

## Determinanty znečištění ovzduší kolem škol a jejich řešení

Znečištění ovzduší je nejen zásadním faktorem ovlivňujícím zdraví a pohodu dětí ve školách, ale také má významný dopad na celou populaci v urbanizovaných oblastech. Zvýšená úroveň znečištění ovzduší v městském prostředí, způsobená hlavně dopravou, průmyslovými aktivitami a dalšími lidskými činnostmi, má negativní dopad na zdraví obyvatelstva včetně dospělých, starších osob a lidí s různými zdravotními potížemi. Tento problém je často spojen s následujícími znečišťujícími látkami (viz tab. 1).

Tabulka 1: Hlavní látky znečišťující ovzduší a jejich dopad na lidské zdraví

<p><b>Suspendované částice (PM)</b> jsou uvolňovány z mnoha zdrojů a pro lidské zdraví představují jednu z nejškodlivějších znečišťujících látek. Pronikají citlivými místy dýchacího systému a mohou způsobit nebo zhoršit kardiovaskulární a plicní onemocnění i nádorová onemocnění.</p>	<p><b>Organické znečišťující látky</b>, jako je benzo(a)pyren (BaP), se uvolňují při spalování paliva a odpadu, průmyslových procesech a používání rozpouštědel. Látky, jako je hexachlorbenzen (HCB), polychlorované bifenyly (PCB) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), mohou mít na lidské zdraví a ekosystémy celou řadu škodlivých účinků.</p>
<p><b>Přízemní ozon (O<sub>3</sub>)</b> je látka znečišťující ovzduší, která poškozuje lidské zdraví, vegetaci a materiály. Ozon vzniká při reakci jiných znečišťujících látek na sluneční záření.</p>	<p><b>Těžké kovy</b>, jako je olovo nebo měď, jsou pro ekosystémy toxické. Většinou se uvolňují při spalování a průmyslových činnostech. Kromě toho, že znečišťují ovzduší, se mohou hromadit v půdě a sedimentech a bioakumulovat v potravinových řetězcích.</p>
<p><b>Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) a oxidy síry (SO<sub>x</sub>)</b> se uvolňují při spalování paliva, např. v elektrárnách nebo jiných průmyslových zařízeních. Podílejí se na acidifikaci a eutrofizaci vody a půdy. Při výskytu v ovzduší mohou způsobit zdravotní problémy, jako je zánět dýchacích cest a porucha funkce plic.</p>	<p><b>Amoniak (NH<sub>3</sub>)</b> se uvolňuje zejména při zemědělské činnosti a přispívá jak k eutrofizaci, tak k acidifikaci vody a půdy.</p>

Zdroj: Evropská agentura životního prostředí (2020)

Tento přehledový text se zabývá problematikou zlepšování kvality ovzduší v urbanizovaném prostředí v okolí škol se zaměřením na vystavení dětí znečištěnému ovzduší a využívá poznatky čerpané z novějších odborných článků zaměřených na tuto problematiku. Stručně se věnuje konkrétním způsobům měření znečištění, které je možné využít, případně již byly využity. Dále nastiňuje determinanty znečištění ovzduší a doporučení mitigačních opatření.

### Měření znečištění ovzduší

Měření kvality ovzduší ve městských školách je klíčové pro posouzení expozice žáků a personálu školy různým znečišťujícími látkami. Tato měření mají za cíl identifikovat a monitorovat koncentrace škodlivých látek, jako jsou oxidy dusíku (NO<sub>2</sub>), oxidy síry (SO<sub>2</sub>), prachové částice (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), oxid uhelnatý (CO) a další, které mohou mít negativní dopad na zdraví lidí. Měření znečištění ovzduší v prostředí městských škol může být prováděno několika způsoby a pomocí různých metod. Jejich využití je třeba dát do kontextu prostředí, ve které je ovzduší monitorováno, tedy zda se jedná o interiér nebo exteriér budov.

