



ÚRAD
VEREJNÉHO
ZDRAVOTNÍCTVA
SLOVENSKEJ
REPUBLIKY



Moderné vzdelávanie
pre vedomostnú spoločnosť
Projekt je spolufinancovaný
zo zdrojov EÚ



Európska únia
Európsky sociálny fond

Slovenská zdravotnícka univerzita

Fakulta verejného zdravotníctva

Faktory vnútorného ovzdušia budov a ich vplyv na zdravie obyvateľov

MUDr. Katarína Slotová, PhD.



Faktory vnútorného ovzdušia budov a ich vplyv na zdravie obyvateľov

Obsah

Úvod - Kvalita vnútorného ovzdušia budov - súčasný stav problematiky	3
Vnútorné ovzdušie budov	3
Účinky znečisteného ovzdušia na zdravie	4
Faktory vnútorného ovzdušia budov	5
Chemické znečisťujúce látky	6
Oxid dusičitý – NO ₂	6
Prchavé organické látky (VOC).....	6
Formaldehyd (HCHO)	8
Oxid uhoľnatý (CO).....	9
Jemné prachové častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	10
Pasívne fajčenie	12
Biologické znečisťujúce látky	13
Roztoče domového prachu	13
Plesne	14
Preventabilné rizikové faktory ochorení.....	16
Literatúra.....	18



Úvod - Kvalita vnútorného ovzdušia budov - súčasný stav problematiky

Vzdelávací modul pojednáva o faktoroch vnútorného ovzdušia budov v ktorých žijú ľudia. Zameriava sa na hodnotenie expozície ľudí týmto faktorom v takých vnútorných priestoroch ako sú domácnosti, zariadenia pre výchovu a vzdelávanie, zdravotnícke zariadenia, zariadenia sociálnych služieb, ubytovacie zariadenia, úrady a rôzne budovy poskytujúce služby obyvateľstvu. Nezameriava sa na pracovné, výrobné prostredie, kde je pracovná expozícia zapríčinená emisiami z výrobných procesov.

Problematika vnútorného ovzdušia budov zostáva jednou z hlavných priorít verejného a preventívneho zdravotníctva. Súvisí to s rozvojom spoločnosti v ekonomickej i materiálnej sfére a tomu zodpovedajúcimi zmenami v životnom štýle populácie. Následkom politických a ekonomických zmien po roku 1989 sa táto problematika prehĺbuje aj v podmienkach Slovenskej republiky. Energetická kríza, nárast cien všetkých druhov energie viedli k zmenám v konštrukčnom riešení budov, k budovaniu tesných budov s cieľom zabrániť únikom tepla a tiež k obmedzovaniu vetrania vnútorných priestorov budov ich obyvateľmi. Rozvojom chemického priemyslu dochádza k nárastu používania nových konštrukčných materiálov a syntetických látok pri výstavbe a zariaďovaní budov, k intenzívnejšiemu používaniu chemických čistiacich a dezinfekčných prostriedkov a k ústupu od používania prírodných materiálov. Ďalšie zmeny súvisia so zmenou životného štýlu obyvateľstva. Tieto hlavné zmeny poznamenali kvalitu vnútorného prostredia tak, že sa začali objavovať početné, nešpecifické zdravotné symptómy, ale aj objasnené ochorenia zapríčinené zhoršenou kvalitou ovzdušia v interiéroch budov a dĺžkou expozície, pretože 75 % obyvateľstva prežíva 2/3 času denne v rôznych typoch vnútorného prostredia.

Vnútorné ovzdušie budov

Vnútorné ovzdušie je možné definovať ako ovzdušie, ktoré má nepriame spojenie s ovzduším vonkajším a je tak ovplyvňované vnútornými zdrojmi a aktivitami, že sa svojou kvalitou môže významne líšiť od vonkajšieho voľného ovzdušia.

Znečisťujúce látky vnútorného ovzdušia budov je možné rozdeliť do skupiny:

- chemických znečisťujúcich látok,
- jemných prachových častíc,



- a biologických znečisťujúcich látok,

Za účelom identifikovania a riešenia problémov je možné členenie aj na:

- znečisťujúce látky, ktorých zdrojom je stavebný materiál a nábytok, najmä: prchavé organické látky(VOC), azbest, formaldehyd, prachové častice,
- znečisťujúce látky, ktorých zdrojom je činnosť človeka, najmä: VOC, CO, pesticídy, fajčenie tabaku –amoniak, nikotín, nitrozamín, benzo-a-pyren,
- znečisťujúce látky vznikajúce pri spaľovaní, najmä: CO, NO₂, VOC, prachové častice,
- znečisťujúce látky vonkajšieho ovzdušia, najmä: CO, NO₂, VOC, prachové častice, ozón,
- znečisťujúce látky vznikajúce v súvislosti s výskytom vlhkosti v budovách- plesne, roztoče, mikroorganizmy a VOC.

Účinky znečisteného ovzdušia na zdravie

Za normálnych podmienok vdýchne človek 10 000-20 000 litrov vzduchu každý deň – t.j. okolo 7-14 litrov vzduchu za minútu. Pri fyzickej záťaži (napr. pri pomalom behu) môže človek vdýchnuť viac ako 50 litrov vzduchu za minútu. Trojročné deti vdýchnu v kľude dvakrát viac vzduchu na kilogram telesnej hmotnosti ako dospelí. Pretože ich dýchacie cesty sú užšie a pľúca sú stále v štádiu vývoja, problémy v dôsledku vdychovania znečisťujúcich látok sú u nich závažnejšie a dlhšie trvajúce.

