

Ako zistujeme, čo dýchame

Zisťovanie úrovne znečistenia ovzdušia

Znečistené ovzdušie predstavuje významné ohrozenie verejného zdravia v Európe i na Slovensku. Dýchanie sprevádza celý náš život. Je to základná a nepretržitá potreba nielen pre nás, ale aj pre všetky živé organizmy na zemi. Zhoršená kvalita ovzdušia ovplyvňuje nás všetkých: škodí nášmu zdraviu, ekosystémom, ako aj životnému prostrediu, čo vedie k hospodárskym stratám. Svetová zdravotnícka organizácia (ďalej WHO) uvádza, že žiadnu úroveň znečistenia ovzdušia nemožno považovať za úplne bezpečnú. Vedecké dôkazy potvrdzujú, že deti sú obzvlášť ohrozenou skupinou obyvateľstva vplyvom znečisteného ovzdušia.



populair

Obsah

Úvod	2
1 Úroveň znečistenia ovzdušia na Slovensku	3
2 Vplyv znečistenia ovzdušia na zdravie ľudí	3
3 Spôsoby zisťovania úrovne znečistenia ovzdušia	4
3.1 Zisťovanie kvality ovzdušia meraním	4
3.1.1 Akreditované merania	4
3.1.2 Indikatívne merania	9
3.2 Zisťovanie kvality ovzdušia modelovaním	13
3.3 Zisťovanie kvality ovzdušia využitím bioindikácie	14
3.3.1 Bioindikácia pomocou lišajníkov	14
3.3.2 Ďalšie možnosti využitia bioindikácie ovzdušia	17
4 Pozorovanie tmavosti dymu	19
Skratky	21
Slovník pojmov	22
Zoznam informačných zdrojov	23

Úvod

V úvode si položíme otázku: Je dobré vedieť, aký vzduch dýchame?

Odpoveď môžeme hľadať na príkladoch udalostí, ktoré sa stali v minulosti. V roku 1952 pokryla Londýn hustá hmla. Pre anglické počasie v zimných mesiacoch nič nezvyčajné, no táto „hmla“ zabíjala. Na následky vdychovania toxického vzduchu umrelo počas 4 dní až 12 000 ľudí. Hmla dostala pomenovanie smog a vytvorila sa z dôvodu veľkého znečisťovania ovzdušia v kombinácii so špecifickými meteorologickými podmienkami. Do ovzdušia sa dostalo veľké množstvo znečisťujúcich látok z vykurovania domácností nekvalitným uhlím, pričom k znečisteniu prispelo aj 5 veľkých uholných elektrární v meste. Znečistenie sa kumulovalo v atmosfére z dôvodu akejsi pomyselnej bariéry (inverzia), ktorá bránila prirodzenej výmene vzduchových mäs, t. j. nedochádzalo k prevzdušňovaniu územia.

Táto negatívna skúsenosť so znečistením ovzdušia prispela k tomu, že sa pozornosť začala viac sústreďovať na zisťovanie stavu znečistenia ovzdušia kvôli ochrane verejného zdravia obyvateľstva. Poznanie úrovne znečistenia ovzdušia vedie k účinnejšej regulácii vypúšťania znečisťujúcich látok zo zdrojov znečisťovania ovzdušia, čím sa predchádza nadmernému znečisteniu a riziku ohrozenia ľudského zdravia. Monitoringom kvality ovzdušia vieme identifikovať stav nadmerného znečistenia a včas varovať obyvateľov, aby nedošlo k ohrozeniu ich zdravia.

Cieľ

Publikácia vznikla z dôvodu obohatiť ponuku metodických a informačných zdrojov na realizáciu environmentálnej výchovy a vzdelávania o tému znečistenia ovzdušia a možností zisťovania kvality ovzdušia. Hlavným cieľom je aktualizovať problematiku znečistenia ovzdušia v oblasti environmentálneho vzdelávania o témy, ako sú: úroveň tohto znečistenia na Slovensku, jeho vplyv na zdravie ľudí a rôzne spôsoby zisťovania kvality ovzdušia vrátane využitia bioindikácie.

Publikácia je určená pre učiteľov, žiakov a študentov 2. stupňa základných škôl a stredných škôl. Skladá sa z dvoch častí:

- Teoretická časť je určená učiteľom. Obsahuje teoretické informácie, nákresy, obrázky, schémy, ako aj slovník pojmov a zoznam informačných zdrojov. Cieľom tejto časti je podať učiteľom odborné informácie, ktoré budú v zrozumiteľnej forme vedieť sprostredkovať žiakom.
- Pracovné listy sú určené žiakom. Obsahujú rôzne úlohy, na ktorých si žiaci precvičia pochopenie témy a problematiky z teoretickej časti. Na vyhodnotenie úloh slúži časť „Správne odpovede“ v závere publikácie.

1 Úroveň znečistenia ovzdušia na Slovensku

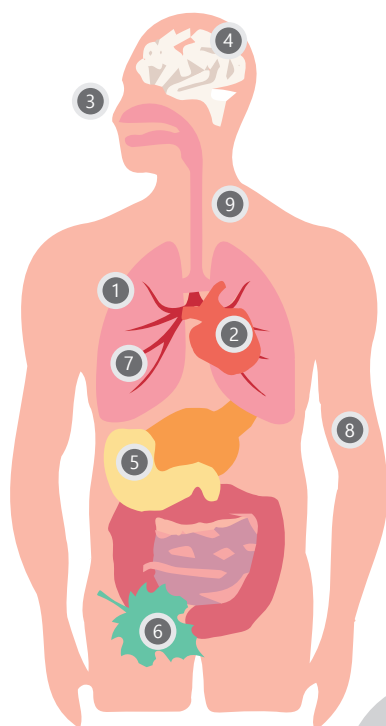
Slovenská republika patrí k členským štátom EÚ, ktoré čelia problémom s kvalitou ovzdušia, čo má výrazne negatívny vplyv na zdravie občanov a životné prostredie. Napriek niektorým zlepšeniam dosiahnutým v posledných rokoch je situácia stále neuspokojivá. Problematické je najmä prekračovanie limitných hodnôt na ochranu zdravia pre znečisťujúce látky: prachové častice (PM_{10}), jemné prachové častice $PM_{2,5}$, benzo(a)pyrén (BaP), oxid dusičitý (NO_2) a prízemný ozón (O_3). Hlavnými zdrojmi znečisťovania ovzdušia sú lokálne kúreniská so spaľovaním tuhých palív v domácnostiach, doprava, poľnohospodárstvo, priemysel a energetika.

Na to, aká je úroveň znečistenia ovzdušia, vplyva niekoľko faktorov – terén, čiže orografia územia, zdroje znečisťovania ovzdušia, prúdenie vzduchu v atmosfére, teplota, slnečný svit, vlhkosť či zrážky. To má za následok, že kvalita ovzdušia sa počas roka mení. Na Slovensku je pozorovaná horšia kvalita ovzdušia najmä počas zimných mesiacov. Je to spôsobené jednak navýšením množstva emisií zo zdrojov znečisťovania ovzdušia (vykurovací sezóna – spustenie individuálneho vykurovania tuhým palivom, autá majú vyššiu spotrebu oproti letnej sezóne a pod.), ako aj horšími rozptylovými podmienkami – častý výskyt inverzií, trvanie inverzií po celý deň, bezvetrie alebo len slabý vietor, stabilné počasie, počas ktorého nedochádza k výmene vzduchových hmôt.

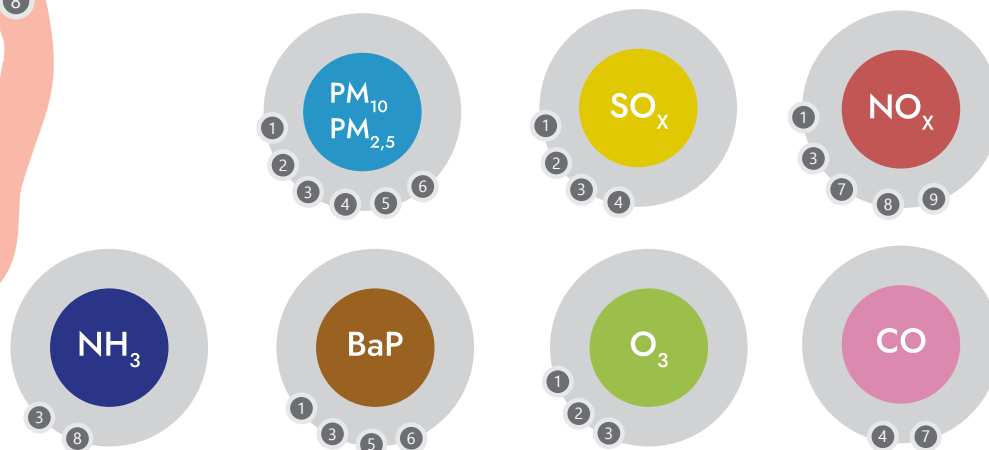
2 Vplyv znečistenia ovzdušia na zdravie ľudí

Nadmerné znečistenie ovzdušia má negatívny vplyv na zdravie ľudí. Ovplyvňuje normálne fyziologické funkcie organizmu, môže byť príčinou ochorenia, prípadne úmrtia. Nepriaznivé akútne a chronické účinky sa môžu prejavovať najmä u citlivých populačných skupín, napríklad u detí, seniorov či ľudí, ktorí trpia chronickými ochoreniami.

