



Folkhälsomyndigheten

Friskare luft ger friskare barn

Kunskapssammanställning om betydelsen av god luftkvalitet
i förskole- och skolmiljö



Denna titel kan laddas ner från www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/

Citera gärna Folkhälssmyndighetens texter, men glöm inte att uppge källan. Bilder, fotografier och illustrationer är skyddade av upphovsrätten. Det innebär att du måste ha upphovspersonens tillstånd att använda dem.

© Folkhälssmyndigheten, 2025.

Artikelnummer: 25091

Foto omslag: Helén Karlsson/Johnér Bildbyrå.

Om publikationen

Denna publikation har tagits fram utifrån ett regeringsuppdrag om att identifiera åtgärder för att minska risken för luftvägsbesvär hos barn.

Folkhälsomyndigheten har inom detta uppdrag gjort en översikt över dagens kunskapsläge när det gäller hur luftkvaliteten i och vid förskolor och skolor påverkar barns hälsa, vilka åtgärder som kan vidtas för att förbättra luftkvaliteten inomhus i skolor och förskolor, och vilka synergier och samhällsvinster som olika åtgärder kan ge.

Vi ger också förslag på åtgärder för att främja det fortsatta nationella arbetet inom området.

Kunskapssammanställningen och åtgärdsförslagen kan också utgöra underlag för tjänstemän och beslutsfattare inom miljö- och hälsoskydd och samhällsplanering på lokal, regional och nationell nivå.

Folkhälsomyndigheten

Lennie Lindberg

Avdelningschef Smittskydd och hälsoskydd

Innehåll

Sammanfattning	7
Aktuellt kunskapsläge	7
Viktiga kunskapsluckor	8
Identifierade insatser för att minska risken för luftvägsbesvär hos barn	9
Förslag till åtgärder för det fortsatta nationella arbetet	9
Bakgrund	10
Syfte	11
Metod	12
Litteratursammanställningar	12
Sökstrategi	12
Relevans- och kvalitetsgranskning	12
Internationell utblick och goda exempel	13
Exponeringsberäkningar vid svenska förskolor	13
Kvantifiering av hälsovinster vid lägre luftföroreningshalter	13
Exponerings-responssamband	14
Grundfrekvens	14
Inspel från berörda aktörer	14
Avgränsningar	16
Barns luftvägar är extra känsliga, och barn är mer exponerade	17
Luftkvaliteten i skolmiljöer påverkar barns luftvägsbesvär	17
Luftkvaliteten inomhus beror på flera faktorer	18
Luftföroreningar från utomhuskällor och deras hälsoeffekter	19
Förekomst av luftföroreningar i och vid förskolor och skolor	20
Barns exponering för luftföroreningar vid svenska förskolor och skolor	20
Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner av luftföroreningar	21
Luftvägsinfektioner hos barn	21
Lungfunktion	22
Astma och allergi hos barn	22
Luftföroreningar från inomhuskällor och deras hälsoeffekter	24

Förekomst och exponering för kemikalier	24
Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner från kemikalier	25
Risk för luftvägsbesvär vid kumulativ exponering i svenska förskolor och skolor	26
Förekomst och exponering för allergener	27
Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner från allergener	27
Förekomst och exponering för fukt och mögel	27
Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner från fukt och mögel	28
Aktuellt kunskapsläge om åtgärder för att förbättra luftkvaliteten inomhus i skolor och förskolor	29
Åtgärder i inomhusmiljön	29
Ventilation	29
Luftrenare	34
Städning	36
Åtgärder i den fysiska omgivningsmiljön	38
Lokalisering av förskolor	38
Åtgärder i trafiken	39
Ökad grönska i närmiljön	39
Internationell utblick och goda exempel	40
Riktlinjer och reglering	41
Forskningsprojekt för förbättrad luftkvalitet	42
Utbildningsinsatser	43
Program för inomhusmiljö	43
Stadsplanering för bättre luftkvalitet	44
Synergier och samhällsvinster med olika åtgärder	47
Lägre luftföroreningshalter minskar risken för flera negativa hälsoutfall	47
Välplanerade utemiljöer kring förskolor och skolor ger flera hälsovinster	48
Stadsplanering och barns hälsa	48
Grönplanering och barns hälsa	48
Minskad exponering för luftföroreningar, buller, värme och UV-strålning	48
Främjande av fysisk, psykisk och kognitiv hälsa	49
Minskad risk för infektioner och livsstilssjukdomar	49

En friskare förskola och skola ökar förutsättningarna för en god och jämlik hälsa	49
Kvantifiering av hälsovinster kopplat till luftföroreningshalter vid förskolor	51
Luftföroreningar, sjukfrånvaro och VAB	51
Skattning av sjukdomsbörda från luftföroreningar i Sverige	52
Insatser för att minska risken för luftvägsbesvär hos barn	55
Fortsatt prioritering av pågående och planerade tillsyns- och vägledningsinsatser	55
Fortsatt utveckling av tillsynsvägledningen med fokus på målgrupp och effekt	55
Fortsatt hög prioritet av barnens miljöer i nationellt prioriterad tillsyn och vägledning	55
Förslag på nya och förstärkta insatser	56
Vidta åtgärder i utomhusmiljön för bättre luftkvalitet i och vid förskolor och skolor ...	56
Identifiera och implementera hälsobaserade riktvärden för luftföroreningar inomhus	57
Utreda förutsättningarna för systematisk övervakning av luftkvalitet inomhus och relaterade hälsorisker	57
Utveckla kunskapen om effektiviteten av hälsofrämjande insatser med stöd i samhällsekonomiska beräkningar	59
Stärk samverkan mellan myndigheter för hälsofrämjande miljöer för barn	59
Förslag till åtgärder för det fortsatta nationella arbetet	60
Referenser	61

Sammanfattning

I denna rapport ger Folkhälsomyndigheten en översikt över kunskapsläget om hur luftkvaliteten i och vid förskolor och skolor påverkar barns hälsa, vilka åtgärder som kan vidtas för att förbättra luftkvaliteten inomhus i förskolor och skolor, och vilka synergier och samhällsvinster som olika åtgärder kan ge.

Rapporten identifierar också kunskapsluckor och åtgärdsbehov att adressera för att främja det fortsatta nationella arbetet med att minska risken för luftvägsbesvär hos barn.

Aktuellt kunskapsläge

Kunskapssammanställningen om luftkvalitet och barns hälsa visar att:

- Kvaliteten på utomhusluften har stor betydelse för barns exponering för luftföroreningar, även inomhus.
- Många svenska förskole- och skolmiljöer ligger i områden med luftföroreningshalter över WHO:s hälsobaserade riktvärden. Det kan bidra till försämring av barns lungfunktion samt öka risken för att barn insjuknar i och får värre symtom av astma och luftvägsinfektioner.
- Lägre luftföroreningshalter minskar inte bara risken för olika typer av luftvägsbesvär utan också risken för andra negativa hälsoeffekter, såsom hjärt- och kärlsjukdomar, cancer och kognitiva störningar.
- Exponering för kemikalier från till exempel byggmaterial och inredning kan öka risken för olika luftvägsrelaterade besvär hos barn.
- Exponering för allergener i inomhusmiljön är kopplat till en ökad risk för symtom hos sensibiliserade barn med astma.
- Exponering för fukt och mögel kan öka risken för luftvägssymtom, luftvägsinfektioner och astma.

Kunskapssammanställningen om luftrenande metoder inomhus visar att:

- Ventilation, städning och hygienrutiner för bort och minskar halterna av såväl partiklar, kemikalier och damm som smittämnen i inomhusmiljön. Föroreningshalterna beror inte bara på miljöfaktorer utan påverkas också av faktorer som barn- och personaltäthet och vistelsetid inomhus.
- Luftrenare med HEPA-filter bör ses som ett tillfälligt komplement till andra åtgärder i områden med höga halter av luftföroreningar. Användning av luftrenare som avger ozon bör inte användas i skolmiljöer eftersom ozon är hälsoskadligt.

Kunskapssammanställningen om åtgärder i utomhusmiljön visar att:

- Placering av skolbyggnader på avstånd från trafikerade vägar, övergång till bättre förutsättningar för aktiva transportalternativ och ökad grönska i miljöer

vid förskolor och skolor bidrar till att förbättra luftkvaliteten och kan minska risken att barn utsätts för skadlig exponering både inomhus och utomhus.

- Beaktande av dessa faktorer vid lokalisering och trafikplanering har även betydelse för barns fysiska aktivitet genom att det förbättrar möjligheterna att gå eller cykla till och från förskola och skola och kan frigöra ytor som främjar lek och rörelse. Minskad trafik i närmiljön förbättrar även trafiksäkerheten samtidigt som det minskar bullerstörning.
- Grönska i förskole- och skolmiljöer kan, förutom att förbättra luftkvaliteten, även minska värmestress och sänka bullernivåer, både inne och ute, samt bidra till stimulerande utemiljöer som främjar utevistelse och fysisk aktivitet, kognitiv utveckling och psykiskt välbefinnande. Att vara utomhus minskar också risken för smittspridning.
- Eftersom barn tillbringar en stor del av sin tid i förskola och skola, och dessa miljöer kan utgöra viktiga ytor för lek och rörelse i barns närområde även på fritiden, har hälsofrämjande skolmiljöer en viktig kompensatorisk funktion, särskilt i socioekonomiskt utsatta områden.
- Hälsofrämjande åtgärder i förskolor och skolor, som utgår från ett helhetsgrepp om verksamheternas fysiska omgivnings- och inomhusmiljö, behöver få ett större fokus i fysisk planering och förvaltning. Detta innefattar åtgärder både inomhus och utomhus samt stärkt samverkan mellan berörda aktörer.

Den internationella utblicken visar att:

- För de flesta ämnen saknas hälsobaserade riktvärden för inomhusluft, vilket försvårar riskbedömning, övervakning och uppföljning.
- Det finns flera goda exempel från städer runt om i Europa på hur man arbetar med hälsofrämjande stadsplanering med förbättrad luftkvalitet som följd, genom åtgärder såsom skol- och lekgator, bilfria zoner, ”superblocks”, 15-minutersstaden och mobilitetstjänster.

Viktiga kunskapsluckor

Barn exponeras för en stor mängd kemiska föroreningar inomhus, men det finns fortfarande viktiga kunskapsluckor om hälsoeffekter hos barn vid de nivåer och blandningar av ämnen som de exponeras för i svenska förskolor och skolor.

Eftersom Sverige inte har någon systematisk övervakning av luftkvalitet i barns inomhusmiljöer, saknas i stor utsträckning kunskap om vilka luftföroreningshalter som förekommer och hur exponeringen ser ut i olika inomhusmiljöer.

Det finns få interventionsstudier som undersökt effekten av olika åtgärder för att förbättra luftkvalitet med avseende på luftvägsbesvär och andra hälsoutfall hos barn.

Identifierade insatser för att minska risken för luftvägsbesvär hos barn

- Fortsatt prioritering av barns inomhusmiljö i det nationella tillsynsarbetet.
- Vidta åtgärder i utomhusmiljön för bättre luftkvalitet i och vid förskolor och skolor. Det kan handla om att lokalisera barns skolmiljöer med avstånd till trafiken, öka möjligheterna för barn att gå och cykla till och från skolan och att öka grönskan i dessa miljöer.
- Identifiera och implementera hälsobaserade riktvärden för luftföroreningar inomhus, för att underlätta bedömning av hälsorisker och behov av åtgärder.
- Utred förutsättningarna för att systematiskt övervaka luftkvaliteten inomhus, i syfte att få mer kunskap om vilka ämnen och halter vi exponeras för i olika miljöer, hur exponeringen förändras över tid och hur hälsan påverkas.
- Utveckla kunskapen om vilka insatser som mest effektivt förbättrar luftkvaliteten och främjar barns hälsa, med stöd i samhällsekonomiska beräkningar.
- Stärk samverkan mellan de berörda myndigheterna på nationell, regional och lokal nivå för att skapa bättre förutsättningar för hälsofrämjande miljöer för barn.

Förslag till åtgärder för det fortsatta nationella arbetet

- Prioriteringsstöd till lokala och regionala aktörer inom samhälls- och stadsplanering och förvaltning för att minska barns exponering för luftföroreningar.
- Utredda möjligheten att implementera nationella hälsobaserade riktvärden för luftföroreningar inomhus.
- Utredda förutsättningarna för systematisk övervakning av luftkvalitet inomhus och relaterade hälsorisker.

Bakgrund

I förskolor och skolor där persontätheten är högre än i många andra miljöer och många människor är i rörelse, blir också förekomsten av smittämnen och luftföroreningar ofta relativt hög. Sådan exponering kan bidra till luftvägsinfektioner och luftvägsbesvär, såsom astma, nedsatt lungfunktion och olika typer av luftvägssymtom. Det finns behov av att se över kunskapsläget gällande vilken inverkan som luftrenande metoder, såsom ventilation och luftrenare, samt åtgärder i den fysiska omgivningsmiljön, har på luftkvaliteten inomhus och risken för att drabbas av luftvägsbesvär inklusive luftvägsinfektioner. För att ändamålsenliga åtgärder ska kunna vidtas är det viktigt att belysa sambanden i en bred svensk kontext.

Socioekonomiska faktorer kan ha betydelse både för hur mycket man exponeras för luftföroreningar och för hur sårbar man är för påverkan (1). Barn i familjer med låg socioekonomisk status bor till exempel i högre utsträckning i trafikutsatta bostäder där luftföroreningshalterna är högre, och drabbas i högre grad av sjukdomar såsom astma och andra luftvägssjukdomar (2, 3), vilket kan göra dem känsligare för hälsoeffekter och förvärrade besvär av luftföroreningar.

Det finns socioekonomiska skillnader i frånvaro från arbetet för vård av barn (VAB). Både kvinnor och män i yrken med lägre socioekonomisk status tar ut betydligt fler VAB-dagar än de med högre socioekonomisk status (4). Skillnaderna är större för kvinnor än för män, och kvinnor tar också ut fler VAB-dagar än män totalt. Som jämförelse tog både vabbande kvinnor och män i chefsyrken ut i genomsnitt 6 VAB-dagar 2020, medan män i yrkesgrupper med lägre socioekonomisk status tog ut cirka 8–10 dagar och kvinnor i yrkesgrupper med lägre socioekonomisk status cirka 12–13 dagar. Dessa skillnader beror på många olika faktorer, till exempel möjligheten att arbeta hemifrån med sjuka barn. Det finns således andra faktorer än barns sjukdomsförekomst som påverkar VAB-frånvaron. Ur samhällsekonomisk synpunkt kan man därmed anta att en åtgärd som ger en relativ minskning av sjukfrånvaro hos barn har en större absolut effekt på antalet VAB-dagar i områden med lägre socioekonomisk status.

Syfte

Uppdraget syftar till att identifiera åtgärder för att minska risken för luftvägsbesvär hos barn med koppling till luftkvalitet inomhus i förskolor och skolor. I uppdraget ingår att sammanställa aktuellt kunskapsläge och identifiera eventuella kunskapsbrister, och utifrån det föreslå åtgärder för att främja det fortsatta nationella arbetet inom området.

Mer specifikt ingår att beskriva kunskapsläget för

- föroreningars påverkan på respiratorisk hälsa hos barn och, om möjligt, hur denna påverkar risken att insjukna i luftvägsbesvär, inklusive luftvägsinfektioner
- hur inomhusluft påverkas av utomhusluft
- hur material, inredning, fukt och mögel påverkar luftkvalitet inomhus
- effektiviteten av luftrenande metoder, såsom ventilation och luftrenare, liksom deras inverkan på luftkvalitet och risken för att drabbas av luftvägsinfektioner och andra luftvägsbesvär.

I uppdraget ingår även att

- belysa möjliga synergier av olika åtgärder ur ett samhällsperspektiv, både hälsovinster av åtgärder i miljön och samhällsvinster med en friskare förskola och skola
- göra en internationell utblick och inhämta information från nordiska och andra relevanta länder om hälsofrämjande, förebyggande och luftrenande projekt och åtgärder som har bäring på luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner.