Úroveň celkovej expozície ľudí znečistenému ovzdušiu závisí od podielu času prežitého vo vonkajšom a vnútornom prostredí, schopnosti jednotlivých znečisťujúcich látok vo vonkajšom ovzduší preniknúť do vnútorného prostredia budov, od výšky koncentrácií znečisťujúcich látok vznikajúcich vo vnútornom prostredí napr. z kúrenia, varenia, fajčenia, z náterových hmôt, bytového zariadenia a stavebných materiálov.

Ďalšou zo zásad pri hodnotení expozície a zdravotných účinkov znečisťujúcich látok je zohľadnenie rozdielu medzi ich dvoma základnými kategóriami: akútnymi (krátkodobými) a chronickými (dlhodobými) účinkami. Ako akútne účinky znečisteného ovzdušia na zdravie populácie sa všeobecne považujú krátkodobé zmeny v kvalite ovzdušia trvajúce v priebehu niekoľkých hodín až celého dňa. Najčastejšie prejavy akútnych účinkov sú: podráždenie slizníc očí, horných ciest dýchacích, kašeľ, zvýšená citlivosť dýchacích ciest na alergény, exacerbácia astmy, zvýšený výskyt akútnych respiračných



ochorení. Chronické účinky, t.j. dlhodobá expozícia znečistenému ovzdušiu, boli študované v súvislosti s výskytom chronických respiračných ochorení, narastajúcej mortality a skrátenia očakávanej dĺžky života. Bolo zistené, že účinky sa vyskytujú pri rôznych koncentračných úrovniach znečisťujúcich látok, vrátane koncentrácií považovaných za „nízke“. Preto stratégia redukcie expozície nemôže byť limitovaná len na elimináciu extrémnych prípadov vysokého znečistenia ovzdušia, ale aj na priemerné úrovne expozície obyvateľstva. Medzi následky chronických účinkov patria najmä: zhoršenie pľúcnych funkcií, zvýšená náchylnosť k chronickým obštrukčným pľúcny ochoreniam. V každej z týchto kategórií môžu zdravotné účinky nadobúdať rôzny rozsah závažnosti.

Niektoré znečisťujúce látky môžu mať definovanú tzv. prahovú hodnotu expozície, pod hodnotou ktorej nie je pozorovaný zjavný zdravotný efekt, ako je to napr. u SO₂, NO₂ a u ďalších znečisťujúcich látok, ktorých limity sú v Slovenskej republike legislatívne upravené. Ďalšie môžu mať tzv. bezprahový efekt s možnosťou výskytu určitého účinku nezávisle od úrovne expozície, napr. benzén.

V populácii nie sú všetci jednotlivci postihnutí rovnako pri tom istom environmentálnom nebezpečenstve. V citlivosti na expozíciu sa môžu vyskytovať značné odchýlky vplyvom veku, charakteru výživy, genetickej predispozície a celkového stavu zdravia, ktoré sú dôležitými determinantami individuálnej zraniteľnosti. Odhady rizík musia byť vykonané pre konkrétne vysokorizikové skupiny ako sú napr. dojčatá, malé deti, starí ľudia, tehotné ženy a ich plody, podvyživení a chronicky chorí ľudia. Identifikácia týchto rizikových skupín je obzvlášť dôležitá, pretože u nich sa zvyčajne prejavujú prvé príznaky nepriaznivého zdravotného účinku súvisiaceho so vzostupom znečistenia.

Faktory vnútorného ovzdušia budov

Faktory vnútorného ovzdušia je možné rozdeliť do dvoch skupín:

1. Chemické, mikrobiologické a biologické faktory, ktoré zapríčiňujú nevyhovujúcu kvalitu vnútorného ovzdušia budov.
2. Fyzikálne faktory, ktoré ovplyvňujú mikroklimu vnútorného prostredia budov –teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu, prúdenie vzduchu, výmena vzduchu.

Medzi pôsobením týchto faktorov nie je možné stanoviť presnú hranicu rovnako ako zdravotné problémy v súvislosti s pobytom v budove nemajú len jednu príčinu, ktorú je možné identifikovať a odstrániť.



Chemické znečisťujúce látky

Oxid dusičitý – NO₂

Niektorými znečisťujúcimi látkami sa z hľadiska ochrany zdravia obyvateľstva zaoberáme z dôvodu ich dlhodobého účinku a hodnotenie účinkov na zdravie je založené na celkovom dennom príjme. Naopak, NO₂ sa venuje pozornosť najmä z dôvodu jeho akútneho účinku pri ktorom celkový denný príjem je menej dôležitý ako krátkodobé prekročenie daného limitu. Ako najnižšia úroveň z hľadiska ochrany zdravia obyvateľstva 200 µg/m³/1 hod je často prekračovaná v takých prostrediach ako sú napr. kuchyne a kabíny áut.

Bolo odhadnuté, že používanie plynových spotrebičov vo vnútornom prostredí zvyšuje dlhodobú priemernú koncentráciu NO₂ v priemere o 50 µg/m³ v kuchyniach a o 30 µg/m³ v obývacích izbách.

