1.
Materijali za površinsku obradu s malom emisijom otapala (Hansemann, 2001)

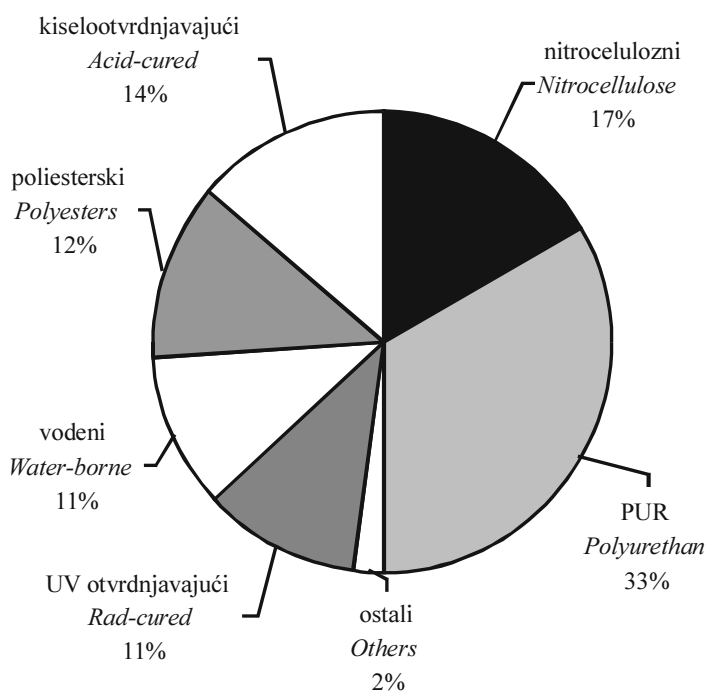
Table 1
Low VOC-emission materials for wood finishing (Hansemann, 2001)

no smanjiti emisiju otapala. U tablici 1 prikazani su materijali za površinsku obradu drva s malom emisijom hlapljivih organskih tvari prema Hansemannu, 2001.

se polako mijenja jer mnoge tvrtke prelaze na nove materijale kojima je moguće zadovoljiti ekološke propise. To su prije svega vodeni lakovi, UV otvrdnjavajući lakovi te praškasti materijali za drvo.

Slika 1.
Europska potrošnja lakova za drvo prema vrsti (Streitberger, 2003).

Figure 1
European wood coatings consumption by type of material (Streitberger, 2003)



3.1.1 Vodeni lakovi

3.1.1 Waterborne coatings

Vodeni lakovi (lakovi otopljeni ili dispergirani u vodi) moguće su rješenje za zadovoljenje ekoloških propisa, posebno za manje proizvođače namještaja (Bauch, 2003; Ondratschek, 2001; Rück, 1999). Da bi se postigli dobri rezultati u radu s tim materijalima, potrebno je poznavati njihove specifičnosti: uzrokuju jače dizanje vlaknaca, što zahtijeva pažljivije brušenje, izgled površine drugačiji je u usporedbi s konvencionalnim lakovima otopljenima u organskim otapalima, viši su energetski troškovi, sporo se suše kada je zrak vlažan ili temperatura preniska, a problem čišćenja otpadnih voda nije optimalno riješen. Izgled i svojstva prevlaka ovisit će o izboru polimera. Kao osnova za te lakove uglavnom se upotrebljavaju akrilne i poliuretanske disperzije i njihove hibridne kombinacije (Flajs i Knehtl, 2003). Intenzivno se radi na poboljšanju svojstava tih lakova i na njihovoj široj primjeni u praksi. Filmovi pojedinih vodenih lakova tzv. treće generacije pokazuju kemijsku otpornost koja čak nadmašuje lakove na bazi organskih otapala.