Možné účinky na zdravie



- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 zhoršenie respiračných ochorení (astmy, bronchitídy) | 5 riziko rozvoja nádorových ochorení |
| 2 zhoršenie srdcovocievnych ochorení (srdcové záchvaty, nepravdivý pulz) | 6 vplyv na reprodukčný systém |
| 3 dráždenie očí, nosa a hrdla | 7 zmeny v zložení krvi |
| 4 vplyv na centrálny nervový systém (únava, bolesti hlavy, závraty, zvracanie) | 8 alergické reakcie a zápaly |
| | 9 poruchy imunitného systému |



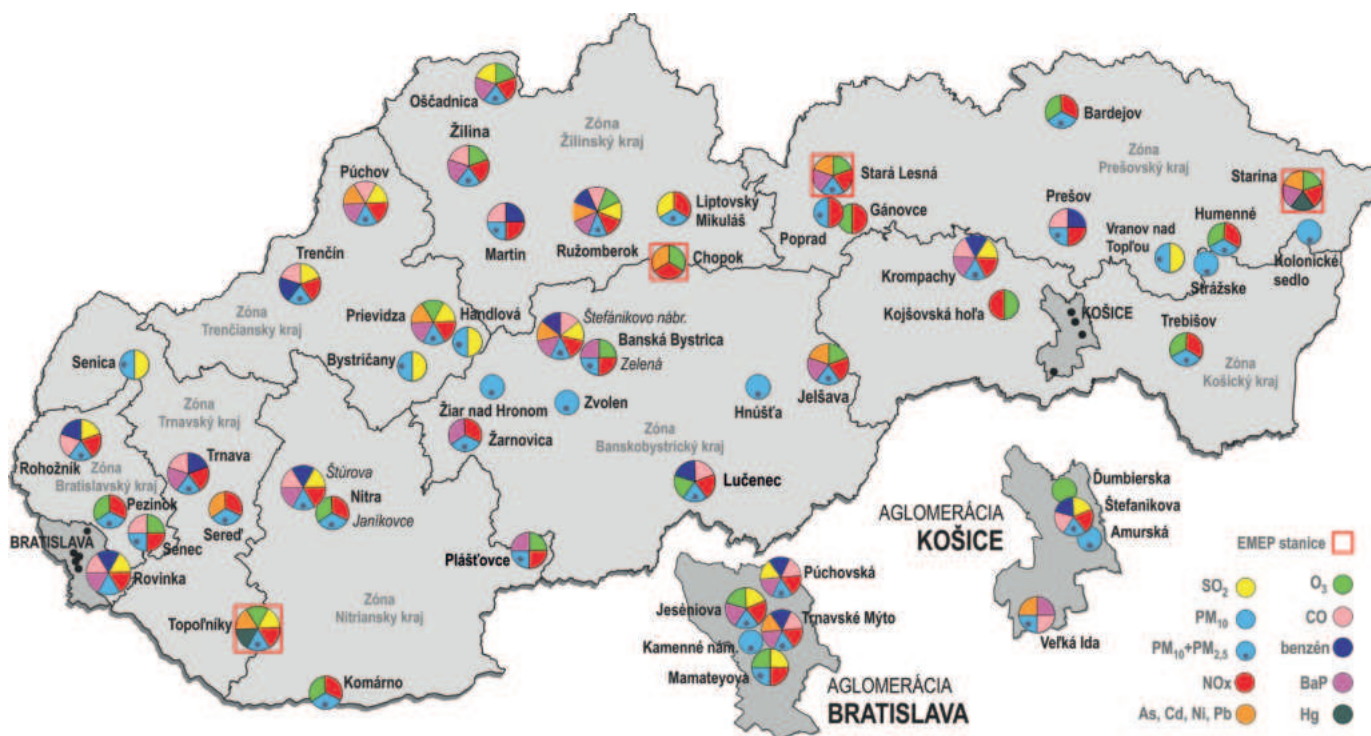
3 Spôsoby zisťovania úrovne znečistenia ovzdušia

3.1 Zisťovanie kvality ovzdušia meraním

3.1.1 Akreditované merania

Najpresnejším spôsobom na zistenie stavu znečistenia ovzdušia je meranie. Legislatíva Európskej únie zaväzuje jednotlivé členské štáty, aby vykonávali takéto merania a o výsledkoch informovali obyvateľstvo. S týmto cieľom je na Slovensku zriadená Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia (NMSKO). V roku 2024 sa merala kvalita ovzdušia na 53 automatických monitorovacích staniciach (AMS), ktoré sú súčasťou tejto siete.

NMSKO, stav k 31. 12. 2023

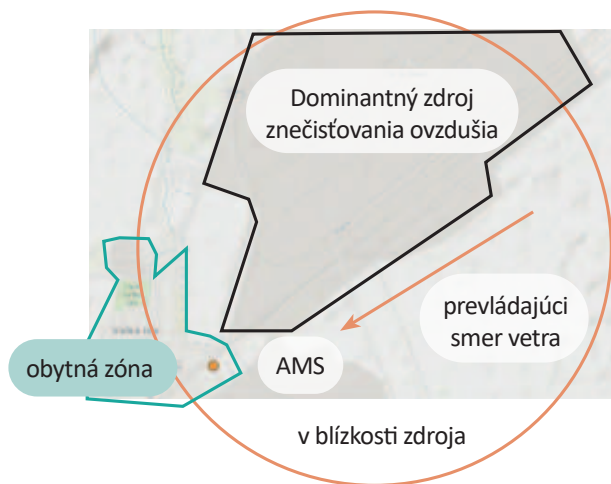


Zdroj: SHMÚ (https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_monit_siet)

Monitorovacie stanice sú účelovo zriadené podľa prevládajúceho zdroja znečisťovania ovzdušia. Hovoríme o 3 typoch staníc: priemyselná, dopravná a pozad'ová. Podľa toho, v akom území sa nachádza monitorovacia stanica, rozlišujeme stanice mestské, prímestské a vidiecke.

Pravidlá umiestnenia AMS

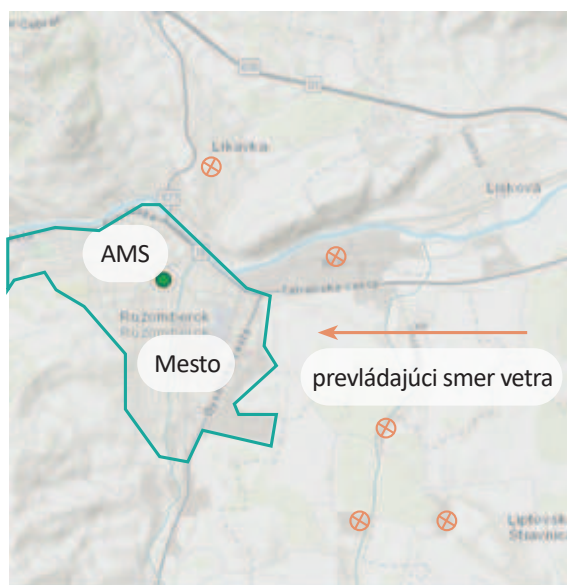
1. AMS priemyselná



2. AMS dopravná



3. AMS pozadová mestská



⊗ integrovaný zdroj znečisťovania ovzdušia

4. AMS pozadová vidiecka



Každá monitorovacia stanica má zvolený monitorovací program, podľa toho, za akým účelom bola zriadená. Vzduch je nasávaný cez odberovú sondu v dýchacej zóne od 1,5 do 4 m od zeme. Koncentrácie znečisťujúcich látok ($PM_{2,5}$ a PM_{10} , NO_2 , SO_2 , O_3 , CO, benzén a ortuť) sú merané automatizovane prostredníctvom meracích prístrojov. Na zistenie koncentrácií znečisťujúcich látok ťažkých kovov a polyaromatických uhľovodíkov v ovzduší sa manuálne odoberajú vzorky, ktoré sa vyhodnocujú laboratórne.