Oxid dusičitý (NO₂) je oxidatívny plyn, ktorý poškodzuje pľúcne funkcie. NO₂ nie je dobre rozpustný v slizniciach respiračného traktu, a preto môže penetrovať hlbšie do dolných dýchacích ciest – pľúc a poškodzuje bronchioly a alveolárne priestory. Pri koncentráciách vyšších ako sa nachádzajú vo vonkajšom i vnútornom ovzduší za bežných podmienok ovplyvňuje dôležité obranné mechanizmy pľúc ako je samočistiaca schopnosť, aktivita alveolárnych makrofágov a lokálne a systémové imunitné reakcie. Možné nežiadúce účinky NO₂ na ľudské zdravie: nárast incidencie, prevalencie a závažnosti respiračných infekcií zvlášť medzi deťmi, respiračných symptómov, redukcia pľúcnych funkcií a zhoršenie klinického stavu ľudí s ochorením na astmu, chronické, obštrukčné pľúcne alebo iné chronické respiračné ochorenia.

V meta - analýze údajov z 11 štúdií bol odhadnutý 20 % nárast respiračných ochorení medzi deťmi žijúcimi v domoch vybavených plynovými spotrebičmi.

Prchavé organické látky (VOC)

Najdôležitejším a najrozšírenejším zdrojom expozície VOC je používanie benzínu v motoroch áut. Dôležité sú pritom základné zložky benzínu, ktoré sa uvoľňujú prchaním počas tankovania benzínu a z horúcich motorov v garážach, ako aj čiastočne oxidované zlúčeniny z výfukových plynov.

Medzi aktivity človeka, ktoré ovplyvňujú koncentrácie VOC vo vnútornom prostredí je možné zaradiť:

- maľovanie, natieranie, lepenie (xylén, etylbenzén, dekan, dodekan a benzén),
- čistenie domácností, návšteva čistiarne (1,1,1 – trichlóretan a tetrachlóretylén),
- používanie dezodorantov, ošetrovanie, starostlivosť o telo (dichlórbenzén),



- umývanie riadu, pranie bielizne, fajčenie a šoférovanie (benzén, xylén, etylbenzén),
- kontrola výskytu škodcov (fungicídy, herbicídy, naftalíny),

Prchavých organických látok vyskytujúcich sa v životnom prostredí človeka sa odhaduje na cca 200 druhov. Prehodnotených bolo 68 štúdií zameraných na VOC s týmito závermi:

- priemerná koncentrácia každej jednotlivej VOC v budovách je všeobecne menšia ako $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vo väčšine prípadov menšia ako $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zatiaľ čo koncentrácie celkového množstva VOC sú v domácnostiach podstatne vyššie (často $1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$),
- priemerné koncentrácie jednotlivých VOC a celkového množstva VOC (TVOC) v domácnostiach sú všeobecne vyššie ako v budovách pre služby a verejnosť,
- koncentrácie VOC sú v nových, alebo v rekonštruovaných budovách oveľa vyššie ako v starších budovách podľa druhu použitého stavebného materiálu a zariadenia budovy,
- koncentrácie jednotlivých VOC, alebo celkového množstva VOC v budovách ktoré sú príčinou značných sťažností môžu, ale nemusia byť väčšie ako v ostatných budovách,

Účinky na zdravie

WHO identifikuje 3 hlavné účinky VOC na zdravie ľudí:

- zápach a ostatné účinky na zmyslové ústrojenstvo ako je napr. dráždenie,
- iritácia mukózy a ostatné ochorenia zapríčinené systémovou toxicitou,
- genotoxicita a karcinogenita,

Ľudia vnímajú prítomnosť VOC v ovzduší podľa ich zápachu. Adaptácia na expozíciu VOC je malá.

Citlivosť rôznych ľudí na tie isté stimuly je rôzna a môže sa líšiť až 1000 násobne. Možné účinky niektorých VOC prítomných vo vnútornom ovzduší budov sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Neurotoxické účinky VOC bežne sa nachádzajúcich vo vnútornom ovzduší budov.

Chemická látka	Účinok
benzén	depresia centrálného nervového systému (CNS), závraty, kŕče, spazmy
M-butylacetát	depresia CNS
2-butanone	depresia CNS, závraty, poruchy videnia
cyklohexan	triaška, zníženie reflexov, neuróza
etylbenzén	únava, závraty, nedotklivosť



M-hexan	depresie CNS, motorická dysfunkcia, periférna neoropathia
toluén	strata pamäti, rovnováhy, poruchy videnia, pokles reakčného času, triaška,
p-xylén	depresie, CNS zápaly, kŕče, spazmy

Zdroj: Otto, 1992

Terénne a laboratórne skúsenosti potvrdzujú, že účinky na zdravie ľudí a diskomfort sú nepravdepodobné pri úrovni expozície pod $0,2 \text{ mg/m}^3$ a veľmi pravdepodobné pri expozícii koncentráciám prekračujúcich 2 mg/m^3 .

Genotoxicita a karcinogenita VOC sa prejavuje ako následok dlhodobej expozície. Predpokladá sa, že neexistuje prahová koncentrácia pod ktorou k vzniku karcinogénnych účinkov nedochádza a odhad rizika je preto v rozsahu veľmi nízkych koncentrácií. Podľa klasifikácie medzinárodnej agentúry pre výskum rakoviny z VOC bežne sa nachádzajúcich vo vnútornom ovzduší je len benzén zaradený do skupiny 1 (dokázaný karcinogén pre človeka) a 5 druhov VOC – tetrachlormetan, chloroform, 1,2-dichloreten, p-dichlorbenzén a styrén bolo zaradených do skupiny 2B - pravdepodobný ľudský karcinogén.