### Satelitní data

Satelitní měření kvality ovzduší představuje moderní a efektivní metodu sledování znečištění vzduchu pomocí satelitů obíhajících Zemi. Tyto satelity jsou vybaveny speciálními senzory, které mohou detekovat a monitorovat koncentrace znečišťujících látek ve vzduchu nad různými regiony planety.

Využívají různé spektrometrické a optické techniky pro měření různých složek atmosféry. Mezi jejich výhody patří široký geografický dosah a schopnost měřit znečištění na globální úrovni. Umožňují také sledování dynamiky. Přestože satelitní měření poskytuje cenné informace, je třeba zdůraznit, že tato technologie má určitá omezení, například nižší prostorové rozlišení ve srovnání s jinými metodami měření. Satelitní data obvykle nemohou poskytnout tak detailní informace na místní úrovni, jako to umí staniční senzory. Satelitní data ve výzkumu využili např. Ung a kol. (2021)

### **Biomonitoring**

Tento přístup využívá monitorování živých organismů, jako jsou rostliny, živočichové nebo mikroorganismy, které reagují specifickým způsobem na škodlivé látky ve svém prostředí. Živé organismy, ať už se jedná o lišejníky nebo dřeviny (topol černý), využili např. Belguiduom a kol. (2022) Giordano a kol. (2021) nebo Levei a kol. (2021).

### **Stanice pro měření kvality ovzduší**

Stanice pro měření kvality ovzduší jsou zařízení, která systematicky monitorují a sbírají data o koncentracích znečišťujících látek v atmosféře za použití různých senzorů a analytických nástrojů. Stanice periodicky shromažďují vzorky vzduchu a následně analyzují obsah znečišťujících látek. Stanice mohou být umístěny na různých typech lokalit, jako jsou městská centra, dopravní uzly, průmyslové zóny, rezidenční oblasti nebo venkovské oblasti. Umístění stanic je strategicky důležité pro získání co nejpresnějších a reprezentativních dat o kvalitě ovzduší.

Vzhledem k povaze informací jsou data posílána do centrálních databází, kde probíhá následné zpracování. Výsledné informace jsou často poskytovány veřejnosti, která tak může přizpůsobovat svoje chování s cílem minimalizovat expozici škodlivým látkám. Konkrétním příkladem může být *European Air Quality Index* (Evropská agentura životního prostředí, 2023), který v reálném čase zobrazuje kvalitu vzduchu určenou na základě indexu spočítaného z koncentrací pěti klíčových znečišťujících látek. Data jsou také využívána pro vyhodnocování naplňování cílů veřejné ochrany zdraví.

### **Mobilní měření**

Přenosné měřiče kvality ovzduší umožňují jednodušší monitorování znečištění na konkrétních místech či v okolí školy. Jedná se o mobilní zařízení nebo vozidla, která jsou vybavena senzory. Přístroje mohou být umístěny ve vnitřních či venkovních prostorách škol. Dalším typem jsou osobní přenosné monitory, které jsou podle Osborne a kol. (2021) vhodným způsobem měření, neboť umožňují zjišťování rozdílů mezi kvalitou ovzduší ve venkovních a vnitřních prostorech. Jeden z pilotních projektů zapojení veřejnosti do výzkumu, tzv. community science, byl představen ve článku z roku 2022 (Ilie a kol., 2022). Článek prezentuje zapojení studentů středních škol pro sběr dat o individuální expozici vůči  $PM_{2,5}$  s využitím individuálních monitorovacích přístrojů. Součástí výzkumu byla organizace workshopů, tréninkových sezení a realizace tematických školních projektů. Podle Osborne a kol. (2021) je dosavadní množství studií tohoto typu nedostatečné.