3.1.2 UV otvrdnjavajući lakovi

3.1.2 UV-cured coatings

Zbog izvanrednih svojstava glede kemijske otpornosti i brzog otvrdnjavanja, te zbog ekološkog aspekta lakovi koji otvrdnjavaju izlaganjem ultraljubičastom (UV) zračenju posebno su zanimljivi

(Michels, 2002). S razvojem vodenih lakova koji otvrdnjavaju uz pomoć UV zračenja olakšani su problemi obrade s efektom otvorenih pora i prilagođavanja reoloških svojstava pri nanošenju štrcanjem bez upotrebe opasnih monomera. Budući da se u tehnologiji obrade vodenim UV lakovima voda mora potpuno ukloniti prije početka UV otvrdnjavanja, nove metode sušenja poput primjene suhog zraka (hydrex-postupak), infracrvenog zračenja (thermoreaktor ili NIR-tehnologija) te visokofrekventnog sušenja pomažu u rješavanju tog problema (Bauch, 2003). Prednost tih lakova je i jednostavnije recikliranje *overspraya* (laka koji "promaši" obradak).

3.1.3 Praškasti materijali

3.1.3 Powder coatings

Prije nekoliko godina počela su intenzivna istraživanja primjene praškastih materijala za površinsku obradu drva (Andre, 2002; Jirouš-Rajković i Prekrat, 2003; Kiene i Vesper, 2000; Pearce, 2000; Roux, 2000; Roux, 2002). Najveća prednost te tehnologije jest dobar izgled površine postignut bez ikakve emisije hlapljivih organskih tvari i uz 100-postotno recikliranje *overspraya*.

Istraživanja provedena na masivnom drvu i furniru nisu dala zadovoljavajuće rezultate i tako će sigurno ostati još neko vrijeme dok se ne uspije spustiti temperatura taljenja i tečenja praškastih materijala za drvo znatno ispod 100 °C (Bauch, 2003).

Tehnologija obrade praškastim materijalima dala je zadovoljavajuće rezultate na

MDF pločama. U nekim tvrtkama već je počela industrijska primjena (Kiene i Vesper, 2000; Maggiore, 2000). Ovisno o procesu otvrdnjavanja, razlikujemo tehnologiju s termoreaktivnim praškastim materijalima i s UV otvrdnjavajućim praškastim materijalima, uz elektrostatsko nanošenje. Za praksu je zanimljiva i kombinacija postupaka nanošenja tekućeg laka i praškastog materijala.

Mogući su ovi postupci:

- jednoslojno nanošenje praškastog laka izravno na površinu MDF ploče
- dvoslojni (duplex) postupak u kojemu se (a) nanosi vodljivi pigmentirani temeljni lak u tekućem stanju, nakon čega slijedi nanošenje UV otvrdnjavajućeg praškastog laka ili (b) postupak u kojemu se nanosi praškasti temeljni lak koji djeluje poput zapunjivača, nakon čega slijedi nanošenje tekućeg laka za postizanje glatke površine eljenog sjaja.

3.2 Postupci nanošenja

3.2 Application methods

Osim izbora materijala za površinsku obradu, način nanošenja može znatno utjecati na emisiju otapala. Izbor tehnike nanošenja materijala ovisi prije svega o proizvodnom programu (obliku proizvoda i izgledu koji se zahtijeva) i opremljenosti lakirnice. Iskoristivost materijala pri nekim metodama nanošenja kreće se u sljedećim granicama (Graystone, 1999):

- za zračno štrcanje, 20 - 40 %
- bezračno štrcanje i vruće štrcanje s malim tlakom, 30 - 50 %
- HVLP štrcanje (high volume low pressure), 40 - 55 %
- elektrostatičko ručno, 50 - 75 %
- elektrostatičko automatizirano, 60 - 85 %
- uranjanje i oblijevanje, 80 - 90 %
- nalijevanje, 95 %
- nanošenje valjcima, 100 %.

Savez za zaštitu okoliša u Njemačkoj ekološki povoljne materijale za površinsku obradu drva definira prema metodi nanošenja ovako:

- lakovi za nanošenje štrcanjem, siromašni otapalom, jesu oni koji imaju sadržaj otapala manji od 450 g/l
- lakovi za nanošenje valjcima, siromašni otapalom, jesu oni koji imaju sadržaj otapala manji od 250 g/l
- močila (bojila), siromašna otapalom, jesu ona koja imaju sadržaj otapala manji od 30 %.