Formaldehyd (HCHO)

Zdroje formaldehydu sú v prírode dynamické, stávajú sa intermitentné (napr. fajčenie tabaku) alebo kontinuálne, ale rôznej intenzity. Drevotrieska, izolačné peny sú príkladom kontinuálneho zdroja, ale intenzita emisií sa mení v závislosti na podmienkach prostredia a veku výrobku. Tendencia emisií klesá s časom po inštalácii a stúpa pri vyššej teplote a vlhkosti ovzdušia.

Konečná koncentrácia formaldehydu v obytných priestoroch závisí na kombinácii prítomnosti zdrojov, riediaceho účinku ventilácie a adsorbcie a re-emisie povrchmi a materiálmi v prostredí. Okrem toho koncentrácie formaldehydu sú rôzne počas dňa v závislosti na zmene teploty ako aj v sezónach roka. Vyššie koncentrácie formaldehydu sú počas letných mesiacov. Koncentrácie formaldehydu vo väčšine domácností neprekračujú $0,1 \text{ mg/m}^3$.

Účinky na zdravie

Cestami expozície človeka formaldehydu sú inhalácia, ingescia a dermálna absorbcia. Formaldehydu sú pripisované mnohé nežiadúce zdravotné následky. Najviac dôkazov je o dráždiacich účinkoch očí a horných dýchacích ciest. V tabuľke 2 sú uvedené prahové koncentrácie účinkov a rozpätie hodnôt odrážajúcich variabilitu reakcií jednotlivcov na formaldehyd.



Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny klasifikuje formaldehyd ako možný karcinogén, v našej legislatíve je zaradený ako chemická, toxická látka.

Tabuľka 2: Účinky formaldehydu na človeka počas krátkodobej expozície

Účinok	Koncentrácie formaldehydu (mg/m ³)	
	Odhadnutá priem. koncentr.	Rozpätie hodnôt
Prah vnímania zápachu	0,1	0,06 – 1,2
Prah dráždenia očí	0,5	0,01 – 1,9
Prah dráždenia hrdla	0,6	0,1 – 3,1
Pocit dráždenia v nose, hrdle	3,1	2,5 – 3,7
Tolerov. 10 min. (slzenie)	5,6	5 – 6,2

Zdroj: WHO,1987

Oxid uhoľnatý (CO)

Zdrojom CO vo vnútornom ovzduší je nedokonalé spaľovanie všetkých uhľíkatých palív. Emisie z plynových spotrebičov, plynových ohrievačov vody, z ostatných neodvetraných vykurovacích telies a spaľovacích motorov umiestnených vo vnútri budovy (v garážach) môžu zvyšovať koncentrácie CO vo vnútornom ovzduší nad veľkosť koncentrácie CO vo vonkajšom ovzduší, a to až do zdraviu nebezpečných koncentrácií.

Väčšina posledných štúdií poukazuje, že údaje o koncentráciách CO vo vonkajšom ovzduší zo stálej monitorovacej stanice kvality voľného ovzdušia podhodnocujú osobnú expozíciu CO za 1 hodinu počas dochádzania do zamestnania faktorom 1,4 – 2,1.

Štúdie osobnej expozície CO detí v Helsinkách poukázali, že:

- deti žijúce v domoch s plynovými sporákmi sú exponované signifikantne vyšším koncentráciám CO počas jednej hodiny (50 % pod 2,2 µg/m³ CO a 90 % pod 7 µg/m³) ako deti žijúce v domoch s elektrickými vykurovacím telesami (30 % pod 1,3 µg/m³ a 90 % pod 4 µg/m³ CO),
- deti cestujúce v autách alebo autobusoch sú exponované hladinám CO 3 – 4 krát väčšími ako tie, ktoré cestujú inými prostriedkami (metro, vlak).

Narastajúca hladina osobnej expozície CO často naznačuje aj súčasne narastajúcu expozíciu benzénu, toluénu a xylénu, pretože motorové vozidlá sú bežným zdrojom všetkých týchto znečisťujúcich látok.



Účinky na zdravie

Oxid uhoľnatý je plyn bez farby a zápachu ktorý reaguje 210 krát silnejšie s krvným hemoglobínom ako kyslík a tvorí sa karboxyhemoglobín. 1-2 % hladiny karboxyhemoglobínu nie sú nebezpečné a sú normálne pre nefajčiace dospelé osoby. Príznaky nežiadúcej expozície sa objavujú pri hladinách málo zvýšených, napr. pri hladinách 2,3–4,3 % karboxyhemoglobínu dochádza k rýchlejšiemu vyčerpaniu cvičiaceho mladého muža a pri hladinách 2,9-4,5 % karboxyhemoglobínu aj kratšie trvanie cvičenia zapríčiňuje bolesti u pacientov s angínou pectoris.

Zvyšovanie hladín karboxyhemoglobínu v krvi zapríčiňuje bolesti hlavy, nauzeu a pocit slabosti. Objavenie sa týchto symptómov je medzi jednotlivcami veľmi variabilné. V uzatvorenom prostredí hladiny CO môžu dosiahnuť dostatočnú výšku na zapríčinenie vzniku symptómov akútnej otravy CO a dokonca aj smrť. Väčšina prípadov fatálnej otravy CO sa vyskytuje vo vnútornom prostredí s neodvetranými kozubmi a plynovými spotrebičmi.