### **Zdroje znečištění**

Škodlivé látky jsou do atmosféry uvolňovány z široké škály zdrojů. Podle EEA (2019) patří mezi hlavní zdroje znečištění:

1. zemědělské aktivity, ze kterých pochází až 90 % emisí amoniaku a 80 % emisí metanu,
2. produkce energie a její distribuce, ze kterých pochází přibližně 60 % oxidů síry,
3. přírodní jevy, zahrnující vulkanické erupce a písečné bouře,
4. odpady, skládky, těžba uhlí a transfer plynů jsou významným zdrojem metanu,
5. doprava, přičemž více než 40 % emisí oxidů dusíku pochází ze silniční dopravy, stejně jako 40 % primárních emisí  $PM_{2,5}$ ,

6. spalování paliv v dopravě, při vytápění objektů, využívání energetických zdrojů apod. Podniky, veřejné budovy a domácnosti přispívají přibližně 50 % v produkci  $PM_{2,5}$  a oxidu uhelnatého.

V závislosti na umístění a lokálních podmínkách se budou uvedené zdroje projevovat jinou intenzitou. Mezi hlavní determinanty patří poloha škol, množství (nedostatek) zeleně v okolí škol, hustota a intenzita dopravy a topografie a urbanistické uspořádání.

Nejvýznamnějším zdrojem venkovního znečištění ve městech je doprava (Pearce a kol., 2021). Školy jsou také velmi často umístěny v blízkosti rušných silnic; děti ve školách tráví velkou část v době, kdy je intenzita dopravy nejvyšší, čímž jsou vystaveny vysoké koncentraci škodlivých látek (Dadvand a kol., 2015). Studie prokázaly širokou škálu negativních dopadů na vývoj dětí, jejich zdraví i zdraví celé populace, a také na soustředěnost a studijní výsledky (např. Nikolić a kol., 2014; Manisadilis a kol., 2020).

V souvislosti s dopravou je třeba poznamenat, že se nejedná pouze o výfukové plyny. U těch je navíc předpoklad, že jejich množství s nastupující elektrifikací, případně přechodem na vodíkový pohon, bude klesat. Tímto trendem se ale nebude redukovat (dokonce se může i navyšovat) znečištění způsobené nepohonnými komponenty, ať už se jedná o brzdy, pneumatiky nebo opotřebování vozovky. Tření mezi brzdami a koly nebo mezi koly a silnicí produkuje PM, přičemž elektrická vozidla s těžkými bateriemi mohou díky celkově vyšší hmotnosti toto znečištění dále navyšovat (Pearce a kol., 2021).

Další významným faktorem, který ovlivňuje množství částic nejen venku, ale také ve vnitřních prostorách především škol, je přítomnost hřiště, jehož povrch je převážně tvořený pískem. Minguillón a kol. (2015) se věnovali dopadům doprava a povrchu hřišť na znečištění ovzduší. Zjištěné koncentrace  $PM_{10}$  v jedné ze škol byly způsobeny hlavně písčítým hřištěm. Naměřené hodnoty byly až 25x vyšší přes dopolední přestávku, 57x vyšší přes polední přestávku a 12x vyšší po skončení výuky oproti průměrným nočním hodnotám. Hodinové koncentrace  $PM_{10}$  jsou tak i více než 50x vyšší než průměrné noční hodnoty. Toto znečištění se zásadně snižuje s rostoucí vzdáleností školy od hřiště. Významnou roli také hraje to, že minerální částice jsou dětmi nošeny až do tříd a způsobují znečištění i uvnitř. Pro omezení těchto efektů by se písek na hřištích měl pravidelně měnit za čistý a nerozdrcený písek. Podle Rivas a kol. (2018) by k tomu mělo docházet každý rok, případně každé dva roky. Je třeba také zohlednit, že v písku se kumuluje atmosférické znečištění a dětské aktivity přispívají ke zmenšování částic minerálního prachu, což v čase negativně ovlivňuje úroveň  $PM_{2,5}$ .

