

# FORMALDEHIDO PAPLITIMAS APLINKOS ORE EUROPOS SAJUNGOS ŠALYSE IR JO POVEIKIO MAŽINIMAS

Lolita Pilipavičienė, Gražina Smolianskienė

Higienos institutas

## Santrauka

Formaldehidas – cheminis kancerogenas ir alergenai. Europos šalyse vis didėja susidomėjimas patalpų oro kokybe, o formaldehidas yra laikomas vienu iš svarbiausių patalpų oro teršalų. Šio straipsnio tikslas – apžvelgti formaldehido paplitimą aplinkos ore ir jo poveikio mažinimą, remiantis tyrimais, atliktais Lietuvoje bei kitose Europos Sąjungos šalyse ir publikuotais mokslinėje spaudoje 2000–2010 m. Straipsnyje pateikiamos formaldehido koncentracijos, nustatytos įvairių pramoninių ir kitokių darbo vietų, gyvenamųjų patalpų ir lauko ore Europos Sąjungos šalyse. Pateikiami formaldehido profesiniai ribiniai dydžiai ir didžiausios leistinos koncentracijos gyvenamųjų patalpų ore. Formaldehido koncentracijos patalpose gerokai didesnės nei lauke. Straipsnyje apžvelgiama, kokios būstų ypatybės turi įtakos formaldehido koncentracijai ore. Apžvelgiamas ir rūkymas patalpose, kaip formaldehido šaltinis. Formaldehido koncentracijos ore paprastai yra didesnės šiltuoju metų periodu. Šiuo metu Lietuvoje galiojančios higienos normos nereguliuoja didžiausių leistinų formaldehido koncentracijų kai kurių visuomeninių patalpų ore.

**Raktažodžiai:** formaldehidas, koncentracija, aplinkos oras

## ĮVADAS

Formaldehidas – bespalvė aštraus, dirginančio kvapo dujos.

Žmogaus organizme šis aldehidas lengvai absorbuojamas per kvėpavimo takus ir virškinimo traktą. Per odą absorbuojamas labai lėtai. Absorbuotas jis labai greitai suskaldomas. Paprastai jis paverčiamas netoksiška chemine medžiaga – formatu, kuris pašalinamas su šlapimu. Taip pat gali būti iškvėptas anglies monoksido pavidalu ar įsisavintas kūno audinių [1].

Kai kurie asmenys gali užuosti labai mažas formaldehido koncentracijas ore ( $0,1\text{--}0,3\text{ mg/m}^3$ ) ir pajusti diskomfortą. Koncentracijai ore siekiant  $1\text{ mg/m}^3$ , aštrus formaldehido kvapas dirgina akių ir viršutinių kvėpavimo takų gleivines [1]. Dauguma žmonių akių, nosies ir užpakalinės ryklės dalies perštėjimą pajunta, kai formaldehido koncentracija ore siekia  $2,5\text{--}3,75\text{ mg/m}^3$ . Esant koncentracijai  $5\text{--}5,25\text{ mg/m}^3$ , gleivinių dirginimas ir ašarojimas tampa akivaizdūs. Išverti  $12,5\text{ mg/m}^3$  koncentraciją galima tik kelias minutes: gausus ašarojimas būna net pripratusiems prie

mažų dozių. Jei koncentracija pasiekia  $12,5\text{--}25\text{ mg/m}^3$ , darosi sunku kvėpuoti, „dega“ nosis, gerklė, atsiranda kosulys. Manoma, kad jei žmogus išbūtų 5–10 minučių patalpoje, kur formaldehido koncentracija siektų  $75\text{--}125\text{ mg/m}^3$ , jis rizikuotų labai rimtai pažeisti apatinius kvėpavimo takus ir plaučius, kas sukeltų plaučių edemą, pneumoniją ar mirtį [2].

2004 m. Tarptautinis vėžio tyrimo centras (toliau – TVTC) padarė išvadą: yra pakankamai įrodymų, kad formaldehidas sukelia žmogui nosiaryklės vėžį, yra rimtų, bet nepakankamų įrodymų, jog jis sukelia leukozę, ir yra ribotas kiekis įrodymų, kad jis sukelia prienosinių ančių vėžį. Taigi, pagal TVTC klasifikatorių formaldehidas buvo priskirtas I grupei (veikniams, kurių kancerogeniškumas žmogui įrodytas) [3]. Formaldehidas taip pat yra įtrauktas į Lietuvoje patvirtintą alergenų sąrašą [4]. Šis cheminis alergenai – dažna profesinės kontaktinės alergijos ir profesinės bronchų astmos priežastis [2, 5].

Šešiose Europos Sąjungos (toliau – ES) šalyse (Belgijoje, Suomijoje, Prancūzijoje, Vokietijoje, Italijoje ir Olandijoje) buvo atliktas pilotinis projektas – aplinkos teršalų poveikio visuomenės sveikatai palyginamoji analizė. Projekto autoriai pabrėžia, jog rytinėse ES šalyse oro kokybės vadybos sistemos nėra pritaikytos taip, kad galėtų papildyti besikeičiančių žinių apie teršalų poveikį sveikatai bazę [6]. Nors formaldehidas – vienas iš svarbiausių aplinkos oro teršalų, vis

**Adresas susirašinti:** Lolita Pilipavičienė,  
Higienos institutas,  
Etmonų g. 3/6, 01129 Vilnius.  
El. p. lolita.p@dmc.lt

dėlto įrodymų apie jo poveikį visuomenės sveikatai dar trūksta [6, 7, 8].

Labai mažais kiekiais formaldehidus yra gaminamas žmogaus organizme ir yra nekenksmingas. Aplinkoje jis gali būti randamas: ore, maiste, kai kuriuose su oda kontaktuojančiuose gaminiuose, vandenyje, dirvožemyje. Pagrindinis formaldehido šaltinis – aplinkos oras, kuriuo kvėpuojame darbe, gyvenamosiose bei visuomeninėse patalpose ir lauke [1]. **Šio straipsnio tikslas** – apžvelgti formaldehido paplitimą aplinkos ore ir jo poveikio mažinimo priemones, remiantis tyrimais, atliktais Lietuvoje bei kitose ES šalyse ir publikuotais mokslinėje spaudoje 2000–2010 m.

## FORMALDEHIDO PAPLITIMAS DARBO APLINKOS ORE

1997 m. atlikto CAREX (pirmosios profesinio kancerogenų poveikio informacinės sistemos versijos, sukurto Suomijos profesinės sveikatos institute) tyrimo duomenimis, formaldehidus – vienas iš labiausiai paplitusių kancerogenų darbo vietose Lietuvoje [9]. 1 lentelėje pateiktos formaldehido koncentracijos, nustatytos darbo aplinkos ore ES šalyse. 2002–2007 m. Higienos instituto Cheminių veiksnių tyrimo laboratorija atliko 357 formaldehido koncentracijų tyrimus darbo aplinkos ore Lietuvoje. 1 lentelėje pateikti tyrimų rezultatai tose darbo aplinkose, kuriose maksimalios formaldehido koncentracijos viršijo Lietuvos higienos normos HN 23:2007 reglamentuojamą ilgalaikio formaldehido poveikio darbo vietoje ribinį dydį – 0,6 mg/m<sup>3</sup> [9, 10].