Metod

Litteratursammanställningar

För att få en så aktuell och heltäckande bild av kunskapsläget som möjligt har både vetenskaplig litteratur och rapporter och informationsmaterial från myndigheter, universitet, organisationer och företag sökts, värderats och sammanfattats. För de delar där vi tidigare har genomförd kunskapssammanställningar av relevans för frågeställningarna, har sökningarna utgått ifrån och kompletterat dessa. Sökningarna har därför varit olika omfattande för uppdragets olika delar.

Litteratursammanställningarna har gjorts med hjälp av informationsspecialister och sakkunniga på Folkhälsomyndigheten samt forskare vid Karolinska Institutet, Göteborgs universitet, Umeå universitet och IVL Svenska Miljöinstitutet.

Sökstrategi

Gemensamt för alla litteraturöversikter är att de har gjorts i enlighet med Folkhälsomyndighetens handledning för litteraturöversikter, i omfattning av en begränsad kartläggande litteraturöversikt, och sökningarna har:

- genomförts i två relevanta databaser (Web of Science (WoS) core collection och PubMed)
- i första hand fokuserat på systematiska översikter och metaanalyser som publicerats 2019 eller senare
- kompletterats med primärstudier eller icke systematiska översikter som bedömts som särskilt relevanta för svensk förskole- och skolmiljö, med fokus på studier som publicerats under de senaste tio åren
- inkluderat såväl risken för att barn och unga nyinsjuknar som risken för att befintliga luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner förvärras samt hälsoutfall på både kort och lång sikt och påverkan av exponering under de första levnadsåren på respiratorisk hälsa under uppväxten.

En stor del av litteraturen om inomhusmiljö berör exponeringsfaktorer som är av stor betydelse ur ett globalt perspektiv, men som har låg relevans för svenska förhållanden och därmed har uteslutits från denna sammanställning. Bland dessa finns förbränning av biomassa för matlagning och tobaksrök, vilket är vedertaget att det ökar risken för både luftvägsbesvär och andra sjukdomar, men exponeringen i svenska skolor och förskolor är låg. Även studier som endast berörde effekter från miljötobaksrök uteslöts. Artiklar som inte separerade mellan barn och vuxna i sina analyser eller som enbart undersökte exponering under fosterstadiet exkluderades.

Relevans- och kvalitetsgranskning

Sökträffarna har relevans- och kvalitetsgranskats utifrån preciserade urvalskriterier, och det inkluderade vetenskapliga underlaget har sedan bedömts avseende kvalitet, omfattning och samstämmighet.

Systematiska översikter bedömdes enligt Statens beredning för medicinsk och social utvärderings Snabbstarkriterier för att gradera risken för snedvridna resultat i översikten.

Internationell utblick och goda exempel

För den internationella utblicken, och för att fånga goda exempel på förebyggande och hälsofrämjande initiativ och effektiva åtgärder, har, utöver sökningar i vetenskapliga databaser, sökningar också genomförts på internationella och nationella myndigheters webbsidor i olika länder med sökord såsom folkhälsa, skolor, inomhusmiljö och inomhusluft.

Exponeringsberäkningar vid svenska förskolor

På uppdrag av Naturvårdsverket beräknade IVL Svenska Miljöinstitutet och Umeå universitet den svenska befolkningens exponering för luftföroreningar 2019 (5). Exponeringsberäkningarna baserades på årsmedelkoncentrationer av kvävedioxid (NO_2), partiklar mindre än 10 (PM_{10}) och 2,5 ($\text{PM}_{2,5}$) μm i diameter med en geografisk upplösning på 1x1 km. Baserat på det underlaget har exponeringen för luftföroreningar beräknats för alla barn i åldern 0–15 år, vid deras bostad, samt avgränsat till förskolebarn vid landets förskolor. Analysen har enbart genomförts för årsmedelhalter och fångar därför inte korttidsexponering för höga halter. Metod för beräkningarna finns beskriven i (5).

Med hjälp av socioekonomiska områdesdata för demografiska statistikområden (DeSO) från Statistiska centralbyrån (SCB), och de modellerade årsmedelhalterna av luftföroreningar i svenska förskolor, har en översiktlig analys genomförts av sambandet mellan socioekonomiska faktorer och luftföroreningshalter vid förskolor i hela Sverige. DeSO är en regional indelning under den kommunala nivån som följer valdistrikt, vägmärken och andra geografiska förutsättningar såsom vattendrag och gator. Totalt finns 5 984 områden. Data hämtades för andel låginkomsttagare (andel av befolkningen med inkomst som understiger lägsta nationella inkomstkvartilen) i området, andel med låg utbildning (andel av befolkningen som har grundskola som högsta utbildning), andel boende i hyresrätter och andel arbetslösa. I analyserna användes dels andel låginkomsttagare, dels ett socioekonomiskt index som är baserat på dessa fyra faktorer. Andelen låginkomsttagare och det socioekonomiska indexet delades in i tiondelar (deciler) för alla områden i regionen. Områden som tillhör decil 10 i Västra Götalandsregionen är de områden där andelen låginkomsttagare är högst, medan områden i decil 1 är de med lägst andel låginkomsttagare. Medelvärden av luftföroreningsnivåerna vid förskolor i områden i decil 10 jämfördes sedan med de i decil 1 gällande inkomstnivå samt det socioekonomiska indexet.

Kvantifiering av hälsovinster vid lägre luftföroreningshalter

Nedan beskrivs vilket underlag som har använts för att uppskatta antal sjukdagar i form av VAB, fall av barnastma och perioder med förvärrade astmabesvär, så

kallade astmaexacerbationer, samt förändring i lungfunktion som utomhusluftföroreningar förväntas ge upphov till.

Exponerings-responssamband

Beräkning av antal VAB-dagar baseras på följande underlag:

1. en metaskattning där skolfrånvaron var 1,0173 gånger högre för varje ökning av årsmedelvärdet av $\text{PM}_{2,5}$ med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6),
2. en studie av sjukdagar bland vuxna där antalet sjukdagar var 1,047 gånger högre för varje ökning av $\text{PM}_{2,5}$ med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som två veckors medelvärde (Ostro et al. 1989), och
3. en nyligen publicerad studie bland vuxna i Stockholm där risken för sjukskrivning var 1,085 procent högre för varje ökning av $\text{PM}_{2,5}$ med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kriit et al., 2024). I den studien varade en sjukskrivningsperiod i genomsnitt i ungefär 4 dagar, vilket påverkar det sammanlagda antalet sjukdagar.

För beräkning av påverkan på lungfunktion nyttjas en metaanalys där FEV_1 minskade med 61 ml per ökning med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2,5}$ som årsmedelvärde (7). FEV_1 (forcerad expiratorisk volym på 1 sekund) är ett mått på hur starkt man kan blåsa ut och minskar vid astma.

För astmaexacerbationer nyttjas en metaanalys av korttidseffekter där risken ökade 1,032 gånger per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2,5}$ (8).

För nedre luftvägsinfektioner nyttjas metaskattningar där risken var 1,09 gånger högre per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ högre årsmedelvärde av NO_2 (9).

I samtliga fall används den relativa risken från den studie som bedömts bäst motsvara svenska förhållanden, och den exponering ($\text{PM}_{2,5}$ respektive NO_2) för vilken kunskapsläget är starkast för respektive utfall.

Grundfrekvens

För beräkningarna av VAB, fall av astma och exacerbationer av astma hos barn samt förändring i lungfunktion som en viss exponering förväntas generera, används en antagen grundfrekvens i den aktuella populationen, vilken ofta begränsas till en viss åldersgrupp. För VAB används här registerdata från Försäkringskassan för åldersgrupperna 1–5,5 år och 1–12 år. Förekomsten av astma hos barn är framräknad baserat på befolkningsstatistik från SCB (2023) och en vetenskaplig studie om astmaförekomst (Andersson et al), från vilken astmaförekomsten hos barn beräknas vara 7,5 procent. Uppgifter om förekomsten av nedre luftvägsinfektion och astmaexacerbationer kommer båda från arbetet i forskningsprogrammet Global Burden of Disease (10).

Inspel från berörda aktörer

För att få inspel på inringade åtgärdsförslag från externa aktörer bjöds ett 40-tal personer som på olika sätt arbetar med luftföroreningar och barns hälsa in till en

hearing den 10 december 2024. Deltagarna representerade nationella, regionala och lokala myndigheter och akademien.

Inför hearingen skickades ett underlag ut som kortfattat sammanfattade slutsatser från kunskapsöversikterna, kunskapsluckor och förslag på åtgärder för det nationella arbetet framåt på området. Under hearingen presenterades underlaget närmare och inspel fångades upp i gruppdiskussioner och i skriftlig återkoppling. Underlaget och förslagen har också presenterats för Toxikologiska rådet.

Dialog har vidare förts med aktörer som har pågående projekt och undersökningar om luftrenare, hälsorelaterad miljöövervakning inomhus och riktvärden för luftföroreningar inomhus för att få aktuell kunskap och information om dessa områden.

Avgränsningar

I denna återrapportering ingår inte förslag på åtgärder för att minska risken för smittspridning i förskole- och skolmiljöer som redogjorts för i det tidigare regeringsuppdraget Smitta i förskola (ärendenummer S2022/02803 (delvis) samt S2023/02370 (delvis)). Fokus för arbetet har inte heller varit på organisatoriska faktorer eller arbetsmiljö såsom barn- eller personaltäthet, utan på att identifiera och visa på ytterligare och kompletterande åtgärder i den fysiska miljön.

Uppdraget har även beaktat och utgått från befintligt arbete inom ramen för den nationella strategin för tillsyn enligt miljöbalken, där pågående och prioriterat arbete bland annat handlar om inomhusmiljö och egenkontroll i förskola och skola. Extra fokus i kommunernas tillsyn för både förskolor och skolor 2022–2025 är städning samt hygien och smitta.

Barns luftvägar är extra känsliga, och barn är mer exponerade

På grund av fysiologiska faktorer, och eftersom barn har andra sätt att bete sig på och interagera med omgivningen än vuxna, löper barn högre risk både att exponeras för och att påverkas negativt av luftföroreningar och nedsatt luftkvalitet.

En anledning är att barn andas snabbare och mer än vuxna på grund av högre ämnesomsättning, vilket betyder att de får i sig mer luft, och därmed även föroreningar, i förhållande till sin kroppsvikt. Dessutom andas barn mer genom munnen, vilket medför högre lungdeposition av partiklar jämfört med att andas genom näsan. Vidare är barn mer aktiva, vilket också bidrar till ökad exponering genom ökad andningsfrekvens.

För vissa tillstånd såsom astma, allergi och påverkan på lungfunktion är barn särskilt känsliga för luftföroreningar eftersom deras luftvägar är små och under utveckling. Den mindre diametern på luftvägarna hos små barn gör att en svullnad av slemhinnorna har större risk att påverka andningen så mycket att de behöver söka sjukvård. Barn har bland annat därför högre förekomst av astma än vuxna, och barn med astma är i sin tur extra känsliga för luftföroreningar. Barn har också betydligt oftare luftvägsinfektioner än vuxna, vilket gör att en förvärring på grund av luftföroreningar ger en kvantitativt större påverkan på barn. Särskilt under barnens första år då lungornas tillväxt är som störst, är även risken för negativ påverkan från luftföroreningar på lungstorlek och -funktion som störst. Även immunförsvaret i luftvägarna är under utveckling i barndomen. Nedsatt lungfunktion kan påverka risken för sjukdomar såsom kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL) senare i livet.

Luftkvaliteten i skolmiljöer påverkar barns luftvägsbesvär

Utöver bostaden är förskola och skola viktiga inomhusmiljöer för barn. Eftersom barn tillbringar mycket av sin tid inomhus, är god luftkvalitet inomhus viktigt för att undvika exponering för olika ämnen och för att inte ge upphov till eller förvärra existerande luftvägsbesvär hos barn. Närmiljön är också av större betydelse för barn än för vuxna då barn generellt tillbringar mer tid nära sin bostad och skola eller förskola.

Luftföroreningar kan orsaka luftvägsbesvär på både kort och lång sikt, till exempel akuta allergi- eller astmaanfall, nedsatt motståndskraft mot virus och infektioner eller mer långsiktiga luftvägsbesvär som är kopplade till nedsatt lungfunktion. Luftföroreningar kan även öka risken för andra negativa hälsoutfall såsom hjärt- och kärlsjukdomar, cancer och påverkan på kognitiv utveckling.

Luftkvaliteten inomhus beror på flera faktorer

Luftkvaliteten inomhus påverkas i hög grad av luftkvaliteten direkt utanför byggnaden men även av de material och produkter som förekommer inomhus samt byggnadens ventilation, rutiner för städning och mänskliga aktiviteter.

Inomhusluften har därför ofta sämre kvalitet än utomhusluften, och sammansättningen av föroreningar skiljer sig delvis åt mellan inom- och utomhusmiljön. Vissa föroreningar förekommer i högre halter i förskole- och skolmiljön jämfört med andra arbetsplatser. Det gäller till exempel damm, som innehåller en rad olika partiklar och allergener, som kan förvärra besvär hos allergiska barn.

Luftföroreningar från utomhuskällor och deras hälsoeffekter

Sammanfattning

Vanligt förekommande föroreningar i utomhusluft är partiklar (PM₁₀, PM_{2,5} och ultrafina), kväveoxider (NO_x) och ozon (O₃).

Även inomhus exponeras vi för föroreningar som är typiska för utomhusmiljön. Kvaliteten på utomhusluften har därför en viktig betydelse för luftkvaliteten inomhus. Förskolors och skolors läge och närmiljö påverkar barns exponering för luftföroreningar, även inomhus.

Grönska i närmiljön har många hälsofrämjande effekter, men vissa trädarter avger allergent pollen.

Placering av skolbyggnader längre ifrån trafikerade vägar, och reglering av tillåten tomgångskörning vid förskolor och skolor, minskar barns exponering för partiklar i förskolor och skolor.

Långtidsexponering för luftföroreningar ökar risken för barn att insjukna i astma. Kortvariga episoder av höga halter av luftföroreningar ökar också risken för att barn med astma får astmaexacerbationer.

Exponering för luftföroreningar tidigt i livet ökar risken för nedsatt lungfunktion.

Luftföroreningar kan både öka risken för att insjukna i luftvägsinfektion och förvärra pågående infektioner.

Luftföroreningar i omgivningen påverkar inomhusmiljön när de tränger in i förskolor och skolor. Eftersom vi tillbringar majoriteten av vår tid inomhus utsätts vi för typiska utomhusföroreningar främst i inomhusmiljön (11-13). Vanligt förekommande föroreningar i utomhusluft, som också påverkar kvaliteten på inomhusluften, är partiklar i olika storleksfraktioner, där de större partiklarna har mer lokala källor än de mindre som oftare är långväga: PM₁₀, PM_{2,5} och ultrafina partiklar (< 0,1 µm). Även kväveoxider (NO_x) och ozon (O₃) är typiska luftföroreningar utomhus.

Den huvudsakliga källan till luftburna partiklar och kvävedioxid (NO₂) inomhus är fordonstrafik och industriella aktiviteter utomhus (14). Trafik genererar partiklar framför allt vid förbränning samt slitage av däck, bromsbelägg och vägbeläggning, medan den största källan till NO₂ är vägtrafik. Koncentrationen av O₃ i inomhusluften påverkas på samma sätt främst av utomhusnivåerna, men O₃ kan också genereras av olika typer av maskiner såsom skrivare, kopiatorer och ozonrenare och då ge förhöjda halter (15). Halter av O₃ inomhus återspeglar också säsong och tid på dagen eftersom O₃ bildas när NO₂ reagerar med solljus.

Luftkvaliteten inomhus i skolor påverkas således av byggnadens geografiska läge och närhet till trafikleder, liksom beteendet hos de som använder byggnaden (till exempel öppning av fönster) och säsong (högre halter under vintern).

Förekomst av luftföroreningar i och vid förskolor och skolor

Barn exponeras främst för utomhusluftföroreningar när de förflyttar sig i olika trafikmiljöer, men även skolans eller förskolans läge har betydelse för hur mycket barn exponeras. Många skolor och förskolor ligger nära vägar och motorvägar eller inne i städer med trafikerade gator, vilket påverkar luftkvaliteten både på skolgården och i klassrummen (16).