## Opatření ke zlepšování kvality ovzduší

Opatření ke zlepšování kvality ovzduší nastiňuje např. WHO (2022), která je kategorizuje podle jednotlivých odvětví, ať už se jedná o průmysl, energetiku, zdravotnické služby, transport nebo městské plánování. U posledního zmíněného vyjmenovává aktivity, které zahrnují zlepšení energetické účinnosti budov a vytváření kompaktnějších a zelenějších měst.

Napříč literaturou se ale autoři shodují, že nejlepším způsobem, jak redukovat znečištění, je přímo u zdroje (např. Hewitt a kol., 2020, Pearce a kol., 2021; Weber a kol., 2014).

Zelená infrastruktura, zahrnující vysazování stromů, keřů a bylin v okolí škol, je se v odborné literatuře považována za vhodný mechanismus pro mitigaci znečištění ovzduší (Kumar a kol., 2020). Navíc existují důkazy nejen o pozitivním vlivu na kvalitu ovzduší, ale také o snižování hluku a zlepšování mentálního zdraví (Coutts a Hahn, 2015).

Další možnosti opatření zahrnují:

1. úprava urbanistického prostředí, především optimalizace designu městských prostor kolem škol, včetně vytvoření zelených bariér a úprav topografie, které mohou vést ke zlepšení proudění vzduchu a snížení koncentrací znečišťujících látek,
2. plánování městských prostor, tedy aktivní účast na plánování a územním rozvoji se zaměřením na omezování dopravního znečištění a vytváření zdravějšího prostředí kolem škol (např. An a kol., 2021; Osborne a kol., 2021),
3. technologické inovace a implementace nových technologií a monitorovacích systémů pro sledování kvality ovzduší a identifikaci zdrojů znečištění (např. Osborne a kol., 2021),
4. zdravotní intervence, tedy poskytování zdravotních služeb a intervencí pro děti vystavené zvýšenému znečištění ovzduší, včetně informování o jejich zdravotním stavu (např. Ramírez a kol., 2019),
5. vzdělávání a povědomí, zapojení škol, komunit a místních orgánů do vzdělávacích programů o problematice a dopadech na zdraví a kvalitu života, komunikace konkrétních opatření na individuální úrovni (např. Ramírez a kol., 2019).<sup>1</sup>

### Zelená infrastruktura

Zelené infrastruktury bylo z hlediska mitigačních opatření věnována větší pozornost než jiným zmíněným, neboť hraje klíčovou roli při zlepšování kvality životního prostředí a lidského zdraví. Studie se zaměřují na význam vegetace, jako jsou zelené střechy, stěny a výsadba stromů, v odchyťování a redukci škodlivých emisí způsobených zejména provozem motorových vozidel.

Zaváděním zeleně se předpokládá redukce znečištění ovzduší jak přímými, tak i nepřímými mechanismy, kdy přímý mechanismus představuje filtrační efekt rostlin založený na suchém ukládání polutantů (částice i plyny) přes průduchy v listech, nebo přes ukládání přímo na povrchu rostlin. Nepřímo lze znečištění zaváděním zeleně redukovat přes zlepšování ventilace v zástavbě, díky čemuž se zvýší míra rozptylování polutantů. (Dadvand a kol., 2015).

Příkladem může být ekologická studie z Barcelony z roku 2008 (Franchini a Mannoucci, 2018), která ukazuje, že stromy a keře v Barceloně po přepočtu navázaly 305.6 tun polutantů (166 tun PM<sub>10</sub>, 73 tun O<sub>3</sub>, 55 tun NO<sub>2</sub>, 7 tun SO<sub>2</sub> a 6 tun CO), co v součtu odpovídá monetizovanému přínosu pro společnost odhadem 1.1 milionu EUR.