Jemné prachové častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Osobná expozícia respirabilným frakciám polietavého prachu sa od roku 1980 študovala v mnohých štúdiách, ktorých závery sú najmä tieto:

- koncentrácie prachových častíc vo vonkajšom ovzduší merané na stabilnom mieste nie sú dôležitým ukazovateľom osobnej expozície človeka,
- úrovne osobnej expozície človeka sú systematicky vyššie ako koncentrácie jemných prachových častíc vo vonkajšom, ale aj vo vnútornom ovzduší,
- úrovne osobnej expozície ľudí exponovaných PM z tabakového dymu sú takmer 2- krát vyššie ako tých, ktorí tabakovému dymu exponovaní nie sú,
- počas zimných epizód so stagnáciou ovzdušia je individuálna expozícia a koncentrácie jemných prachových častíc vo vnútornom ovzduší budov vysoko ovplyvnená koncentraciami jemných prachových častíc vo vonkajšom ovzduší,
- najvýznamnejšími činnosťami, ktoré zapríčiňujú zvyšovanie koncentrácií jemných prachových častíc vo vnútornom ovzduší budov je varenie, vysávanie, prášenie, zametanie a fajčenie tabaku.

Účinky na zdravie

Zdravotno-hygienické hodnotenie vplyvu prachových častíc sa opiera o posúdenie schopnosti prachu prenikať do respiračného systému človeka. Tá závisí od veľkosti častíc a od ich vlastností, napr.



rozpuštnosti vo vode. Vo všeobecnosti platí, že s klesajúcim priemerom prachových častíc a ich nerozpuštnosti vo vode rastie miera ich nebezpečnosti pre zdravie človeka.

Rozdelenie častíc polietavého prachu podľa schopnosti prenikať do respiračného systému človeka - častice s priemerom:

- nad 11 μm neprenikajú do dýchacích ciest,
- 7-11 μm zasahujú oblasť nosa,
- 4,7-7 μm prenikajú do hrtana,
- 3,3-4,7 μm prenikajú do priedušnice a primárnych priedušiek,
- 2,1-3,3 μm prenikajú do sekundárnych priedušiek,
- 1,1-2,1 μm prenikajú do terminálnych priedušiek,
- 0,65-1,1 μm prenikajú do pľúc,
- 0,43-0,65 μm sa dostávajú až do pľúcnych alveol,

Prach môže spôsobovať dráždenie očí, nosa a hrdla. Väčšie častice s aerodynamickým priemerom väčším ako 10 μm sa zachytávajú v nose a v hrdle a obyčajne sú vylúčené prirodzeným obranným mechanizmom ľudského organizmu.

Z hľadiska možného ohrozenia zdravia človeka majú teda význam hlavne častice menšie ako 2,5 μm , ktoré prenikajú hlbšie do bronchiolov a alveol pľúc. Asi polovica týchto častíc nie je vydýchnutých a ak sú nerozpuštné, potom sú z alveolárneho tkaniva odstraňované veľmi pomaly.

Existuje niekoľko teórií o mechanizme účinku prachových častíc:

- zápalové procesy v pľúcach vyprovokované oxidačným stresom spôsobujú najmä:
 - ultrajemné častice menšie ako 0,02 μm ,
 - kyslé častice alebo častice s naviazanými molekulami kyselín,
 - častice s naviazanými kovmi, ktoré vytvárajú toxickejšie kyslíkové deriváty,
- prachové častice prenikajú a usadzujú sa v stenách alveol. Dlhodobá expozícia vysokým koncentráciám prachových častíc je potom spojená so zmenami v týchto stenách a podporuje vznik chronických obštrukčných pľúcnych zmien,

Pozorované účinky na zdravie ľudí naznačujú, že nežiadúce účinky na zdravie ľudí existujú už pri veľmi nízkych koncentráciách prachových častíc a že je zložitá určiť prahovú koncentráciu pod ktorou sa tieto nežiadúce účinky nevyskytujú. Krivka expozícia - odpoveď prebieha pravdepodobne lineárne. Bolo zistené, že dlhodobá expozícia nízkym koncentráciám jemných prachových častíc (okolo 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$)



súvisí s nárastom mortality a chronických účinkov na respiračný systém (zápalové ochorenia, bronchitída, zmeny pľúcnych funkcií), čo podporuje hypotézu bezprahového účinku jemných prachových častíc.

Pasívne fajčenie

Tabakový dym je všade prítomný v prostredí v ktorom človek žije a v ktorom je súčasne človek fajčiaci tabak. Je známych mnoho molekulárnych a biochemických markerov, ukazovateľov svedčiacich pre prítomnosť cigaretového dymu, ale neexistuje ukazovateľ, ktorý by hodnotil celú integrovanú dávku, ktorá pôsobí na organizmus. Biologické ukazovatele umožňujú hodnotiť súčasnú, alebo veľmi nedávnu expozíciu – prítomnosť tabakového dymu za posledných 48, maximálne 72 hodín, ale väčšinou sa týmito údajmi overuje len validita údajov získaných anamnézou.

Jediným špecifickým ukazovateľom, ktorý je súčasťou hlavného aj vedľajšieho prúdu tabakového dymu a ktorý je možné hodnotiť je nikotín. U aktívneho i pasívneho fajčenia teda hodnotíme expozíciu tabakovému dymu formou zisťovania prítomnosti nikotínu a jeho hlavného metabolitu, kotinínu.

Biologickým ukazovateľom expozície tabakovému dymu je aj thiokyanát. Vzniká v pečeni ako metabolit kyanovodíka. Jeho zdrojom okrem tabakového dymu môže byť aj potrava – listová zelenina, orechy, pivo. Thiokyanát sa vylučuje obličkami a jeho polčas je 7 – 14 dní. Dokázateľný je v slinách, kde dosahuje desaťnásobné koncentrácie oproti koncentráciám v krvnom sére. Koncentrácia thiokyanátu je v organizme pomerne stabilná, je dvakrát až štyrikrát vyššia u fajčiarov ako u nefajčiarov a je dokázateľná po zanechaní aktívneho i pasívneho fajčenia ešte za 3 – 6 týždňov.