Mätningar i och vid svenska skolor har visat att halterna av typiska utomhusföroreningar inomhus i klassrummen är låga och jämförbara med de utomhus, vilket visar på ett relativt fritt flöde av föroreningar utifrån och in i byggnaden. Halterna påverkas dock av typen av ventilation, där mekaniskt ventilerade klassrum med högre luftomsättning har lägre halter än klassrum med självdrag (17). I Sverige är nästan alla skolbyggnader (90 procent) utrustade med mekaniska till- och frånluftsventilationssystem med värmeåtervinning (18).

Det finns ingen systematisk luftövervakning eller sammanställning över pågående eller avslutade luftkvalitetsmätningar vid skolor och förskolor i Sverige, men flera kommuner och forskningsprojekt har mätt halter av NO₂ vid förskolor och skolor, bland annat i Göteborg (19), Malmö (20) och Lund (21). Resultaten från dessa studier visar att halterna varierar både mellan mätperioder och mellan platser, där centrala förskolor utsätts för högre halter. I Göteborg visade resultaten att förskolor i närheten av högt trafikerade vägar hade högre genomsnittliga årsmedelvärden för NO₂, som tangerade eller överskred WHO:s riktlinjer på 10 µg/m³ (19). Likaså i Malmö visade resultaten att förskolor lokaliserade utanför centrum men i närheten av starkt trafikerade vägar hade höga halter (20).

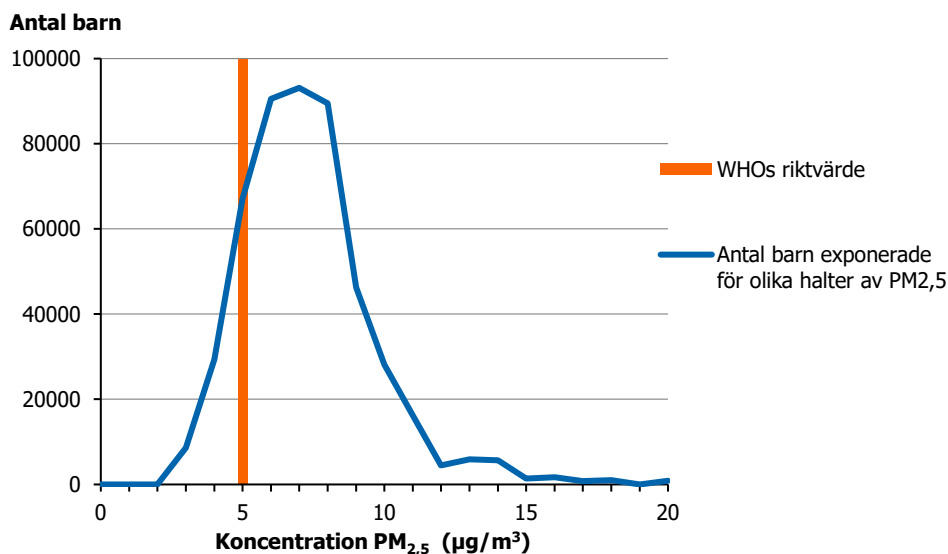
Grönska har generellt sett en positiv effekt på luftkvalitet och omgivningsmiljö, men många barn har pollenallergi och trädens pollen kan periodvis även öka mängden partiklar i luften. I barnens miljöhälsoenkät 2019 rapporterades pollenallergi hos 4,4 procent av 4-åringarna och 19 procent av 12-åringarna. I den vuxna befolkningen rapporterar runt 39 procent att de har besvär, överkänslighet eller allergi mot pollen och andelen har ökat över tid (22, 23). Eftersom pollen kan komma in i byggnader kan det under pollensäsongen även medföra ökade besvär hos allergiska barn inomhus. Samtidigt främjar gröna miljöer i och vid förskolor och skolor utevistelse. Flera studier talar för att risken för att drabbas av vissa allergirelaterade sjukdomar minskar för barn som vistas i miljöer med hög biodiversitet (24). Att vara utomhus minskar också risken för smittspridning och har flera främjande effekter på barns hälsa.

Barns exponering för luftföroreningar vid svenska förskolor och skolor

Utifrån tidigare beräkningar av den svenska befolkningens exponering för NO₂, PM₁₀ och PM_{2,5} (5) har exponering för luftföroreningar för alla barn i åldern 0–15 år, vid deras bostad, och förskolebarn vid landets förskolor beräknats. Analysen har enbart genomförts för årsmedelhalter och fångar därför inte korttidsexponering för

höga halter. Resultaten visar att nästan 80 procent av alla förskolebarn i Sverige exponeras för en årsmedelhalt av PM_{2,5} som är högre än WHO:s hälsobaserade riktlinjer för luftkvalitet (Air Quality Guidelines, AQG) (figur 1). För PM₁₀ och NO₂ är andelen betydligt lägre: 7 procent utsätts för årsmedelhalter av PM₁₀ och 9 procent för årsmedelhalter av NO₂ som överskrider WHO:s riktlinjer. Resultaten visar också att det är stor spridning mellan de halter av luftföroreningar som barnen utsätts för.

Figur 1. Antal barn exponerade för olika halter av PM_{2,5} vid sin förskola.



Barns exponering för luftföroreningar varierar kraftigt mellan olika geografiska platser och tider på dagen. Högre koncentrationer av luftföroreningar observerades i storstadsområden såsom Stockholm, Göteborg och Malmö, medan lägre nivåer registrerades i landsbygdsområden. Exponeringsberäkningar från Göteborg visar även en variation inom ett geografiskt område beroende på förskolans lokalisering i förhållande till lokala föroreningskällor. Flera av studierna pekar på betydelsen av avstånd till trafikerade vägar för föroreningar i utomhusluften som också bidrar till förorening av inomhusluft.

Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner av luftföroreningar

Sammanfattningsvis visar forskningen att luftföroreningar har en negativ inverkan på barns luftvägar och lungutveckling, med särskild sårbarhet under tidig barndom. Exponering för luftföroreningar är kopplad till ökad risk för luftvägsinfektioner, astma, nedsatt lungfunktion och förvärrade allergiska symtom.

Luftvägsinfektioner hos barn

Luftföroreningar har kopplats till ökad risk för akuta nedre luftvägsinfektioner hos barn, även vid de nivåer som finns i Sverige (25, 26). Både risken för att insjukna och svårighetsgraden om man har en luftvägsinfektion kan påverkas. Sambandet mellan luftföroreningar och infektioner kan bero både på att virus sprids mer då de fäster vid luftföroreningspartiklar och på effekten av luftföroreningar på

luftvägarnas immunförsvar (27, 28). Samband har påvisats mellan korttidsexponering för partiklar (PM_{2,5} och PM₁₀) och öppenvård, akutmottagningsbesök eller sjukhusinläggningar på grund av både övre luftvägsinfektioner (29) och nedre luftvägsinfektioner (Nhung et al., 2017). Långtidsexponering för luftföroreningar har kopplats till ökad risk för nedre luftvägsinfektioner, med tydligast samband för NO₂ (9), men även för PM_{2,5} (Mehta et al., 2013).

Lungfunktion

Barn som växer upp i områden med högre halter av luftföroreningar har en ökad risk för försämrad tillväxt av lungorna, vilket kan leda till en försämrad lungkapacitet i vuxen ålder. Även studier i Sverige har funnit sådana samband (30-34). Exponering under första levnadsåret tycks vara extra betydelsefull. En liten skillnad i lungvolym märks i allmänhet inte hos i övrigt friska personer, men kan bli relevant för särskilt känsliga individer eller i kombination med andra riskfaktorer. Lägre lungfunktion är en riskfaktor för att bli sjuk senare i livet, och för att dö i förtid i flera sjukdomar. Flera studier visar att sårbarheten för luftföroreningar påverkas av underliggande genetik, där vissa är känsligare än andra (35).

I den sammanställda forskningen som finns om betydelsen av luftföroreningar för lungfunktion hos barn och unga, konstateras en negativ påverkan av luftföroreningar på lungfunktionen. Vad gäller korttidseffekter av exponering för partiklar rapporteras signifikanta negativa effekter på barns lungfunktion och lungvolym (7, 36, 37), men också att barn med svår astma är mer sårbara (37). Exponering för partiklar under lång tid har en mer uttalad effekt på lungfunktionen jämfört med korttidsexponering (7, 36). Även exponering för O₃ kan leda till minskad lungfunktion och lungtillväxt hos barn, även vid låga nivåer och kortare exponering (38).

En svensk studie som följt barn i Stockholm från födseln upp till ung vuxenålder, BAMSE-studien, fann att luftföroreningsexponering under första levnadsåret ger negativ påverkan på lungorna (minskad FEV₁) vid 8 (32), 16 (33, 39) och 24 års ålder (40), samt astma hos barn i åldersgruppen 8–12 år (41). Senare undersökningar fann att exponering för sot i åldern 1–4 år ökar risken för kronisk bronkit bland unga vuxna i samma grupp (42), och att minskad exponering för luftföroreningar har positiv effekt på lungutvecklingen (34). Man såg inget tydligt samband mellan exponering för luftföroreningar efter det första levnadsåret och lungfunktion och astmasymtom, vilket kan betyda att känsligheten under spädbarnstiden är högre. Det kan också möjligen delvis bero på sjunkande trender avseende luftföroreningsnivåer under studieperioden.

Astma och allergi hos barn

Det finns ett samband mellan långtidsexponering för luftföroreningar vid bostaden och ökad risk för barn att insjukna i astma, medan kortvariga episoder av höga

halter av luftföroreningar ökar risken för exacerbationer hos astmatiska barn, ett samband som ter sig starkare för barn än för vuxna. Vid korttidsexponering är sambanden tydligast för CO, NO₂ och PM₁₀, medan det saknas ett samband mellan insjuknande i astma och långtidsexponering för O₃. För PM_{2,5} och ultrafina partiklar saknas underlag för att man ska kunna dra några tydliga slutsatser (8, 43-47).

Studier från Stockholm, Göteborg och Malmö har visat att antalet sjukhusbesök för astma hos barn i 0–17 års ålder ökade med ökad halt av PM₁₀, O₃ och NO₂ (48). För akutbesök gällande andningsorganens övriga sjukdomar, observerades något svagare men statistiskt signifikanta samband. Dessutom har samband visats mellan uttag av receptbelagd astmamedicin och förhöjda halter av NO₂ och O₃. För PM₁₀ sågs dock inga ökningsar av medicinuttag. En studie i Visby fann samband mellan PM₁₀ och sjukvårdsbesök för respiratoriska sjukdomar under sommar och höst, men mindre tydliga samband under vinter och vår, vilket antogs bero på skillnader i partiklarnas sammansättning mellan årstiderna (49).

I en registerstudie omfattande 1,2 miljoner barn i Stockholm, Göteborg, Skåne och Västerbotten såg man ett samband mellan årsmedelhalten av NO₂ och förekomsten av läkemedelsbehandlad astma vid halter över 15 µg/m³ (50). I en annan registerstudie omfattande alla barn som föddes i Stockholms län mellan 2006 och 2013 såg man att exponeringen under de tre första åren i livet var tydligt kopplad till en högre risk för att få astma upp till 6 års ålder (6 procents högre risk per 1,02 µg/m³ ökning i exponering för PM_{2,5}) (51). I båda studierna var exponeringen relativt låg i en internationell jämförelse (43).

Det finns också studier som påvisat samband mellan luftföroreningar och allergiutveckling, där höga halter av luftföroreningar kan förvärra symtom av allergier (52). Kunskapsläget när det gäller risken för att utveckla allergier är dock svagare.

Luftföroreningar från inomhuskällor och deras hälsoeffekter

Sammanfattning

Vanligt förekommande föroreningar i inomhusluft är flyktiga organiska ämnen (VOC) såsom alkoholer, aldehyder, terpenier och olika typer av kolväten, och halvflyktiga organiska ämnen (SVOC) såsom organofosfater, ftalater och polycykliska aromatiska kolväten (PAH).

Både VOC och SVOC i inomhusmiljön har associerats med olika luftvägsrelaterade besvär och sjukdomar hos barn och vuxna.

VOC och SVOC är stora och diversifierade grupper av kemiska föreningar, och det saknas en hel del kunskap om hälsoeffekter vid de nivåer som är aktuella för svenska förskolor och skolor.

Den kumulativa exponeringen för kemiska ämnen inomhus kan utgöra en hälsorisk, även om enskilda ämnen inte bedöms utgöra någon risk.

Val av byggnads- och inredningsmaterial har betydelse för kemikalieexponeringen inomhus och högre halter förekommer ofta i samband med nybyggnation och renovering.

Det finns behov av standardiserade metoder för att mäta föroreningar inomhus samt mätningar över längre tid.

Exponering för allergener i inomhusmiljön är kopplat till en ökad risk för symtom hos sensibiliserade barn med astma.

Exponering för fukt och mögel i skolan kan öka risken för luftvägssymtom, luftvägsinfektioner och astma.

Förekomst och exponering för kemikalier

I byggnader förekommer normalt en rad olika kemiska ämnen i luft och damm. Förutom att luftföroreningar tränger in från utomhusluften, emitterar också kemiska ämnen från till exempel byggnadsmaterial, inredning och utrustning men även från de som bor i eller nyttjar byggnaderna och från deras aktiviteter liksom från olika produkter som hanteras inomhus.

Emissionen av olika kemikalier från bygg- och inredningsmaterial påverkas av faktorer såsom temperatur och luftfuktighet. Byggnadernas täthet, ventilation och vädring har också betydelse för föroreningskoncentrationerna inomhus. I vilken utsträckning vi exponeras påverkas vidare av hur mycket tid vi tillbringar inomhus. (53)

Flyktiga organiska ämnen (VOC, Volatile Organic Compounds) utgör en stor del av inomhusluftens föroreningar. Vanligt förekommande VOC i inomhusmiljön är alkoholer (till exempel etanol), aldehyder (till exempel formaldehyd, acetaldehyd och akrolein), terpenier (till exempel limonen), kolväten (till exempel toluen) och

olika typer av klorerade kolväten. De kommer från byggmaterial, möbler, rengöringsmedel, färger och aktiviteter såsom städning och matlagning.

Halterna av dessa ämnen, och till viss del också av halvflyktiga organiska ämnen (SVOC, Semi-Volatile Organic Compounds), är i allmänhet högst i nybyggda eller nyrenoverade byggnader, till exempel efter målning eller där det finns nya inredningsmaterial (54).

Koncentrationerna av VOC inomhus är vanligtvis 2–10 gånger högre än utomhusluftens nivåer (55-57). Aldehyder, och framför allt formaldehyd, är bland de ämnen som mäts oftast i inomhusluft. Halterna av formaldehyd i inomhusluft är också betydligt högre än utomhus, särskilt i rum med låg luftomsättning (58).

I en svensk studie var de totala halterna av flyktiga organiska föreningar (TVOC) i förskolans luft jämförbara med halterna i en genomsnittlig svensk bostad. Aldehyder och alkoholer var de ämnesgrupper som fanns i högst halter i luftproverna (59). En annan studie visade att nybyggda lågenergiförskolor hade högre initiala nivåer av VOC och formaldehyd jämfört med konventionella förskolor. De lågenergiförskolor som var byggda med miljömärkt byggmaterial hade lägre initiala halter TVOC än de förskolor som var byggda med konventionellt byggmaterial. En preliminär riskbedömning indikerade att ämnen såsom akrolein och krotonaldehyd kan orsaka irritation i luftvägarna (60). På grund av det stora antalet enskilda VOC är det dock svårt att jämföra studier och resultat, eftersom mätmetoder och vilka specifika VOC som mäts varierar.

Vad gäller halvflyktiga organiska ämnen (SVOC), visade en svensk studie att organofosfater, polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och ftalater och alternativa mjukgörare var de SVOC-ämnesgrupper som förekom i högst halter i luftprover. Ftalater och alternativa mjukgörare var den SVOC-ämnesgrupp som dominerade sammansättningen i damm och material, följda av organofosfater. De lågmolekylära ämnena i varje ämnesgrupp återfanns i högre halter i luftproverna, och de högmolekylära ämnena återfanns i högre halter i dammproverna (59).

I inomhusluft förekommer också radon från byggmaterial eller berggrunden. Exponering för radon ger inga luftvägsbesvär, men det är en välkänd orsak till lungcancer senare i livet.

Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner från kemikalier

Flera studier visar att exponering för kemiska ämnen i inomhusluften kan ge upphov till olika typer av luftvägsbesvär hos barn.