Nowak a kol. (2006) se věnovali možnostem využívání stromů v zastavěných oblastech pro účely snižování znečištění ovzduší a vylepšování kvality ovzduší pro různá americká města. Hodnoty odstraněného znečištění se různí mezi městy v závislosti na množství vysazených dřevin (více dřevin vede k většímu odstraňování znečištění), množství zjištěné koncentrace znečištění (vyšší zjištěné míry znečištění vedou následně k vyšší míře odstraňování znečištění), délce sezony listnáčů (delší sezona vede k většímu množství odstranění polutantů), množství srážek (více srážek vede k nižší míře odstraňování znečištění přes suché ukládání), a dalších meteorologických proměnných, které ovlivňují transpirační a ukládací tempo. Nowak a kol. (2006)

Přestože stromy každoročně odstraňují tuny znečišťujících látek, jejich celkový přínos ke zlepšení kvality ovzduší ve městech během dne v období listnatých stromů průměrně představuje méně než 1 % a mění se v závislosti na místních meteorologických podmínkách a koncentracích znečišťujících

---

<sup>1</sup> V návaznosti na měření Ilie a kol. (2022) byla realizována kampaň cílená na rozšiřování povědomí o problematice znečištění ovzduší v místní komunitě, vytvoření sady doporučení pro místní politiku a vytvoření platformy pro zapojení komunity a vznik platformy s cílem dalšího rozšiřování povědomí a vzdělávání v oblasti znečištění ovzduší.

látek. Výraznější zlepšení kvality ovzduší bylo zaznamenáno u PM, oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) a ozonu (O<sub>3</sub>). Kvalita ovzduší se také zlepšuje s vyšším pokrytím stromy a menšími rozdíly ve výšce koruny. Nowak a kol. (2006)

Absorbce a filtrace znečišťujících látek jsou podporovány různými vlastnostmi druhů stromů. Při výběru druhů je třeba brát v úvahu faktory, jako jsou velikost listů a hustota větví, stejně jako povrch listů. Hustě ochlupené listy zachycují významně víc částic v porovnání s listy rozptýlenými a hladkými (Weber a kol., 2014). Studie Nowaka (2000, in Chaparro a Terradas, 2009) klasifikuje rostlinné druhy podle jejich schopnosti odstraňování vnitřního i vnějšího znečištění (tabulka 2). Tato informace je založena na studiu kombinovaných účinků absorpce různých znečišťujících látek, emisí VOC (těkavých organických látek) a snížení teploty vzduchu 242 druhů dospělých stromů (v amerických městských podmínkách). Sloupec "Celkem" zobrazuje hodnocení na základě individuálních účinků znečišťujících látek, které jsou dány do souvislosti s odhadem nákladů těchto látek na společnost.

Tabulka 2: Seznam nejvhodnějších druhů stromů pro zlepšení kvality ovzduší ve Spojených státech

Ozon	Oxid uhelnatý	Celkem
Jilm vysoký	Lípa americká	Jilm vysoký
Lípa malolistá	Buk velkolistý	Lípa malolistá
Buk velkolistý	Lípa stříbrná	Liliovník tulipánokvětý
Bříza bělokorá	Jilm plavý	Buk velkolistý
Liliovník tulipánokvětý	Buk lesní	Lípa velkolistá
Lípa americká	Bříza bělokorá	Bříza bělokorá
Buk lesní	Lípa zelená	Buk lesní
Lípa velkolistá	Jilm vysoký	Lípa americká
Bříza papírovitá	Jinan dvoulaločný	Jilm americký
	Liliovník tulipánokvětý	Jilm skalní
Suspendované částice	Oxidy dusíku a oxidy síry	Celkem
Jilm vysoký	Jilm vysoký	Lípa malolistá
Platan javorolistý	Lípa malolistá	Lípa stříbrná
Cypřišovec Leylandův	Topol východní	Bříza papírovitá
Ořešák černý	Platan javorolistý	Břečťanovec hladký
Lípa malolistá	Liliovník tulipánokvětý	Jasan ztepilý
Jedle bělokorá	Ořešák černý	Jilm cedrový
Modřín opadavý	Bříza bělokorá	Bříza černá
Smrk červený	Buk velkolistý	Modřín opadavý