3.3 Pročišćivanje onečišćenog zraka

3.3 Abatement (arrestment)

Pročišćivanje zraka od hlapljivih organskih tvari može se provesti postupcima izgaranja, postupcima adsorpcije, postupcima apsorpcije te postupcima biofiltracije. Od postupaka izgaranja najčešće se primjenjuje termički postupak naknadnog izgaranja (TNV - Termische Nachverbrennung) koji se temelji na potpunom izgaranju organskih tvari u vodu, CO₂, CO i dušikove okside. Zrak koji se pročišćava najprije se zagrije u izmjenjivaču topline i zatim se u reakcijskoj komori, uz dodavanje goriva, zagrije od 700 do 800 °C, čime izgore štetni sastojci. Pri odgovarajućem visokom sadržaju štetnih tvari proces se može provoditi bez korištenja dodatnog goriva. Bez obzira na to što se količina CO i dušikovih oksida može minimalizirati reanimom spaljivanja, u tom procesu nastaje sekundarna emisija štetnih tvari.

Postupci adsorpcije temelje se na prolasku onečišćenog zraka preko aktivnog ugljena na čijoj se površini talože čestice organskih otapala i kasnije postupkom desorpcije uklanjaju.

Pri postupku apsorpcije zrak se dovodi u kontakt s nosivim medijem (najčešće tekućim) koji preuzima štetne tvari i nakon određenog vremena pročišćava se ili baca.

U postupcima biofiltracije mikroorganizmi razgrađuju pare otapala na nekim biološkim podlogama poput pluta, kore, humusa ili treseta.

Većina uređaja za pročišćivanje zraka vrlo je skupa i nije povoljno rješenje za korisnike lakova u drvenoj industriji.

4 EUROPSKA ISKUSTVA U SMANJENJU EMISIJE HLAPLJIVIH ORGANSKIH TVARI

4 EUROPEAN PRACTICES IN REDUCING VOC EMISSION

U Sloveniji je VOC direktiva ušla u zakonske propise u lipnju 2002. i do 31. listopada 2007. svi koji se bave lakiranjem drva i rabe više od 15 t otapala u godini moraju zadovoljavati propisana emisijska ograničenja. Nimalo lak zadatak za tako kratak rok. Za te tvrtke napravljeni su planovi upravljanja otapalima i VOC emisije se kontroliraju, ali postoje znatni problemi pri izradi planova (shema) smanjenja otapala (Petrič i dr., 2003). Da bi mogli zadovoljiti propisane zahtjeve, s proizvođačima namještaja na tom problemu zajednički rade akademske znanstvene institucije, udruženje proizvođača lakova te poseb-

no utemeljena radna skupina, tzv. klaster Slovenski lesarski grozd.

U Francuskoj je 1998. godine Agencija za okoliš i energiju objavila saznati kakva je situacija kod francuskih proizvođača namještaja s obzirom na upotrebu organskih otapala (Roux, 2000). Tehnički centar za drvo i namještaj (CTBA) iz Pariza i specijalizirani partneri ustanovili su da se prema zahtjevima navedenim u Direktivi mora ponašati:

- oko 50 % proizvođača kancelarijskog namještaja i namještaja za javnu upotrebu
- oko 1/3 proizvođača kuhinjskoga i kupaonskog namještaja
- oko 1/4 proizvođača namještaja za kućnu upotrebu
- oko 1/5 proizvođača namještaja za sjedenje.

S VOC direktivom najviše problema imaju manji i srednji proizvođači namještaja jer s teškoćama izrađuju planove upravljanja otapalima i sheme smanjenja otapala, rijetko primjenjuju nove tehnologije, nikad ne recikliraju otapalo i ne provode kontrolu emisije. Vrlo je važan i ekonomski faktor. Novi materijali i tehnologije koji zadovoljavaju ekološke propise vrlo su skupi. Očekuje se da će češća primjena i veća proizvodnja novih materijala značiti i smanjenje njihove cijene (Petrič i dr., 2003).