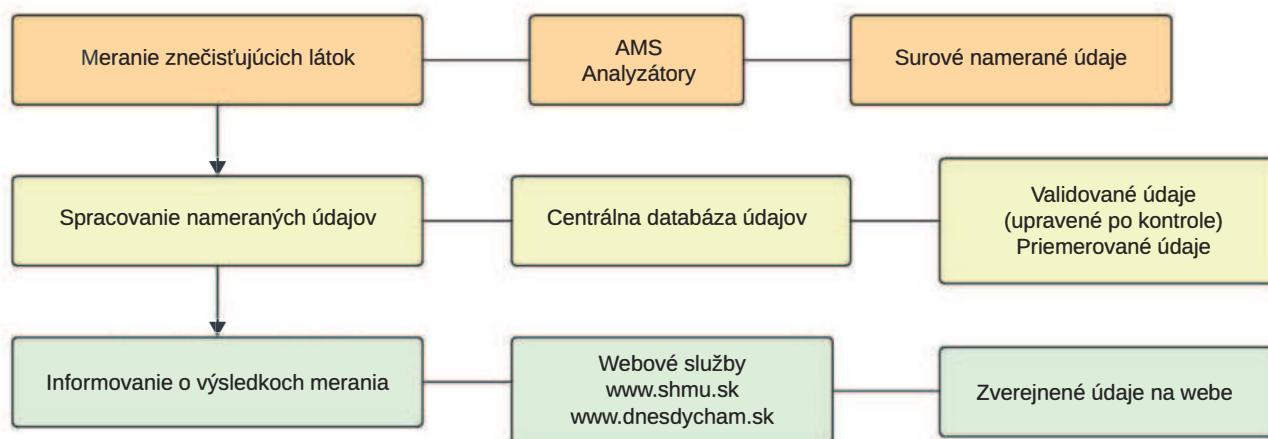
Merací program na AMS, stav k 31. 12. 2023

AGLOMERÁCIA / Zóna	Názov stanice	Typ		Kontinuálne								Manuálne	
		oblasti	stanice	PM ₁₀	PM _{2,5}	Oxid dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO	Benzén	Ortuť	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám	U	B	x	x								
	Bratislava, Trnavské myto	U	T	x	x	x			x	x		x	x
	Bratislava, Jeséniova	S	B	x	x	x	x	x					x
	Bratislava, Mamateyova	U	B	x	x	x	x	x					
	Bratislava, Púchovská	U	T	x	x	x	x		x	x			x
	Spolu 5 staníc			5	5	4	3	2	2	2		1	3
KOŠICE	Košice, Amurská	U	B	x	x								
	Košice, Štefánikova	U	T	x	x	x	x		x	x			
	Košice, Ďumbierska	S	B					x					
	Veľká Ida, Letná	S	I	x	x				x			x	x
	Spolu 4 stanice			3	3	1	1	1	2	1		1	1
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	U	T	x	x	x	x		x	x		x	x
	Banská Bystrica, Zelená	U	B	x	x	x		x					x
	Jelšava, Jesenského	U	B	x	x	x		x				x	x
	Hnúšťa, Hlavná	U	B	x	x								
	Lučenec, Gemerská cesta	U	T	x	x	x		x	x	x			
	Žiar nad Hronom, Jilemnického	U	B	x	x								
	Žarnovica ⁴	S	B	x	x	x							x
	Zvolen, J. Alexyho	U	B	x	x								
Bratislavský kraj	Spolu 8 staníc			8	8	5	1	3	2	2		2	4
	Pezinok, Obrancov mieru	U	B	x	x	x		x					
	Rovinka	S	B	x		x	x		x	x			x
	Rohožník, Senická	S	T	x	x	x	x		x	x			
	Senec, Boldocká	U	T	x	x	x		x	x				
Košický kraj	Spolu 4 stanice			4	3	4	2	2	3	2			1
	Kojšovská hoľa	R	B			x		x					
	Trebišov, T. G. Masaryka	S	B	x	x	x		x					
	Strážske, Mierová	U	B	x	x								
	Krompachy, SNP	U	T	x	x	x	x		x	x			x
Nitriansky kraj	Spolu 4 stanice			3	3	3	1	2	1	1			1
	Nitra, Štúrova	U	T	x	x	x	x		x	x			x
	Nitra, Janíkovce	S	B	x	x	x		x					
	Komárno, Vnútrotná Okružná	U	B	x	x	x		x					
	Plášťovce	S	B	x	x	x		x					x
Prešovský kraj	Spolu 4 stanice			4	4	4	1	3	1	1			2
	Humenné, Nám. Slobody	U	B	x	x	x		x					
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	R	B	x	x	x		x				x	x
	Gánovce, Meteo. st.	R	B			x		x					
	Poprad, Železničná	S	B	x	x	x							
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	U	T	x	x	x			x	x			
	Starina, Vodná nádrž, EMEP	R	B			x		x			x	x	x
	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika	U	B	x	x		x						
	Kolonické sedlo	R	B	x	x								
	Bardejov, Pod Vinbargom	S	B	x	x	x		x					
	Spolu 9 staníc			7	7	7	1	5	1	1	1	2	2

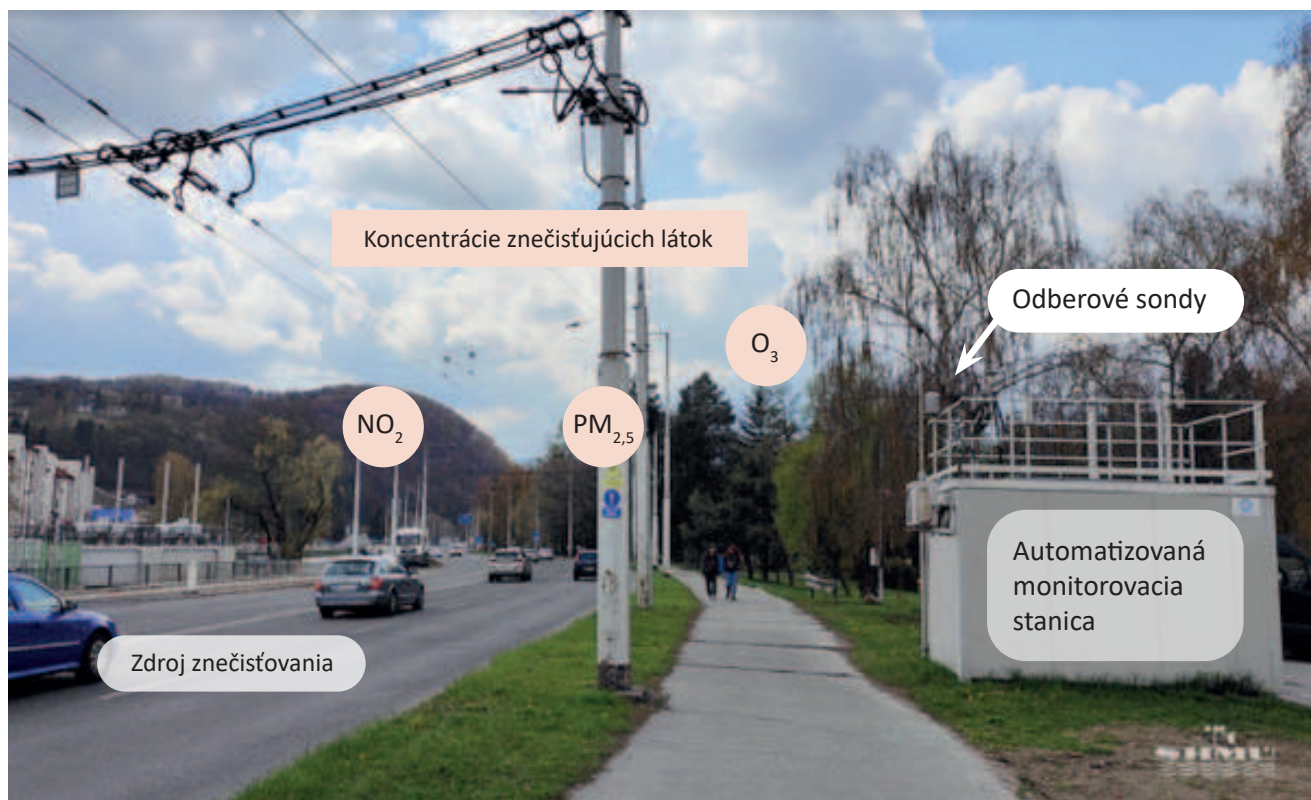
Zdroj: SHMÚ (https://www.shmu.sk/File/oko/rocniky/2023_Sprava_o_KO_v_SR_v1.pdf, str.19)

Prístroje, ktoré merajú koncentráciu znečisťujúcich látok v ovzduší, musia spĺňať prísne kritériá na spoľahlivosť výsledku. Musia byť pravidelne kontrolované (kalibrované) a merania na nich môže vykonávať len akreditovaná osoba.

