



Co dýcháme? O letadlech i oknech z plastu

Člověku v klidovém stavu projde plicemi za minutu asi deset litrů vzduchu. Za den je to zhruba 20 kg vzduchu. „Nejste schopni do sebe dostat 20 kilo potravin nebo tekutin denně, kdežto u vzduchu je to běžné. Je to u člověka naprosto největší výměna hmoty mezi organismem a prostředím. Proto je kvalita ovzduší tak důležitá,“ říká **RNDr. JAN HOVORKA (57), Ph.D.**, vedoucí Laboratoře pro studium kvality ovzduší v Ústavu pro životní prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

Oblak nad chladicími věžemi tepelné elektrárny Chvaletice, která spaluje hnědé uhlí, není kouř, ale zkondenzovaná vodní pára. Proti prodloužení provozu chvaletické elektrárny, jež patří miliardáři Pavlu Tykačovi, pravidelně protestují ekologické organizace.



■ **Ovzduší je podstatným faktorem při šíření virových onemocnění. Čím je způsobeno, že jakmile se ochladí, začíná být více respiračních nemocí?**

Při nižší teplotě virus paradoxně přežívá v atmosféře delší dobu, protože má vhodnější podmínky. Jednotlivé kapénky, v nichž je zabalená infekce, méně vysychají. Kdežto když je teplo, obvykle svítí sluníčko a je vyšší dávka ultrafialového záření. A kapičky, v nichž virus přežívá, se velmi rychle vypaří. Tím pádem se virus zničí.

■ **Při koronavirové pandemii nelétala letadla a mnozí v tom hned viděli důvod toho, proč se dýchá lépe. Měli pravdu?**

Vliv letadel na kvalitu ovzduší se neodráží přímo v přízemní vrstvě. To je zřejmé i z toho, kolik času letadlo stráví při zemi a kolik v letové hladině deseti kilometrů. Všichni ale dobře víme, že za letadly zůstávají kondenzační dráhy. To během koronavirové infekce z oblohy vymizelo. A lokálně může docházet k oteplování atmosféry, která je pod těmito kondenzačními pruhy. Obvykle oblačnost působí tak trochu jako deka. Když v noci Země vysílá tepelné záření a je překryta oblakem, je teplo. Naopak když máte jasnou, bezoblačnou noc, může se stát, že nad rámem už je velká zima. Veškeré tepelné záření ze Země totiž zmizí do vesmíru a neodráží se od oblaků. A úplně tu samou roli hrají pruhy kondenzačních oblaků,

jež vznikají za letadly. V místech, kde je provoz letadel hodně intenzivní, mohou působit jako malá deka.

■ **Co říkáte na tzv. chemtrails, konspirační teorii tvrdící, že letadla vypouštějí do ovzduší chemikálie nebo viry, aby například snížila lidskou populaci? To je nyní populární hypotéza.**

To mě nechává klidným. Vezměte si jen, že zemská atmosféra váží zhruba 5×10^{18} kilogramů. Pokud by ji někdo chtěl znečistit globálně, musel by do ní vynést miliony tun jedovatých látek, aby

„Nižší teplota virům vyhovuje více.“

se dostal na hodnoty koncentrace, které jsou pro člověka nebezpečné. To je tak velká hodnota, že to v podstatě nedává smysl. Je to něco podobného, jako kdyby někdo tvrdil, že kapkou roztoku kyanidu dokáže otrávit celý rybník. Stejný nesmysl.

■ **Za letadly však na obloze zůstávají dlouhé bílé kondenzační pruhy. Proč tam někdy jsou a jinde ne?**

Kondenzační pruhy vznikají jen v jistých výškách nad zemí (obvykle je to 8–12 kilometrů, pozn. red.) a závisí na teplotě, vzdušné vlhkosti, atmosférickém tlaku

a pohybu vzdušných mas. Je to ale skutečně jen jeden z mála dopadů provozu letecké dopravy na kvalitu ovzduší.

■ **Do velkých výšek se kdysi posílaly škodliviny ze spalování pomocí vysokých továrních komínů. Proč už se nestavějí?**

Předpoklad, že se znečišťující látky, které se vyvalí z komínů, mají rozprostřít do co největšího objemu vzduchu, stále platí. Nicméně zpříšňují se pravidla, kolik škodlivin lze z komínů vyfouknout. Nesmí jich být už takové množství, takže se vysoké komíny nevyplatí stavět.