Účinky na zdravie

Pasívne fajčenie ohrozuje zdravie všetkých skupín populácie od nenarodených až po populáciu starých ľudí, a to následkom krátkodobej a dlhodobej expozície. Okrem znehodnocovania životného prostredia a znižovania komfortu pasívne fajčenie má najmä tieto účinky:

- Zhoršuje priebeh a bolesti na hrudi u ľudí s koronárnym ochorením srdca, a to najmä následkom znižovania záťažovej tolerancie u osôb s angínou pectoris. Pasívne i aktívne fajčenie je rizikový faktor kardiovaskulárnych chorôb.
- Konkrétnu spojitosť medzi pasívnym fajčením a bronchiálnou astmou epidemiologické štúdie zatiaľ nedokázali. Expozícia tabakovému dymu zhoršuje priebeh astmy, zvyšuje frekvenciu a závažnosť ataky bronchiálnej konstriktie zvlášť u ľudí s astmatickým ochorením alebo ataky stenóznej faryngitídy.



- Dráždenie očných spojoviek, nosnej sliznice a sliznice horných ciest dýchacích, častejšie zápaly stredoušia sú dávané do spojitosti s pasívnym fajčením detskej populácie .
- Expozícia detí pasívnemu fajčeniu zvyšuje aj riziko infekcií dolných dýchacích ciest – bronchitídy, pneumónie, redukuje pľúcne funkcie. Je príčinou vzniku symptómov dráždenia horných dýchacích ciest, výtokov zo stredného ucha.
- Tabakový dym zvyšuje riziko vývoja zhubných ochorení – rakoviny pľúc o 30 %, rakoviny mozgu, močového mechúra, prsníka, riziko vzniku leukémie zvyšuje až 6 krát atď.

Biologické znečisťujúce látky

Roztoče domového prachu

Roztoče sú nesegmentované pavúky, ktorým chýba prieduch do dýchacej sústavy a výkonný respiračný systém. Niektoré druhy roztočov sú predátory, iné sa živia šupinami ľudskej alebo zvieracej kože, plesňami a baktériami. Množstvo druhov roztočov bolo identifikovaných v prachu budov a to nielen v domácnostiach, ale aj v školách, úradoch a iných budovách. Druhy roztočov, ktoré majú prevahu vo väčšine časti sveta, patria do čeľade Pyroglyphidae. Najznámejšie druhy sú *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae* a *Euroglyphus maynei*. Roztoče sa nachádzajú vo väčšine domov, žijú v domovom prachu. Je možné ich nájsť najmä v kobercoch a v mäkkom nábytku. Najdôležitejším rezervoárom roztočov sú postele, a to z dôvodu vyhovujúceho prostredia (vlhkosť) a dostatočných zdrojov výživy. Vo všetkých domoch sa nachádzajú zdroje výživy pre roztoče, ale v bytoch a domoch na bývanie je výskyt roztočov vyšší ako v domoch pre verejnosť – školy, úrady, alebo v priestoroch verejnej dopravy.

Budovy so zvýšenou relatívnou vlhkosťou vzduchu majú zvýšené koncentrácie roztočov a alergénov roztočov v prachu. Najväčší výskyt roztočov a alergénov roztočov je vo vlhkých, teplých regiónoch sveta a najnižší v suchých regiónoch. Nižší výskyt roztočov a alergénov roztočov sa zistil aj vo vysokých nadmorských výškach a to z dôvodu zníženej teploty vzduchu.

Účinky na zdravie

Najdôležitejšou a najčastejšou cestou expozície človeka je inhalácia. Alergény roztočov sú najčastejšou príčinou alergickej precitlivenosti zvlášť u jedincov geneticky predisponovaných k vývoju atopického ochorenia a sú považované za najdôležitejšie alergény súvisiace s výskytom astmy. Podieľajú sa na rozvoji astmy, rinitídy a ekzémov u atopických jedincov a zohrávajú dôležitú úlohu v symptómoch atopickej dermatitídy. Voorhorst a spol. boli prvými, ktorí v roku 1964 naznačili, že roztoče sú významné



zdroje alergénov a to preukázaním, že jedinci alergickí na domáci prach majú pozitívne kožné testy na extrakty *Dermatophagoides pteronyssinus*. Následne potom boli veľké alergény roztočov *D. pteronyssinus* a *D. farinae* identifikované ako Der p1 a Der f1. Sú to proteolytické enzýmy sekretované zažívacím traktom roztočov a nachádzané vo vysokých koncentráciách v ich fekáliách. Fekálie tvaru guľiek sú podobné peľovým zrnám s priemerom 10-35 μm a obsahujú množstvo alergénov veľkosti okolo 2 μm .

Pre hodnotenie zdravotných účinkov expozície alergénom roztočov Svetová zdravotnícka organizácia navrhla tieto odporúčané hodnoty:

- hladina 2 μg Der p1/1g prachu (ekvivalentné 100 roztočov/g prachu) bola navrhnutá ako reprezentujúce riziko vyvolania alergickej senzibilizácie,
- hladina 10 μg Der p1/1g prachu (ekvivalentné 500 roztočov/g prachu) bola navrhnutá ako reprezentujúce riziko akútnych alebo vážnych astmatických záchvatov,

Plesne

Plesne sú mikroskopické organizmy, ktoré sú v prírodnom prostredí všade prítomné. Rastú aj v umelom prostredí vytvorenom človekom akonáhle to podmienky v takto vytvorenom prostredí dovoľia.