U Italiji je CATAS, zajedno s talijanskom vladinom agencijom za energiju i okoliš, proveo istraživanje VOC emisije u proizvođača stolaca u regiji Friuli Venezia Giulia (Bulian i Tiberio, 2002). U istraživanje je bilo uključeno 110 tvrtki koje lakiraju svoje proizvode. Ispitivane su se tvrtke koristile većinom bukovinom kao sirovinom, vodenim močilima i isključivo PU lakovima s prosječnom količinom suhe tvari od 30 - 35 %. Ispitivanjem je ustanovljeno da približno 60 % ispitanih tvrtki ulaze u područje europske Direktive (22,7 % tvrtki ima potrošnju VOC 15 - 25 t/godišnje, a 35,8 % tvrtki veću od 25 t/godišnje). Sve te tvrtke moraju naći rješenje za smanjenje emisije otapala. Utvrđeno je da PU lakovi s visokim udjelom suhe tvari (>50 %) mogu biti rješenje za tvrtke koje upotrebljavaju manje od 25 t otapala u godini. Tada je na neki način zadovoljena "tradicija" i nije potrebna modifikacija sustava proizvodnje.

Kombinirani prekrivni sustav (vodeni temelj + završni PU) mogao bi biti zanimljivo rješenje za tvrtke koje rabe manje od 15 t otapala u godini. Za one koje rabe

više, tu bi mogućnost trebalo ispitati.

U Nizozemskoj (Velde, 2002) utvrđeno je da 20 od 2 500 proizvođača namještaja upotrebljava više od 15 t otapala godišnje i da se moraju ponašati u skladu s europskom Direktivom, ali sporazumom između nizozemskog Ministarstva socijalne skrbi i zapošljavanja te udruženja nizozemskih proizvođača namještaja utvrđeno je da se moraju smanjiti zdravstveni i sigurnosni rizici na radnim mjestima u proizvodnji namještaja. To podrazumijeva izlaganje drvnoj prašini i smetnje živčanog sustava uzrokovane dugotrajnom izlaganju otapalima, tzv. OPS-u (Organo Psycho Syndrom). Nizozemsko Ministarstvo nastoji smanjiti mogućnost dobivanja OPS-a limitirajući količinu otapala u materijalima za površinsku obradu radije nego propisujući zatvorene sustave lakiranja ili zahtjevna sredstva za osobnu zaštitu. Prije postavljanja ograničavajućih količina otapala za lakove u proizvodnji namještaja provedeno je nekoliko istraživačkih projekata. Cilj jednoga od njih bio je pronalazak ekološki pogodnog sustava lakiranja hrastova 3D namještaja (npr. stolaca). Ustanovljeno je da se smanjenje VOC emisije može postići zamjenom nitrolakova poliuretanskim i kiselootvrđavajućim lakovima. Vodeni lakovi nisu zadovoljili u smislu estetskih svojstava (boja, sjaj, elastičnost, glatkoća površine) u provedenom istraživanju.

5 ZAKLJUČAK 5 CONCLUSION

Propisi o smanjenju emisije hlapljivih organskih tvari postali su u Europi realnost i prisilili proizvođače namještaja na upotrebu novih materijala i tehnologija. Da bi kvalitetno zadovoljili ekološke propise, potreban je zajednički rad proizvođača namještaja, odnosno korisnika materijala za površinsku obradu drva, proizvođača tih materijala te proizvođača opreme.

Budući da prelazak na nove sustave lakiranja nije jednostavan, hrvatski proizvođači namještaja trebali bi već sada početi razmišljati o mogućnostima smanjenja VOC emisija u svojim pogonima kako bi ulaskom Hrvatske u EU zadovoljili zakonske propise.

S tim u svezi trebalo bi, poput drugih država, pokrenuti projekte za prilagodbu naše industrije europskim propisima.

