

# Drevné materiály a formaldehyd v obytnom prostredí

V. Štefka: *Wood and Formaldehyde in the Living Environment. Život. Prostr., Vol. 38, No. 4, 201 – 204, 2004.*

Wood is the most common material used by man. Also a production of composite wood material has been developing dynamically. It deals mostly with wood-fibre and fibreboard, which production is connected with synthetic pastes. One of the largest problems of urea-formaldehyde pastes was releasing of formaldehyde. The paper shows the genesis of this problem, its solution and present state.

Drevo je prírodný polymér. Patrí k najrozšírenejším a historicky najvýznamnejším surovinám, ktoré človek využíva a spracováva. Nielen na energetické účely, výrobu úžitkových predmetov, ale aj ako konštrukčný materiál s veľmi dobrými technologickými vlastnosťami. Pre estetické vlastnosti sa drevo zhodnocuje aj ako dekoračný materiál.

Prírodný, biologický pôvod dreva ešte zvyšuje jeho význam, pretože mu dodáva charakter biokompatibilného materiálu. Okrem toho patrí k reprodukovateľným zdrojom, ktoré sú pri racionálnom hospodárení v podstate nevyčerpatelne. Preto nepochybne patrí a vždy bude patriť do skupiny najvyužívanejších a najvýznamnejších prírodných priemyselne spracúvaných surovín. Drevo je aj energetickou surovinou a jeho význam neklesá. Naopak, v súvislosti so zvyšovaním cien energií sa vyvíja úsilie o jeho efektívnejšie i širšie energetické využitie, najmä formou menejhodnotných sortimentov a zvyškov z priemyselného spracovania.

Pre minulé storočie, najmä pre jeho druhú polovicu je príznačné, že popri spracovaní dreva sa dynamicky rozširovala aj výroba a použitie kompozitných drevných materiálov. Ide predovšetkým o drevovláknité a drevotriekové dosky, ktorých výroba je spojená so syntetickými lepidlami. Nástup syntetických lepidiel znamenal výrazný pokrok v rozvoji týchto technológií, no ako sa neskôr ukázalo, v niektorých prípadoch priniesol aj isté environmentálne problémy.

Jedným z najväčších problémov súvisiacich s používaním syntetických lepidiel, hlavne močovinoformaldehydových, pri výrobe kompozitných drevných ma-

teriálov bolo uvoľňovanie formaldehydu. Cieľom príspevku je stručne poukázať na genézu tohto problému, jeho riešenie a súčasný stav.

## História problému a súčasný stav

Škála produktov, ktorými človek drevnú surovinu v súčasnosti zhodnocuje, je veľmi široká. Okrem iného slúži na výrobu najrôznejších produktov, ktoré sú dnes neodmysliteľnou súčasťou obytného prostredia. Pôvodne sa tieto predmety vyrábali z drevného masívu, neskôr sa na ich výrobu začali používať preglejované drevné materiály, ktoré boli v istom zmysle známe už pred našim letopočtom. V podstate išlo o zušľachtený drevný materiál vyrábaný v celom rozsahu na báze prírodných látok vrátane spojív. Prednosti týchto materiálov, predovšetkým ich veľkoplošnosť a eliminácia niektorých nepriaznivých vlastností čerstvého stromového dreva (drevného masívu), viedli k ďalšiemu rozširovaniu ich výroby a používania. Postupom času sa zrodili novšie drevné materiály – drevovláknité dosky v prvej polovici a drevotriekové dosky v druhej polovici minulého storočia. Ich priemyselná výroba sa postupne rozširovala tak, ako sa prehľbovali vedecké poznatky a napredoval technický pokrok.

Novšie drevné materiály predstavovali svojim zložením kompozity, kde okrem hlavnej zložky – drevných častíc – boli druhým najvýznamnejším komponentom spojivá (lepidlá) a spravidla látka zušľachťujúce povrch. Prírodná báza drevných materiálov, najmä pokiaľ ide o spojivá, istým spôsobom spočiatku obme-

dzovala ich výraznejší rozvoj. Avšak druhá polovica minulého storočia priniesla búrlivý rozvoj chemického priemyslu vrátane vývoja nových plastických látok a syntetických spojív s výbornými technologickými a relatívne ľahko modifikovateľnými technickými vlastnosťami. Viedlo to k ich „masovej“ aplikácii, používali sa všade, kde to len bolo možné. Tak sa vďaka nesporným výhodám rýchlo presadili aj vo výrobe novodobých kompozitných drevných preglejovaných a aglomerovaných materiálov.