Proces merania a informovania o údajoch kvality ovzdušia



Meranie znečisťujúcich látok



Analyzátory kvality ovzdušia



Surové namerané údaje

Denné priemerné koncentrácie PM₁₀

← od 05.11.2024 do 11.11.2024

Denné priemerné koncentrácie PM₁₀ - od 12.11.2024 do 18.11.2024

Stanica	12.11.2024		13.11.2024		14.11.2024		15.11.2024		16.11.2024		17.11.2024		18.11.2024	
	Priemer	Max	Priemer	Max	Priemer	Max	Priemer	Max	Priemer	Max	Priemer	Max	Priemer	Max
Bratislava, Kamenné nám.	38	64	18	32	14	24	11	21	23	39	33	42	17	26
Bratislava, Trnavské Mýto	39	65	22	33	18	31	14	26	28	47	35	45	20	29
Bratislava, Jeséniova	41	76	18	39	18	30	12	23	24	47	31	49	17	30
Bratislava, Mamateyova	37	49	18	29	15	23	9	13	18	39	32	41	16	29
Bratislava, Púchovská	44	83	23	38	20	37	12	22	24	39	44	60	51	431
Rovinka, mobilná AMS	*	*	*	*	12	20	8	17	13	29	25	31	16	24
Pezinok, Obrancov mieru	43	86	18	32	13	20	9	24	24	41	38	54	23	31
Rohožník, Senická	45	56	19	36	18	25	15	31	19	27	28	40	10	21
Senec, Boldocká	46	64	25	36	19	28	16	28	27	39	39	49	28	38
Nitra, Janíkovce	38	46	29	46	20	34	16	33	23	28	34	53	29	47
Nitra, Štúrova	40	49	34	48	26	41	21	38	30	40	35	54	36	50
Komárno, Vnútrná okružná	37	45	25	41	19	29	13	27	23	38	33	53	30	42
Plášťovce	31	38	31	39	37	76	45	77	35	56	35	64	43	82
Topoľníky, Aszód, EMEP	45	55	27	49	16	25	10	24	26	45	43	69	31	46
Senica, Hviezdoslavova	34	46	20	33	22	29	14	32	25	30	28	38	11	25
Trnava, Kollárova	41	57	26	38	17	28	17	32	29	38	40	58	25	35
Sereď, Vinárska	38	67	24	42	14	25	12	29	22	30	35	46	25	37
Trenčín, Hasičská	44	56	*	*	*	*	21	47	27	38	33	47	21	33
Púchov, 1. mája	39	65	29	47	27	58	26	48	35	53	26	37	16	22
Bystrica, Rozvodňa SSE	32	40	*	*	*	*	17	30	23	34	30	48	18	33
Handlová, Morovniarska cesta	41	66	30	42	12	22	17	48	21	31	22	35	14	25
Prievidza, Malonecpalská	*	*	*	*	23	48	26	46	31	77	33	49	23	42
Žarnovica	35	43	29	37	21	52	34	72	53	125	32	65	28	47
Žiar nad Hronom, Jilemnického	30	40	25	34	12	26	17	26	26	47	21	35	15	36

Okrem merania kvality ovzdušia na stacionárnych staniciach, existuje meranie kvality ovzdušia na mobilných staniciach. Ide o identické merania s tým rozdielom, že mobilné stanice sú premiestňované podľa požiadavky na rôzne miesta, kde sa väčšinou hodnotí kvalita ovzdušia obvykle v trvaní jedného mesiaca a v priebehu roku (napr. 2 týždne v zimnom, resp. 2 týždne v letom období).

3.1.2 Indikatívne merania

Pod indikatívnym meraním sa rozumie meranie, ktoré nemusí spĺňať prísne kritériá na kvalitu údajov, ktoré sa vyžaduje pre stále merania. Stále merania sú vykonávané na AMS v rámci siete NMSKO. Podrobnejšie uvedieme merania prostredníctvom nízkonákladových senzorov a odberom vzoriek.

3.1.2.1 Nízkonákladové stacionárne senzory

Meranie koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší je možné zrealizovať aj pomocou nízkonákladových senzorov. Ide o identický princíp merania ako prístrojmi používanými v AMS, avšak s nižšou kvalitou nameraných údajov. Takéto zariadenia **sa nepoužívajú na presné zistenie koncentrácie znečisťujúcej látky v ovzduší, ale skôr na zistenie stavu, či ovzdušie je znečistené alebo nie, alebo aký je trend**, či sa kvalita ovzdušia zhoršuje alebo zlepšuje.

V súčasnosti sa v Európskej únii prikladá väčší význam na merania nízkonákladovými senzormi ako v minulosti. Pripravuje sa norma, v ktorej budú zadefinované minimálne požiadavky na spoľahlivosť merania. Takýmto spôsobom sa zabezpečí vyššia kvalita údajov.

Merania nízkonákladovými senzormi sa môžu stať vhodným doplnkovým meraním autorizovaného merania, najmä z dôvodu získania podporných údajov na modelovanie kvality ovzdušia.

Nízkonákladové senzory sú meracie prístroje, ktoré pozostávajú z niekoľkých častí:

- **Merací modul** zabezpečuje samotné meranie koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší.
- **Modul spracovania údajov** načítava surové namerané údaje získané meracím modulom a vytvára priemery meraných hodnôt.
- **Komunikačný modul** zabezpečuje odosielanie údajov na server alebo PC pomocou technológie GSM, Wi-Fi alebo LAN.
- **Zobrazovací modul** slúži na prezentáciu nameraných údajov cez webozhranie.

Meraciu jednotku je vhodné doplniť o meteostanicu so sledovaním vlhkosti a teploty vzduchu, nakoľko tieto dva ukazovatele môžu významne ovplyvniť namerané hodnoty koncentrácií znečisťujúcich látok. V prípade potreby sa potom namerané údaje o koncentráciách znečisťujúcich látok upravujú.

Je nesmierne dôležité pri tomto spôsobe zisťovania kvality ovzdušia zachovať plynulosť (kontinuitu) monitorovania. Preto je na začiatku dobré zabezpečiť pripojenie prístrojov na elektrickú sieť. Ak to nie je možné, je potrebné zabezpečiť chod prístrojov prostredníctvom fotovoltiky s kombináciou záložných batérií.

Umiestňovanie senzorov by malo byť v dýchacej zóne človeka obdobne ako pri monitorovacích staniciach NMSKO. Z dôvodu vandalizmu sa odporúča inštalácia senzorov vo výške okolo 3 m. Okolo senzora musí byť dostatočná výmena vzduchu. Nemal by byť umiestňovaný napr. na fasáde budov, čo by mohlo viesť ku skresleniu výsledkov.

Meranie znečisťujúcich látok



Umiestňovanie senzorov je vhodné v lokalitách so zvýšeným pohybom obyvateľov, ako obytné zóny, športoviská, oddychové zóny, školy, materské školy a pod., a tam, kde je zároveň predpoklad, že kvalita ovzdušia je ovplyvnená nejakým blízkym zdrojom znečisťovania ovzdušia.

Životnosť senzora zvyčajne nie je dlhšia ako 1 rok. Senzor môže fungovať, ale kvalita merania je výrazne horšia. Nie je nutné vymieňať celú meraciu jednotku. Stačí vymeniť len samotný senzor. Výhodou je, že cena senzora je výrazne nižšia ako cena celej meracej jednotky pri prvej inštalácii.

Na samom začiatku pri rozhodovaní, aký senzor si zadovážiť, je prospešné sa oprieť o skúsenosti tých, ktorí používajú takéto zariadenia a majú overenú ich spoľahlivosť merania. Neodporúčame spoliehať sa na zdroje informácií od výrobcov alebo dodávateľov. Odporúčame si overiť informáciu aj od nezávislého zdroja.

3.1.2.2 Ručné (mobilné) merače

Aká je úroveň aktuálne znečisteného ovzdušia možno zistiť pomocou tzv. ručných meračov. Ide o zariadenia, ktoré držíte v ruke a meriate znečistenie ovzdušia znečisťujúcou látkou za istý časový úsek, napr. počet ultra-jemných prachových častíc v ovzduší. Tento spôsob je vhodný aplikovať na zistenie aktuálneho znečistenia, nevieme ho použiť na kontinuálny monitoring. Zistené hodnoty nie je vhodné porovnávať s limitnými hodnotami na ochranu zdravia alebo ekosystémov, pretože nejde o zariadenia s vysokou kvalitou merania. Odporúčame to vyhodnocovať tak, že zmeriame kvalitu ovzdušia tam, kde nie je žiadny zdroj znečisťovania a nie je tam predpoklad znečistenia, potom zmeriame kvalitu ovzdušia v blízkej vzdialenosti od zdroja znečisťovania a navzájom porovnáваме namerané údaje. Čím vyšší je rozdiel medzi nameranými hodnotami, tým je viac znečistené ovzdušie v mieste zdroja znečisťovania. Toto zariadenie je vhodné aj na meranie kvality ovzdušia vo vnútorných priestoroch, kde sa predpokladá znečistenie ovzdušia.

Príklad ručného meracieho zariadenia



Znečistené ovzdušie – zdroj znečisťovania – lokálne vykurovanie



Čisté ovzdušie – žiadny zdroj znečisťovania

3.1.2.3 Odber vzoriek

Pomerne jednoduchým zisťovaním kvality ovzdušia je odber znečisteného vzduchu a jeho analýza v laboratóriu. Tento spôsob využitia je vhodný predovšetkým v prípade, kedy potrebujeme rýchlo identifikovať náhle zmeny a výskyt nežiaducich látok v ovzduší. Princíp merania spočíva v tom, že znečisťujúca látka sa zachytí na pevnom alebo v kvapalnom médiu vzorkovača za určitý čas. Odobratá vzorka sa pošle do laboratória, kde sa stanoví koncentrácia znečisťujúcej látky. Odber môže prebiehať pasívne bez nasávacieho zariadenia, alebo aktívne za pomoci takéhoto zariadenia.

Ak sa rozhodneme pre takýto spôsob zisťovania kvality ovzdušia, stačí:

- zadovážiť si vhodný vzorkovač pre tú znečisťujúcu látku, ktorú ideme merať,
- vhodne ho umiestniť z hľadiska cieľa,
- poslať vzorku na vyhodnotenie do laboratória,
- interpretovať a zverejniť laboratórne výsledky.

Výrobca udáva, pre akú znečisťujúcu látku je určený vzorkovač.