I en europeisk studie undersöktes samband mellan exponering för specifika VOC och partiklar och rapporterade luftvägseffekter hos elever i över hundra skolor i ett 20-tal länder. Besvär i de övre luftvägarna, såsom rinnande näsa, nässlem och nästäppa, var relaterade till förhöjda nivåer av bensen, limonen, radon och O₃. Ett liknande samband hittades med PM_{2,5}, men effekten minskade vid kontroll för CO₂. Besvär i de nedre luftvägarna, såsom torr hals, halsont, rethosta och

andningssvårigheter, var relaterade till bensen, PM_{2,5}, O₃ och limonen. Systemiska störningar associerades med tetrakloretylen, bensen, limonen, O₃ och radon. (61)

Flera andra studier har också visat effekter av VOC på olika luftvägsbesvär (62-66) och ökad risk för astma (67).

En faktor som försvårar klargörande av dos-respons-samband för luftvägseffekter av VOC är att total-VOC (TVOC) ofta har använts som ett exponeringsmått. Givet ämnenas olika egenskaper, och de varierande proportionerna mellan ingående VOC, är TVOC ett svårtolkat exponeringsmått.

Det finns en del primärstudier som pekar på att också mindre flyktiga SVOC-ämnen, inklusive polycykliska aromatiska kolväten (PAH), per- och polyfluorerade ämnen (PFAS) och mjukgörande ftalater, kan påverka luftvägarna. Dock saknas kvantitativa mått på luftexponering i stor utsträckning.

Forskningen på området har hittills främst varit inriktad mot akuta effekter av exponering för olika VOC, och underlaget för att ge vetenskapligt baserade rekommendationer är störst för vissa sådana ämnen, till exempel formaldehyd. Det saknas kunskap om var, när och hur människor exponeras för de högsta halterna, om långtidseffekter av exponering för låga halter och om hälsoeffekter av blandningar av ämnen. Litteraturgenomgången visar också att det finns behov av fler interventionsstudier där man undersöker effekten på barns hälsa av åtgärder för att minska exponeringen för kemikalier i inomhusmiljön.

Risk för luftvägsbesvär vid kumulativ exponering i svenska förskolor och skolor

I en studie utförd av Folkhälsomyndigheten (68) samlades uppmätta halter av inomhusluftföroreningar in från befintliga provtagningsprotokoll av luftkvaliteten på förskolor och skolor från kommuner och regioner samt från vetenskapliga publikationer av svenska studier. Mätningar som innefattade ämnen som identifierats av WHO som prioriterade att mäta och riskbedöma i barns inomhusmiljöer samlades in från totalt 153 skolor, förskolor och fritidslokaler.

Ett verktyg från WHO användes sedan för att bedöma den sammanlagda exponeringen för dessa ämnen och de relaterade potentiella hälsoriskerna. Resultaten visade att de uppmätta exponeringsnivåerna för de flesta kemikalier inte överskred de nivåer som bedömts som säkra för de enskilda ämnena; de låg alltså under sina respektive referensvärden. Fyra av ämnena överskred eller låg nära referensvärdena: formaldehyd, acetaldehyd, bens(a)pyren och NO₂.

Fyrtio procent av de insamlade formaldehydhalterna låg över referensvärdet, och cirka 15–20 procent av de uppmätta halterna av acetaldehyd och benso(a)pyren låg över sina respektive referensvärden. Dessa referensvärden baseras på effekter på luftvägarna.

Vidare indikerar den kumulativa exponeringen att blandningen av de ingående ämnena kan utgöra en hälsorisk vid uppmätta halter i svenska skolor och förskolor.

Det visar på vikten av att bedöma hälsorisker från samtidig exponering för flera olika kemikalier och att beakta detta vid beslut om åtgärder.

Förekomst och exponering för allergener

Djurallergener från till exempel katt, hund och häst förekommer även i inomhusmiljöer där pälsdjur normalt inte vistas, till exempel i förskolor och skolor (69), genom att allergener följer med till exempel kläder och hår. Persontätheten i dessa miljöer kan bidra till att halten av pälsdjursallergener blir relativt hög (70) och kan orsaka besvär hos känsliga barn.

Förekomsten av husdammskvalster har hittills varit lägre i Sverige jämfört med andra länder (71), mycket till följd av kalla vintrar med låg luftfuktighet utomhus. Det finns dock risk för att förekomsten kan öka i ett varmare klimat.

Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner från allergener

Sammanfattningsvis visar forskningen att exponering för allergener i inomhusmiljön är kopplat till en ökad risk för symtom hos barn med astma. Hos barn utan astma medför exponering en ökad risk för sensibilisering mot det aktuella allergenet, men det är ännu oklart om också risken för att nyinsjukna i astma påverkas.

Äldre svenska studier har visat att halterna av pälsdjursallergener i svenska skolor och förskolor ofta är tillräckligt höga för att kunna ge allergiska besvär, till exempel astma och ökad bronkiell hyperreaktivitet, hos elever med pälsdjursallergi (72). Nyare översiktsartiklar på området visar att exponering för till exempel husdammskvalster i inomhusmiljön kan öka risken för allergisk sensibilisering, det vill säga utvecklingen av antikroppar som i sin tur kan leda till utveckling av astma och allergi vid fortsatt exponering. Även andra faktorer såsom genetik påverkar risken för sensibilisering. Sambandet mellan allergenexponering (kvalster, katt, hund, gnagare, kackerlacka och mögel) och risken för att nyinsjukna i astma är mer oklart, men exponering kan ge upphov till symtom hos sensibiliserade barn med astma.

Ett fåtal interventioner med syfte att minska exponeringen för allergener i skolmiljön har genomförts, men har inte givit samstämmiga resultat (73-75).

Förekomst och exponering för fukt och mögel

Det har beräknats att 40 procent av svenska skolor och förskolor har fuktskador, och ytterligare lika många har en konstruktion som innebär ökad risk (69). I Energimyndighetens och Boverkets gemensamma besiktning av energianvändning och inomhusmiljö i skollokaler från 2006 konstaterades att cirka 80 procent av utvalda skolor och förskolor hade någon form av fuktproblem: 40 procent hade någon form av fuktskada och 75 procent hade någon form av fuktrisk eller konstaterade problem med grunden. Skolor och förskolor med fuktskador i grunden hade i 70 procent av fallen krypgrund (76).

Luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner från fukt och mögel

Flera studier visar en signifikant ökad risk för nyinsjuknande i astma bland barn vid förekomst av fukt och/eller mögel i bostaden (62, 77-79) samt att exponering för mögel ökade risken för kronisk hosta hos barn (66). Exponering för fukt och mögel har även visats öka risken för luftvägsinfektioner hos barn (80, 81).

Studier från bland annat Sverige har visat att barn som exponerats för fukt i hemmet före 12 års ålder har en ökad risk för att utveckla pipande eller väsande andning i tonåren (82) samt en ökad risk för astma efter 10 års ålder (83). Exponering under längre tid var förknippat med en högre riskökning. Däremot sågs ingen ökad risk för rinit (snuva). I den svenska kohorten BAMSE har exponering för fukt och/eller mögel under det första levnadsåret visat sig vara förknippat med en ökad risk för att utveckla astma eller rinit, och att denna risk kvarstår upp i tonåren (84).

I en studie var symtom på luftvägarna mindre frekventa och/eller allvarliga under sommarlov och helger. Detta mönster var starkare bland barn som gick i fuktskadade skolor, vilket tyder på en potentiell förbättring av fuktskaderelaterade symtom under skollov (85).

Aktuellt kunskapsläge om åtgärder för att förbättra luftkvaliteten inomhus i skolor och förskolor

Flera olika typer av åtgärder kan vidtas för att förbättra luftkvaliteten inomhus. Vädning och olika typer av ventilation hör till de vanligaste lösningarna för att öka luftomsättningen och på så sätt spä ut och minska koncentrationen av luftföroreningar inomhus, medan olika filterlösningar, portabla luftrenare och städning aktivt avlägsnar partiklar, luftföroreningar och smittämnen. Åtgärder kan också vidtas vid källan, till exempel genom medvetna materialval och trafikplanering, eller genom att skapa avstånd till källan genom gröna barriärer och medveten lokalisering av förskolor och skolor.

Nationella och internationella policyer och regler i form av riktlinjer och lagar utgör också viktiga hjälpmedel i arbetet med att minska exponeringen för luftföroreningarna i inomhusmiljön.

Åtgärder i inomhusmiljön

Sammanfattning

Med luftrenande åtgärder avses åtgärder som aktivt transporterar bort och därmed minskar mängden partiklar, föroreningar och smittoämnen i syfte att förbättra luftkvaliteten inomhus.

Luftrenande åtgärder inomhus innefattar ventilation, portabla luftrenare och vädning men även städning.

Ventilation, städning, hygienrutiner och antalet personer i en verksamhet påverkar halterna av kemiska ämnen och partiklar, damm och smittämnen inomhus.

Låga ventilationsflöden och koldioxidhalter över 1 000 ppm (parts per million) har visats ge ökad risk för bland annat astma och allergi.

Grundventilationen i byggnaderna ska vara anpassad efter rådande verksamhet och antal personer som vistas i lokalen.

Normenlig ventilation, städning och hygien för bort och minskar mängden av såväl partiklar, kemikalier och damm som smittämnen i inomhusmiljön.

Ventilation

Ventilationssystemets uppgift är att byta förorenad, fuktig och varm luft mot ren uteluft med lämplig temperatur. I skolor och förskolor vistas ofta många personer per ytenhet och därför är behovet av högre ventilationsflöden ofta större för att föra bort föroreningar och värme. Kvaliteten på den tillförda uteluften och effektiviteten på eventuell filtrering har betydelse, liksom hur mycket föroreningar och

emissioner som avges från byggnadsmaterial, inredning och människor och deras aktiviteter. Ventilationens effektivitet avgörs både av ventilationsflödets storlek och av hur luften rör sig i rummet.

Olika typer av ventilationssystem

I skolor och förskolor förekommer i huvudsak tre olika ventilationssystem: fläktstyrda system i form av från- och tilluftsventilation (FT-ventilation), frånluftsventilation (F-ventilation) och självdrag. I skolor och förskolor i Sverige är ventilationen ofta fläktstyrd, men det förekommer även skolor och förskolor som har självdrag.

FT-ventilation innebär att både tilluftsflödet och frånluftsflödet är fläktstyrt. Det gör det möjligt att ställa in luftflödet i varje vistelserum. FT-ventilation kan också styras efter behov, så kallad behovsstyrd ventilation. Behovsstyrda ventilationssystem kan känna av hur många som vistas i varje rum och styra luftflödena efter belastningen.

F-ventilation innebär att frånluften sugas ut med hjälp av en fläkt. Uteluften tas in via ventiler i fasad eller fönster.

Självdragssystem driver ventilationen genom de tryckskillnader som skapas av vind och temperaturskillnader. Flera studier visar att självdrag oftast ger lägre ventilationsflöden än fläktstyrda system. Vid varmt och vindstilla väder fungerar inte drivkrafterna i systemet. Det blir då nödvändigt att hålla fönster öppna för att få in luften.

Ventilationen filtrerar utomhusluften

I vilken utsträckning luftföroreningar i utomhusluften kommer in via ventilationen beror på faktorer såsom omgivande trafik och placering av luftintag, samt om, och i så fall hur effektivt, tilluften filtreras.

Vid självdragsventilation är det svårt att filtrera uteluften effektivt. Vid F-ventilation kan uteluftsdonen förses med enkla luftfilter som kan fånga stora partiklar (till exempel pollen). Däremot fungerar det inte att filtrera bort finare partiklar från till exempel trafik, eftersom sådana filter har allt för stort flödesmotstånd.

Vid FT-ventilation kan dock mer avancerade filter med högre avskiljningsgrad (filterklass) användas. Det finns inga riktlinjer för att avgöra vilken filterklass som behövs. I praktiken begränsas användningen av filter med mycket hög avskiljningsgrad av att de innebär ökad energianvändning. Det är viktigt att filtren är korrekt installerade så att förorenad luft inte kan läcka förbi filtret, och att de skyddas mot väta. Blöta filter fungerar sämre än torra, och det finns risk för tillväxt av mikroorganismer. Filtren kan behöva bytas halvårsvis, och ett flertal undersökningar, bland annat från Danmark, har pekat på att för glesa byten kan ge upphov till mikrobiell växt i tilluftsfiltren och/eller luktproblem. (86)

Ventilationen för bort föroreningar som genererats inomhus

Ventilationen har en viktig roll när det gäller att späda ut och föra bort föroreningar som bildas inne i en byggnad. Ett effektivt mekaniskt ventilationssystem kan minska exponeringen för både luftföroreningar, allergener och patogener (87). Hur effektivt ventilationen för bort föroreningar beror bland annat på storleken och styrkan på emissionskällan, storleken på det tillförda flödet av utomhusluft och luftförorelserna (86).

Det är vanligt att ventilationen i skolor och förskolor stängs av eller går med reducerat flöde under nätterna. Under en period med reducerat eller avstängt luftflöde kommer koncentrationen av ämnen som alstras inomhus att stiga, för att åter börja sjunka när ventilationen går på normal drift igen. Hur lång tid det tar innan koncentrationen sjunkit till en normalt låg nivå beror framför allt på hur stor luftomsättningen är. Ett vanligt råd är att ventilationssystemet bör vara i drift så länge att "rumsvolymen omsätts minst en gång" innan rummet åter används, alltså en tidsrymd som motsvarar tiden för en luftomsättning.

För att ta hand om emissioner från byggnadens olika lokaler kan det ibland vara nödvändigt att ventilationssystemet hålls i kontinuerlig drift även då ingen verksamhet pågår. Efter nybyggnad eller invändig renovering är emissionerna av VOC förhöjda. Därför bör ventilationen gå kontinuerligt under den första tiden tills nivåerna sjunkit tillräckligt, vilket kan handla om några månader upp till ett år (88).

Ventilationen minskar mängden smittämnen i luften

Virusorsakade luftvägsinfektioner sprids genom små och stora droppar från luftvägarna hos en infekterad person. Molnet av små droppar (så kallad aerosol) kan därefter andas in av de som befinner sig i närheten. Risken för att smittas är störst för den som är nära den infekterade personen, där koncentrationen är högst. På längre avstånd minskar mängden smitta dels genom utspädning, dels genom att aerosolpartiklarna deponerar på ytor (89).

Att ventilation minskar risken för spridning av infektionssjukdomar via luften är vedertaget och vetenskapligt välbelagt – precis som vid exponering för andra typer av luftföroreningar (90-93). Många av dessa studier har genomförts i sjukhusmiljö, men ventilationens betydelse för minskad smittrisk är också belagd för bland annat skolor, kontor och andra inomhusmiljöer.

Risken för att andas in smittämnen i tillräcklig mängd för att bli sjuk, är särskilt stor i dåligt ventilerade lokaler där folk befinner sig under lång tid (89).

Ventilationen avlägsnar överskottsfukt och påverkar luftfuktigheten

En väl fungerande ventilation avlägsnar överskottsfukt inomhus, och minskar därmed risken för mögeltillväxt inomhus. Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation (FoHMFS 2014:18) som gäller bostäder och lokaler för allmänna ändamål, inklusive förskolor och skolor, anger att skillnaden i absolut luftfuktighet mellan ute och inne under vintern inte bör överstiga 3 g/m³. Om denna nivå

överskrider regelbundet tyder det på att ventilationen inte klarar att ta hand om fukten som uppstått inomhus.

I kallt vinterklimat kan dock luftfuktigheten bli mycket låg inomhus, vilket kan öka förekomsten av besvär med torr hud och torra ögon och slemhinnor. Inverkan av inomhusluftens fuktighet på hälsa, komfort och smittspridning har undersökts i flera studier (94-96). Sannolikt ökar torr luft (som är vanligt inomhus vintertid) risken för smittspridning via inandning, bland annat därför att virusinnehållande aerosol stannar kvar längre i luften när vattnet evaporerar fortare (89).