Pri výrobe nových kompozitných drevných materiálov, v ktorých prírodnou zložkou naďalej zostávalo drevo, sa začali najviac používať syntetické lepidlá na báze polykondenzačných živíc. Z nich sa priemyselne vyrábali a používali najskôr fenolformaldehydové, neskôr močovinoformaldehydové lepidlá. Rozvojom priemyselnej výroby močovinoformaldehydových lepidiel, ktoré okrem nižšej odolnosti voči vlhkosti mali oproti fenolformaldehydovým aj ďalšie prednosti, napríklad nízku cenu, reaktivnosť, bezfarebnosť spoja, tolerancnosť k rôznym druhom dreva (Roffael, 1989), sa vytvorili priaznivé podmienky na dynamicky rozvoj priemyslu kompozitných drevných, najmä aglomerovaných materiálov. V tom čase sa močovinoformaldehydové lepidlá považovali dokonca za zdravotne nezávadné (Eisner, Berger, 1958).

Pri používaní výrobkov z drevotrieskových dosák s močovinoformaldehydovým lepidlom sa však v 60. a 70. rokoch minulého storočia vynoril problém nadmerného uvoľňovania formaldehydu a jeho škodlivých účinkov na ľudský organizmus, preto sa tieto lepidlá začali považovať za toxické.

### Čo je formaldehyd, ako pôsobí na človeka?

Formaldehyd je veľmi reaktívna organická zlúčenina, za normálnej teploty plyn. Už od 19. storočia sa používa v medicíne ako dezinfekčný prostriedok, obsahujú ho aj niektoré lieky. Dnes sa vyskytuje prakticky všade, preto s ním prichádza do styku celá populácia. Napríklad cigaretový dym obsahuje až 40 ppm (1 ppm = 1,23 mg.m<sup>-3</sup>) formaldehydu. Literárne pramene uvádzajú, že ak sa v miestnosti, ktorá má objem 30 m<sup>3</sup>, vyfajčí 5 cigariet, jeho koncentrácia dosiahne 0,23 ppm. Výfukové plyny z automobilu obsahujú 29 – 43 ppm formaldehydu. Človek vníma jeho zápach pri koncentráciách 0,05 – 0,2 ppm, hranica dráždivosti je medzi 1 – 2 ppm. Koncentrácia nad 10 ppm sa považuje za nezniesiteľnú. Vyvoláva ťažkosti horných dýchacích ciest, tráviaceho a nervového systému a ďalšie ťažkosti (Malinsky, Bárta, Ferenčík, 1983).

„Formaldehydovému problému“ v obytnom prostredí sa v 60. rokoch minulého storočia dostalo značnej publicity. Najviac rozbúrila verejnú mienku článok

uvverejnený r. 1964 v západonemeckom časopise Stern a súdne pojednávanie vo Freiburgu vo veci *jedovateého domu* zo Schwarzwald, ktorého podstatná časť bola vyrobená práve z drevotrieskových dosák (Roffael, 1989). Výsledkom bolo prijatie ráznych legislatívnych opatrení na ochranu spotrebiteľa vo forme stanovenia prísnych limitov na uvoľňovanie formaldehydu do prostredia. Vo vtedajšej Nemeckej spolkovej republike na začiatku 70. rokov minulého storočia to znamenalo zníženie predošlého emisného limitu z 5 ppm na 1 ppm, neskôr dokonca až na 0,1 ppm. Ukázalo sa, že v tom čase bolo nereálne dodržať stanovenú hranicu, ale boli úvahy o ďalšom sprísnení emisných limitov. Na základe rozsiahleho výskumu, ktorý bol iniciovaný v Európe i USA, sa v druhej polovici 80. rokov stanovila limitná hodnota na 0,5 ppm (Ploeg, 1997; Werner, 1999; Marutzky, 1999).