■ **Například u některých tepelných elektráren se spaliny (zplodiny hoření) do ovzduší odvádějí chladicími věžemi, kdy pára vynáší škodliviny vysoko do ovzduší a ty se tím rozptýlí na větší území. Vy jste při vašem výzkumu přišli na to, že když se jemné částice spojí s kapičkami vody v páře, narostou v určité výšce do takového objemu, že už nejsou pro člověka nebezpečné...**

Objev takového rozptylu škodlivin z uhelných elektráren byl patentován v roce 1970 v USA a technicky byl poprvé proveden v Německu v roce 1982 v elektrárně Völklingen. Škodliviny z uhelných elektráren, které vznikají při spalování uhlí, se zavádějí do chladicích věží. Ty mají zhruba 40 metrů na šířku a 100 metrů na výšku. V nich se v proudu vzduchu chladí voda, což je nezbytně nutné k tomu, aby měla elektrárna dobrou tepelnou účinnost. Z horké vody uni-

ká vodní pára a začne automaticky velmi rychle stoupat vzhůru. A právě toho se dá velmi dobře využít v chladicí věži pro rozptyl škodlivin, které s vodní párou přirozeným vztlakem vystoupají 600 metrů až 1,5 kilometru vysoko. Tento způsob je ekologičtější už jenom proto, že se nemusejí stavět vysoké komíny. My jsme pomocí měření s vzduchodolím nejenom tento vzhnos spaliny potvrdili, ale navíc jsme zjistili, že spaliny významně reagují s mikrokapičkami vodní páry. A tvoří ona bílá oblaka, která jsou na dálku vidět. Jedná se o drobné kapičky, velké zhruba kolem půl milimetru, které do sebe během vzhnosu nabírají škodliviny ze spalování. Z kapiček se poté, co dosáhnou výšky zhruba 600 metrů, začne rychle odpařovat voda. Zůstanou jen vyschlé zbytky, tzv. kondenzační jádra. A my jsme zjistili, že některé jemné částice ze spaliny zůstanou po vypaření kapiček přilepené na kondenzačních jádrech. Vtip je v tom, že ona kondenzační jádra jsou z více než 80 % větší než 10 mikrometrů (10 μm rovná se 0,01 milimetru), které jsou označo-

vané jako PM_{10} . (Vliv pevných prachových částic na lidské zdraví závisí totiž hlavně na jejich velikosti. Částice větší než výše zmíněných 10 mikrometrů se zachycují na chloupkách v nose a nezpůsobují větší potíže. Částice menší než 10 μm pronikají do dolních cest dýchacích. Částice menší než 2,5 μm se tam mohou usazovat v průduškách, částice menší než 1 μm pronikají do

„Obce nemohou zjistit kvalitu ovzduší.“

plicních sklípků a částice menší než 0,1 μm až do krve, pozn. red.) Skutečný vliv elektrárny na kvalitu ovzduší z hlediska lidského zdraví pak není takový, jak by se dalo na první pohled předpokládat, kvůli tomu, že se škodliviny do jisté míry „vypaerou“ v oblaku chladicí věže.

■ **Lze zjistit, jaké je opravdové znečištění ovzduší v jednotlivých obcích? Český hydrometeorologický ústav má jen ko-**

lem 150 měřících stanic, které jsou většinou ve velkých městech nebo v místech s velkou koncentrací průmyslu.

Historicky vzato je síť měřících stanic vybudována výborně a má stejnou kvalitu jako například v Německu. Ale v dnešní době už nevyhovuje požadavku, kdy chtějí lidé vědět, jaká je kvalita ovzduší v jejich nejbližším okolí. Například 18 % lidí žije v obcích do tisíce obyvatel. Podle mne odhadem 40 procent obyvatel Česka pořádně neví, jaká je kvalita ovzduší v jejich blízkém okolí.

■ **Proč jsou lokální topeniště tak zatěžující pro ovzduší?**


Na rozdíl od komínů elektráren, které mohou být i 300 metrů vysoké, nebo od stometrových chladicích věží má rodinný domek obvykle ústí komína ve výšce do 10 metrů. A koncentrace škodlivin na komínu může dosahovat až desítky miligramů na metr krychlový, takže sice ovlivní poměrně malou část okolí, ale koncentrace vyrostou velmi výrazně. Rozptyl škodlivin prostě probíhá do daleko menšího objemu vzduchu. Tím pádem lokální topeniště dokáže v běžném městečku v uličních kaňonech přispět ke koncentraci PM_{10} až 1 000 mikrogramů na metr čtvereční, přičemž limitní hodnota je kolem 50 mikrogramů. Jde tedy o 20x překročené limitní hodnoty. To už je skutečně vážná situace. Pokud ale odejdete dále, mohou koncentrace poklesnout na průměrné hodnoty.