V nasledujúcej tabuľke uvádzame pár príkladov:

Typ vzorkovača	Vhodnosť použitia
celoplošné vzorkovanie – zber vzorky vzduchu do vzorkovacieho vaku alebo do kanistra na vzorky bez oddeľovania jednotlivých častíc	meranie permanentných plynov (napr. kyslíka, dusíka, metánu), redukovaných zlúčenín síry (napr. sulfán, metylmerkaptán) a prchavých organických zlúčenín (VOC)
aktívne vzorkovanie tuhým sorbentom – vzorkovaný vzduch sa vedie cez trubicu naplnenú tuhým sorbentom pomocou hnacieho čerpadla	meranie VOC, polycyklických aromatických uhľovodíkov (PAU), PCB, aldehydov, amoniaku, amínov a karboxylových (prchavých mastných) kyselín
pasívne vzorkovanie tuhým sorbentom – viazanie znečisťujúcich látok na sorbent sa uskutočňuje cez proces difúzie	meranie zápachotvorných látok a nebezpečných látok, ktoré sa v prostredí nachádzajú len v malom množstve
impinger – vzorkovanie s použitím kvapalných sorbentov	meranie rôznych znečisťujúcich látok (napr. halogénov) pri stacionárnych zdrojoch, kde použitie sorpčných trubíc nie je vhodné (vysoká teplota/vlhkosť)
zachytávanie na filter	meranie znečisťujúcich látok vo forme aerosólu alebo pary



Vzorkovací vak, pasívny a aktívny vzorkovač s tuhým sorbentom, impinger a filtre

Pri umiestňovaní vzorkovača musíme mať na pamäti dve veci: receptor, na ktorý vplýva znečistenie ovzdušia, a zdroj, ktorý spôsobuje toto znečistenie.

Napr. chceme zistiť, ako vplýva znečistené ovzdušie na deti v okolí škôl vplyvom dopravy. Receptorom sú deti v okolí školy, pretože je tam vyššia koncentrácia tejto skupiny obyvateľstva. Zdrojom emisií je doprava. Dôvod, prečo je to hlavne doprava: škola sa nachádza v blízkosti frekventovaných ciest s hustou individuálnou dopravou - rodičia prepravujú deti z/do školy motorovými vozidlami so spaľovacími motormi.

3.2 Zisťovanie kvality ovzdušia modelovaním

Ďalším spôsobom, ako zistiť kvalitu ovzdušia, je modelovanie. V súčasnosti sú vyvinuté metódy, ktoré posúvajú modelovanie k presnejším a spoľahlivejším výsledkom, a tak sa viac približujú reálnemu stavu. Matematický model dáva do súvislosti emisie znečisťujúcich látok a priestorovo rozložené koncentrácie očakávané v dýchacej zóne nad zemským povrchom, pomocou matematických vzťahov popisujúcich fyzikálne, prípadne chemické procesy zúčastňujúce sa na transporte, rozptyle a premenách znečisťujúcich látok v atmosfére.

Modelovaním môžeme analyzovať príčinu znečisteného ovzdušia. Kvalita výsledkov závisí od vstupných údajov a výberu vhodnej metódy modelovania. Pri prenose a rozptyle znečistenia na krátke vzdialenosti sa dá využiť za určitých predpokladov gaussovský model. Na väčšie vzdialenosti je lepšie použiť chemicko-transportný model, ktorý je však zložitejší a náročný na výpočtový čas aj na množstvo a kvalitu vstupných dát. Z tohto dôvodu má obmedzené použitie na veľké územia s vysokým rozlíšením.

Vhodným riešením je použiť aj kombináciu viacerých modelov. Najskôr modelovať širšie územie s nižším rozlíšením. Takto si môžeme identifikovať tzv. hot-spoty. To sú relatívne menšie územia, čo umožňuje použiť presnejšie metódy modelovania náročnejšie na matematický výpočet.

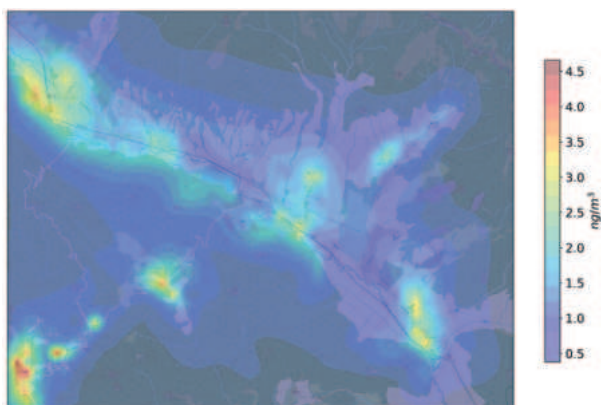
Na identifikovanie znečistenia ovzdušia na regionálnej úrovni sa na Slovensku používa model CMAQ s rozlíšením 2 x 2 km. Model CALPUFF sa používa pri identifikovaní znečistenia ovzdušia spôsobeného nízkymi zdrojmi, ako sú doprava alebo lokálne kúreniská. Pri použití tohto modelu sa veľmi dobre zohľadní aj vplyv terénu a vetra na rozptyl znečistenia. Rozlíšenie je zvyčajne 250 x 250 m.

Vstupnými údajmi pre modelovanie sú emisie znečisťujúcich látok zo zdrojov znečisťovania ovzdušia. Na Slovensku sa využíva na tento účel Národný emisný informačný systém (NEIS), ktorý obsahuje emisie veľkých a stredných stacionárnych zdrojov. Čo sa týka emisií z dopravy, tie sa zisťujú na základe spotrebovaného paliva a počtu a druhu vozidiel. Emisie z lokálneho vykurovania sa počítajú zo spotreby paliva. Keďže sa nevedie evidenciu vykurovacích zariadení v domácnostiach (lokálne vykurovanie), tieto údaje sú zaťažené vysokou nepresnosťou. Údaje o emisiách za malé zdroje znečisťovania ovzdušia chýbajú. Ak by boli údaje o emisiách presnejšie, aj výstupy modelovania by sa viac približovali k nameraným údajom. Ďalším vstupom do modelu sú terén územia a meteorologické parametre, ktoré majú vplyv na rozptyl znečistenia. Kombinácia bezvetria a uzavretej kotliny vytvára zlé podmienky ventilácie územia a rozptylu znečistenia. Naopak, rovinaté územia s častými vetrami predstavujú skvelé podmienky premiešavania vzduchových mäs v atmosfére, čím dochádza k riedeniu znečisťujúcich látok.

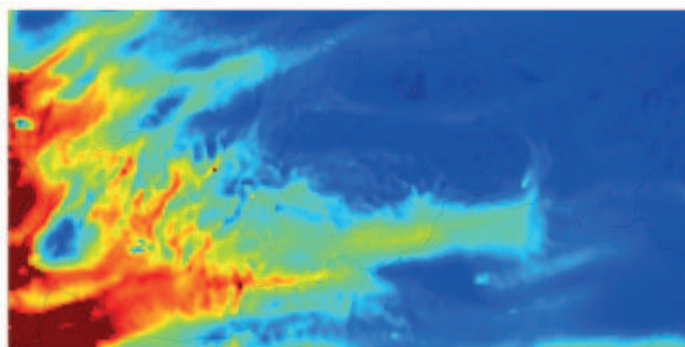
Výstupom modelu sú mapy s priestorovým rozložením koncentrácií znečisťujúcich látok v území.

Príklady modelov

CALPUFF



CMAQ



3.3 Zisťovanie kvality ovzdušia využitím bioindikácie

Na monitorovanie kvality životného prostredia sa vyvinuli rôzne metódy vrátane biomonitorovania, pri ktorom sa na sledovanie a indikovanie kvality využívajú živé organizmy schopné reagovať a prispôbiť sa zmenám prostredia.

Biologický monitoring (biomonitoring) využíva biotu na popis, registráciu a zisťovanie dlhodobých a rozsiahlych zmien prostredia spôsobených ľudskou činnosťou. Využíva pritom bioindikačné charakteristiky živých organizmov na včasné varovanie pred negatívnym vývojom prostredia. Následne sa tak môže predchádzať nezvratným škodám v prírodnom prostredí i v hospodárstve. Cieľom biologického monitoringu je sledovanie vybraných zásahov do krajiny vo vzťahu k znečisťujúcim látkam, vývojových tendencií a zmien stability krajinných systémov a ich jednotlivých zložiek. Zmeny v druhovom zložení a v ďalších rastlinných či živočíšnych charakteristikách sú významným ukazovateľom zmien v prostredí. Podstatou biologického monitoringu je dlhodobé sledovanie stavu vybraných lokalít (biotopov) prostredníctvom štúdia organizmov, ktoré dokážu rýchlo reagovať na zmeny podmienok v ich prostredí. Výsledkom biomonitoringu je informácia o aktuálnom výskyte vybraných druhov (bioindikátorov) na jednotlivých lokalitách a ich vzájomné porovnanie nielen na biologickej, ale aj environmentálnej úrovni.

Termín **bioindikátor** sa používa pre organizmy, ktoré reagujú na záťaž cudzorodými látkami zmenou životných prejavov alebo akumuláciou znečisťujúcich látok. Za bioindikátor je vo všeobecnosti považovaný organizmus, ktorý sa vyskytuje na určitom mieste a podľa neho je možné zistiť určité špecifické vlastnosti prostredia. Dobrý biologický indikátor by mal byť schopný pôsobiť ako citlivý a aj akumulčný biomonitor. Citlivé biologické indikátory predstavujú rôzne morfológické (tvarové) a fyziologické (funkčné) zmeny. Používajú sa ako indikátory stresu spôsobeného znečisťujúcimi látkami a fungujú ako systémy včasného varovania. Akumulačné biologické indikátory majú schopnosť ukladať znečisťujúce látky vo svojich tkanivách a používajú sa na meranie koncentrácie týchto látok v prostredí. Schopnosť akumulácie môže ovplyvňovať samotný výskyt sledovaných druhov. Niektoré biologické indikátory môžu pôsobiť súčasne ako citlivé, ako aj akumulčné (napr. lišajníky). V súvislosti so zvyšovaním počtu ochorení dýchacieho systému sa jednotlivé štáty zamerali na cielenejšie zásahy zamerané na prevenciu a kontrolu znečistenia ovzdušia a posilnenie siete na monitorovanie kvality ovzdušia i formou využitia bioindikácie.