Enligt en sammanställning som gjorts av Nordiska ventilationsgruppen finns det skäl att undvika att luften blir torrare än 10–20 procent relativ fuktighet (RF), och det kan vara en komfortmässig fördel att öka fuktigheten till 20–30 procent RF (97). Samtidigt varnas för befuktning till högre värden än 35 procent RF vintertid – dels för att risken för fuktproblem ökar, på grund av att fukt kondenserar, dels för att energianvändningen kan komma att öka kraftigt. Dessutom innebär bruket av anordningar för fuktning av luften inomhus ett ökat behov av service och underhåll. Riskerna för problem med befuktning ökar om drift och underhåll av utrustningen inte sköts på rätt sätt. Av dessa skäl är det mycket ovanligt att inomhusluften fuktas aktivt i exempelvis kontor, förskolor och skolor.

Samband mellan ventilationens funktion och luftvägsbesvär

Många studier har undersökt sambandet mellan ventilation och förekomst av astma och/eller allergiska symtom. Låga ventilationsflöden och koldioxidhalter över 1 000 ppm har visats ge ökad risk för bland astma och allergi (98, 99), medan ökade ventilationsflöden sammankopplats med förbättrade hälsoutfall främst när det gäller övre luftvägarna men även förbättrad lungfunktion (100, 101). I en studie genomförd i 605 bostäder i Sverige fann man signifikanta samband mellan astmasymtom och låg luftomsättning, där låg luftväxling, högt fuktillskott och förekomst av fukt och mögel ökade risken för symtom som är relaterade till astma och rinit (102).

Sambanden mellan ventilation och astma eller allergisymtom är dock i många fall otydliga (100, 103). De motstridiga resultaten förklaras med att man i flera studier varken har kontroll över eller kunskap om emissionskällornas styrka eller inomhusluftens kvalitet, och att detta måste beaktas tillsammans med ventilationen för att förstå kopplingen till hälsa. I en studie identifierade man ett samband mellan astma och låga ventilationsflöden enbart då det fanns fuktproblematik eller plastmattor i huset (103). Endast en av de genomgångna studierna visar att höga ventilationsflöden ökar förekomsten av astma (104). Även här förklaras detta utifrån emissionskällor, och i detta fall var utomhusluften som tillfördes inomhusmiljön förorenad av bland annat trafikrelaterade föroreningar, vilket i sin tur gav upphov till negativa effekter på luftvägarna.

Byggnadsrelaterad ohälsa (BRO) är ett samlingsnamn för besvär som kan kopplas till inomhusmiljön och innefattar besvär från luftvägar, ögon eller hud, eller allmänsymtom såsom huvudvärk, koncentrationssvårigheter och trötthet. I

litteraturoversikter från framför allt bostäder och kontor ser man ett samband mellan ökad ventilation och minskad förekomst av BRO (99, 103, 105, 106). Även några primärstudier visar detta samband (61, 102, 107). Dock finns det även här studier som visar motstridiga resultat. Smedje, Wang (108) hittade till exempel inga signifikanta samband mellan medelvärden på luftomsättning från flera mätpunkter i samma bostad och BRO-symtom. Däremot såg man att låg luftomsättning i husets största sovrum ökade risken för förekomst av slemhinne- och hudsymtom. En annan studie visade inga samband mellan uppmätt ventilationsflöde och BRO-symtom i skolmiljö (109). Däremot fanns ett samband mellan låg ventilation och en ökad andel studenter som rapporterade upplevd dålig luftkvalitet (medelvärde på ventilationsflödet beräknades till cirka 5,7 l/s (liter/sekund) per person, med ett intervall på 1–20 l/s per person). I studier där man har installerat ny, och förmodat mer effektiv, ventilation har den upplevda luftkvaliteten förbättrats (110).

I en studie jämfördes förekomst av symtom mellan bostäder med självdrag och bostäder med mekanisk ventilation (103). Astma och allergier liksom BRO minskade i hus där ny mekanisk ventilation installerats, sannolikt beroende på högre luftomsättning. En förutsättning var dock att underhållet av ventilationssystemen sköttes.

Många studier visar att sämre luftkvalitet i klassrummet försämrar elevernas kognitiva förmåga och inlärning och ökar sjukfrånvaron (111). Flera studier har visat att sjukfrånvaron i skolor korrelerar med luftomsättningen och ventilationsflöden, det vill säga att ökad luftomsättning och ökade flöden ger minskad sjukfrånvaro. Skolor med lägre ventilationsflöde har högre uppmätt CO₂-koncentration, och det är då vanligare att luften upplevs som instängd och dålig. Några studier pekar på att låga ventilationsflöden dessutom bidrar till symtom såsom trötthet, ögonbesvär, luftvägssymtom och huvudvärk (112).

Vilka ventilationsflöden behövs i skolor och förskolor?

Folkhälsomyndigheten har i sina allmänna råd om ventilation (FoHMFS 2014:18) ett riktvärde för uteluftflöde i skolor och förskolor om minst 7 l/s per person plus 0,35 l/s per m² golvarea. Av de allmänna råden framgår även att om CO₂ i ett rum vid normal användning regelmässigt överstiger 1 000 ppm, bör detta ses som en indikation på att ventilationen inte är tillfredsställande.

Folkhälsomyndigheten har inlett ett arbete med att sammanställa den senaste kunskapen på området, varav en del redovisas i detta uppdrag. Umeå universitet sammanställde 2022, för Folkhälsomyndighetens räkning, ett kunskapsunderlag om hälsoeffekter av luftkvalitet inomhus kopplat till ventilation, baserat på aktuell forskning (112). Utifrån det vetenskapliga underlaget är de lägsta ventilationshastigheterna för att undvika akuta hälsoeffekter cirka 6–7 l/s per person, men högre flöden kan krävas vid förhöjda föroreningshalter inomhus. Författarna konstaterar att det viktigaste är att åtgärda föroreningskällorna inomhus och säkerställa kvaliteten på den luft som kommer in utifrån. Även om det är

välbelagt att ventilation minskar risken för luftsmitta av många infektionssjukdomar finns inget entydigt svar på vilka luftflöden som krävs för att smittrisen ska vara på en acceptabelt låg nivå, eftersom det beror på många olika faktorer.

Folkhälsomyndigheten har även tagit in kunskapsunderlag från Chalmers industriteknik, där det framkommer att självdragsventilation oftast ger betydligt lägre uteluftflöden än riktvärdena, vilket medför CO₂-halter över rekommendationen 1 000 ppm. Studier visar också att självdragsventilerade klassrum har högre föroreningshalter i luften jämfört med dem med mekanisk till- och frånluft. (86)

Av allt att döma hittills pekar dessa kunskapssammanställningar mot att Folkhälsomyndighetens riktvärden för uteluftflöden och koldioxidhalt i skolor och förskolor är väl avvägda. Men att enbart se till att utelutsflödena är tillräckliga räcker inte för att säkerställa en god luftkvalitet. Det är minst lika viktigt att den tillförda uteluften är ren och att föroreningskällorna inomhus minimeras. Därtill behöver ventilationssystemet vara korrekt utformat, fungera som avsett och säkerställa att hela vistelsezonen ventileras effektivt. Antalet personer per ytenhet i en verksamhet har också betydelse vad gäller både tillförseln av föroreningar och partiklar till luften och risken för spridning av luftvägssmitta.

Luftrenare

Påverkan på luftkvalitet och luftvägsbesvär

Vissa luftrenare kan väsentligt minska luftföroreningshalter inomhus, men eftersom luftrenare inte tillför någon frisk luft rekommenderas de framför allt tillsammans med andra åtgärder såsom ventilation och vädring (113). Särskilt luftrenare med HEPA-filter (High Efficiency Particulate Air Filter) kan minska halten av PM_{2,5} i inomhusmiljön på kort sikt och utgöra ett komplement till andra åtgärder i områden med höga halter av luftföroreningar, där man inte på annat sätt kan åtgärda orsaken till de höga nivåerna utomhus (114).

En översiktsartikel sammanfattar 148 artiklar som presenterar resultat av portabla luftrenare (115). De flesta studierna handlar om luftrening från partiklar. Översikten visar att luftreningstekniker som är avsedda för partiklar för det mesta består av HEPA- eller non-HEPA-filtrering eller elektrostatisk utfällning. Genomsnittlig reduktion av PM_{2,5} som uppnåddes av luftrenarna med mekaniska partikelfilter var 49 ± 20 procent. Det finns viss forskning som pekar på att användning av luftrenare med HEPA-filter som komplement vid bristfällig ventilation kan minska sjukfrånvaron i förskolor och skolor (116).

För minskning av koncentrationer av gasformiga luftföroreningar används jonisatorer, ultraviolett strålning (UV-strålning), sorption på aktivt kol, fotokatalytisk oxidation eller plasma. Sorption på aktivt kol visade viss minskning

av NO₂ och ozon (O₃). För flyktiga organiska ämnen (VOC) var resultaten antingen inte övertygande eller visade 30–40 procent reduktion av TVOC (115).

Användning av luftrenare som avger ozon bör inte användas i skolmiljöer eftersom ozon är hälsoskadligt. Halter av luftburna kemikalier kan eventuellt minska genom en reaktion mellan ämnet och ozon med en hastighet som beror på ämnets reaktivitet gentemot ozon, men samtidigt bildas oönskade reaktionsprodukter. Många biprodukter från reaktioner med ozon i luften är ämnen som kan vara skadliga för hälsan. Luftrenare som använder UV-strålning eller elektrisk urladdning (katalytisk oxidation, plasma, ultraviolett bakteriedödande bestrålning och jonisering) kan också producera hälsoskadliga biprodukter, såsom ozon, kvävedioxid, kolmonoxid (CO), organiska syror, formaldehyd och andra aldehyder och partiklar, eller ge upphov till olägenhet i form av lukt, såsom ozon, kvävedioxid, kolmonoxid (CO), organiska syror, formaldehyd och andra aldehyder och partiklar.

Nordiska projekt om luftrenare

Finska folkhälsomyndigheten (THL) har utfört en studie där man tittat på två förskolor i Helsingfors med fokus på om luftrenare kan minska förekomsten av luftvägsinfektioner och magsjukdom hos både barn och vuxna. Resultatet av studien visade att de genomsnittliga TVOC- och PM_{2,5}-halterna minskade. Luftrenare hade ingen signifikant effekt på PM₁₀, sot eller mikrobiella koncentrationer. Eleverna rapporterade små minskningar av övre och nedre luftvägssymtom och andra symtom under luftrenardrift. De rapporterade dock liknande förbättring även när luftrenarna kördes utan filter. Författarna anser att ytterligare forskning behövs, särskilt om luftrenarnas dimensionering och om situationer där koncentrationer av föroreningar i utrymmen är höga. De beskriver även att det är viktigt att luftrenarnas ljudnivåer bör beaktas då de som ingick i studien överskred gällande riktvärden när de var påslagna. (117)

Den norska folkhälsomyndigheten (FHI) har ett pågående projekt där de undersöker om luftrenare med HEPA-filter kan minska risken för luftburna sjukdomar bland elever och lärare. Man ska även undersöka vilken som är den bästa placeringen så att inte drag och buller blir ett problem vid undervisningen.

Svenska Kemikalieinspektionen och Elsäkerhetsverket har ett pågående projekt som undersöker ett antal luftrenare av de slag som är avsedda att användas samtidigt som personer vistas i utrymmet. Luftrenarna utvärderas med avseende på dels de regler som gäller för kemikalier i varor, dels eventuell utsöndring av ozon.

Luftrenare ersätter inte en god ventilation

Att placera luftrenare, med HEPA-filter, i ett klassrum med bristfällig ventilation kan kortsiktigt minska mängden partiklar. Det förekommer missuppfattningar om att man kan sänka ventilationsflöden vid användning av en luftrenare. Det kan bero på att luftrenarens kapacitet ofta uttrycks som Clean Air Delivery Rate, CADR, samma enhet som ventilationsflödet, exempelvis m³/tim. CADR bestäms som

produkten av filtrets avskiljningsgrad och luftflödet genom luftrenaren. Det är dock olämpligt att använda portabla partikelluftrenare som ersättning för ventilation. Ett generellt använt mått för god luftkvalitet inomhus är koncentration av CO₂ som speglar hur bra lokaler ventileras med avseende på användning och antal personer. Minskad ventilation medför en minskad luftomsättning som innebär att CO₂-halterna ökar. Förhöjda halter av CO₂ medför att elever och lärare i klassrum och på förskolor kommer att uppleva trötthet och koncentrationssvårigheter, och de kan även få huvudvärk när halterna blir höga.

Luftrenare är ofta dyra enheter att köpa in och underhålla. Luftrenare kan även orsaka drag vid felaktig placering och orsaka störande ljudnivåer i klassrummen. Det förekommer även osäkerheter om hur inomhusluften kan påverkas om luftrenarna inte underhålls enligt instruktion, till exempel om filter inte byts regelbundet.

Städning

Under 1990-talet och några år in på 2000-talet var intresset för inomhusmiljön i skolan speciellt högt i Sverige, och mycket av befintlig forskning om skolans betydelse för hälsobesvär genomfördes under denna period. En stor andel av de vetenskapliga referenserna som ligger till grund för kunskapen på området är därför svenska och relativt gamla. Ingen av de identifierade översiktsartiklarna i den uppdaterade sökningen handlar om effekten av städning på luftvägarna, men de tar däremot upp städning kopplat till förbättrad luftkvalitet och minskad exponering för partiklar.

Städning och hygienrutiner motverkar luftvägsbesvär och luftvägsinfektioner

Många av de problem som är vanliga i inomhusmiljön i skolor och förskolor, såsom byggnadsfukt, mögel och mikroorganismer och flyktiga ämnen, förekommer även i andra inomhusmiljöer. Men vissa faktorer såsom damm och partiklar, pälsdjursallergener och bristfällig ventilation och städning har större betydelse i skolor och förskolor jämfört med till exempel bostäder och kontor. I skolor och förskolor är persontätheten högre än i de flesta andra inomhusmiljöer och det innebär speciella förutsättningar när det gäller förekomsten av föroreningar och smittämnen som är kopplade till de som vistas i lokalerna och behovet av ventilation och städning.

Städning minskar halten av damm och partiklar i skolor och förskolor, och mer städning kan därmed minska exponeringen för allt som finns i damm såsom allergener, kemikalier, virus, bakterier och partiklar.

Flera studier har visat att halterna av damm och allergener är lägre i lokaler med normenlig luftomsättning, liten mängd dammansamlade inredning och frekvent städning som också omfattar inredningen, än i andra klassrum (118-120). I en ny systematisk översiktsartikel från 2024 nämns också inredningens och städningens betydelse för en bra luftkvalitet i skolor (65).

Handhygien och desinfektion är grundläggande smittskyddsåtgärder, och det gäller även för att minska risken för luftvägsinfektioner. God handhygien och regelbunden rengöring av ytor minskar mängden luftvägsvirus på såväl händer som ytor. I kunskapssammanställningen ”Smitta i förskola” lyfts därför hygien och städning som två viktiga förebyggande åtgärder för att bryta smittkedjan. Även storleken på barngruppen och tid utomhus påverkar smittspridningen.

Städningens påverkan på luftburna partiklar, damm och smittämnen inomhus

Luftföroreningshalterna påverkas av hur väl städningen utförs och vilken typ av aktivitet som utförs (121). I en översiktsstudie baserad på 50 studier om luftburna partiklar i skolor (122) visade man att det i skolor tenderar att vara högre PM_{2,5}- och PM₁₀-koncentrationer inomhus än utomhus, främst på grund av återsuspension av partiklar inomhus. I en nyare systematisk översikt om inomhusluft i skolor och hälsa från 2024, baserad på 145 studier, lyfts också att en hög elevtäthet i klassrum i skolor leder till högre halter av partiklar och att det bidrar avsevärt till återsuspensionen (65). Återsuspensionen påverkas av den mängd partiklar som finns tillgänglig. Detta pekar på att städning och renlighet kan bidra till att minska exponeringen för PM_{2,5} och PM₁₀ (122).

I inomhusmiljön är det stora variationer med avseende på mängden dammpartiklar och deras sammansättning, och detta påverkas av faktorer såsom antalet brukare i lokalen, deras verksamhet, inredningen och möblerna, byggnadsventilationens utformning, städrutinerna och mängden partiklar i uteluften som kommer in (123, 124).

Det tenderar att vara mer damm på ytor i skolor och förskolor än i till exempel kontor (125). Samband har visats mellan dammets förmåga att ge inflammation och andelen organiska partiklar i dammet (126), och i skolor där man rapporterade mer hälsobesvär hade dammet högre inflammatorisk potential än i andra skolor (127).