■ **Co když ale v zimě dojde k inverzní situaci, kdy běží lokální topeniště naplno?**

Dle našich měření je v zimě nad vesnicí v údolí obvykle 50 metrů tlustá prochlazená vrstva vzduchu. Pro nadlimitní zhoršení kvality ovzduší stačí pak jen málo lokálních topenišť. Jak plyne z měření v Hlásné Třebani nebo na Karlštejně v údolí Berounky, kde se dá dobře spočítat objem údolí v okolí vesnice, k nadlimitnímu zhoršení kvality ovzduší stačí, aby z 500 lokálních topenišť bylo pouze osm produkujících nadlimitní koncentrace. Pak už to není jen otázka znečištění stovek metrů v uličním kaňonu, ale postupně znečištěné ovzduší zaplaví celou vesnici.

■ **Čím je nejčastěji způsobeno, že lidé topí špatně?**

Budto nemají dobré palivo, spalují například mokré dřevo, nebo je příčinou špat-



Letadlo typu Boeing 737 nebo Airbus 320 má spotřebu zhruba 1,5 tuny paliva na jeden motor a hodinu letu. Když se horké zplodiny vznikající při spalování leteckého paliva dostanou do prostředí s nízkou teplotou, vznikají kondenzační pruhy.

ný způsob topení, kdy není dost vysoká teplota topeniště. A pak samozřejmě záleží na kvalitě kouřovodů, aby byl dostačující tah.

■ Co člověku z hlediska zdraví z lokálních topenišť hrozí?

Pokud dochází k nedokonalému hoření, pak významnou škodlivinou je oxid uhelnatý. Druhou jsou mikroskopické aerosolové částice, které vážou nedokonalé spálené zbytky paliva. Když hoření v první fázi nedáte dostatečně vysokou teplotu, shoří jen malá část a zbylé organické látky z teploty kolem 800 stupňů Celsia proletí komínem ven, kde je třeba stupňů pět, a z kondenzují na drobné částice, jež mohou vypadat jako saze. Ty obsahují nesmírně škodlivé látky, jako například benzo(a)pyren. My vdechneme aerosolové částice, na které je benzo(a)pyren navázaný, a to je ten problém.

RNDr. JAN HOVORKA (57), Ph.D.

Vystudoval fyzikální chemii na Přírodovědecké fakultě UK v Praze, posléze působil v Ústavu anorganické chemie ČSAV a v Českém geologickém ústavu. Od roku 2003 je vedoucím Laboratoře pro měření kvality ovzduší v Ústavu pro životní prostředí Přírodovědecké fakulty UK.

■ Ve svém výzkumu jste se věnovali i tomu, zda člověka před takovými zplodinami ochrání kvalitní okna. Jaký je výsledek?

Do jisté míry vás ochrání. K výměně plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím domů dochází neustále a plastová okna mohou tuto výměnu zpomalit. Nicméně pokud budete mít starý dům a dáte tam plastová okna, můžete zvý-

„Osm špatných topenišť zamoří celou vesnici.“

šit koncentrace vodní páry uvnitř. Navíc během noci, pokud nebudete větrat, se zvýší i koncentrace oxidu uhličitého, který při spánku vydechujete. Tak se může stát, že nad ráno už bude v ložnici koncentrace oxidu uhličitého 1,5krát větší, než je limit pro veřejné prostory. To jsme zjistili ve studii prováděné v panelácích, kde si lidé pořídili plastová okna. Pokud ovšem člověk uvnitř bytu nebo domu kouří, je to úplně jiná kategorie. To je z hlediska kvality vnitřního

Mnohá údolí s nástupem chladnějších dnů začíná trápit inverze. „Když se sníží intenzita slunečního záření, zemský povrch se ochladí na teplotu, která je nižší než teplota ovzduší. A ochladí i přízemní vrstvu atmosféry, jež k tomu přiléhá. Studenější vzduch je těžší než ten teplejší a obě vrstvy se přestanou smíchávat. A ve studeném přízemním vzduchu se obzvláště v údolích hromadí škodliviny z lidské činnosti,“ popisuje příčiny inverze Jan Hovorka.



ovzduší to nejhorší, bez ohledu na to, jaká máte okna.