Pirmasis iš svarbiausių formaldehido šaltinių darbo aplinkoje – vandeninis formaldehido tirpalas (formalinas). Jis naudojamas chemijos pramonėje kaip konservantas (pvz., anatomijos laboratorijose) ir kaip dezinfekantas [1, 11].

Antrasis dažnas formaldehido šaltinis cechuose – formaldehido garavimas iš gamyboje naudojamų jo pagrindu pagamintų dervų. Fenolio-formaldehido dervos priklauso plastmasių grupei. Jos dažnai naudojamos namų apyvokos daiktų gamyboje: liejinių formoms, termoizoliacijos medžiagoms, klijams, lakams, šlifuojančioms ir trinančioms medžiagoms gaminti. Taip pat jos yra rišikliai [1, 12]. Žalvario ir geležies lydinių liejyklose naudojamos formaldehido-karbamido dervos [13]. Švedijoje tokiose liejyklose tik 3 proc. oro mėginių rasta formaldehido koncentracija viršijo Švedijos profesinio poveikio ribinį dydį – 0,6 mg/m<sup>3</sup>, o aliuminio liejimo ir perlydimo gamyklose vidutinės formaldehido koncentracijos siekė tik iki 10 proc.

šio dydžio [13, 14]. Gaminant lakštinę daugiasluoksnę medienos medžiagą ir medienos plokštes, naudojami klijai, į kurių sudėtį įeina formaldehido dervos [1]. Nors Danijoje ir Lietuvoje nustatytos palyginti nedidelės formaldehido koncentracijos ore baldų gamybos įmonėse, Suomijoje dirbę baldų gamintojai buvo veikiami gana didelių koncentracijų [9, 15, 16].

Trečiasis formaldehido šaltinis darbo aplinkoje yra susijęs su pirolizės ar organinių medžiagų degimo procesais [1]. Metalų dirbinius gaminančiose gamyklose darbininkai įkvepia darbui su metalu skirtų skysčių (angl. *metalworking fluids*) aerosolio. Šie skysčiai yra specialūs sudėtiniai mišiniai, skirti slidumui padidinti ir trinčiai sumažinti. Švedijoje, Belgijoje ir Suomijoje tokiose gamyklose iš esmės nustatytos nedidelės formaldehido koncentracijos ore, tačiau ten, kur oras pakartotinai cirkuliuoja uždarene rate, koncentracijos gerokai didesnės [5, 17, 18].

Darbuotojai gali būti veikiami formaldehido ir su pramone nesusijusiose darbo vietose. Švedijoje tirta cheminė oro tarša karvių fermose melžimo metu. Formaldehido koncentracijos rastos labai mažos. Tačiau prielaida, kad oras fermose gali neigiamai veikti dirbančiųjų sveikatą, neatmetama: galimas kompleksinis cheminių ir kitų teršalų (dulkių, mikroorganizmų) poveikis [19]. Žemės ūkyje formaldehidus dar naudojamas atliekant dezinfekciją ir konservuojant pašarus. Didelės jo koncentracijos gali išsiskirti į orą, apdirbant kailius ir odas [1].

Dideli formaldehido kiekiai taip pat gali išsiskirti, atliekant kai kuriuos patalpų vidaus apdailos darbus (pvz., lakuojant parketą šlapalo-formaldehido pagrindu pagamintu laku ar izoliacijai naudojant šlapalo-formaldehido putas) [1]. Dažnai formaldehido koncentracija tiriama biurų ore. Suomijoje, Austrijoje ir Lenkijoje buvo tirta oro biuruose cheminė tarša ten, kur darbuotojai skundėsi dėl oro kokybės, o visuomenės sveikatos specialistai nerado jokių išskirtinių oro taršos šaltinių. Biurų ore formaldehido koncentracijos nustatytos labai mažos [20, 21, 22]. Tačiau nereikia pamiršti, kad randama ir kitų lakiųjų organinių junginių (toliau – LOJ) (pvz., benzeno), ir bendra LOJ koncentracija gali būti pakankama, kad sukeltų „nesveiko pastato sindromą“ (angl. *sick building syndrome*) [22].

Apskritai, įvairių profesijų atstovai yra veikiami ne tik aldehydų. Dirbantieji mašinų gamybos pramonėje dar veikiami ir mineralinių alyvų ūko, žalvario ir geležies lydinių liejyklose – mažos molekulinės masės monoizocianatų, baldų gamyboje – medienos dulkių ir monoterpenų, policininkai, dirbantys prie judrių

**1 lentelė.** Formaldehido koncentracijos, nustatytos darbo aplinkos ore ES šalyse

Darbo aplinka	Šalis, publikavimo metai, šaltinis	Nustatyta formaldehido koncentracija, mg/m <sup>3</sup> *			Pastabos
		Vidutinė <sup>a</sup>	Minimali	Maksimali	
<b>PRAMONINĖ DARBO APLINKA</b>					
Šlifuojančių medžiagų gamyba, antspaudootojai	Lenkija, 2001 [12]	n. d.**	0,070	0,197	Dirbantys šaltu presu
		n. d.	0,017	0,088	Dirbantys karštu presu
Lydyto plieno, geležies ir aliuminio gaminių gamyba, įrenginių valdymo operatoriai	Švedija, 2008 [17]	0,125 <sup>a</sup>	0,087	0,154	I įmonėje, kur oras cirkuliuoja uždaru būdu
		0,009 <sup>a</sup>	0,002	0,042	II įmonėje. III įmonėje koncentracijos dar mažesnės nei II
Aliuminio perdirbimo gamyba	Belgija, 2008 [18]	n. d.	0,020	0,030	
Mašinų gamyba	Suomija, 2008 [5]	0,040	0,011	0,150	Dažniausi darbo procesai: tekimas, šlifavimas, frezavimas
Žalvario ir geležies lydinių liejimas	Švedija, 2005 [13]	0,120 <sup>a</sup>	0,014	1,600	
Baldų gamyba	Danija, 2009 [15]	0,050 <sup>a</sup>	0,030	0,200	
	Suomija, 2004 [16]	0,170 <sup>a</sup>	n. d.	1,830	Įmonėse, gaminančiose daugiausiai vidutinio tankumo plokštes
		0,100 <sup>a</sup>	n. d.	1,750	Įmonėse, gaminančiose daugiausiai spygliuočių medieną
	Lietuva, 2008 [9]	0,100	0,008	0,810	
Tekstilės gamyba	Lietuva, 2008 [9]	0,520	neaptikta	3,890	
<b>NEPRAMONINĖ DARBO APLINKA</b>					
Nacionalinio vėžio tyrimo instituto laboratorijos	Italija, 2008 [51]	n. d.	0,005	0,269	
Anatomijos laboratorijos skrodimų patalpa	Austrija, 2000 [52]	0,270	0,130	0,410	
Zoologijos laboratorija	Graikija, 2009 [11]	0,056	n. d.	n. d.	
Karvių fermos	Švedija, 2001 [19]	n. d.	neaptikta	0,001	Melžimo metu
Augalininkystė, gyvulininkystė	Lietuva, 2008 [9]	0,357	0,004	1,940	
Troleibusų vairuotojų kabinos	Lietuva, 2004 [53]	neaptikta	neaptikta	neaptikta	
Autobusų vairuotojų kabinos	Lenkija, 2002 [54]	n. d.	0,025	0,090	
Policininkų darbo vietos greta judrių gatvių miesto centre	Prancūzija, 2002 [23]	0,014 <sup>m</sup>	0,011	0,019	Vasarą
		0,021 <sup>m</sup>	0,019	0,028	Žiemą
Grožio salonai Atėnuose	Graikija, 2010 [47]	n. d.	n. d.	< 0,060	
Biurai	Suomija, 2009 [20]	0,011 <sup>a</sup>	n. d.	n. d.	
	Austrija, 2006 [21]	n. d.	0,058	0,064	Naujame pastate
	Lenkija, 2005 [22]	n. d.	0,002	0,032	Pavasarij ir vasarą
		n. d.	0,002	0,007	Rudenį ir žiemą