Zdroj: Chaparro a Terradas (2009), přeloženo

Stromy, ačkoliv mají potenciál pro zachycování znečišťujících látek, však mohou v určitých případech působit kontraproduktivně. Jedná se především o místa, kde je hustá zástavba a omezený prostor. V tomto případě mohou stromy ovlivňovat a limitovat proudění vzduchu a vytvářet místa s omezenou cirkulací vzduchu (Weber a kol., 2014). V určitých situacích ale může právě změna proudění vzduchu redukovat expozici vůči zdrojům až o 50 %, neboť se znečištěný vzduch promíchá se vzduchem čistým (Pearce a kol., 2021). Dále je třeba mít na paměti, že některé stromy produkují vysoké množství pylů a alergenů, což může způsobovat problémy pro alergika a lidi se zdravotními obtížemi. Toto samozřejmě platí i pro byliny.

V souvislosti se zelenou infrastrukturou je běžnou mýlkou, že rostoucí množství vegetace snižuje koncentraci přízemních polutantů lineárně. Vzhledem k fyzické vzdálenosti vegetace od zdroje znečištění tak budou měřené hodnoty znečištění vždy nenulové (Hewitt a kol., 2020).

Studie autorů Weber a kol. (2014) se věnuje problematice bylin rostoucích okolo silnic, na rozdíl od běžně zkoumaným dřevinám. Byliny znehybňují významné množství vzduchového znečištění

relevantního pro lidské zdraví a větší rozmanitost vegetace působí jako vzdušné filtry. Obecně lze říci, že všechny byliny zachycují PM v určité míře. Všechny zkoumané byliny zachycovaly PM, množství zachycených PM se ale významně lišilo v závislosti na vlastnostech listů a výšce rostliny. Různé druhy rostlin navíc zachytávaly různé velikosti a typy PM. Z tohoto důvodu je vhodné zachovat diverzitu rostlin u silnic pro zachytávání co největšího rozsahu PM, přičemž nejvíc PM zachycují rostliny s hustě ochlupenými listy. Naopak nebyl zjištěn významný rozdíl mezi zachyceným množstvím prachu u trvalek a trav na zelených střechách.

Akumulované množství PM významně záviselo na výšce rostliny, ze které byly odebírané vzorky. Vysoké byliny s listy pravidelně rostoucími kolem celé stonky zachytávaly více PM než nízké. Celkově tedy více rozmanitá vegetace s různou výškou vzrůstu a velkou plochou listů dokáže zachytit víc znečištění produkovaného kolem silnic.

Byliny v uličních koridorech dokážou doplnit přínosy stromů. Výhody a důvody většího nasazení bylin pro účely zlepšení kvality ovzduší v porovnání se stromy jsou:

1. větší fyzická blízkost k motorové dopravě a exponovaným chodcům v porovnání se stromovou klenbou, díky čemuž se maximalizuje znehybňující efekt pro polutanty.
2. zanedbatelný nebo nulový vliv na výměnu vzduchu v uličních koridorech,
3. doplňování dřevin tím, že zachycují PM, které byly smyty nebo opadly se stromů,
4. menší nároky na prostor, lze je jednoduše a rychle zakomponovat do existující infrastruktury v návaznosti na místní priority. (Weber a kol., 2014)

Jako vhodné byliny určil Weber a kol. (2014) Hulevník Loelosův, Truskavec ptačí, Svlaček rolní, Merlík bílý, Řebříček obecný, Šedivku šedou nebo Pěťour maloúborný.

Kombinace stromů s hustým listím a různých druhů trvalek či travin může posílit schopnost zachytávání a redukce znečišťujících látek v okolí školních areálů. Pro školy je zeleň důležitá ve smyslu jak odklánění znečišťování, tak zároveň i pro dosahování dalších zdravotních benefitů, jako např. zlepšený behaviorální vývoj (Amoly et al., 2014) nebo lepší dosahované výsledky ve škole (Wu et al., 2014).