3.3.1 Bioindikácia pomocou lišajníkov

Kontaminácia ovzdušia rôznymi znečisťujúcimi látkami patrí medzi hlavné environmentálne riziká. Ich prítomnosť v ovzduší je možné sledovať viacerými spôsobmi. Najčastejšie využívaným indikátorom kontaminácie ovzdušia sú lišajníky.

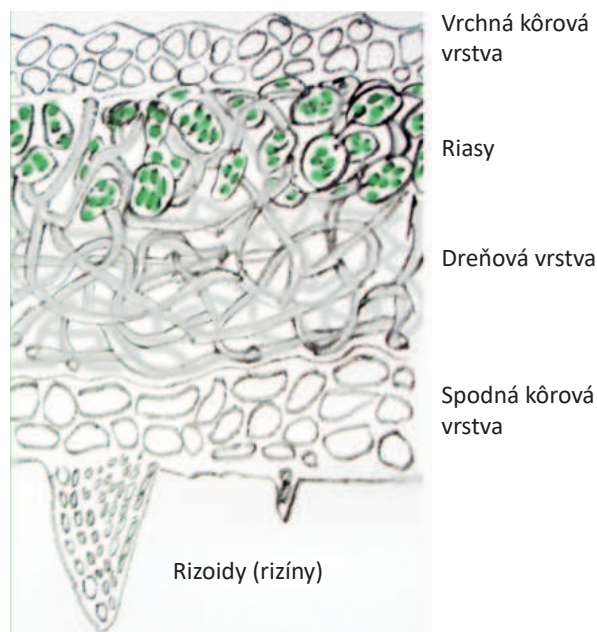
Lišajníky nepatria medzi rastliny, ale sú to typy organizmov zložené z **huby a riasy alebo sinice**, ktoré žijú vo vzájomnej **symbióze** tzv. **lichenizme**. Niektoré lišajníky nemajú koreňový systém, ktorý umožňuje vstrebávanie živín z pôdy. Museli si vyvinúť mechanizmy na získavanie živín z atmosféry, preto sa tieto organizmy využívajú na biomonitoring kvality ovzdušia. Ďalšie vlastnosti, ktoré sa v prípade lišajníkov využívajú, sú pomalý rast a dlhovekosť.

Na povrchu sú lišajníky pokryté ochrannou vrstvou hubových, husto prepletených vlákien, ktorá im umožňuje rýchlo prijímať vlhkosť z okolia, a následne ju aj odpariť, čím sa chránia pred prehriatím a podchladením. Riasy tvoria časť organizmu, ktorá je zdrojom živín, pretože obsahujú chlorofyl a huby dodávajú do systému vodu a minerálne zložky. Tento typ organizmov rastie pomaly a výrazne závisí na charaktere krajinných zložiek. Lišajníky zohrávajú významnú úlohu pri návrate vegetácie do krajiny. Dokážu

prežiť aj v extrémnych podmienkach vrátane znečisteného prostredia. Ako organizmy, ktoré nemajú koreňový systém (na podklad sú prichytené špeciálnymi výrastkami – rizoidmi alebo rizínmi), sú ideálnym bioindikátorom znečistenia ovzdušia.

Všetky potrebné látky pre život a rast získavajú z ovzdušia. Majú veľký reakčný povrch. Veľmi škodlivé pre lišajníky sú rôzne oxidy, ktoré v kombinácii s vodou, či už v telách lišajníkov alebo v ovzduší, vytvárajú rôzne silné kyseliny. Sú súčasťou cyklu výmeny živín, predovšetkým zlúčenín dusíka. Táto vlastnosť lišajníkov umožňuje ich využitie na identifikáciu znečistenia ovzdušia predovšetkým prachom, sírnymi a dusíkatými zlúčeninami (napr. NO_x , SO , SO_2), ale i niektorými potenciálne toxickými prvkami ako Pb, Hg či Cd, ktoré sa prenášajú vetrom. Nie všetky formy lišajníkov však vykazujú citlivosť voči znečisťujúcim látkam, akými sú SO_2 a NO_x . Medzi takto odolné lišajníky patrí napríklad *Lecanora conizaeoides* Nyl. Lišajníky, ktoré obsahujú sinice, dokážu fixovať aj atmosférický dusík.

Analýzou diverzity spoločenstva lišajníkov v rámci citlivosti na dusík je možné lišajníky rozdeliť do troch skupín.

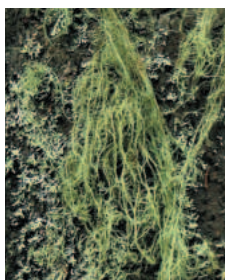


Prierez stielkou bežného lišajníka - Zdroj: wikipedia.org

Rozdelenie lišajníkov podľa citlivosti na dusík

Citlivé druhy

Lišajníky citlivé na znečistenie NO_x



Usnea sp. **Bradatec**

Stielka je vláknitá, zo stromov visia tenké konáriky sivozelenej farby.



Evernia sp. **Konárník**

Laloky majú tvar sploštených konárikov. Ich vrchná strana je šedo-zelená, spodná strana je biela.



Hypogymnia sp. **Diskovka**

Laloky sú z vrchnej strany sivasté, zospodu bledohnedé, konce lalokov sú často akoby zaprášené. Laloky sú nafúknuté a duté, akoby bola vnútri bublina.

Odolné druhy

Lišajníky, ktoré sú odolné voči NO_x



Melanelixia sp.

Diskovka

Laloky sú matne hnedé, tesne priliehajú ku kôre. Pri trení sa na ich povrchu objavia svetlejšie oblasti.



Flavoparmelia sp.

Diskovka

Široké laloky sú jablkovo zelenej farby, môže sa na nich vytvoriť zvrásnený povrch a hrubé práškovité škvrny.



Parmelia sp.

Diskovka

Laloky sú tenké, voľne prirastené ku kôre, vrchná strana je sivá, zospodu tmavohnedá, na povrchu stielky je viditeľný vzor bielych čiarok.

Milovníci dusíka

Lišajníky, ktoré uprednostňujú lokality s vyšším obsahom NO_x



Xanthoria sp.

Diskovník

Laloky sú široké a rozťahnuté. Stielka je žltoranžová až zelenožltá, oranžové plodnice lišajníka nemusia byť vždy viditeľné.



Xanthoria sp.

Diskovník

Laloky sú malé, zoskupené, tesne prirastené k povrchu. Stielka je žltej až zelenosivej farby, s množstvom oranžových plodníc.



Physcia sp.

Fyscia

Laloky sú zvrchu sivé, zospodu belavé, konce lalokov sú zdvihnuté nahor. Povrch lišajníka je akoby poprášený, na okrajoch lalokov sú čierne zakončené fúzy.

V ostatných tridsiatich rokoch sa lišajníky využívajú ako bioindikátory na biomonitoring kontaminácie ovzdušia predovšetkým v prostredí miest, v okolí priemyselných podnikov, rušných komunikácií a pod. V súčasnosti sa začínajú využívať aj na všeobecný biomonitoring prírodného prostredia.

Pri hodnotení environmentálneho rizika sa zohľadňuje viacero merateľných charakteristík (fyziologických parametrov). Významným indikátorom sú morfológické zmeny:

- deformácie tela,
- vyblednuté miesta alebo tmavé škvrny,
- odpadávanie stielok od podkladu,
- prebujnenosť tela lišajníka riasami a pod.

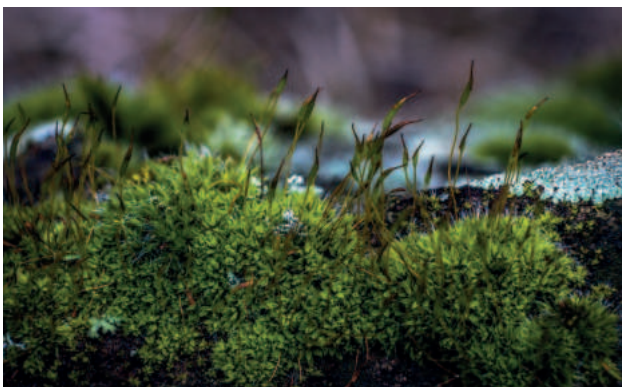
Štúdie potvrdili, že v mestských oblastiach, v dôsledku dopravného znečistenia, lišajník zbledne, prípadne v dôsledku priemyselných emisií si vytvorí menšie množstvo spór a postupne vyschne. Hrozbou pre diverzitu lišajníkov je znečistenie ovzdušia a zmena klímy, najmä nárast priemernej teploty a nedostatok zrážok. Keďže rastú pomaly, aj náhla zmena prostredia, v ktorom rastú, má na lišajníky veľmi škodlivý vplyv. Za najväčšie dopady na lišajníky postihnuté vplyvom prízemného ozónu sa považuje poškodenie bunkových stien. Dlhodobý vplyv SO_2 spôsobuje poruchy v prísune živín. Dusík, ktorý sa dostáva do stielok lišajníkov, býva zhodný s obsahom dusíka vo vzduchu. Vysoké obsahy SO_2 a NO_x spôsobujú acidifikáciu, čiže zníženie hodnôt pH, čo môže viesť až k vyhynutiu lišajníkov.