\* Palyginti: Lietuvoje ilgalaikio formaldehido poveikio darbo vietoje ribinis dydis yra 0,600 mg/m<sup>3</sup> [10].

\*\* Nėra duomenų.

<sup>a</sup> Aritmetinis vidurkis, jei nenurodyta kitaip.

<sup>g</sup> Geometrinis vidurkis. Jis yra tikslesnis nei aritmetinis. Gaunamas, sudauginus visus atliktų tyrimų rezultatus ir ištraukus tokio laipsnio šaknį, kiek yra dauginamųjų.

<sup>m</sup> Mediana.

gatvių, – benzeno ir benz(a)pireno [5, 12, 14, 23]. Čia pateikti tik keli pavyzdžiai.

## FORMALDEHIDO PAPLITIMAS GYVENAMŲJŲ PATALPŲ ORE

Tipiškas miestietis apie 70–80 proc. (kitų autorių duomenimis, net apie 90 proc.) paros laiko praleidžia patalpose, ypač žiemą [8, 24]. 2002–2005 m. Europos Komisijos Jungtinis tyrimų centras įgyvendino INDEX projektą („Poveikio patalpose ribų nustatymo ir įdiegimo ES kritinis įvertinimas“). Formaldehidą apibūdinamas kaip vienas iš 5 prioritetinių oro teršalų. Jo koncentracija ore, siekianti  $0,03 \text{ mg/m}^3$ , gali sukelti nepalankius padarinius žmogaus sveikatai, o bent 20 proc. Europos gyventojų yra veikiami koncentracijų, didesnių už šią [8]. 2 lentelėje pateiktos formaldehido koncentracijos, nustatytos gyvenamųjų patalpų ore ES šalyse.

Vengrijoje buvo tirta formaldehido koncentracija ore būstuose, kuriuose gyveno 9–11 m. amžiaus vaikai, sergantys imunologinės kilmės kvėpavimo sistemos ligomis. Pusėje šių būstų formaldehido koncentracija ore viršijo didžiausią Vengrijoje leistiną koncentraciją ( $0,012 \text{ mg/m}^3$ ). Sergantys alergine astma vaikai ypač jautrūs formaldehido koncentracijoms ore, viršijančioms  $0,05 \text{ mg/m}^3$  [25, 26].

Strasbūre (Pietų Prancūzijoje) nustatytos vidutinės formaldehido koncentracijos gyventojų būstų ore daugiau nei 1,5 karto didesnės, palyginus su nustatytomis Paryžiuje [24, 27]. Vokietijoje patalpų oras pasyvaus mėginių paėmimo būdu tiriamas nuo 1985 m., o dažniausiai aptinkamos formaldehido koncentracijos būstuose yra  $0,02\text{--}0,04 \text{ mg/m}^3$  [7]. Paryžiaus gyventojų būstuose nustatytos formaldehido koncentracijos panašios į nustatytas Anglijoje [27, 28, 29]. Švedijoje būstuose vieni tyrėjai taip pat nustatė panašias formaldehido koncentracijas, o kiti – mažesnes [30, 31]. Apskritai, formaldehido koncentracijos Pietų Europos didmiesčių būstuose didesnės nei Centrinės Europos [32].

Daugelis autorių teigia, kad formaldehido koncentracijos didesnės individualiuose namuose negu butuose, ypač naujuose pastatuose [28, 30, 31]. Dar prieš keliolika metų Švedijoje buvo nustatyta, kad butuose paprastai būna aukštesnė temperatūra ir geresnė oro ventiliacija nei individualiuose namuose, o santykinė drėgmė – mažesnė. Formaldehido išsiskyrimas iš medžiagų didėja, didėjant temperatūrai ir santykinėi drėgmei, o geresnė ventiliacija švarina orą patalpose [30].

Panagrinėsime, kokios kitos būstų ypatybės turi įtakos formaldehido koncentracijai ore. Daugelis autorių nustatė, kad formaldehido koncentracijos statistiškai patikimai didesnės naujuose pastatuose (iki 1 metų senumo) [28–31]. Būstuose, kur yra laminuota grindų danga, formaldehido koncentracija 1,5 karto didesnė. Ji taip pat didesnė būstuose, kuriuose grindų danga keista anksčiau nei prieš 1 metus. Taip pat įtakos turi ir baldų iš medienos plokščių kiekis: kuo naujesnės minėtos medžiagos, tuo didesnė formaldehido koncentracija patalpos ore [27–29]. Didžiausia formaldehido koncentracija, nustatyta Strasbūre viename iš namų, buvo  $0,12 \text{ mg/m}^3$ . Namu viduje iš pažiūros nebuvo formaldehido šaltinių. Šis naujas namas buvo pastatytas iš standartinių plytų su akmens vatos izoliacija viduje. Jo mediniai langai buvo sutvirtinti poliuretano putomis ir padengti medienos konservantu. Miegamieji buvo iškloti laminatu [24]. Medienos deginimas būstuose (pvz., židinyje) yra susijęs su padidėjusia formaldehido koncentracija ore. Formaldehido kiekį ore didina ir oro gaiviklių ar valiklių naudojimas bent 1 kartą per savaitę [28].