6 LITERATURA
6 REFERENCES

1. André, O. 2002: Powder coatings: the ultimate solution for wood coatings? Third International Woodcoatings Congress "Woodcoatings-Foundations for the Future", Paper 23: 1 - 13, Paint Research Association, Teddington Middlesex, UK.
2. Bauch, H. 2003: Umweltverträgliche und wirtschaftliche Verfahren zur Beschichtung von Möbeloberflächen vor dem Hintergrund der EU-VOC-RICHTLINIE, Holz (1): 26.
3. Bulian, F.; Tiberio, M. 2002: A study of the impact of the VOC European directive in the Friuli "chair triangle", Third International Woodcoatings Congress "Woodcoatings-Foundations for the Future", Paper 8: 1 - 10, Paint Research Association, Teddington Middlesex, UK.
4. Flajs, N.; Knehtl, B. 2003: Razvoj premazov za pohištvo v luči VOC-direktive. Les 55 (10).
5. Graystone, J. 1999: Strategies for compliance. International conference "Surface properties and durability of exterior wood building components", University of Zagreb, Faculty of Forestry, Zagreb.
6. Hansemann, W. 2001: Auswirkungen der VOC-Verordnung auf das beschichten von Holzwerkstoffen kennen, Besser lackieren (4): 10.
7. Jirouš-Rajković, V.; Prekrat, S. 2003: Furniture finishing compliant with European legislation, International conference "Furniture industry adjustment to European standards", October 2003, Zagreb University, Faculty of Forestry, UFI-Paris, Zagreb.
8. Kiene, J.; Vesper, H. 2000: Powder coating on wood and wood composites, Second Woodcoatings Congress "Challenges and Solutions in the 21st Century", Paper 15: 1 - 11, Paint Research Association, Teddington Middlesex, UK.
9. Maggiore, G. 2000: MDF-Platten mit Strahlenhärtenden Pulverlacken beschichten, Besser lackieren (5): 11, 17. März 2000.
10. Michels, D. 2002: Trend zu UV-Lacken, HK (1): 61 - 64.
11. Ondratschek, D. 2001: VOC senken: Wasserlacke in Kleinbetrieben einführen, Besser lackieren (2): 11.
12. Petrič, M.; Kričej, B.; Pavlič, M.; Tomažič, M. 2003: Directive on the limitation of emissions of volatile organic compounds and European and Slovenian furniture industry, International conference "Furniture industry adjustment to European standards", Zagreb, October 2003, Zagreb University, Faculty of Forestry, UFI-Paris.
13. Pearce, C. 2000: Powder coating of wood - myth or reality, Second Woodcoatings Congress "Challenges and Solutions in the 21st Century", Paper 14: 1 - 5, Paint Research Association, Teddington Middlesex, UK.
14. Roux, M. L. 2000: Wood-based furniture coatings and European VOC directive challenge, Second Woodcoatings Congress "Challenges and Solutions in the 21st Century", Paper 6: 1-11, Paint Research Association, Teddington Middlesex, UK.
15. Roux, M. L. 2002: The progress in powder coatings on wooden substrates, and the improvement in drying of waterborne coating by a new type of ceramic infrared source for furniture, Third International Woodcoatings Congress "Woodcoatings-Foundations for the Future", Paper 10: 1 - 19, Paint Research Association, Teddington Middlesex, UK.
16. Rück, A. 1999: Wasserlacke im Handwerk: eine echte Alternative, BM Bau- und Möbelschreiner (10): 25 - 26.
17. Streitberger, H. J. 2003: Holz hochwertig beschichten, Besser lackieren (4): 11.
18. Velde, B. 2002: Low VOC coating systems for oak furniture, Third International Woodcoatings Congress "Woodcoatings-Foundations for the Future", Paper 7: 1 - 10, Paint Research Association, Teddington Middlesex, UK.
19. Walleter, G. 1990: Probleme der Möbellackierung unter besonderer Berücksichtigung umwelttechnischer Gesichtspunkte, I-Lack (10): 375 - 379.
20. *** 2000: Wasserlacken gehört die Zukunft, BM Bau- und Möbelschreiner (7): 22 - 23.
21. *** 1999: Council directive 1999/13/EC, Official Journal of the European Communities 85: 1 - 22, 29.03.1999.

Corresponding address:

Doc. dr. sc. VLATKA JIROUŠ-RAJKOVIĆ
Department for Design and
Technology of Wood Products
Faculty of Forestry
University of Zagreb
Svetošimunska 25
HR-10000 ZAGREB
CROATIA
E-mail: jirous@sumfak.hr