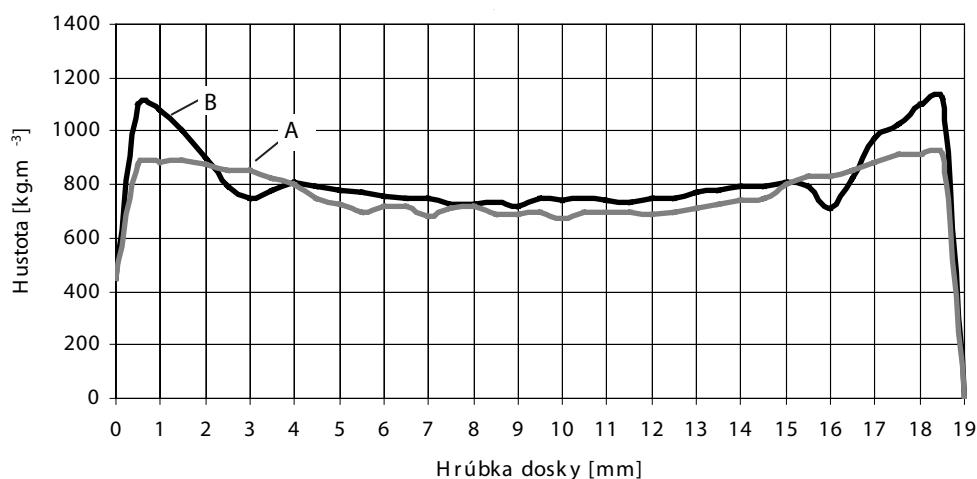
Razantným zavedením legislatívnych opatrení sa formaldehyd v drevných materiáloch stal problémom, ktorý inicioval rozsiahly vedecký výskum vo viacerých vyspelých krajinách. V strednej Európe vrátane bývalého Československa sa vynakladali relatívne značné prostriedky na jeho vyriešenie. V druhej polovici 70. rokov bol v USA založený Inštitút na výskum formaldehydu. Problém sa začal nástojčivo riešiť aj v Škandinávii.

Výskum bol zameraný na vývoj nového lepidla, ktoré by vyhovovalo emisným limitom. Močovinoformaldehydové lepidlá však mali natoľko výrazné prednosti aj pre drevospracujúci priemysel, že zostali naďalej bázou, na ktorej sa vyvíjali nové výrobky. Aplikácia týchto lepidiel ponúka dnes veľmi cennú novú kvalitu materiálov – recyklovateľnosť (Ladomerský, Perláč, Pajtk, 1993). Okrem vývoja samotného lepidla sa rozvinul aj intenzívny výskum optimalizácie technologických procesov spracovania drevných materiálov a výskum súvislostí ich relevantných vlastností s uvoľňovaním formaldehydu. Popri mnohých ovplyvňujúcich

Tab. 1. Obsah formaldehydu v dvoch druhoch MDF dosák

Typ dosky	Hustota [kg.m <sup>-3</sup> ]		Pomer $x_{pv}/x$	Formaldehyd (emisia, obsah)		
	x	$x_{pv}$		$K_H$ [ppm]	$P_H$ [mg.100g <sup>-1</sup> a.s.]	$PA_H$ [mg.h.m <sup>-2</sup> ]
A	802	903	1,13	0,6	22,8	21,0
B	790	1057	1,34	0,14	11,6	5,5

A – MDF (*Medium Density Fibreboard*) – stredne zhutnená doska s menším zhutnením povrchových vrstiev, B – MDF doska s väčším zhutnením povrchových vrstiev, x – priemerná hustota,  $x_{pv}$  – hustota povrchových vrstiev,  $K_H$  – hodnota formaldehydu zistená v 1 m<sup>3</sup> komore, perforátorová hodnota formaldehydu,  $PA_H$  – hodnota formaldehydu zistená plynovou analýzou



Obr. 1 Profil hustoty dvoch MDF dosiek s rovnakou priemernou hustotou: A – doska s nižším zhustením povrchových vrstiev, B – doska s vyšším zhustením povrchových vrstiev

technologických faktoroch sa ukázalo, že okrem druhu dreveného materiálu má nezanedbateľný vplyv na uvoľňovanie formaldehydu z hotového výrobku aj jeho profil hustoty.