Cigarečių rūkymas patalpose – dar vienas formaldehido šaltinis [24]. Graikijoje tiriant formaldehido koncentraciją policininkų darbo vietose, uždarose patalpose, didžiausia koncentracija užfiksuota ten, kur dirbo 3 rūkantys policininkai [11]. Kai kurie autoriai teigia, kad tabako dūmai padidina formaldehido koncentraciją patalpose tik nežymiai [27]. Vis dėlto mokslininkai, tyrę formaldehido koncentracijas butuose ar individualiuose namuose, buvo linkę atrinkti tuos, kuriuose gyventojai patalpose nerūko [31, 33].

Popierius gali išskirti daug formaldehido. Bibliotekoje, kurioje buvo daug knygų ir senų žurnalų, formaldehido koncentracija buvo 1,6 karto didesnė nei naujoje, tuštesnėje [24]. PSO teigia, kad mažiausia formaldehido koncentracija ore, siejama su viršutinių kvėpavimo takų sudirginimu po trumpalaikio kontakto, yra  $0,1 \text{ mg/m}^3$ . Universitetų bibliotekose ši koncentracija neviršyta, nors vienoje bibliotekoje buvo artima [26]. Graikijoje dviejose Atėnų universiteto Chemijos skyriaus laboratorijose vasaros sezono metu, dirbant 25 studentams, formaldehido koncentracija ore siekė net  $0,50\text{--}0,56 \text{ mg/m}^3$  [34]. Mokyklų klasėse formaldehido koncentracija ore didesnė ten, kur daugiau audinių ir atvirų lentynų [35]. Formaldehido koncentracijos Europos didmiesčių vaikų darželiuose svyruoja nuo  $0,006$  iki  $0,011 \text{ mg/m}^3$  [32].

Stebėtas labai ryškus formaldehido koncentracijos patalpų ore svyravimo sezoniškumas: paprastai

**2 lentelė.** Formaldehido koncentracijos, nustatytos gyvenamųjų patalpų ore ES šalyse

Šalis, publikavimo metai, šaltinis	Vietovė / visuomeninių patalpų tipas	Nustatyta formaldehido koncentracija, mg/m <sup>3</sup> <sup>a</sup>			Pastabos
		Vidutinė <sup>a</sup>	Minimali	Maksimali	
<b>BŪSTAI</b>					
Anglija, 2004 [29]		0,022 <sup>g</sup>	0,001	0,171	Miegamuosiuose
Danija, 2010 [37]		0,018 <sup>m</sup>	n. d.**	n. d.	Vaikų iki 18 mėn. amžiaus miegamuosiuose
Italija, 2009 [33]	Bario m. ir jo provincija	0,016	n. d.	n. d.	Virtuvėse
Prancūzija, 2003 [27]	Paryžiaus m. ir jo priemiestis	0,022 <sup>g</sup>	n. d.	n. d.	Virtuvėse
		0,024 <sup>g</sup>	n. d.	n. d.	Svetainėse
		0,025 <sup>g</sup>	n. d.	n. d.	Miegamuosiuose
Prancūzija, 2006 [24]	Strasbūro m.	0,036	n. d.	n. d.	Svetainėse
		0,046	n. d.	n. d.	Miegamuosiuose
Prancūzija, 2008 [7]	Strasbūro m.	0,027 <sup>m</sup>	n. d.	n. d.	Svetainėse
Prancūzija, 2009 [28]	Paryžiaus m.	0,019 <sup>g</sup>	n. d.	n. d.	Kūdikių miegamuosiuose
Švedija, 2004 [31]	Upsalos m.	0,008 <sup>g</sup>	n. d.	0,019	
Švedija, 2005 [30]		0,023	n. d.	n. d.	Miegamuosiuose
Vengrija, 2003 [25]	6 vidutinio dydžio miestai	0,018	0,001	0,057	Būstuose, kuriuose gyveno vaikai, sergantys imunologinėmis kvėpavimo ligomis
<b>VISUOMENINĖS PATALPOS***</b>					
Graikija, 2006 [34]	Atėnų universiteto Chemijos skyriaus laboratorijos	0,310 <sup>m</sup>	0,250	0,350	Žiemą
		0,400 <sup>m</sup>	0,250	0,560	Vasarą
		0,125 <sup>m</sup>	0,063	0,125	Žiemą
		0,300 <sup>m</sup>	0,088	0,375	Vasarą
Prancūzija, 2006 [24]	Strasbūro m. universitetinės bibliotekos	n. d.	0,031	0,062	Tirta 2 bibliotekose
Prancūzija, 2008 [26]	Strasbūro m. universitetinės bibliotekos	0,029	0,009	0,095	Tirta 20 bibliotekų
Švedija, 2000 [1]	Upsalos m. pradinės mokyklų klasės	0,010	0,003	0,016	
Švedija, 2001 [35]	Upsalos grafystės pradinių ir pagrindinių mokyklų klasės	0,003 <sup>g</sup>	< 0,003	0,072	
Švedija, 2008 [55]	Universiteto kompiuterių klasės	n. d.	0,002	0,004	Patalpos buvo gerai vėdinamos (eksperimentinis tyrimas)
Vokietija, 2008 [36]	Pietų Bavarijos mokyklų klasės	n. d.	0,003	0,046	

\* Palyginti: **0,010 mg/m<sup>3</sup>** – Lietuvos higienos normoje HN 35:2007 reglamentuojama didžiausia leidžiama formaldehido koncentracija gyvenamosios aplinkos ore [45].

\*\* Nėra duomenų.

\*\*\* Į lentelę įtrauktos tos visuomeninės patalpos, kuriose didžiausią leidžiamą formaldehido koncentraciją reglamentuoja HN 35:2007 (t. y. patalpos, susijusios su apgyvendinimu, mokymu, sveikatos priežiūra) [45].

<sup>a</sup> Aritmetinis vidurkis, jei nenurodyta kitaip.

<sup>g</sup> Geometrinis vidurkis.

<sup>m</sup> Mediana.

šiltuoju metų laikotarpiu formaldehido koncentracija didesnė nei šaltuoju [7, 28, 34]. Tačiau Italijos ir Švedijos mokslininkų tyrimo rezultatas buvo priešingas [31, 33]. Anglijos būstuose – miegamuosiuose kambariuose,

didžiausia formaldehido koncentracija buvo rudenį [29]. Mokyklų klasėse Vokietijoje nebuvo reikšmingo formaldehido koncentracijos skirtumo tarp sezonų [36].

Formaldehido koncentracija patalpos ore taip pat yra tiesiogiai susijusi su joje gyvenančių ar dirbančių žmonių skaičiumi [7].

Panagrinėsime, kaip buvo atrinkti būstai ar kitos patalpos, kuriuose matuota formaldehido koncentracija. Kaip tyrimų trūkumą galima įvardyti tai, kad daug tyrėjų patalpas atrinko dėl to, kad gyventojai skundėsi nemaloniais kvapais, turėjo sveikatos problemų ar priklausė padidintos rizikos grupei (pvz., kūdikiai, kurių motinos sirgo bronchų astma) arba tyrėjai turėjo ankstesnių duomenų apie padidintą oro taršą tose patalpose [25, 28, 37]. Kiti autoriai, nors nesistengė patalpų atrinkti atsitiktinės atrankos būdu, tačiau atrinko patalpas su potencialiai kontrastiškais formaldehido šaltiniais, kas, jų manymu, padėjo identifikuoti aldehydų kilmę patalpose [27, 31]. Dalyje tyrimų būstai ar kitos patalpos buvo atrinkti atsitiktinės atrankos būdu [1, 30, 35].