Smittämnen på ytor

I kunskapssammanställningen ”Smitta i förskola” ges en generell beskrivning av smittkedjan, det vill säga hur smittor kan spridas mellan människor (128). Förutom att smittor kan spridas direkt mellan personer kan de också spridas indirekt i ett eller flera steg, genom så kallad indirekt kontaktsmitta. Smittämnen, till exempel luftvägsvirus, kan alltså också spridas via händer och via kontaminerade ytor såsom dörrhandtag, bordsytor och leksaker.

I en kunskapssammanställning från Göteborgs universitet om luftvägsvirus på arbetsplatser lyfter man att det visserligen finns vissa kunskapsluckor gällande de olika stegen i smittkedjan för spridning av luftvägsvirus mellan människor via ytor, men att smitta via kontakt med kontaminerade ytor är välbelagt för luftvägsinfektioner (89). Det finns också mycket som pekar mot att smittspridning via kontakt kommer att öka om handhygien inte sköts eller ytor sällan rengörs.

Vilka städrutiner behövs i skolor och förskolor?

Folkhälsomyndigheten publicerade 2014 allmänna råd om städning i skolor, förskolor, fritidshem och öppen fritidsverksamhet (FoHMFS 2014:19). I råden finns riktlinjer för dels omfattning av och frekvens på städning, rengöring och desinfektion, dels inredning och materialval i syfte att underlätta städningen och motverka ansamling av damm. Eftersom halterna av luftburna partiklar och damm ofta är höga i skolor och förskolor krävs en hög frekvens på städningen.

Verksamheterna behöver också utforma lokalerna med syfte att motverka ansamling av damm och underlätta städningen. Enligt de allmänna råden bör därför till exempel klassrum och lekrum städas dagligen, och man bör också undvika textil inredning som samlar damm.

I skolor och förskolor är det många personer per ytenhet, vilket innebär att många personer delar på toaletter och hygienutrymmen och till exempel tar i samma handtag. För att minska risken för smittspridning bör därför till exempel toaletter, handtag och lysknappar rengöras dagligen, enligt de allmänna råden.

Åtgärder i den fysiska omgivningsmiljön

Sammanfattning

Lokalisering av förskolor och skolor med avstånd till trafikerade vägar, införande av miljözoner och gröna barriärer bidrar till att förbättra luftkvaliteten och kan minska barns exponering både inomhus och utomhus.

För att få så bra effekt som möjligt behöver åtgärderna anpassas till lokala förhållanden.

Lokalisering av förskolor

Den fysiska miljön påverkar luftkvaliteten i ett område, och en medveten fysisk planering kan därför minska hur mycket luftföroreningar som barn exponeras för. För att minska luftföroreningars påverkan på barns hälsa är det viktigt att beakta luftkvalitet tidigt i planprocessen. Vid skolor och förskolor som är placerade i direkt närhet till vältrafikerade motorvägar finns risk för överskridande av miljökvalitetsnormer (MKN) (129). Det visar vikten av att undvika att placera skolor och förskolor i närhet till vältrafikerade vägar. En kartläggning av förskolor i Göteborg visar att en fördubbling av avståndet till närmaste trafikerade väg gav 15–20 procent lägre luftföroreningshalter på förskolegården (130). En jämförelse mellan två förskolegårdar på liknande avstånd från samma väg, visar att halterna var cirka 10 procent högre på en öppen gård jämfört med en som är omgiven av byggnader. Blockerande hus och ökat avstånd till trafiken bidrar också till att sänka bullernivåerna.

Åtgärder i trafiken

Trafikåtgärder såsom miljözoner bidrar till att minska luftföroreningshalterna och därmed riskerna för negativa hälsoeffekter hos barn. I en studie i Göteborg minskade andelen barn som utsattes för NO₂ över WHO:s riktvärden, från 50 procent till 9 procent, efter att en miljözon införts (Watne, in preparation).

Dessutom hade införandet positiva effekter även utanför miljözonen. I hela staden minskade andelen barn som exponerades för årsmedelvärden av NO₂ över WHO:s riktklinjer från 31 procent till 6 procent. En liknande studie i Malmö visade att en miljözon minskade årsmedelhalten av NO₂ med 13,4 procent (131). En studie från Stockholm har analyserat effekterna av att utöka miljözonsreglerna till att omfatta även personbilar samt att skärpa kraven på fordonsutsläpp (132). Slutsatsen är att sådana åtgärder skulle leda till betydande minskningar av både NO₂ och partiklar, särskilt i tungt trafikerade områden.

Ökad grönska i närmiljön

Grönska kan förbättra luftkvaliteten på flera sätt. Vegetation kan fungera som en barriär som omdirigerar luftflöden och förhindrar att förorenad luft når områden där ren luft är särskilt viktig, såsom skol- och förskolegårdar (133, 134). Vegetation kan också främja deposition och upptag av luftföroreningar såsom partiklar och NO₂ (135-139). Träd på förskolegården eller skolgården kan markant minska halter av föroreningar, framför allt partiklar.

Nedan exempel visar behovet av att integrera olika lösningar, såsom gröna barriärer och träd, och att anpassa gröna lösningar till lokala förhållanden för att skapa en hälsosammare miljö för barn vid förskolor i trafikutsatta områden. Vid nyplantering i stadsmiljön behöver hänsyn tas till arter som framkallar pollenallergi, eftersom vissa luftföroreningar kan förstärka allergiska besvär av pollen. Med ett förändrat klimat förlängs vegetationsperioden, och pollenproducerande arter kan då orsaka mer och värre symtom.

Exempel på beräkningar av effekten av träd och bullerskärmar på halter av NO₂, PM₁₀ och PM_{2,5} (130, 137)

Den valda förskolan är belägen i ett bostadsområde strax utanför stadens centrum, nära en högt trafikerad huvudväg som används för pendling och genomfartstrafik. För att bedöma effekterna av lokala åtgärder på luftkvaliteten genomfördes en studie med fokus på effekten av träd och bullerskärmar och deras placering på luftkvaliteten på förskolegården. Studien fokuserade på ett vanligt meteorologiskt förhållande för att undersöka effekten av grönska som en lokal åtgärd. För att förstå effekten av ytterligare åtgärder analyserades olika scenarier, inklusive placeringen av tätare trädbarriärer vid vägen och stora träd på förskolegården, samt bullerskärmar vid vägen och vid skolgården.

Effekt av trädval och placering av grönska

Stora träd på förskolegården minskade halterna av $PM_{2,5}$ och PM_{10} med 19 procent respektive 50 procent på gården. För NO_2 var effekten liten, medan en tät trädbarriär vid vägen minskade halterna av NO_2 med 13 procent, vilket visar att barriärer är mer effektiva för att blockera och omdirigera NO_2 från vägen. För partiklar var träd placerade på gården mer effektiva, och en kombination av dessa åtgärder gav de bästa resultaten för både NO_2 och partiklar, med märkbara minskningar av samtliga föroreningar.

Effekt av bullerskärmar

Bullerskärmen vid vägen visade ingen betydande effekt på luftkvaliteten på gården. När bullerskärmen placerades närmare förskolegården minskade luftföroreningshalterna något, men vindriktningen spelade en avgörande roll.

Studien visar att effekten av grönska beror på typen av luftförorening och placeringen av träden. För NO_2 är en tät barriär vid vägen mest effektiv, medan stora träd på förskolegården har störst effekt på partiklar såsom PM_{10} och $PM_{2,5}$. Kombinationen av barriär och gårdsträd ger dock de bästa resultaten för både NO_2 och partiklar.

Internationell utblick och goda exempel

Sammanfattning

Det finns behov av mätning och övervakning av luftkvaliteten inomhus.

För de flesta ämnen saknas hälsobaserade riktvärden för inomhusluft, vilket försvårar riskbedömning, övervakning och uppföljning.

Hälsofrämjande åtgärder i förskolor och skolor behöver ha en helhetssyn på skolans påverkan på elevernas hälsa och välbefinnande, och där är fysisk miljö och hälsosam inomhusluft centrala faktorer.

Finland har ett nationellt program för inomhusluft och hälsa som syftar till att minska hälsoproblem som är relaterade till inomhusmiljöer genom att öka kunskap, stärka åtgärder och förbättra vård och stöd för personer som drabbas av hälsoproblem med koppling till inomhusmiljön.

Allt fler städer arbetar med att minska bilberoendet och förbättra livsmiljön och luftkvaliteten, till exempel genom åtgärder såsom skol- och lekgator, bilfria zoner, "superblocks", 15-minutersstaden och mobilitetstjänster.

Nedan beskrivs hur olika länder och organisationer arbetar med att skapa bättre miljöer för hälsa och välbefinnande. Sammanfattningsvis strävar flera länder och städer världen över efter att förbättra luftkvaliteten genom både lagstiftning,

forskning, tekniska lösningar och stadsplanering. Exempel från flera europeiska länder visar på olika sätt att skapa hälsosammare och mer hållbara miljöer för invånarna. I texten redovisas även exempel från svenska städer där stadsplaneringsåtgärder som bidrar till bättre luftkvalitet vidtagits.

Riktlinjer och reglering

I många länder finns exempel på tydliga regleringar och normer som gäller för skadliga ämnen i utomhusluften, även om ett beaktande av hälsoeffekter i många fall skulle kräva skärpningar av riktvärdena (140, 141). Men trots att vi tillbringar nästan 90 procent av tiden inomhus finns mycket färre exempel på riktvärden för inomhusluften från omvärlden.

WHO publicerade 2021 uppdaterade riktlinjer för luftföroreningar, som inte bara gäller för utomhusluft utan också för inomhusluft. Dessa riktlinjer baseras på aktuellt kunskapsläge som visar att luftföroreningar påverkar hälsan vid lägre koncentrationer än tidigare antagits. Riktlinjerna gäller för PM₁₀ och PM_{2,5}, O₃, NO₂, SO₂ och CO.

EU:s luftkvalitetsdirektiv är viktiga för luftvårdspolitiken inom EU. För Sverige och övriga medlemsländer innebär det att direktiven ska införlivas i respektive lands lagstiftning. Bestämmelserna har nyligen setts över inom EU och ett reviderat luftkvalitetsdirektiv antogs i oktober 2024.

Sedan 2010 finns också riktlinjer från WHO om vissa kemikalier i inomhusmiljön (142). De ämnen som omfattas är bensen, kolmonoxid, formaldehyd, naftalen, kvävedioxid, polycykliska aromatiska kolväten (särskilt bens(a)pyren), radon, trikloretylen och tetrakloretylen. Dessa ämnen är kopplade till hälsoeffekter såsom cancer och olika former av luftvägsbesvär.

Utöver WHO:s riktlinjer finns nationellt framtagna riktvärden för inomhusluften. International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) har sammanställt en databas över Indoor Environmental Quality Guidelines och gjort den tillgänglig online. Enbart ett svenskt gränsvärde för allmänhetens inomhusluft finns, för radon, som gäller generellt i svenska byggnader.

Inom EU finns också emissionsriktlinjer från byggnadsmaterial, så kallade EU-LCI-värden (EC, 2023). EU-LCI är riktlinjer för emissioner av VOC och SVOC från byggnadsmaterial, och de är baserade på hälsoeffekter vid inhalationsexponering.

Exempel på nationella riktvärden för luftföroreningar inomhus

Tyskland: Har en kommitté, AIR, som sätter riktlinjer för inomhusluft. Dessa riktlinjer används för att bedöma luftkvaliteten i både privata och offentliga byggnader. AIR fokuserar på att identifiera hälsobaserade och hygieniska riktvärden som hjälper till att skapa en säker inomhusmiljö.

Frankrike: Har myndigheten ANSES (National Agency for Food, Environmental and Occupational Health Safety) som genomfört

expertbedömningar och utvecklat hälsobaserade riktlinjer för ett antal luftföroreningar inomhus. Dessa riktlinjer är utformade för att skydda allmänheten från hälsoskadlig exponering för ämnen såsom formaldehyd, CO, NO₂ och partiklar.

Sverige: Har för närvarande ett nationellt gränsvärde för inomhusluft, för radon, och ett emissionsgränsvärde som anger hur mycket formaldehyd som får avges från byggmaterial till inomhusluften.

Forskningsprojekt för förbättrad luftkvalitet

Det pågår flera forskningsprojekt inom EU som syftar till att ta fram kunskapsunderlag om inomhusmiljöns påverkan på barns hälsa och föreslå riktvärden för kemiska och biologiska föroreningar i inomhusluften. Dessa beskrivs kortfattat nedan.

PARC (Partnership for the Assessment of Risk from Chemicals)

är ett sjuårigt forsknings- och innovationsprogram inom EU:s ramprogram Horisont Europa som handlar om att utveckla, förbättra och stärka EU:s och nationella myndigheters riskbedömning och reglering av kemikalier. I ett av arbetspaketen arbetar man med att föreslå riktlinjer och gränsvärden för kemiska exponeringar inomhus.

The IDEAL cluster

fokuserar på luftföroreningar både inomhus och utomhus, inklusive kemiska och mikrobiologiska exponeringar och deras källor. I projektet ingår också att öka kunskapen om hälsoeffekter vid de nivåer som förekommer i relevanta och representativa inomhusmiljöer, för att underlätta fastställandet av ändamålsenliga riktlinjer för luftkvalitet inomhus. The IDEAL cluster innefattar flera delprojekt.

INQUIRE

INQUIRE syftar till att ta fram kunskap och verktyg och föreslå åtgärder för att förbättra luftkvaliteten inomhus. Forskning om riskfaktorer och deras källor och effekter är särskilt inriktad på spädbarn och barn upp till 5 års ålder. Arbetet omfattar luftprovtagning och övervakning av över 200 hem i åtta länder. Resultaten kommer att ligga till grund för evidensbaserade rekommendationer för en bättre luftkvalitet inomhus.

InChildHealth

Detta delprojekt syftar till att studera luftkvaliteten inomhus i europeiska skolor, och studera effekterna av fysiska, kemiska och mikrobiologiska parametrar på hälsan hos skolbarn i åldrarna 6–13 år. Studien är förlagd i tre europeiska städer, inklusive Helsingfors och Köpenhamn. Hälsoutfall i fokus är luftvägsinfektioner, astma och allergier samt neurologiska och kognitiva funktioner.

Utbildningsinsatser

Schools for Health in Europe (SHE) är ett initiativ som stöder sina medlemmar i arbetet med att vidareutveckla och upprätthålla hälsofrämjande åtgärder i skolorna genom att tillhandahålla en europeisk plattform för främjande av hälsa i skolan. Initiativet är en icke-kommersiell stiftelse med mål att förbättra barns och ungdomars hälsa i Europa, bland annat genom att minska ojämlikhet i hälsa, och är särskilt inriktat på skolor. SHE bygger på en ”whole-school approach”, som innebär synsättet att alla aspekter av skolan kan påverka elevernas hälsa och välbefinnande, och att lärande och hälsa är sammankopplade. SHE rekommenderar att man fokuserar på sex komponenter för att uppnå en strategi som omfattar hela skolan. Den andra komponenten handlar just om skolans fysiska miljö och omfattar byggnader, mark och skolmiljö. Att skapa en hälsosam fysisk miljö kan till exempel innebära att göra skolområdet mer attraktivt för rekreation och fysisk aktivitet, men också att ha en sund inomhusluft.

På Island drivs ett nationellt initiativ, Health-Promoting Primary Schools, kring konceptet SHE genom Directorate of Health. Syftet är att stödja skolorna på Island i sitt systematiska hälsofrämjande arbete. I detta ingår att skapa en skolmiljö som främjar elevers och personals psykiska, fysiska och sociala hälsa och välbefinnande i samarbete med familjer och lokalsamhället. Skolorna utvecklar en omfattande och välorganiserad hälsopolicy som omfattar hela skolan.

I Nederländerna har konceptet SHE också anammats, och där är det nationella miljöhälsoinstitutet RIVM som arbetar med Healthy Schools och koordinerar arbetet.

Från Sverige deltar Generation Pep i SHE, och har utvecklat de kostnadsfria verktygen Pep Förskola och Pep Skola. De är digitala verktyg för förskolor, grundskolor, gymnasieskolor och anpassade skolor som vill arbeta mer med rörelse och hälsosam kost under skoldagen.