Rast plesní podmieňuje prítomnosť živín (napr. papier, drevo, koža, bavlna), teplota vzduchu v rozpätí 20-35°C, vo väčšine prípadov kyslík potrebný pre chemické reakcie, prítomnosť vody, vlhkosti, ktorú plesne potrebujú najmä z materiálov na ktorých rastú, nie zo vzduchu. To naznačuje, že kondenzácia vody a vlhkosť na povrchoch je oveľa viac významnejšia pre rozvoj plesní ako relatívna vlhkosť vzduchu. Preto väčšina problémov s rastom plesní sa vyskytuje v menej kvalitných interiéroch kde nedostatočné tesnenia a izolácie vedú k nárastu povrchovej vlhkosti a k nižším teplotám vzduchu.

Zvláštnu pozornosť je treba venovať kúpeľňam a kuchyniam, kde vysoká vlhkosť vzduchu môže viesť ku kondenzáciám vody na povrchoch, alebo nedostatočne vykurované spálne, v ktorých nízka teplota vzduchu zvyšuje kondenzáciu.

Už 70 % relatívna vlhkosť vzduchu je dostatočná na opakovanú kondenzáciu pary na povrchoch a oknách. Pri nízkych teplotách vzduchu dochádza ku kondenzáciám už pri 50 % relatívnej vlhkosti vzduchu.

Potenciálne mechanizmy, ktorými plesne vo vnútornom prostredí budov môžu indukovať vznik astmy sú: imunoglobulín E – mediatované hypersenzitívne reakcie, toxické reakcie zapríčinené mykotoxínmi a nešpecifické zápalové reakcie zapríčinené dráždivým účinkom prchavých organických látok



produkovaných mikróbmi alebo komponentmi bunečnej steny ako je 1,3- β -D glukán a ergosterol. Mykotoxíny sú produkované ako sekundárne metabolity mnohými plesňami a sú známe medzi najviac karcinogénnymi látkami. Akútne toxické účinky vzduchom prenášaných mykotoxínov sú identifikované zriedka, ale nízke hladiny chronických účinkov môžu byť významné.

Expozícia plesniam je komplexná. Plesne môžu obsahovať alergény, dráždivé látky, toxíny, potenciálne infekčné jednotky. (1 \rightarrow 3) – β -D-glukán-glukózové polyméry, ktoré sú ako štrukturálne zložky bunečnej steny väčšiny plesní známe ako stimulanty makrofágov a neutrofilov a sú považované za dobré markery celkovej úrovne koncentrácie plesní v prachu podláh. Inhalácia (1 \rightarrow 3)- β -D-glukánov má vplyv na zápalové bunky, ktoré môžu súvisieť s chronickou expozíciou plesniam v domácnosti. Plesne sú ubikvitárne a nie je možné kompletne zabrániť ich expozícii.

Účinky na zdravie

Existencia plesní ako takých nepredstavuje pre človeka priame ohrozenie zdravia, ale za účinky na zdravie sú zodpovedné emisie z plesní. Reakcie organizmu ako následky expozície plesniam je možné rozdeliť do 5 kategórií:

- Všeobecné systémové reakcie: bolesti hlavy, únava, pocit na zvracanie a teplota sú typické zdravotné účinky a sú všeobecne spájané s rastom plesní v budovách.
- Dráždenie očí a dýchacích ciest: bolo odhadnuté, že u 40 % - 50 % obyvateľov budov, kde sú problémy s rastom plesní sa vyvíjajú známky dráždenia. Opuchnutie očí, pískanie na hrudníku pri dýchaní alebo pocit nedostatku dychu sú typické symptómy, ale tieto miznú krátko po ukončení expozície. Hoci sa tieto symptómy spájajú s rastom plesní, sú nešpecifické, vyskytujú sa aj z dôvodu mnohých iných príčin.
- Opakované infekcie: chrípka, bronchitída, infekcie stredného ucha sú príklady reakcie organizmu na plesne. Rast plesní je častou príčinou ťažkej liečby respiračných infekcií a ich opakovaného výskytu. Obyčajne to nie je z toho dôvodu, že infekciu zapríčiňujú plesne, ale preto, že plesne zvyšujú individuálnu vnímavosť na infekcie.
- Vážne, alebo chronické ochorenia: astma a rôzne druhy alergií ako je alergická alveolitída môže byť nový horší alebo dokonca celoživotný následok expozície plesniam. Alveolitída môže mať veľmi vážne zdravotné následky, ktoré sú príčinou redukovanej aktivity alveol, t.j. časti pľúc kde dochádza k výmene plynov. Priamym následkom môže byť invalidita, alebo dokonca predčasná smrť.

V prípade astmy sa predpokladá, že plesne môžu zapríčiniť včasný začiatok astmy a jej opakované exacerbácie.



- Toxické a karcinogénne účinky na zdravie: mykotoxíny plesní môžu byť inhalovateľné spórami plesní nesúcimi toxín. Symptómy následkom expozície toxínu sú: nauzea, alergie alebo hnačka. Špecifická skupina aflatoxínov emitovaných plesňami rodu *Aspergillus* species je karcinogénna a môžu podporovať rast zhubných nádorov.