Išmatuotos koncentracijos priklauso nuo mėginio vietos, tad tame pačiame kambaryje jos gali skirtis [27]. Kai kurie autoriai matavo asmeninį formaldehido poveikį. Daugeliu atvejų, jei nėra profesinio poveikio, asmeninio poveikio koncentracijos nesiskiria ar yra nežymiai didesnės nei koncentracijos patalpose ir gerokai didesnės nei koncentracijos lauke [7, 30, 32].

## FORMALDEHIDO PAPLITIMAS LAUKO ORE

Lauko oras nėra reikšmingas formaldehido šaltinis žmogui. Italų mokslininkai apskaičiavo, kad Milano apylinkėse tik 1–2 proc. formaldehido žmogus įkvepia lauke [24]. Lauko ore pagrindiniai formaldehido šaltiniai yra: šiluminės jėgainės, pramonės įmonės, atliekų deginimas ir automobilių išmetamosios dujos. Kartais gali turėti įtakos ir miško gaisrai ar kitų medžiagų degimas. Formaldehidą natūraliai formuojasi troposferoje angliavandenilių (ypač metano) oksidacijos metu kaip tarpinė cheminė medžiaga. Jis nesikaupia. Dauguma ore esančio formaldehido per visą dieną skyla į skruzdžių rūgštį ir anglies monoksidą. Nors formaldehidą – natūralus aplinkos oro komponentas, apgyvendintose teritorijose jo koncentracijai paprastai daugiausia įtakos turi antropogeniniai šaltiniai [1]. 3 lentelėje pateiktos formaldehido koncentracijos, nustatytos lauko ore ES šalyse. Čia taip pat pateikti rezultatai, gauti Lietuvoje, t. y. Kauno m. ekologinio monitoringo duomenys (1998 m.). Oro tarša daugiausiai buvo matuota greta mokyklų ir vaikų lopšelių-darželių [38].

Dalis tyrėjų, tirdami formaldehido koncentraciją patalpose, kartu matavo ir jo koncentraciją lauke. Koncentracijos patalpų ore buvo gerokai didesnės nei lauko ore [11, 31, 33]. Įgyvendinant AIRMEX (Europos patalpų oro monitoringo ir poveikio įvertinimo viešuosiuose pastatuose ir mokyklose) projektą 8 ES didmiesčiuose, nustatyta, kad formaldehido koncentracija patalpose 7–8 kartus didesnė nei lauke [32]. Miestuose formaldehido koncentracijos yra nepastovios ir priklauso nuo vietinių sąlygų. Koncentracijos arti miesto centro dėl intensyvesnio transporto judėjimo didesnės nei pakraščiuose [1, 11].

ES yra skatinama naudoti biodyzelinį kurą. Vis dėlto Italijoje buvo nustatyta, kad miesto autobusui naudojant dyzelinio ir biodyzelinio kuro mišinį, išmetamosiose dujose aromatinių ir poliaromatinių junginių būna mažiau, tačiau formaldehido išmeta ma net 18 proc. daugiau, palyginus su vien tik dyzelinio kuro naudojimu [23, 39].

Dėl padidėjusio fotocheminio aktyvumo paprastai vasarą formaldehido koncentracijos atmosferoje padidėja [11]. Tačiau dėl ypatingų gamtos sąlygų gali būti ir priešingai. Pvz., Grenoblio mieste (Prancūzijoje) žiemą susidaro šilumos inversija dėl miesto padėties slėnyje tarp aukštų kalnų, tad formaldehido koncentracija atmosferoje didesnė žiemą [23]. Pastebėta, kad formaldehido koncentracijos atmosferoje maksimalų lygį pasiekia po pietų, minimalų – naktį [40].

## FORMALDEHIDO POVEIKIO MAŽINIMAS

Lietuvos higienos norma HN 23:2007 nustato ilgalaikio formaldehido poveikio darbo vietoje ribinį dydį – 0,6 mg/m<sup>3</sup> [10]. Ilgalaikio formaldehido poveikio ribiniai dydžiai ES šalyse skiriasi: Suomijoje, Vokietijoje, Ispanijoje, Šveicarijoje – 0,37 mg/m<sup>3</sup>, Prancūzijoje, Švedijoje – 0,6 mg/m<sup>3</sup>, Jungtinėje Karalystėje, Airijoje – 2,5 mg/m<sup>3</sup>, Olandijoje – 1,2 mg/m<sup>3</sup>, Lenkijoje – 0,5 mg/m<sup>3</sup> [1, 12, 30]. Apskritai, profesiniai ribiniai dydžiai gerokai didesni nei didžiausios leidžiamos koncentracijos gyvenamosiose patalpose. Olandijos profesinių standartų ekspertų komitetas rekomenduoja, jog ilgalaikis formaldehido poveikio ribinis dydis būtų 0,15 mg/m<sup>3</sup> [41]. Suomų mokslininkai rekomenduoja, kad formaldehido koncentracijos šiuolaikiniuose biuruose, esančiuose subarktiniam klimatai, neviršytų 0,015 mg/m<sup>3</sup> [20]. Vis dėlto ES šalyse pastebėta, jog daugeliu atvejų formaldehido koncentracija namuose (vidutiniškai 0,024 mg/m<sup>3</sup>)

**3 lentelė.** Formaldehido koncentracijos, nustatytos lauko ore ES šalyse

Aplinka	Šalis, publikavimo metai, šaltinis	Nustatyta formaldehido koncentracija, mg/m <sup>3</sup> *			Pastabos
		Vidutinė <sup>a</sup>	Minimali	Maksimali	
Danija, 2000 [1]	Gyvenvietė	0,0011	0,0001	0,0035	Žiemą
		0,0015	0,0001	0,0059	Vasarą
Graikija, 2009 [11]	Palyginti daug užteršto miesto (100 000 gyv.) centras	n. d.**	0,0023	0,0031	Žiemą
		n. d.	0,0026	0,0029	Vasarą
Italija, 2000 [1]	Milano m.	n. d.	0,0041	0,0534	Žiemą
Italija, 2009 [33]	Bario m. ir jo provincija	0,0044	n. d.	n. d.	
Lietuva, 2002 [38]	Kauno m.	0,0031	0,0014	0,0053	
Prancūzija, 2006 [24]	Strasbūro m. apylinkės	0,0043	0,0014	0,0134	
	Strasbūro m. traukinių stoties aplinka	0,0068	0,0065	0,0071	
	Strasbūro m. oro uosto aplinka	0,0093	0,0080	0,0107	
Prancūzija, 2003 [27]	Paryžiaus m.	0,0074	n. d.	n. d.	
Švedija, 2005 [30]	Boro m. ir Geteborgo m.	0,0040 <sup>m</sup>	n. d.	n. d.	
Švedija, 2004 [31]	Upsalos m. (160 000 gyv.)	0,0013 <sup>g</sup>	n. d.	n. d.	Miestas yra šalto klimato zonoje

\* Didžiausios leidžiamos ribos neregamentuojamos. Palyginti: atokiame vietovėse (pvz., neapgyvendintose) formaldehido koncentracija ore nesiekia 0,0010 mg/m<sup>3</sup> [1, 27].