Program för inomhusmiljö

Internationellt sett är Finland föregångare gällande arbetet för bättre inomhusmiljö. Institutet för hälsa och välfärd (THL) arbetar under 2018–2028 med ett nationellt program för inomhusluft och hälsa tillsammans med flera samarbetsparter, bland annat Arbetshälsoinstitutet (143). Det långsiktiga huvudmålet med det nationella programmet för inomhusluft och hälsa är att minska problem med hälsa och välbefinnande som är förknippade med inomhusmiljön i Finland. Detta strävar man efter genom att i större utsträckning inkludera hälso- och sjukvården i verksamheten samt genom att fokusera på att

- främja människans hälsa och välbefinnande
- förebygga olägenheter
- informera och ge heltäckande vård
- stöd till sjuka.

Det tioåriga nationella programmet för inomhusluft och hälsa består av fyra delområden vars syfte är att

- öka förståelsen för inomhusmiljöns effekter på hälsan och välbefinnandet
- utveckla hanteringen av problem med anknytning till inomhusmiljön
- förbättra vården av samt arbets- och funktionsförmågan hos personer som fått symtom eller har insjuknat till följd av exponering för inomhusmiljöfaktorer
- stärka aktörernas kompetens i frågor som gäller inomhusmiljön.

Forsknings- och utredningsarbete som är relaterat till ämnesområdet bidrar till att målen med programmet uppnås.

I inledningen av programmet genomförs de åtgärder som i planeringsskedet bedömdes vara de viktigaste och mest effektiva för att nå målen. Programmet genomför också de åtgärder för främjande av hälsa och välfärd som ingår i finska regeringens program Sunda lokaler 2028, som Social- och hälsovårdsministeriet ansvarar för (144).

Hur målen uppfylls följs upp med de indikatorer som skapats för målen. Underlag till indikatorerna hämtas från enkäter till befolkningen och kommunens aktörer. Enkätundersökningarna upprepas åtminstone i början och slutet av programmet. Utöver dessa indikatorer används också mätinstrument som beskriver hur de planerade åtgärderna har genomförts.

Stadsplanering för bättre luftkvalitet

Allt fler städer arbetar med att minska bilberoendet och skapa mer levande, gröna och säkra miljöer för människor att vistas i genom olika åtgärder och initiativ såsom skol- och lekgator, miljözoner och trängselskatt, ”superblocks”, 15-minutersstaden, mobilitetstjänster och sommargator. Dessa förändringar, som ofta innebär ett minskat beroende av bilen, kan leda till förbättrad luftkvalitet, mer grönska och bättre tillgång till offentliga ytor, men kräver också anpassning och kan möta visst motstånd från dem som är vana vid biltrafik.

Skol- och lekgator

Syftet med skol- och lekgator är att skapa säkrare miljöer för barnen genom att minska trafiken vid skolor, vilket även bidrar till att förbättra luftkvaliteten och minska buller. I städer såsom Paris och belgiska Gent har man infört bilfria gator vid skolor, så kallade skolgator, för att minska trafikbuller och förbättra luftkvaliteten. Exempel från Sverige är Malmö där man har arbetat med att införa skolgator, särskilt i områden där trafiken är tät och barn går till skolan. Även Göteborg har infört så kallade lekgator på flera platser. Här är tanken att minska biltrafik och skapa fler ytor till barnen för lek och aktivitet.

Miljözoner

Köpenhamn var tidigt ute och införde redan på 1960-talet bilfria zoner i stadens centrum. Den gradvisa omvandlingen av stadens gator och torg till bilfria områden har skapat nya sociala mötesplatser och minskat buller och luftföroreningar. Ljubljana i Slovenien gjorde stadskärnan bilfri genom sin ”Vision 2025” som ledde till minskade luftföroreningar och en minskning av CO₂-utsläpp med 70 procent.

I Gent har miljözoner skapats som minskat biltrafiken i syfte att i stället främja cykel- och kollektivtrafik. Staden är indelad i flera zoner med begränsad biltrafik, vilket har lett till en minskning av NO_x-nivåerna med 18 procent. Oslo och Helsingfors har också satsat på att skapa mer livskraftiga stadsmiljöer genom att minska biltrafiken, med Oslo som exempel på en stad som gör sitt centrum bilfritt för att frigöra yta för stadsliv och aktiviteter.

Det finns exempel från Antwerpen i Belgien, Wien i Österrike och Berlin i Tyskland, där nya förskolor och skolor endast får byggas i områden som uppfyller de nationella luftkvalitetsmålen eller som inte överskrider gränsvärdena för vissa luftföroreningar.

Superblocks

I Barcelona har man implementerat konceptet ”superblocks”, där trafikbegränsningar och fler grönområden prioriteras för att skapa mer utrymme för fotgängare och cyklister. Dessa superkvarter består av stadskvarter där biltrafiken är strikt reglerad, vilket har lett till minskad trafik och en förbättrad livsmiljö. Även om dessa förändringar ofta möts med viss skepticism från bilister, visar de positiva effekter på luftkvalitet och säkerhet i staden.

15-minutersstaden

Paris har blivit ett framstående exempel på 15-minutersstaden, där stadsplaneringen fokuserar på att skapa stadsdelar där invånarna kan nå sina dagliga behov inom 15 minuters gång- eller cykelavstånd. Genom att minska bilberoendet förbättras både luftkvaliteten och möjligheten för fysisk aktivitet, vilket bidrar till en mer hållbar och levande stad. Städer som dessa, som satsar på att skapa mer tillgängliga och grönare urbana miljöer, lyckas ofta både minska trafik och skapa utrymme för sociala möten.

Malmö har arbetat med att utveckla stadsdelar enligt principerna för 15-minutersstaden, där invånarna ska kunna nå sina grundläggande behov inom gång- eller cykelavstånd. Staden har också satsat på att skapa mer grönområden och hållbara transportalternativ i olika stadsdelar. Även Göteborg har i vissa stadsutvecklingsprojekt implementerat liknande tankegångar, där man strävar efter att öka tillgången till viktiga funktioner såsom skolor, arbetsplatser och affärer inom korta avstånd.

Trängselskatt

I Stockholm är trängselskatten ett verktyg för att minska biltrafiken i innerstaden. Sedan införandet 2007 har trafiken reducerats med 21 procent, vilket har lett till bättre luftkvalitet och mindre trängsel i stadens centrum. Tanken är att trängselskatten både ska minska biltrafik och ge incitament för invånarna att välja mer hållbara transportalternativ.

Mobilitetstjänster

I städer såsom Helsingfors och Hamburg har satsningar på mobilitetstjänster utvecklats, där invånarna via appar kan hitta cyklar, taxibilar eller samåkningsalternativ. Dessa tjänster gör det enklare för invånarna att välja hållbara transportalternativ. Dessa digitala lösningar bidrar till en effektivare och mer flexibel stadsmiljö, samtidigt som de hjälper till att minska trafik och föroreningar.

Sommargator

Stockholm har infört sommargator som en del av stadens satsning på att skapa mer livfulla och trivsamma stadsmiljöer under sommarhalvåret. Dessa bidrar även till minskade luftföroreningar eftersom sommargatorna är bilfria. De ger möjlighet för restauranger, butiker och kaféer att utöka sina uteserveringar och skapar mer plats för umgänge på offentliga platser. Även Malmö har infört sommargator för att främja ett mer socialt och öppet stadsliv under sommarmånaderna, där invånare och turister kan samlas för olika aktiviteter såsom musik, matmarknader och kulturevenemang.

Synergier och samhällsvinster med olika åtgärder

Det här avsnittet belyser möjliga synergier av olika åtgärder ur ett samhällsperspektiv, vad gäller både hälsovinster av åtgärder i miljön och samhällsvinster med en friskare förskola och skola.

Åtgärder som minskar de totala utsläppen av luftföroreningar förväntas ha störst positiva bieffekter eftersom de kan minska hela befolkningens exponering. Åtgärder som endast geografiskt skiljer förskolor och skolor från utsläpp har därför inte lika stora positiva synergieffekter, men kan fortfarande ha det genom exempelvis minskat trafikbuller eller ökad trafiksäkerhet i barns närmiljö. Åtgärder som endast minskar halter inomhus förskola och skola genom exempelvis luftrenare förväntas ha minst positiv synergieffekt.

Åtgärder som ökar fysisk aktivitet såsom överflyttning av trafik till aktiv transport har stor potential att förbättra folkhälsan, då fysisk inaktivitet hos både barn och vuxna är en betydande faktor för folkhälsan.

Lägre luftföroreningshalter minskar risken för flera negativa hälsoutfall

Vilken luftföroreningshalt man utsätts för över lång tid är det viktigaste för hälsan, men kortare episoder av förhöjda halter kan också medföra en rad olika hälsoeffekter. För många luftföroreningar finns ingen säker nedre gräns, utan förbättringar av luftkvaliteten förväntas förbättra hälsan vid alla nivåer. Detta understryker behovet av att fortsätta att minska exponeringen för luftföroreningar, särskilt för känsliga grupper såsom förskole- och skolbarn.

Halterna av luftföroreningar i svenska städer är bland de lägsta i Europa, men de utgör fortfarande en betydande hälsorisk eftersom en så stor andel av Sveriges befolkning bor i de största städerna där halterna generellt är högre. Beräkningar baserade på WHO:s riktlinjer för luftkvalitet visar att 82 procent av den svenska befolkningen och 81 procent av svenska barn exponeras för $PM_{2,5}$ -nivåer som överstiger riktlinjerna, och 11 procent för halter av NO_2 över riktlinjen (5).

Luftföroreningar bidrar förutom till besvär i luftvägarna även till hjärt- och kärlsjukdomar, njursvikt, olika former av cancer och negativa graviditetsutfall. Studier har även föreslagit påverkan på kognitiv utveckling. I inomhusmiljön förekommer även föroreningar som visats öka risken för hormonstörande effekter, olika cancerformer såsom leukemi och akuta effekter såsom hudsymtom, trötthet, huvudvärk och koncentrationssvårigheter (145, 146). Enligt en litteraturstudie av Sadrizadeh et al. (2022) visar många studier att sämre luftkvalitet i klassrummet försämrar elevernas kognitiva förmåga och inlärning och ökar sjukfrånvaro. Enligt Gustafsson et al. (2022) uppskattas cirka 6 740 förtida dödsfall per år kunna kopplas till exponering för förhöjda nivåer av NO_2 och $PM_{2,5}$. De

samhällsekonomiska kostnaderna för dessa hälsoeffekter har uppskattats till cirka 168 miljarder kronor för 2019, även med konservativa bedömningar. Till exempel har inte sjukfrånvaro för vård av barn inkluderats i dessa.

Välplanerade utemiljöer kring förskolor och skolor ger flera hälsovinster

Lokalisering och utformning av förskole- och skolgårdar samt av närmiljön har stor betydelse för barnens exponering för flera olika miljöfaktorer, både utomhus och inomhus. Planeringen har även betydelse för barns möjlighet till rörelse. Den statliga utredningen ”Varje rörelse räknas” (SOU 2023:29) föreslår ett flertal åtgärder som även har positiva effekter på luftkvalitet i barns miljöer.

Stadsplanering och barns hälsa

Vad gäller skadliga föroreningar i inomhusluften på skolor och förskolor är det viktigt att undvika placering av skolbyggnader i anslutning till stora vägar och höga trafikflöden. Det är inte bara i större städer som trafiken kan bidra till att människor utsätts för höga halter av luftföroreningar. Utsläpp från trafiken kan även påverka förskolor och skolor i mindre urbana områden som ligger nära större vägar. Lokaliseringen av förskolor och skolor med goda förutsättningar att gå eller cykla till och från förskolan och skolan och med tillgång till ytor för lek och rörelse har även betydelse för barns fysiska aktivitet. Minskad trafik i närmiljön förbättrar även trafiksäkerheten samtidigt som det minskar bullerstörning och luftföroreningar.

Grönplanering och barns hälsa

Grönka i förskole- och skolmiljöer har visat sig ha flera positiva effekter på barns hälsa. Förutom att förbättra luftkvaliteten, kan grönska även minska värmestress och sänka bullernivåer både inne och ute samt skapa stimulerande utemiljöer som främjar utevistelse och fysisk aktivitet, kognitiv utveckling och psykiskt välbefinnande. Speciellt viktigt är hur utemiljöerna på förskolan utformas eftersom hälsosamma beteenden grundläggs i tidig ålder. Begränsningar av utemiljöer för barn kan i ett längre perspektiv få negativa konsekvenser för deras hälsa och välbefinnande.

Minskad exponering för luftföroreningar, buller, värme och UV-strålning

Vegetation kan filtrera vissa luftföroreningar och förändra luftflödet och därmed ändra koncentrationerna lokalt. Vegetationens typ, höjd och porositet påverkar effekten. Forskning visar att träd och annan vegetation kan reducera partikelhalter med upp till 50 procent. Genom att absorbera ljud och förändra ljudbilden kan en tät vegetationsbarriär sänka bullernivåer med upp till 10 dB och förbättra upplevelsen av ljudmiljön (147). Studier visar att visuella barriärer av vegetation kan göra att människor upplever buller som lägre, även om de faktiska ljudnivåerna bara minskar marginellt. Detta är särskilt viktigt för skolmiljöer där barn behöver

koncentrera sig och där höga bullernivåer kan störa både lärande och lek (148). Att ha vegetation som en barriär mot en väg minskar alltså bullerstörningar både genom att faktiskt förändra ljudbilden men även genom att förändra upplevelsen av ljud (149).

Grönska i närmiljön minskar temperaturen både inomhus och utomhus under varma dagar. En studie har modellerat värmestress på 440 förskolegårdar i Göteborg under värmeböljan 2018, och på en tredjedel av dessa var hälften av ytan så pass varm att det påverkade barnens nyttjande av skolgården (150). Studier visar att trädens skugga kan minska marktemperaturen med över 20 °C och lufttemperaturen ute med 6 °C (151). Ytemperaturen påverkas också starkt av vad ytan består av; gräsytor har betydligt lägre temperatur än hårdgjorda ytor (152). Träd och annan grönska ger även skugga vilket minskar exponering för skadlig UV-strålning och risken för höga temperaturer i klassrummen.

Främjande av fysisk, psykisk och kognitiv hälsa

Gröna miljöer har kopplats till förbättrad fysisk och psykisk hälsa, inklusive minskad stress, ökad koncentration och bättre sömnkvalitet hos barn (153-155). Barn i skolor med större grönområden har i studier visat sig prestera bättre på tester av kognitiv funktion och ha högre inlärningsförmåga (156).

Barn som leker i naturmiljöer utvecklar bättre motorik än barn som vistas i mer tillrättalagda miljöer eftersom naturliga utemiljöer skapar variation och möjligheter för barn att utforska, leka och lära sig på nya sätt (157, 158). Grönskande skolmiljöer främjar också kreativitet och social interaktion bland barn, vilket är avgörande för deras emotionella utveckling (153). Vistelse i naturmiljöer har visat sig öka grupp- och könsöverskridande lekar och inkluderingen i barngrupper. Skolgårdar är även viktiga ytor för fysisk aktivitet även på fritiden. Eftersom de dessutom är kostnadsfria, är skolgårdarna särskilt viktiga för möjligheten till fysisk aktivitet och social interaktion i socioekonomiskt utsatta områden. Detta förutsätter dock att de är utformade för att främja rörelse och lek.

Minskad risk för infektioner och livsstilssjukdomar

Utevistelse bidrar till minskad risk för infektioner, i och med att smittspridningen mellan barn minskar när de är utomhus. Det är därför viktigt med stimulerande utemiljöer som uppmuntrar till utevistelse. Flera studier talar också för att exponering för biologisk mångfald stärker immunförsvaret och minskar risken för vissa allergirelaterade sjukdomar (159). Vistelse i natur har även visats minska risken för livsstilssjukdomar såsom diabetes och hjärt- och kärlsjukdomar.