Techniky monitorovania využívajúce lišajníky sú najlacnejším monitorovaním znečistenia ovzdušia. Mapovanie a prieskum diverzity lišajníkov nie sú tak nákladné ako rôzne chemické analýzy. Využívajú sa hlavne pri monitorovaní mestských a priemyselných oblastí. Hlavným princípom mapovania diverzity lišajníkov je skutočnosť, že čím väčšia je diverzita lišajníkov, tým menej je oblasť znečistená alebo narušená.



3.3.2 Ďalšie možnosti využitia bioindikácie ovzdušia

Medzi ďalšie indikátory môžeme zaradiť **machy**, ktoré patria medzi najstaršie suchozemské rastliny na zemi. Nemajú spoločnú koreňovú štruktúru, a tak absorbujú všetko, čo potrebujú k životu a rastu prostredníctvom povrchu svojich listov. Okrem toho machy pôsobia ako špongie. Čerpajú vodu len zo vzduchu a udržiavajú vlhkosť v prostredí. Sú schopné akumulovať potenciálne toxické prvky, organické zlúčeniny, dusík a v poslednom čase aj mikroplasty. Tieto látky v sebe hromadia počas dlhého časového obdobia až do veľmi vysokých koncentrácií.



Machy - Zdroj: www.pixabay.com



Machy a lišajníky - Foto: J. Janštová

Keďže machy sú kolonizované baktériami, ktoré sa živia rozkladom organických látok, dokážu účinne odstraňovať prachové častice, ktoré môžu obsahovať rôzne potenciálne nebezpečné znečisťujúce látky, ako sú aerosóly z čistiacich prostriedkov, častice dymu, chemický prach, plesne a výpary. Inštalácia machových stien v miestnostiach preto pomáha znižovať koncentráciu prachu aj ďalších znečisťujúcich látok vo vzduchu.

V poslednom čase našli machy uplatnenie pri riešení otázok ohrozenia verejného zdravia súvisiaceho so zhoršovaním kvality ovzdušia. Zhoršovanie stavu životného prostredia podnecuje hľadanie nových doplnkových spôsobov monitorovania kvality ovzdušia. Machy sa využili aj v rôznych environmentálnych aplikáciách, napr. v epidemiologických výskumoch, identifikácii zdrojov znečisťujúcich látok a mechanizmov prenosu, hodnotení kvality ovzdušia v rôznorodých a zložitých mestských ekosystémoch i pri zisťovaní kvality vnútorného ovzdušia. Získané poznatky sú dôležité pre ďalšie návrhy strategických regulačných opatrení.



Nicotiana tabacum - Zdroj: www.pixabay.com

Ako dobrý indikátor kontaminácie ovzdušia zlúčeninami NO_x a hlavne ozónom (O_3) sa osvedčili aj **tabakové listy**, pričom tieto sú aj dobrým indikátorom kontaminácie prostredia olovom, kadmium a niektorými ďalšími potenciálne toxickými prvkami. Je to spôsobené povrchom listov, ktoré sú pokryté drobnými chlpkami a takýto povrch zachytáva z ovzdušia nielen olovené zlúčeniny, ale aj mnohé ďalšie látky.

V Antverpách výskumníci použili na bioindikáciu kvality ovzdušia **listy jahôd**. Na meranie množstva jemného prachu v mestskom

prostredí bol tento druh biomonitorovania po prvýkrát aplikovaný vo väčšom rozsahu. Rozoznali sa magnetizovateľné častice, ako je železo, a na základe ich koncentrácie sa zisťovala kvalita vzduchu, ktorému bola rastlina vystavená počas svojho rastu. Výskum potvrdil, že množstvo jemného prachu v listoch a na ich povrchu je dobrým indikátorom kvality miestneho ovzdušia. Na základe analýz rastlín jahôd výskumníci vytvorili podrobnú mapu kvality ovzdušia v meste. Napriek tomu, že kvalita ovzdušia bola v meste monitorovaná prostredníctvom troch meracích staníc, tieto boli v skutočnosti nedostatočné, pretože koncentrácia jemného prachu sa môže v rôznej vzdialenosti od zariadenia značne líšiť.

Biomonitoring možno použiť aj na hodnotenie vplyvu znečisťujúcich látok z dopravy na jednotlivé zložky prírodného prostredia. Výfukové plyny automobilov, ako aj gumové mikročastice z pneumatík a brzdových obložení vytvárajú

charakteristickú prašnosť na miestach s vysokou intenzitou dopravy. Tieto emisie sa môžu prenášať na rôzne vzdialenosti v závislosti od geografickej oblasti a meteorologických faktorov vrátane hmly, vetra a dažďa. Autá sú zodpovedné za 10 – 25 % emisií prachových častíc a ich podiel na znečisťovaní je ešte väčší v dôsledku sekundárnej prašnosti (vírením častíc usadených na zemskom povrchu). Výskum realizovaný v tejto oblasti umožňuje určiť typ, rozsah a mieru nepriaznivých zmien a vypracovať očakávaný vývoj znečistenia životného prostredia.



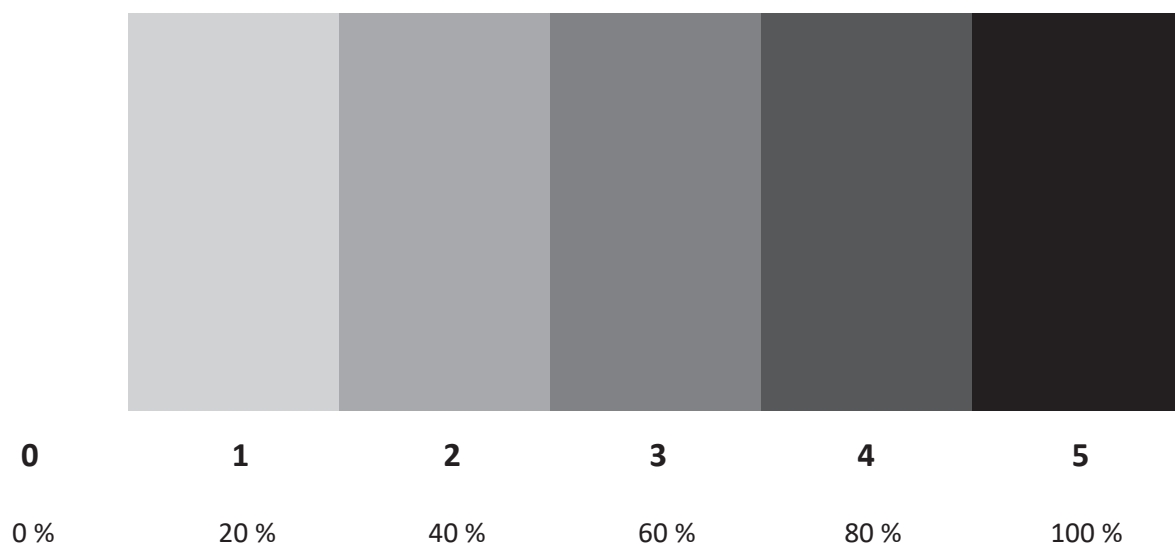
Listy jahôd - Zdroj: www.pixabay.com

4 Pozorovanie tmavosti dymu

Teplo je základnou ľudskou potrebou, najmä v zimných mesiacoch. Hlavné vykurovacie obdobie u nás trvá od začiatku jesene do polovice jari. Jedným zo spôsobov výroby tepla je spaľovanie palív v malých vykurovacích zariadeniach. Pri spaľovaní sa do ovzdušia dostávajú emisie znečisťujúcich látok, ktoré vizuálne vnímame ako dym. Množstvo emisií ovplyvňuje kvalitu ovzdušia, t. j. aký vzduch dýchame. Pri spaľovacích zariadeniach na tuhé alebo kvapalné palivo s menovitým tepelným príkonom do 0,3 MW, pozorujeme množstvo emisií na základe určenia tmavosti dymu. Princíp spočíva v určení stupňa tmavosti dymu podľa zadefinovanej stupnice tmavosti dymu. Pozorovaním môžeme preukázať dodržanie emisného limitu. V tomto prípade emisný limit je vyjadrený ako stupeň tmavosti dymu. Ak je dym tmavší ako stupeň tmavosti dymu, hovoríme o prekročení emisného limitu, čo môže viesť k zhoršeniu kvality ovzdušia, a následne negatívne vplývať na ľudské zdravie. Pri spaľovacích zariadeniach na tuhé palivo porovnávame tmavosť dymu so stupnicou podľa Ringelmannu. Pri spaľovacích zariadeniach na kvapalné palivo porovnávame so stupnicou podľa Bacharacha. Pri kvapalnom palive musíme odoberať vzorku odpadového plynu (dymu) sondou z dymovodu a tú potom porovnať so stupnicou. Pri tuhom palive určujeme tmavosť dymu, ktorý vychádza z komína. Pre účely tejto príručky sa budeme podrobnejšie zaoberať len určovaním tmavosti dymu podľa Ringelmannu.