■ Vaše studie zároveň tvrdí, že nakonec se stejně 70 % znečištění ovzduší dostane dovnitř domu nebo bytu. I když jsou okna zavřená...

Ano, dá se říci, že za 24 hodin se 70 procent škodlivin, které se vyskytují venku, dostane dovnitř. Pronikají konstrukcí budov, škvírami v oknech a dveřích. Bavíme-li se o budovách s přirozenou ventilací.

■ Jak se tedy může člověk, jehož obtěžuje kouř ze sousedova komínu, bránit?

Ten problém je komplikovaný. Dělal jsem měření v Šestajovicích u Prahy, kde se majitel nemovitosti snažil upozornit úřady, že kouř z komínu od souseda produkuje nadlimitní hodnoty škodlivin, což jsme dokonce zdokumentovali daty z akreditované laboratoře. Přesto přístup úředníků byl v tomto případě velmi liknavý a přehazovali si ho jako horký brambor. Vlastně se vše vyřešilo jen díky tomu, že tomu sousedovi komín zahořel. Přijeli hasiči, pak i policie a ta zamezila dalšímu topení, protože to mohlo způsobit požár ve vesnici.

■ Jak jste měřili hodnoty emisí takového komínu?

My jsme neměřili přímo emise na komíně, ale imise v blízkosti domu, který byl emisemi z onoho komínu zasažen. Od rodinného domu se přes místní komunikaci nacházel kotel na pevná paliva, který nebyl provozován správným způsobem a snižoval nejen kvalitu venkovního ovzduší kolem, ale i uvnitř okolních domů. Měřili jsme u domu sužovaného těmito škodlivinami venku ve čtyřech metrech a současně uvnitř. A zjistili jsme

příčinnou souvislost mezi naměřenými koncentracemi venku a uvnitř domu. Venku byla hodnota 1 500 mikrogramů na metr krychlový PM₁₀, kdežto čtyřicetihodinový limit je 50 mikrogramů. A jakmile rostla koncentrace škodlivin venku, začala postupně růst i uvnitř domu. Nejhorší na tom bylo časování, protože částice pronikají dovnitř pomalu, dosáhnou nějakého maxima, které pak ještě pomaleji odezní. Například soused zatopil v 17 hodin večer, kolem 19 hodin dosáhla koncentrace škodlivin venku maxima. Uvnitř domu začaly počáteční hodnoty růst a maxima dosáhly

kolem 20. hodiny, na podlimitní hodnotu poklesly kolem půlnoci a na počáteční pak ve čtyři ráno. To je doba, kdy člověk většinou spí. Takže v tomto případě během spánku obyvatel domu dýchal nadlimitně znečištěný vzduch.

■ Vyřešila by to čistička vzduchu?

To jsme také zkoušeli. Z toho důvodu, že situace v Šestajovicích trvala dlouho a hledalo se nějaké řešení. A ukázalo se, že při použití čističky vzduchu se koncentrace škodlivin ve vnitřních prostorech snížila desetkrát. Jakmile čistička běžela, nikdy se ve vnitřním prostředí nedosáhlo nadlimitní koncentrace.

■ A existují v rámci „chytré domácnosti“ i hlásiče znečištění ovzduší, které by byly běžně dosažitelné pro majitele domů?

Ano, k dispozici jsou dnes čidla, která stojí do tří tisíc korun.

■ Účastníte se mezinárodního projektu Conspiro. Proč má podtitul Breathing Together for Better Air Quality („Dýchejme společně pro lepší kvalitu vzduchu“)?

Akronym con-spiro říká, že vzduch je nám všem společný a nemůžeme si vybrat, že nebudeme dýchat, když je zrovna ovzduší znečištěné. V projektu jsme se zaměřili na kvalitu ovzduší v malých obcích do 5 000 obyvatel, kterých je v Česku asi šest tisíc. Výsledkem nemělo být nějaké zákonné opatření, ale to, že se zlepší povědomost o kvalitě ovzduší. Na vsi se už dnes netoleruje, když soused znečiští sousedovi studnu, ale když mu kouří komín, to se ještě považuje za vesnický kolorit. Přitom je to stejně nebezpečná věc a týká se to životního prostředí stejně jako ta znečištěná studna. Ze zákona můžete na takového člověka poslat inspekci a může to skončit exekucí, ale to je na vesnici mnohdy sociálně nepřijatelné. Tlak musí vycházet od ostatních lidí, že znečišťovat ovzduší je zkrátka nepřijatelné chování.

Lubor Černošlák