\*\* Nėra duomenų.

<sup>a</sup> Aritmetinis vidurkis, jei nenurodyta kitaip.

<sup>g</sup> Geometrinis vidurkis.

<sup>m</sup> Mediana.

buvo didesnė negu darbe (dirbant uždaroje patalpoje – 0,019 mg/m<sup>3</sup>, atvirose – 0,003 mg/m<sup>3</sup>) [42].

Prie profesinių prevencinių priemonių galima būtų priskirti ir specialių registrų įkūrimą. 1979 m. Suomijoje įsteigtas darbuotojų, turėjusių kancerogenų poveikį, registras. Darbdaviai kasmet darbo saugos tarnyboms privalo pateikti duomenų apie kancerogenų naudojimą ir paveiktų darbuotojų sąrašus. Analizė parodė, kad tokio registro buvimas skatina įdiegti prevencines priemones darbo vietose. Pvz., Suomijoje, metalo dirbinius gaminančiose gamyklose, daugumoje cechų, nustatyta pakankama oro teršalų poveikio kontrolė [5, 43, 44].

Lietuvos higienos norma HN 35:2007 reglamentuoja, kad didžiausia leidžiama formaldehido koncentracija (toliau – DLK) yra 0,01 mg/m<sup>3</sup> (paros DLK) [45]. Įvairios šalys savaip reglamentuoja formaldehido DLK gyvenamosiose patalpose. Pvz., Suomijoje patalpų klimatas klasifikuojamas kaip individualus, geras ir patenkinamas (formaldehido DLK atitinkamai yra 0,03 mg/m<sup>3</sup>, 0,05 mg/m<sup>3</sup> ir 0,1 mg/m<sup>3</sup>) [7]. Vengrijoje formaldehido DLK gyvenamųjų patalpų ore yra 0,012 mg/m<sup>3</sup> [25].

Apibendrinant galima pateikti 3 rekomendacijas, norint sumažinti formaldehido poveikį sveikatai, ypač jautriems žmonėms:

- 1) nerūkyti patalpose;
- 2) pakankamai vėdinti patalpas, ypač jei jos neseniai remontuotos;
- 3) naujos apdailos medžiagos turi būti tiriamos dėl išsiskiriančio formaldehido kiekio ir rezultatai turi būti prieinami visuomenei [27, 46].

Rekomenduojama kosmetines priemones laikyti gerai uždarytas bei jas rinktis saugesnes ir be stipraus kvapo [47]. Iki šiol ES lygiu nėra patvirtinta jokių normų, reguliuojančių maksimaliai leidžiamą formaldehido išsiskyrimą iš kilimų. Kai kurios šalys turi savo ženklinimo sistemas, bet jos yra neprivalomos ir skiriasi viena nuo kitos. Žinomiausia ženklinimo sistema – Vokietijos aplinkai draugiškų kilimų asociacijos 1990 m. įdiegta sistema „GUT“ [48]. Europos programa, skirta oro kokybei gyvenamųjų patalpų ore pagerinti, rekomenduoja Europos lygiu sukurti visuotinę statybinių medžiagų kontrolės ir žymėjimo sistemą [46].

Šiuo metu Lietuvoje galiojanti higienos norma HN 105:2004 nereikalauja polimerinių statybos produktų

ir baldinių medžiagų, tiekiamų Lietuvos rinkai, visuomenės sveikatos saugą vertinančių dokumentų. Jie buvo privalomi anksčiau, galiojant HN 105:2001 [49, 50]. Kitose ES šalyse (pvz.: Danijoje, Suomijoje, Švedijoje) jau įteisinta maksimali leidžiama formaldehido, galinčio išsiskirti iš medienos produktų, koncentracija [1, 27, 46].

Didžiausių leidžiamų formaldehido koncentracijų mažinimas turi būti labai apgalvotas: visą dėmesį skiriant tik formaldehido koncentracijai mažinti, gali padidėti kitų teršalų koncentracijos, kas duotų priešingą nei tikėtasi efektą žmogaus sveikatai [7].

### APIBENDRINIMAS

Mokslinėje spaudoje nėra paskelbta daug tyrimų, kurių metu būtų nustatyta formaldehido koncentracija aplinkos ore Lietuvoje, o duomenų apie gyvenamųjų patalpų oro užterštumą formaldehidu Lietuvoje mokslinėje spaudoje skelbta iš viso nebuvo (2000–2010 m.). Lietuvoje taip pat nenagrinėta įvairių veiksnių įtaka formaldehido koncentracijai aplinkos ore. Todėl straipsnyje remiamasi ES šalių patirtimi.

Darbo aplinkoje darbuotojas gali būti veikiamas ne tik formaldehido, bet ir kitų cheminių medžiagų, todėl poveikį reikėtų vertinti kaip kompleksinį. Kompleksinio cheminių medžiagų poveikio įvertinimas yra sudėtingas. Lietuvos higienos norma HN 23:2007 reglamentuoja, kad darbo aplinkos ore esant kelioms skirtingo poveikio cheminėms medžiagoms, apskaičiuojamas jų higieninis efektas. Higieninį efektą turi įvertinti darbo medicinos gydytojas [10].

ES šalys, kurių narė yra ir Lietuva, vis daugiau dėmesio skiria patalpų oro kokybei. Prancūzijoje, Anglijoje ir Vokietijoje patalpų oro kokybė yra labai kruopščiai tirama [7, 24, 28, 42]. Degimo procesai (rūkymas, šildymas dujomis, viryklių naudojimas, medienos deginimas) būstuose – potencialūs formaldehido šaltiniai, bet daug mažiau svarbūs nei baldų ir apdailos medžiagos [28]. Kai kuriose ES šalyse pastebėta formaldehido koncentracijų patalpų ore

mažėjimo tendencija ar netgi teigiama, kad formaldehido poveikis asmeninėje aplinkoje gali būti laikomas kontroliuojamu. Vis dėlto abejojama, ar galima pasiekti, kad formaldehido koncentracija patalpose nuolat būtų mažesnė nei  $0,02 \text{ mg/m}^3$  [7, 33]. Mokyklose ir vaikų lopšeliuose-darželiuose formaldehido koncentracija ore paprastai mažesnė nei visuomeninėse patalpose ar biuruose [32]. Labai trūksta mokslinių duomenų apie formaldehido paplitimą rytinėse ES šalyse.