Okrem spomínaných legislatívnych opatrení sa nevyhnutne museli hľadať riešenia pre existujúce stavby a aplikované drevené materiály a výrobky, z ktorých sa nadmerne uvoľňoval formaldehyd tak, aby sa dosiahli stanovené limitné emisné hodnoty formaldehydu. Vedecký výskum ponúkol viacero sanačných postupov a metód, ako aj prechodné riešenia pri výrobe inkriminovaných drevených materiálov. Prevažne išlo o aplikáciu modifikačných prostriedkov obsahujúcich zložku, ktorá pohlcuje, resp. viaže uvoľňovaný formaldehyd.

V bývalom Československu patrili po prijatých opatreniach limitné hodnoty koncentrácie formaldehydu v obytnom prostredí k najprísnejším. Limitná hodnota koncentrácie formaldehydu vo vnútornom ovzduší bola stanovená na  $0,035 \text{ mg.m}^{-3}$  (priemerná denná koncentrácia v priebehu 12 h), čo predstavovalo 0,029 ppm.

Pri posudzovaní a hodnotení úrovne koncentrácie formaldehydu v obytnom prostredí ide spravidla o súhrnnú hodnotu, bez ohľadu na zdroje jeho uvoľňovania. Keďže sa zistilo, že zdrojom uvoľňovania formaldehydu boli aj mnohé ďalšie súčasti a doplnky obytného prostredia, ako napr. koberce, záclony, dekoračné materiály, plastové výrobky a pod., vyrábané na báze niektorých syntetických materiálov, vznikol problém identifikácie jednotlivých zdrojov uvoľňovania formaldehydu do prostredia a jeho kvantifikovania. Najväčší podiel sa však pripisoval materiálom na báze močovinoformaldehydových živíc, medzi ktorými dominovali drevené aglomerované materiály, či už ako prvky a sú-

časti stavieb, alebo ako nábytok a pod. Z toho dôvodu púťali najväčšiu pozornosť.

Miera znečistenia ovzdušia sa posudzuje predovšetkým koncentráciou nežiaducich látok. V našom prípade formaldehydu, ktorý sa uvoľňuje z výrobkov. Z hľadiska obsahu uvoľniteľného formaldehydu vo výrobkoch bolo nevyhnutné stanoviť spôsob posudzovania samotných výrobkov. Na hodnotenie drevených materiálov, z ktorých sa uvoľňovali emisie formaldehydu do ovzdušia, sa najčastejšie používala tzv. perforátorová metóda (STN EN 120). Touto metódou sa obsah formaldehydu vyjadruje v mg na 100 g a. s. analyzovaného dreveného materiálu.

Podľa emisie formaldehydu a jeho obsahu v drevených materiáloch boli vytvorené emisné triedy E1, E2, E3. Limitné hodnoty emisie formaldehydu, resp. prípustný obsah formaldehydu v jednotlivých emisných triedach a súvislosť medzi emisiou formaldehydu (za presne špecifikovaných podmienok) a obsahom formaldehydu v drevených materiáloch stanovenom perforátorovou, extrakčnou metódou uvádza tab. 2.

Tab. 2. Limitné hodnoty emisie a obsahu formaldehydu v jednotlivých emisných triedach [3,9]

Emisná trieda	Emisná hodnota formaldehydu [ppm]	Perforátorová hodnota obsahu formaldehydu [ $\text{mg.100 g}^{-1}$ a. s. analyzovaného materiálu]
E1	$\leq 0,1$	$\leq 10$ (8)
E2	0,1 – 1,0	10 – 30
E3	1,0 – 2,3	30 – 60



Ďalší vývoj priniesol uznanie emisnej hodnoty 0,1 ppm ako limitnej pre obytné prostredie a od nej sa odvinula aj limitná hodnota pre súčasné normované perforátorové hodnoty povrchovo neupravených drevných veľkoplošných materiálov, ktoré sú 8 mg pre drevotrieskové dosky (STN EN 312-1) a 9 mg pre drevovláknité dosky (STN EN 622-1) formaldehydu na 100 g absolútne suchého materiálu pri jeho vlhkosti 6,5 %.

Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 326/2002, čiastka 138 stanovuje najvyššiu prípustnú hodnotu koncentrácie formaldehydu vo vnútornom ovzduší budov 0,1 mg.m<sup>-3</sup> ako strednú hodnotu koncentrácie zistenú na určenom mieste v priebehu pol hodiny a 0,06 mg.m<sup>-3</sup> vzduchu ako strednú hodnotu koncentrácie zistenú na určenom mieste v priebehu 24 hodín, čo predstavuje cca 0,0813 ppm, resp. 0,0488 ppm.