## Závěr

Kvalita ovzduší kolem škol je kritickým faktorem pro zdraví dětí, zohledňující jejich vystavení znečištěnému prostředí v průběhu vzdělávání. Tento problém je spojen s různými zdroji znečištění, včetně dopravy a průmyslových procesů. Analýza ukazuje, že suspendované částice (PM), organické znečišťující látky, přízemní ozon, těžké kovy, oxidy dusíku a oxidy síry patří mezi hlavní škodlivé látky ovlivňující kvalitu ovzduší. Měření kvality ovzduší pomocí různých metod, jako jsou satelitní data, biomonitoring, stanice pro měření kvality ovzduší a mobilní měření, jsou klíčové pro sledování expozice žáků školy znečištěnému ovzduší.

Doprava je hlavním zdrojem znečištění kolem škol, a to nejen v podobě výfukových plynů, ale také prostřednictvím opotřebením pneumatik a vozovek. Písečná hřiště na školních dvorech mohou být také významným zdrojem znečištění, přispívajícím k vysokým koncentracím suspendovaných částic.

Pro zlepšení kvality ovzduší kolem škol se doporučuje implementace opatření jako je výsadba zeleně, úprava urbanistického prostředí, technologické inovace, zdravotní intervence a vzdělávání. Zelená infrastruktura, jako jsou stromy a keře, hraje klíčovou roli při redukci znečištění a zlepšení kvality ovzduší. Studie ukazují, že stromy mají schopnost zachytávat škodlivé látky a přispívat k celkovému zlepšení ovzduší. Důležité je také vhodně vybrat druhy rostlin zohledňující jejich kapacitu absorpce a filtrace znečišťujících látek. Implementace zelené infrastruktury a změny urbanistického prostředí

mohou mít významný pozitivní dopad na kvalitu ovzduší a zdraví dětí v okolí škol, nicméně zásadním je redukce znečištění přímo u zdroje.

## Zdroje

1. Amoly, E., Dadvand, P., Forn, J., López-Vicente, M., Basagaña, X., Julvez, J., ... & Sunyer, J. (2014). Green and blue spaces and behavioral development in Barcelona schoolchildren: the BREATHE project. *Environmental health perspectives*, 122(12), 1351-1358.
2. An, F., Liu, J., Lu, W., & Jareemit, D. (2021). A review of the effect of traffic-related air pollution around schools on student health and its mitigation. *Journal of Transport & Health*, 23, 101249.
3. Belguidoum, A., Haichour, R., Lograda, T., & Ramdani, M. (2022). Biomonitoring of air pollution by lichen diversity in the urban area of Setif, Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(2).
4. Coutts, C., & Hahn, M. (2015). Green infrastructure, ecosystem services, and human health. *International journal of environmental research and public health*, 12(8), 9768-9798.
5. Dadvand, P., Rivas, I., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., Su, J., Pascual, M. D. C., ... & Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). The association between greenness and traffic-related air pollution at schools. *Science of the Total Environment*, 523, 59-63.
6. Evropská agentura pro životní prostředí. (2023). Air Quality Index - EEA - European Environment Agency. [online] Dostupné z: <https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/#>
7. Evropská agentura pro životní prostředí. (2020). Zlepšení kvality ovzduší zlepšuje zdraví. Signály 2020. Získáno z <https://www.eea.europa.eu/cs/signaly/signaly-2020/articles/zlepseni-kvality-ovzdusi-zlepsuje-zdravi>
8. Franchini, M., & Mannucci, P. M. (2018). Mitigation of air pollution by greenness: A narrative review. *European journal of internal medicine*, 55, 1-5.
9. Giordano, S., Spagnuolo, V., & Capozzi, F. (2021). Biomonitoring of air pollution. *Atmosphere*, 12(4), 433.
10. Hewitt, C. N., Ashworth, K., & MacKenzie, A. R. (2020). Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio*, 49, 62-73.
11. Chaparro, L., & Terradas, J. (2009). Ecological services of urban forest in Barcelona. *Institut Municipal de Parcs i Jardins Ajuntament de Barcelona, Àrea de Medi Ambient*.
12. Ilie, A. M. C., McCarthy, N., Velasquez, L., Moitra, M., & Eisl, H. M. (2022). Air pollution exposure assessment at schools and playgrounds in Williamsburg Brooklyn NYC, with a view to developing a set of policy solutions. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 12(4), 838-852.
13. Kumar, P., Omidvarborna, H., Barwise, Y., & Tiwari, A. (2020). Mitigating exposure to traffic pollution in and around schools: Guidance for Children, Schools and Local Communities.
14. Levei, L., Cadar, O., Babalau-Fuss, V., Kovacs, E., Torok, A. I., Levei, E. A., & Ozunu, A. (2021). Use of black poplar leaves for the biomonitoring of air pollution in an urban agglomeration. *Plants*, 10(3), 548.
15. Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in public health*, 8, 14.
16. Minguillón, M. C., Rivas, I., Moreno, T., Alastuey, A., Font, O., Córdoba, P., ... & Querol, X. (2015). Road traffic and sandy playground influence on ambient pollutants in schools. *Atmospheric Environment*, 111, 94-102.
17. Nikolić, M., Stanković, A., Jović, S., Kocić, B., & Bogdanović, D. (2014). Effects of air pollution on growth in schoolchildren. *Collegium antropologicum*, 38(2), 493-467.
18. Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban forestry & urban greening*, 4(3-4), 115-123.