Postup určenia tmavosti dymu podľa Ringelmannu

- Pozorovanie tmavosti dymu prebieha zo vzdialenosti 150 až 400 m od pozorovaného komína.
- Pozadie dymu tvorí rozptýlené denné svetlo oblohy. Pozorovanie nie je možné uskutočniť proti slnku, oproti zástavbe alebo okolitému terénu.
- Držte stupnicu vo voľne natiahnutej ruke tak, že sieť jednotlivých polí sa umiestni k dymu v mieste výstupu z komína (smer dymu z komína je približne v pravom uhle na smer pozorovania).
- Dĺžka odčítania zo stupnice trvá 5 sekúnd a uskutočňuje sa 30-krát v pravidelných pol minútových intervaloch.
- Meranie je vyhodnotené priemerom tmavostí z 30 odčítaných hodnôt.
- Nevýhoda: subjektívnosť pozorovateľa, možnosť merania len za určitých svetelných (nie je možné za tmy) a poveternostných podmienok.
- Dym z komína nesmie byť tmavší ako 2. stupeň na stupnici.
- Počas rozkurovania pri studenom stave v dĺžke maximálne 30 minút, môže byť tmavosť dymu v 3. stupni.



Stupeň 0 - čisto biele pole s definovanou odrazivosťou svetla 80 %.

Stupeň 1 až 5 - odpovedá príslušným % čiernej farby na bielom podklade.

Stupeň 5 - čierna farba použitá na tlač stupnice musí mať 5 % odrazivosť svetla

Pre meranie tmavosti dymu môžeme využiť aj mobilnú aplikáciu, ktorú si môžete stiahnuť na adrese:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.actssystemas.VirtualRingelmann&hl=en>

Skratky

AMS	Automatická monitorovacia stanica
BaP	Benzo(a)pyrén
CALPUFF	Nestacionárny lagrangeovský disperzný puff model
Cd	Kadmium
CEMAQ	Chemicko-transportný model
CO	Oxid uhoľnatý
Hg	Ortuť
NEIS	Národný emisný informačný systém
NH ₃	Amoniak
NMSKO	Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia
NMVOC	Nemetánové prchavé organické látky
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	Oxidy dusíka
O ₃	Ozón
PAU	Polycyklické aromatické uhľovodíky
Pb	Olovo
PCB	Polychlórované bifenily
PM ₁₀	Prachové častice o veľkosti menej ako 10 µm
PM _{2,5}	Prachové častice o veľkosti menej ako 2,5 µm
SO ₂	Oxid siričitý
SO _x	Oxidy síry
VOC	Prchavé organické zlúčeniny

Slovník pojmov

Pojem	Vysvetlenie
Aerosól	Aerosól je zmes častíc pevnej alebo kvapalnej látky v plynnej látke. Veľkosť častíc je od 10 nm do 100 μm .
Difúzia	Jav, kedy častice jednej látky samovoľne prenikajú medzi častice druhej látky.
Limitné hodnoty na ochranu ľudského zdravia a ekosystémov	Limitnou hodnotou je úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov s cieľom zabrániť škodlivým účinkom na zdravie ľudí alebo životné prostredie ako celku, predchádzať im alebo ich znížiť, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase a od toho času nesmie byť prekročená; limitné hodnoty a podmienky ich platnosti sú ustanovené pre oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, olovo, benzén, PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$.
PM_{10}	PM_{10} sa rozumejú suspendované častice, ktoré prejdú zariadením so vstupným otvorom definovaným v referenčnej metóde na vzorkovanie a meranie PM_{10} podľa technickej normy a technickej normalizačnej informácii alebo iným obdobným technickým špecifikáciám s porovnateľným alebo prísnejším požiadavkám vo veci stanovenia hmotnostnej koncentrácie suspendovaných častíc, selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom 10 μm s 50 % účinnosťou.
$\text{PM}_{2,5}$	$\text{PM}_{2,5}$ alebo jemnými časticami sa rozumejú častice, ktoré prejdú zariadením so vstupným otvorom definovaným v referenčnej metóde na vzorkovanie a meranie PM_{10} podľa technickej normy technickej normalizačnej informácii alebo iným obdobným technickým špecifikáciám s porovnateľným alebo prísnejším požiadavkám vo veci stanovenia hmotnostnej koncentrácie suspendovaných častíc selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom rovným alebo menším ako 2,5 μm s 50 % účinnosťou.
Sorbent	Látka tuhého alebo kvapalného skupenstva, ktorá má schopnosť naviazať na seba plynú látku.
Úroveň znečistenia ovzdušia	Úroveň znečistenia ovzdušia je vyjadrená ako koncentrácia znečisťujúcej látky v ovzduší alebo depozícia znečisťujúcej látky na zemskom povrchu za určitý čas.
Zdroje znečisťovania ovzdušia	Zdroj, ktorým sa dostávajú znečisťujúce látky do ovzdušia. Znečisťujúca látka sa dostáva do ovzdušia, buď prostredníctvom prírodných javov, napr. sopečnou činnosťou alebo ľudskou činnosťou, napr. z komínov rodinných domov pri vykurovaní tuhým palivom alebo z výfukov motorových vozidiel.
Znečistenie ovzdušia	Prítomnosť znečisťujúcich látok v ovzduší v dôsledku ich vypúšťania zo zdrojov znečisťovania ovzdušia.
Znečisťovanie ovzdušia	Vypúšťanie znečisťujúcich látok do ovzdušia zo zdrojov znečisťovania ovzdušia.

Zoznam informačných zdrojov

- Abas, A. 2021. A systematic review on biomonitoring using lichen as the biological indicator: A decade of practices, progress and challenges, *Biological Indicators*, 107197, 1-11.
- Bačkor, M. & Loppi, S. 2009. Interactions of lichens with heavy metals. *Biologia Plantarum* 53 (2): 2014-222.
- Conti, M. E. 2008. Lichens as bioindicators of air pollution. *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering*, 30, ISSN 1755-8336, 112-161.
- Dadová, J., Andráš, P., Kupka, J. 2016. Potenciálne toxické prvky. *Institut environmentálneho inžinýrství, Ostrava*. ISBN 978-80-248-3906-6.
- Chaudhuri, S. & Roy, M. 2023. Global ambient air quality monitoring: Can mosses help? A systematic meta-analysis of literature about passive moss monitoring. *Environment, Development and Sustainability*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-023-03043-0>
- Justino, A. R., Abecasis, L., Gamelas, C., Canha, N., Kertesz, Z., Almeida, S.M. 2021. Citizen involvement in the assessment of atmospheric contamination in an industrial area. https://scholar.google.sk/scholar?q=Citizen+involvement+in+the+assessment+of+atmospheric+contamination+in+an+industrial+area.&hl=sk&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar
- Kahan, J. 2013: *Lišajníky. Strom života*. Bratislava. ISBN 978-80-88688-69-3.
- Krajčovičová J., Kocunová Z., 2023. *Kvalita ovzdušia. Príručka pre okresné úrady v oblasti ochrany ovzdušia*, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, ISBN 978-80-8213-124-9
- Kremier, M. a kol., 2024. *Správa o kvalite ovzdušia Slovenskej republiky 2022*, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, ISSN 2730-0927
- Meranie znečistenia ovzdušia ultrajemnými časticami z lokálnych kúrenísk, <https://cepta.sk/meranie-znečistenia-ovzdušia-ultrajemnymi-casticami-z-lokalnych-kurenisk/>
- Modelovanie kvality ovzdušia, <https://www.shmu.sk/sk/?page=2661>
- Monitorovacia sieť kvality ovzdušia, <https://www.shmu.sk/sk/?page=2658>
- Možné účinky na zdravie, <https://dnesdycham.populair.sk/mozne-ucinky-na-zdravie>
- Určovanie tmavosti dymu (leták), projekt TMS č. 310011X626 - Zlepšujeme kvalitu ovzdušia v obciach a mestách – Čistý vzduch naše zdravie
- Zákon č. 146/2023 Z. z. o ochrane ovzdušia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Zborník z XV. Medzinárodnej vedeckej konferencie, 17.-18. 2015, Bratislava, Žilina: Strix. Edícia ESE-23, ISBN 978-80-89753-02-4. Rusko, M. – Harangozó J. (Eds.)

[illegible]

Názov: Ako zisťujeme, čo dýchame

Autori: Mgr. Jana Paluchová, Mgr. Veronika Páričková, Ing. Radoslav Virgovič,
doc. RNDr. Jana Janštová PhD., SAŽP

Vydavateľ: Slovenská agentúra životného prostredia

Grafická úprava: Stanislav Hupian

Autor fotografie na obálke: KOČR Trnavský kraj

Jazyková korektúra: Alena Kostúriková

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2024

Náklad: 500 ks

ISBN: 978-80-8213-166-9



www.populair.sk

www.dnesdycham.sk

Projekt LIFE IP – Zlepšenie kvality ovzdušia (LIFE18 IPE/SK/000010) podporila Európska únia v rámci programu LIFE.

Projekt je spolufinancovaný z prostriedkov štátneho rozpočtu SR prostredníctvom MŽP SR.