Preventabilné rizikové faktory ochorení

Jednou z vážnych bariér efektívnej primárnej prevencie sú medzery medzi vedomosťami a ich aplikáciou do praxe. Príčiny sú v konzervatívnom prístupe k novým poznatkom, čoho dôsledkom je čiastočná, alebo úplná absencia hodnoverných údajov, ktorými máme argumentovať dôležitosť primárnej prevencie.

Signifikantné rozdiely vo výskyte respiračných symptómov je možné prisúdiť kombinácii účinkov znečisteného voľného ovzdušia, prítomnosti zdrojov znečistenia vnútorného ovzdušia, individuálnych rizikových faktorov a absencii protektívnych faktorov.

Preventabilné rizikové faktory sú faktory, ktoré sú významné v súvislosti s výskytom ochorení a ktoré je možné ovplyvniť zmenou podmienok života v domácnostiach a zmenou životného štýlu detí a rodín. Ako preventabilné rizikové faktory vnútorného prostredia budov a životného štýlu ľudí je možné na základe vykonaných štúdií identifikovať: stopy vlhkosti, alebo plesní v bytoch, používanie plynu na varenie a prikurovanie, koberec od steny po stenu v spálni dieťaťa, chov domáceho zvierťa so srstou alebo perím v byte, stredná a vysoká intenzita automobilovej dopravy v blízkosti obytného domu, fajčenie matky v súčasnosti, fajčenie matky v tehotenstve, krátka doba pobytu vo vonkajšom prostredí, vzdelanostná úroveň matky nižšia ako vysokoškolská.

Protektívne faktory napr. vzniku respiračných ochorení sú faktory, ktoré môžu zohrávať významnú úlohu v prevencii týchto ochorení, pretože sú v organizme schopné modifikovať stupeň vnímavosti či odolnosti jednotlivca a tým aj vplyv rizikových faktorov zo životného prostredia. Ako protektívne faktory môžeme identifikovať: dojčenie, matka nefajčiarka, dlhší čas prežitý vo vonkajšom prostredí, konzumácia čerstvej zeleniny a ovocia, konzumácia rýb, prítomnosť súrodenca, vyššia vzdelanostná úroveň.

Pre manažment rizík za účelom minimalizovania rizík zo životného prostredia je významné presadzovanie týchto opatrení:

- znižovanie znečistenia voľného ovzdušia jemnými prachovými časticami a oxidmi dusíka,
- umiestňovanie bytovej výstavby, výstavby predškolských a školských zariadení mimo oblastí s intenzívnou automobilovou dopravou,



- presadzovanie údržby nezastavaných plôch v obytnom prostredí, odstraňovať neupravené plochy s výskytom burín a presadzovať výsadbu zelene bez alebo s nízkou alergizujúcou aktivitou,
- presadzovanie výstavby a údržby bytového fondu bez výskytu vlhkosti a plesní v ich vnútornom prostredí,

Pri presadzovaní prevencie a intervencií s cieľom minimalizovania rizikových faktorov a posilňovania protektívnych faktorov je dôležitá aktívna spolupráca odborníkov verejného zdravotníctva s lekármi prvého kontaktu pri identifikácii rizikových faktorov detí s chronickými respiračnými ochoreniami, alergiami a astmou.

Dôležitá a významná je výchova obyvateľstva o rizikových faktoroch vnútorného prostredia budov a o protektívnych faktoroch redukujúcich nežiadúci vplyv faktorov životného prostredia, najmä:

- odstránenie vlhkosti a plesní z bytov,
- používanie digestorov na odsávanie splodín spaľovania plynu pri varení na otvorených horákoch,
- nepoužívať na prikurovanie bytov plynové sporáky,
- neobývať priestory počas ich výstavby, rekonštrukcie a krátko po ich dokončení,
- s cieľom zníženia koncentrácií inhalovateľných prachových častíc v prostredí bytov presadzovať vybavenie domácností s minimalizovaním rezervoárov prachu (obmedzenie kobercovej plochy, používanie pracích bytových textílií, údržba čalúneného nábytku a bytových textílií mokrou cestou minimálne 2x za rok),
- udržiavať v byte optimálne mikroklimatické podmienky –teplota a relatívna vlhkosť vzduchu,
- zabezpečiť pravidelné a účinné vetranie vnútorných priestorov budov,
- úplné vylúčenie fajčenia počas tehotenstva, v čase dojčenia dieťaťa a v prítomnosti detí,
- vylúčenie chovu zvierat v byte obyvateľov a detí s pozitívnou alergickou anamnézou,
- zaradenie do jedálnych lístkov dostatočný počet pokrmov z rýb, ovocia a zeleniny,
- do režimu detí zaraďovať primerané a pravidelné telesné aktivity v prostredí, kde úroveň znečistenia ovzdušia neprekračuje prípustné limity (nie v blízkosti frekventovaných komunikácií),

Na úrovni celospoločenských intervencií je aktuálna potreba tvorby a dôsledného uplatňovania platných legislatívnych úprav v oblasti minimalizovania znečistenia voľného ovzdušia a vnútorného ovzdušia budov (vyhláška MZ SR č.259/2008 Z.z., vyhláška MP,ŽP a RR SR č.360/2010 Z. z. zákon č.137/2010 Z. z.)



Literatúra

Otto,D.: Assesment of neurobehavioral response in humans to low level volatile organic compounds sources. In: Annals of the New York Academy of Science, 1992, vol. 641 pp. 248-260

vyhláška MZ SR č.259/2008 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia

vyhláška Min. pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja č.360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia

World Health Organisation : Air Quality Guidelines for Europe.Copenhagen,Denmark, WHO,1987, 425p.

zákon č. 137/2010 Z.z. o ovzduší