19. Osborne, S., Uche, O., Mitsakou, C., Exley, K., & Dimitroulopoulou, S. (2021). Air quality around schools: Part I-A comprehensive literature review across high-income countries. *Environmental research*, 196, 110817.
20. Pearce, H., Levine, J. G., Cai, X., & MacKenzie, A. R. (2021). Introducing the green infrastructure for roadside air quality (GI4RAQ) platform: Estimating site-specific changes in the dispersion of vehicular pollution close to source. *Forests*, 12(6), 769.
21. Ramírez, A. S., Ramondt, S., Van Bogart, K., & Perez-Zuniga, R. (2019). Public awareness of air pollution and health threats: challenges and opportunities for communication strategies to improve environmental health literacy. *Journal of Health Communication*, 24(1), 75-83.
22. Rivas, I., Querol, X., Wright, J., & Sunyer, J. (2018). How to protect school children from the neurodevelopmental harms of air pollution by interventions in the school environment in the urban context. *Environment international*, 121, 199-206.
23. Ung, A., Wald, L., Ranchin, T., Weber, C., Hirsch, J., Perron, G., & Kleinpeter, J. (2021). Satellite data for air pollution mapping over a city—Virtual stations. In *Observing our environment from space-new solutions for a new millennium* (pp. 147-151). CRC Press.
24. Weber, F., Kowarik, I., & Säumel, I. (2014). Herbaceous plants as filters: Immobilization of particulates along urban street corridors. *Environmental pollution*, 186, 234-240.
25. WHO (2022.). Ambient (outdoor) air quality and health. Retrieved from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health?gclid=Cj0KCQiA4NWrBhD-ARIsAFCKwWvuFNf42Zo6EnoPm9WFdHNLXeAdrQC\\_XKv1UAsg8NoamvOaL7smctcaAnYpEALw\\_wcB](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health?gclid=Cj0KCQiA4NWrBhD-ARIsAFCKwWvuFNf42Zo6EnoPm9WFdHNLXeAdrQC_XKv1UAsg8NoamvOaL7smctcaAnYpEALw_wcB)
26. Wu, C. D., McNeely, E., Cedeño-Laurent, J. G., Pan, W. C., Adamkiewicz, G., Dominici, F., ... & Spengler, J. D. (2014). Linking student performance in Massachusetts elementary schools with the “greenness” of school surroundings using remote sensing. *PLoS one*, 9(10), e108548.