V súčasnosti sa dodržiavanie limitných hodnôt formaldehydu v drevných materiáloch prísne sleduje na rôznych úrovniach. Prvostupňovú kontrolu svojich výrobkov vykonávajú samotní výrobcovia, druhý stupeň predstavuje kontrola celoštátnymi autorizovanými pracoviskami a v treťom stupni je kontrola autorizovanými pracoviskami na medzinárodnej úrovni. V Európe sú tieto kontroly súčasťou činnosti autorizovaných pracovísk Európskej únie a certifikáty priznané výrobkom sú predpokladom ich voľného exportu. Niektoré krajiny importujúce drevné materiály vykonávajú aj osobitné kontroly.

\* \* \*

Vyriešenie formaldehydového problému drevných veľkoplošných materiálov vyrábaných s močovinoformaldehydovým lepidlom si vyžiadalo v nedávnej minulosti aj v medzinárodnom meradle veľké úsilie zo strany vedeckého výskumu a vývoja, ako aj výrobcov lepidiel i samotných výrobcov drevných materiálov.

Jedným z možných riešení bola náhrada močovinoformaldehydového lepidla ako zdroja uvoľňovania formaldehydu iným, vhodnejším. Avšak doposiaľ sa nenašlo také, čo by bolo alternatívnou močovinoformaldehydového lepidla, z hľadiska jeho ekonomických a technologických výhod. Preto zostalo stredobodom výskumu úsilie o zníženie uvoľňovania formaldehydu. Výsledkom je skutočnosť, že v súčasnosti vo väčšine priemyselne vyspelých krajín vyhovujú drevné materiály vyrábané s týmto lepidlom sprísneným emisným normám v triede E<sub>1</sub>. U nás sa ani nepripúšťa výroba materiálov vyššej emisnej triedy než E<sub>1</sub>. Navyše, prevažná väčšina drevných materiálov sa povrchovo upravuje, čo v závislosti od druhu povrchovej úpravy tiež prispieva k znižovaniu uvoľňovania formaldehydu.

#### Literatúra

- Deppe, H. J.: Formaldehydemission von Holzwerkstoffen und Holzprodukten (1). HK, 1990, 6, p. 689 – 691.
- Eisner, K., Berger, V.: Lepidla v drevárskom priemysle. SNT Praha, 1958, 196 s.
- Ladomerský, J., Perláč, J., Pajtlík, J.: Degradácia UF lepidla v použitých trieskových doskách za účelom ich recyklácie. In: XI. sympóziu Pokroky vo výrobe a použití lepidiel v drevárskom priemysle. TU Zvolen, Chemko, š. p., Strážske, 1993, s. 180 – 187.
- Malinsky, J., Bárta, Z., Ferenčík, I.: Minimalizace úniku voľného formaldehydu v interiéroch staveb. Podklady pro průběžné oponentní jednání rezortního výzkumného úkolu R-05-230-281. VÚSPL Pardubice, 1983, 100 s.
- Marutzky, M., Flentge, A., Boehme, C.: Abhängigkeit der Formaldehydabgabe von MDF vom Rohdichteprofil. Holz als Roh- und Werkstoff 50, 1992, p. 239 – 240.
- Marutzky, R.: Aktuelle Werkstoffentwicklungen und neue Anwendungen für die Möbelindustrie und das Bauwesen. Zborník 11. drevárskeho kolokvia: Innovationen für die Holzbearbeitung von morgen. Braunschweig, 2000, p. 21 – 28.
- Ploeg, P. J.: Formaldehydarm – Aminoplastharzverleimung von MDF. MDF Magazin, 1997, September, p. 49 – 51.
- Roffael, E.: Formaldehydabgabe von Holzwerkstoffen – Ein Rückblick. Holz als Roh- und Werkstoff 47, 1989, p. 41 – 45.
- Werner, M.: MDF – Leimtechnologie gibt den Ton an. MDF Magazin, 1999, September, p. 83 – 84.

**Prof. Ing. Vilém Štefka, CSc., Drevárska fakulta TU Zvolen, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, stefka@vsld.tuzvo.sk**