Kitas praktinis aspektas – oro taršos higieninio įvertinimo spragos. Strasbūre tyrimą atlikę autoriai paskelbė, kad traukinių stoties ir oro uosto laukimo salių, taip pat prekybos centro salių (išskyrus esančią netoli požeminės automobilių aikštelės) oras buvo palyginti mažai užterštas formaldehidu [24]. Nėra aišku, kaip šių visuomeninių patalpų oro taršą reikėtų vertinti Lietuvoje, nes šiuo metu galiojančios higienos normos tokių patalpų oro taršos nereglamentuoja. Taip pat nereglamentuojama oro tarša lauko ore (išskyrus darbo aplinką).

Šiame straipsnyje cituojamų tyrimų autoriai taikė įvairius oro mėginių paėmimo (aktyvų, pasyvų) ir formaldehido nustatymo metodus. Trūksta didesnių tarptautinių tyrimų, palyginančių vidaus ir išorės oro taršą. Labai svarbu, kad būtų taikomi tie patys mėginių paėmimo ir analizės metodai. Mokslinėje literatūroje trūksta duomenų apie formaldehido koncentracijų paplitimą histogramų pavidalu. Taip pat trūksta duomenų apie tai, kokioje dalyje mėginių nustatytos formaldehido koncentracijos viršija ribinius dydžius.

### PADĖKA

Autorės dėkoja Higienos instituto Cheminių veiksnių tyrimo laboratorijos vedėjai Danutei Adamonienei už konsultacijas, rengiant straipsnį.

*Straipsnis gautas 2010-08-31, priimtas 2010-10-19*

## Literatūra

- IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 88. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. WHO, IARC, Lyon, France. 2006;37-327.
- Hathaway GJ, Proctor NH. Chemical hazards of the workplace. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2004;347-351.
- Bosetti C, McLaughlin JK, Tarone RE, La Vecchia C. Formaldehyde and cancer risk: a quantitative review of cohort studies through 2006. *Ann Oncol.* 2008;19:29-43.
- Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerijos vyriausiojo valstybinio gydytojo higienisto 1996 m. vasario 12 d. įsakymas „Dėl cheminių alergenų sąrašo patvirtinimo“. Valstybės žinios. 1996;20-547.
- Suuronen K, Henriks-Eckerman ML, Riala R. Respiratory exposure to components of water-miscible metalworking fluids. *Ann Occup Hyg.* 2008;52(7):607-614.
- Health and environment in Europe: progress assessment. WHO. 2010;105.
- Salthammer T, Mentese S, Marytzyk R. Formaldehyde in the indoor environment. *Chem Rev.* 2010 Apr 14;110(4):2536-2572.
- Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulou S et al. The INDEXX project: executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. *Allergy.* 2008;63:810-819.
- Petrauskaitė-Everatt R, Smolianskienė G, Adamonienė D, Bakienė L, Kaziukonienė D, Jankauskas R. Kancerogenų paplitimas Lietuvos dirbančiųjų darbo aplinkos aplinkos ore. *Visuomenės sveikata.* 2008;4:46-56.
- Lietuvos higienos norma HN 23:2007 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. spalio 15 d. įsakymu Nr. V-827/A1-287. Valstybės žinios. 2007;108-4434.
- Pilidis GA, Karakitsios SP, Kassomenos PA et al. Measurements of benzene and formaldehyde in a medium sized urban environment. Indoor / outdoor health risk implications on special population groups. 2009;150:285-294.
- Pośniak M, Koziele E, Jeżewska A. Occupational exposure to harmful chemical substances while processing phenol-formaldehyde resins. *Int J Occup Safety Ergonom.* 2001;7(3):263-276.
- Westberg H, Löfstedt H, Seldén A et al. Exposure to low molecular weight isocyanates and formaldehyde in foundries using hot box core binders. *Ann occup Hyg.* 2005;49(8):719-725.
- Westberg HB, Seldén AI, Bellander T. Exposure to chemical agents in Swedish aluminum foundries and aluminum remelting plants – a comprehensive survey. *Appl Occup Environ Hyg.* 2001 Jan;16(1):66-77.
- Jacobsen G, Schlünssen V, Schaumburg I, Sigsgaard T. Increased incidence of respiratory symptoms among female woodworkers exposed to dry wood. *Eur Respir J.* 2009;33:1268-1276.
- Priha E, Pennanen S, Rantio T et al. Exposure to and acute effects of medium-density fiber board dust. *J Occup Environ Hyg.* 2004 Nov;1(11):738-44.
- Lillienberg L, Burdorf A, Mathiasson L et al. Exposure to metalworking fluid aerosols and determinants of exposure. *Ann Occup Hyg.* 2008;52(7):597-605.
- Godderis L, Deschuyffeleer T, Roelandt H et al. Exposure to metalworking fluids and respiratory and dermatological complaints in a secondary aluminium plant. *Int Arch Occup Environ Health.* 2008;81:845-853.
- Sunesson AL, Gullberg J, Blomquist G. Airborne chemical compounds on dairy farms. *J Environ Monit.* 2001;3:210-216.
- Salonen HJ, Pasanen AL, Lappalainen SK et al. Airborne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. *J Occup Environ Hyg.* 2009 Mar;6(3):200-209.
- Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P et al. Health complaints and annoyances after moving into a new office building: A multidisciplinary approach including analysis of questionnaires, air and house dust samples. *Int J Hyg Environ Health.* 2006;209:65-68.
- Pośniak M, Makhniashvili I, Koziele E. Volatile organic compounds in the indoor air of Warsaw office buildings. *Indoor Built Environ.* 2005;14(3-4):269-275.
- Maitre A, Soulat JM, Masclat P et al. Exposure to carcinogenic air pollutants among policemen working close to traffic in an urban area. *Scand J Work Environ Health.* 2002;28(6):402-410.
- Marchand C, Bulliot B, Le Calvé S et al. Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France). *Atmosph Environ.* 2006;40:1336-1345.
- Erdei E, Bobvos J, Brózik M et al. Indoor air pollutants and immune biomarkers among Hungarian asthmatic children. *Arch Environ Health.* 2003 June;58(6):337-347.
- Allou L, Marchand C, Mirabel Ph et al. Aldehydes and BTEX measurements and exposures in University libraries in Strasbourg (France). *Indoor Built Environ.* 2008;17(2):138-145.
- Clarisse B, Paurent AM, Seta N et al. Indoor aldehydes: measurement of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings. *Environ Res.* 2003;92:245-253.
- Dassonville C, Demattei C, Paurent AM et al. Assessment and predictor determination of indoor aldehyde levels in Paris newborn babies homes. *Indoor Air.* 2009;19:314-323.
- Raw GJ, Coward S, Brown V et al. Exposure to air pollutants in English homes. *J Exposure Analysis Environ Epidemiol.* 2004;14:85-94.
- Gustafson P, Barregård L, Lindahl R et al. Formaldehyde levels in Sweden: personal exposure, indoor, and outdoor concentrations. *J Exposure Analysis Environ Epidemiol.* 2005;15:252-260.
- Sakai K, Norbäck D, Mi Y et al. A comparison of indoor air pollutants in Japan and Sweden: formaldehyde, nitrogen dioxide, and chlorinated volatile organic compounds. *Environ Res.* 2004;94:75-85.
- Kotzias D. Indoor air and human exposure assessment – needs and approaches. *Experiment Toxicol Pathol.* 2005;57:5-7.
- Lovreglio P, Carrus A, Iavicoli S et al. Indoor formaldehyde and acetaldehyde levels in the province of Bari, South Italy, and estimated health risk. *J Environ Monit.* 2009 May;11(5):955-61.
- Valavanidis A, Vatisa M. Indoor air quality measurements in the Chemistry Department Building of the University of Athens. *Indoor Built Environ.* 2006;15(6):595-605.
- Smedje G, Norbäck D. Irritants and allergens at school in relation to furnishings and cleaning. *Indoor Air.* 2001;11:127-133.
- Fromme H, Heitmann D, Dietrich S et al. [Air quality in schools – classroom levels of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), volatile organic compounds (VOC), aldehydes, endotoxins and cat allergen.] *Gesundheitswesen.* 2008 Feb;70(2):88-97.
- Raaschou-Nielsen O, Hermansen MN, Loland L et al. Long-term exposure to indoor air pollution and wheezing symptoms in infants. *Indoor Air.* 2010 Apr;20(2):159-67.
- Marozziene L, Grazuleviene R. Maternal exposure to low-level air pollution and pregnancy outcomes: a population-based study. *Environ Health.* 2002 Dec 9;1(1):6.
- Turrio-Baldassarri L, Battistelli CL, Conti L et al. Emission comparison of urban bus engine fueled with diesel oil and ‘biodiesel’ blend. *Science Total Environ.* 2004;327:147-162.
- Cerqueira MA, Pio CA, Gomes PA et al. Volatile organic compounds in rural atmospheres of central Portugal. *Science Total Environ.* 2003;313:49-60.
- Duhayon S, Hoet P, Van Maele-Fabry G, Lison D. Carcinogenic potential of formaldehyde in occupational settings: a critical assessment and possible impact on occupational exposure levels. *Int Arch Occup Environ Health.* 2008;81:695-710.

42. Bruinen de Bruin J, Koistinen K, Kephelopoulou S et al. Characterisation of urban inhalation exposures to benzene, formaldehyde and acetaldehyde in the European Union. *Environ Sci Pollut Res*. 2008;15:417-430.
43. Cherrie JW, Van Tongeren M, Semple S. Exposure to occupational carcinogens in Great Britain. *Ann Occup Hyg*. 2007;51(8):653-664.
44. Kauppinen T, Saalo A, Pukkala E, Virtanen S, Karjalainen A, Vuorela R. Evaluation of a National Register on Occupational Exposure to Carcinogens: Effectiveness in the Prevention of Occupational Cancer, and Cancer Risks among the Exposed Workers. *Ann Occup Hyg*. 2007;51(5):463-470.
45. Lietuvos higienos norma HN 35:2007 „Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos ore“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. gegužės 10 d. įsakymu Nr. V-362. *Valstybės žinios*. 2007;55-2162.
46. Franchi M, Carrer P, Kotzias D et al. Working towards healthy air in dwellings in Europe. *Allergy*. 2006;61:864-868.
47. Tsigonia A, Lagoudi A, Chandrinou S et al. Indoor air in beauty salons and occupational health exposure of cosmetologists to chemical substances. *Int J Environ Res Public Health*. 2010;7:314-324.
48. Katsoyiannis A, Leva P, Kotzias D. VOC and carbonyl emissions from carpets: A comparative study using four types of environmental chambers. *J Hazard Materials*. 2008;152:669-676.
49. Lietuvos higienos norma HN 105:2004 „Polimeriniai statybos produktai ir polimerinės baldinės medžiagos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2004 m. gruodžio 9 d. įsakymu Nr. V-895. *Valstybės žinios*. 2004;182-6745.
50. Lietuvos higienos norma HN 105:2001 „Polimeriniai statybos produktai ir baldinės medžiagos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. birželio 25 d. įsakymu Nr. 356. *Valstybės žinios*. 2001;58-2095.
51. Pala M, Uqolini D, Ceppi M et al. Occupational exposure to formaldehyde and biological monitoring of Research Institute workers. *Cancer Detect Prev*. 2008;32(2):121-126.
52. Wantke F, Focke M, Hemmer W et al. Exposure to formaldehyde and phenol during anatomy dissecting course: sensitizing potency of formaldehyde in medical students. *Allergy*. 2000 Jan;55(1):84-87.
53. Jankauskas R, Mačiulytė N. Vilniaus troleibusų vairuotojų skeleto ir raumenų pakenkimai priklausomai nuo profesinio darbo trukmės ir darbo sąlygų vertinimo. *Visuomenės sveikata*. 2004;4(27):61-65.
54. Brzeźnicki S, Gromiec J. [Exposure to selected aldehydes among municipal transport drivers.] *Med Pr*. 2002;53(2):115-117.
55. Norbäck D, Nordström K. Sick building syndrome in relation to air exchange rate, CO<sub>2</sub>, room temperature and relative air humidity in university computer classrooms: an experimental study. *Int Arch Occup Environ Health*. 2008;82:21-30.

## The prevalence of formaldehyde in ambient air in the countries of the European Union and the reduction of its exposure

Lolita Pilipavičienė, Gražina Smolianskienė

Institute of Hygiene

### Summary

Formaldehyde is a chemical carcinogen and allergen. European countries are showing emerging interest in indoor air quality, and formaldehyde is considered one of the most hazardous indoor-originated substances. The aim of this article is to review the prevalence of formaldehyde in ambient air and the reduction of its exposure on the basis of the studies performed in Lithuania and other countries of the European Union and published in research press in 2000–2010. The levels of airborne formaldehyde assessed in the countries of the European Union in a variety of industrial and other occupational places, residential indoor environments and outdoors are presented in tables. Occupational exposure limits and indoor guideline values for formaldehyde are given in the article. Indoor concentrations of formaldehyde are significantly higher than outdoor concentrations. Dwelling factors that are related to

higher formaldehyde air levels are reviewed. Cigarette smoking indoors as a source of formaldehyde is also discussed. The concentrations of formaldehyde are usually higher in the hot season. The indoor guideline values for formaldehyde in a variety of public indoor environments are not regulated in Lithuania.

**Keywords:** formaldehyde, concentration, ambient air.

**Correspondence to** Lolita Pilipavičienė,  
Institute of Hygiene,  
Etmonų 3/6, LT-01129 Vilnius, Lithuania.  
E-mail: lolita.p@dmc.lt

Received 31 August 2010, accepted 19 October 2010