En friskare förskola och skola ökar förutsättningarna för en god och jämlik hälsa

Enligt Miljöhälsorapport 2021 bor barn till vårdnadshavare som har grundskola som högsta utbildning eller är utrikes födda oftare i bostäder med fönster mot en trafikerad gata, och de vistas längre tid i trafiken. Detta kan innebära en högre exponering för hälsoskadliga luftföroreningar och ljudnivåer. Dessa grupper

rapporterar också att de upplever sämre luftkvalitet och besväras av buller i hemmet i högre utsträckning jämfört med övriga barn. De har dessutom sämre tillgång till grönområden i sin boendemiljö jämfört med barn till vårdnadshavare som har högre utbildning eller är inrikes födda. Det återspeglas också i hur ofta barn vistas i grönområden. Sambandet mellan lägre socioekonomisk status och högre luftföroreningshalter visas även i forskningen men kan dock variera mellan olika städer (160-162). Studier från vissa storstäder visar att exponeringen för både luftföroreningar och buller också kan vara högre i mer socioekonomiskt starka områden, sannolikt beroende på att boende i stadskärnorna är attraktivt (163).

Barn i familjer med låg socioekonomisk status har i högre grad än andra visats drabbas av sjukdomar såsom obesitas, astma och andra luftvägssjukdomar (2, 3). Eftersom barn med dessa sjukdomar är känsligare för hälsoeffekter av luftföroreningar, kan barn i familjer med låg socioekonomisk status påverkas mer än andra. Dessutom kan risken vara högre att barn i familjer med låg socioekonomisk status inte får fullgod behandling för exempelvis sin astma (164, 165). Familjer med sämre ekonomiska förutsättningar har också sämre möjligheter att flytta ifrån en ohälsosam miljö än de med god ekonomi, även om de skulle uppleva att närmiljön påverkar barnens hälsa. Hälsofrämjande skolmiljöer är därför särskilt viktigt i socioekonomiskt utsatta områden där de har en viktig kompensatorisk funktion för att minska sjukdomsbelastningen bland barn (Rocha et al., 2019).

Samband mellan socioekonomiska faktorer och luftföroreningshalter vid förskolor i Sverige

Med hjälp av socioekonomiska områdesdata från SCB och modellerade årsmedelhalter av luftföroreningar vid svenska förskolor har en översiktlig analys genomförts inom ramen för det här regeringsuppdraget om samband mellan socioekonomiska faktorer och luftföroreningshalter vid förskolor i hela Sverige. För utförligare beskrivning se metodavsnittet.

Förskolor i områden med lägst inkomstnivå hade i medel 1, 1,7 och 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ högre halter av $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} respektive NO_2 jämfört med förskolor i områden med högst inkomstnivå. Liknande resultat ses när man tittar på en kombination av inkomstnivå, utbildningsnivå, arbetslöshet och boendeform i ett område: Områden med lägst så kallat socioekonomiskt index hade 0,9, 2 och 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ högre halter av $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} respektive NO_2 jämfört med förskolor i områden med högst socioekonomiskt index. Det är dock i sammanhanget viktigt att nämna att sambanden mellan socioekonomiskt index och luftföroreningshalter skiljer sig åt mellan olika delar av Sverige och mellan stad och land (162).

Kvantifiering av hälsovinster kopplat till luftföroreningshalter vid förskolor

Den totala skattade sjukdomsbördan till följd av luftföroreningar är stor i alla nationella och internationella skattningar av sjukdomsbördan, men den skiljer sig mycket åt mellan olika skattningar. De enskilda studier som finns av sjukfrånvaro hos vuxna pekar på att effekten är liten för varje enskild individ, men att sjukdomsbördan i hela befolkningen, och därmed den samhällsekonomiska kostnaden, är stor.

I den här rapporten har vi inkluderat några förenklade skattningar av sjukdomsbördan till följd av respiratoriska sjukdomar och sjukfrånvaro hos barn. Dessa har dock krävt olika antaganden och har betydande osäkerheter, till stor del på grund av begränsningar i det vetenskapliga underlaget för flera inkluderade utfall, och för olika typer av luftföroreningar. De ger dock en uppskattning av några hälso- och samhällsvinster som lägre luftföroreningshalter skulle kunna medföra.

Luftföroreningar, sjukfrånvaro och VAB

Luftföroreningar kan förväntas påverka sjukfrånvaro på flera sätt. Bland annat ökar akutbesök och sjukhusinläggningar för astma och kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL) när luftföroreningshalterna ökar. Det är troligt att även luftvägsinfektioner blir vanligare eftersom föroreningar påverkar immunförsvaret. Flertalet studier visar att föroreningspartiklar i omgivningsluften har ett samband med risken för influensaliknande sjuklighet (166) och med svårighetsgraden vid virusorsakade luftvägsinfektioner (167). Det går dock inte att använda sambanden från studier av luftföroreningar och ovanstående sjukdomsutfall för att direkt beräkna samhällsbördan till följd av sjukfrånvaro eller VAB. Studier av hälsoeffekter av luftföroreningar baseras oftast på register över vårdkontakter, och lättare sjukdomsfall kan leda till frånvaro från förskola eller skola utan att medföra vårdkontakt, vilket gör att de inte skulle inkluderas i hälsostudierna. Den totala sjukfrånvaron påverkas också av sjukdomens längd. Dessutom påverkas sambandet mellan sjukdom och sjukfrånvaro av många andra faktorer såsom socioekonomisk status och möjligheter att arbeta hemifrån.

Sambandet mellan luftföroreningar och sjukfrånvaro och effekter på sjukfrånvaro har inte fått mycket uppmärksamhet inom forskningen. Bristen på resultat som kan användas för riskuppskattningar gör att WHO:s experter i metodstudien HRAPIE (168) rekommenderade att man i skattningar av sjukdomsbördan till följd av luftföroreningar använder samband mellan partikelhalt och sjukdagar (restricted activity days, RAD) som baseras på Ostro och Rothchild (1989), det vill säga mycket gamla resultat från en enskild studie i USA (169). I denna studie fann man signifikanta samband mellan $PM_{2,5}$ och sjukfrånvaro (work loss days, WLD) bland vuxna (18–64 år) och mellan $PM_{2,5}$ och RAD i hela populationen.

Det är viktigt att förstå skillnaden mellan RAD och sjukfrånvaro. RAD definieras som dagar då man har begränsat sina vanliga dagliga aktiviteter på grund av sämre

hälsa, men det betyder inte att man sjukskrivit sig från jobbet. WLD motsvarar däremot antalet dagar då man inte har jobbat på grund av försämrad hälsa.

En svensk rapport (170) uppskattar att 4,5 miljoner sjukdagar (RAD) bland vuxna (16–64 år) i Sverige är relaterade till luftföroreningar, vilket motsvarar cirka 4 procent av samhällskostnaden för luftföroreningsorsakad sjuklighet per år. En studie från 2024 bland vuxna i Stockholm har funnit starkare samband mellan luftföroreningar och sjukfrånvaro än vad man tidigare antagit. I den studien jämfördes halten av PM_{2,5} dagarna före påbörjad sjukskrivning (korttidssjukskrivning varande i <14 dagar) med individernas typiska exponering för dessa partiklar. Risker för sjukskrivning visades öka med förekomst av högre halt av fina partiklar dagarna före sjukskrivning (Kriit et al., 2024).

För barn finns det få studier av luftföroreningar och sjukfrånvaro, och inga alls i svensk miljö. Skattningar av sjukdomsbördan till följd av luftföroreningar brukar därför antingen inte alls inkludera samband med sjukfrånvaro hos barn eftersom kunskapsläget är för svagt (5, 171, 172), eller basera skattningen på en enda studie (Ransom och Pope 1992) av en episod med förhöjda halter av grova partiklar i Utah 1992 (CBI Economics, 2020). De få studier som finns ger dock generellt stöd för ett samband (173–178). En relativt ny studie i USA beräknade utifrån modellerade korttidshalter av luftföroreningar både påverkan på sjukfrånvaro hos skolbarn och den ekonomiska kostnaden för denna, och fann att den var substantiell, särskilt i områden med låg socioekonomisk status (179). I en metaanalys av åtta studier ökade skolfrånvaron med högre halt av PM_{2,5} (6). Ingen av dessa inkluderar dock förskolebarn, trots att de är frånvarande på grund av sjukdom betydligt oftare än äldre barn.

Skattning av sjukdomsbörda från luftföroreningar i Sverige

Risken för en enskild individ att drabbas av någon av de hälsoeffekter som kopplas till luftföroreningar är låg vid de halter som normalt förekommer i Sverige. Även under dagar med ovanligt höga luftföroreningshalter är det framför allt astmatiker och andra särskilt känsliga som tydligt påverkas, och det finns endast i undantagsfall skäl för svenskar att undvika att helt vistas utomhus på grund av höga luftföroreningshalter. För särskilt känsliga kan det vid enstaka tillfällen med ovanligt höga luftföroreningshalter finnas skäl att avråda från fysisk aktivitet utomhus. Eftersom alla svenskar i princip är exponerade för luftföroreningar hela livet blir dock effekten i befolkningen relativt stor. Förbättringar av luftkvaliteten har därför stor potential att förbättra folkhälsan, även där halterna redan är relativt låga.

Som ett underlag till denna rapport har en förenklad skattning gjorts av storleken på barns sjukdomsbörda på grund av respiratoriska sjukdomar och sjukfrånvaro i Sverige till följd av luftföroreningar utomhus. Den baseras på exponerings-responssamband från litteraturen och andra relevanta vetenskapliga artiklar, estimerade luftföroreningshalter i Sverige och förekomsten av sjukdomar och VAB i Sverige (se metodavsnittet för närmare beskrivning).

I tabell 1 och 2 presenteras förväntade minskningar av sjukdomsbördan i tre olika scenarier.

1. Koncentrationerna är begränsade till de av WHO rekommenderade högsta årsmedelvärdena av PM_{2,5} och NO₂,
2. Mängden grönska har ökat (137) och
3. En miljözon har införts (180). Lokala interventioner har i allmänhet större potential att påverka NO₂ än PM_{2,5} som i större utsträckning har transporterats från mer avlägsna källor.

Tabell 1 visar förväntade minskningar i sjukdomsbördan vid barnens (1-15 år) bostad utifrån de tre olika scenarierna. Tabell 2 visar vid barnens förskola (1-6 år), utifrån de tre olika scenarierna.

Scenario 1: WHO:s hälsobaserade riktvärden överskrids inte

WHO:s riktlinjer för luftkvalitet anger gränsvärden för olika luftföroreningar för att skydda människors hälsa. Riktlinjerna är baserade på den senaste vetenskapliga forskningen om luftföroreningars hälsoeffekter och uppdateras regelbundet. De reviderade riktlinjerna från 2021 innebär väsentliga sänkningar för flera luftföroreningar jämfört med tidigare riktlinjer. Till exempel rekommenderar WHO att halterna av PM_{2,5} bör ligga under 5 µg/m³ (årsmedelvärde) och NO₂ under 10 µg/m³ (årsmedelvärde).

Scenario 2: ökad grönska

Vegetation i stadsmiljö påverkar luftkvaliteten genom förändrade luftflöden och avsättningsprocesser av luftföroreningar. En studie av Svenska Miljöinstitutet IVL analyserade dessa samband för NO₂ och PM_{2,5}, med utgångspunkt i tre vanliga trädsläkten och deras inverkan på luftföroreningshalter i stadsmiljö på lokal nivå.

Modellen som användes, Vegetation Impact Dynamic Assessment med Large-Eddy Simulation-modellen (PALM-VIDA), indikerar en tydlig minskning av partikelhalter i hela det modellerade området, inklusive i tätbebyggda gaturum, när vegetationens förmåga att avsätta partiklar inkluderas i beräkningarna.

För NO₂ är effekten genom avsättning mer begränsad. Däremot kan människors exponering för NO₂ minska om trädslag och placering optimeras för att främja god luftcirkulation. Glesare trädplanteringar eller arter med genomsläppliga kronor kan förbättra ventilationen och därmed mer effektivt minska halterna av NO₂, jämfört med tät vegetation som trots högre avsättning kan försämra luftutbytet.

Hälsoeffekterna har i den här rapporten beräknats för den typ av grönska som gav störst reduktion i PM_{2,5} (1,7 procent). I den beräkningen minskar NO₂ med 4,7 procent, 1–2-meter ovan marken.

Scenario 3: införande av miljözoner

I en systematisk litteraturöversikt av effekterna av miljözoner på luftföroreningar och folkhälsa från 2025 användes två robusta regressionsmodeller för att besvara två forskningsfrågor kopplade till centrala indikatorer: koncentrationer av luftföroreningar samt långsiktiga hälsoeffekter till följd av införande av miljözoner.

Resultaten från införandet av Londons miljözon (Ultra Low Emission Zone) år 2019 har använts i rapportens scenarioräkning. Dessa visade på en 10,3 procent minskning av PM_{2.5} och 9,8 procent minskning av NO₂ per år vid införandet av sådan zon.

Tabell 1. Förväntade hälsovinster av minskade luftföroreningshalter vid barnens bostad.

Hälsopåverkan	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Antal färre VAB-dagar	28 061–179 873	1 640–31 203	9 918–188 683
Minskade antal fall av barnastma	8 684	507	3069
Minskat antal fall av astmaexacerbationer	827	48	292
Ökad lungfunktion (FEV ₁ , ml)	13	0,7	4
Minskat antal fall av nedre luftvägsinfektion	0	20	43

Tabell 2. Förväntade hälsovinster av för minskade luftföroreningshalter vid barnens förskola.

Hälsopåverkan	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Antal färre VAB-dagar	14 130–63 400	1 012–4 539	6 117–27 448
Minskade antal fall av barnastma	3706	265	1605
Minskat antal fall av astmaexacerbationer	549	29	60
Minskat antal fall av nedre luftvägsinfektion	0	10	21

Insatser för att minska risken för luftvägsbesvär hos barn

Nedan beskrivs både pågående insatser som behöver ha fortsatt hög prioritet och identifierade nya insatser för en hälsosam inomhusmiljö som minskar risken för luftvägsbesvär hos barn.

Fortsatt prioritering av pågående och planerade tillsyns- och vägledningsinsatser

Tillsyn och tillsynsvägledning enligt miljöbalken om faktorer såsom städning, hygien, ventilation, luftföroreningar, kemikalier och fukt och mikroorganismer i skolor och förskolor är grundläggande pågående insatser för en hälsosam inomhusmiljö som behöver ha fortsatt hög prioritet. Tillsyn av barnens miljöer, med bra kvalitet och hög frekvens, leder till en bättre Lagefterlevnad med syfte att minska exponeringen för föroreningar i inomhusmiljön och förbättra luftkvaliteten. Det skapar i sin tur förutsättningar för en god och jämlik hälsa och friskare barn.

Miljöbalken ställer krav på att varken utomhusmiljön eller inomhusmiljön i skolor och förskolor ska orsaka ohälsa. Det är den som är ansvarig för verksamheten som ska se till att reglerna följs. Kommunernas miljö- och hälsoskyddsnämnder är ansvariga för tillsyn och kontrollerar att verksamheterna lever upp till kraven i lagen. Folkhälsomyndigheten har i uppdrag att ge vägledning och följa upp och samordna kommunernas tillsyn så att den blir effektiv och ändamålsenlig.

Fortsatt utveckling av tillsynsvägledningen med fokus på målgrupp och effekt

Folkhälsomyndigheten ser regelbundet över kommunernas behov av vägledning och arbetar löpande med att följa upp, utvärdera och utveckla tillsynsvägledningen. För närvarande pågår en översyn av Folkhälsomyndighetens vägledning om ventilation med mål om en bättre anpassad vägledning för skolor och förskolor. Folkhälsomyndigheten har också fångat upp behov av mer stöd i tillsynen av fukt och mikroorganismer samt behov av mer vägledning om kemikalier och luftföroreningar inomhus. Myndigheten har därför en pågående dialog med kommunerna om detta. Behov som också fångats upp i det här regeringsuppdraget, såsom stöd vid material- och produktval för att minska förekomst av och exponering för hälsoskadliga ämnen, kommer också att beaktas i det fortsatta tillsynsvägledningsarbetet.

Fortsatt hög prioritet av barnens miljöer i nationellt prioriterad tillsyn och vägledning

Sedan 2022 finns en nationell strategi för all miljöbalkstillsyn, där prioriterade fokusområden för främst tillsyn men även tillsynsvägledning pekas ut. Förutom att

lyfta nationellt prioriterad tillsyn, är syftet med strategin att lyfta angelägna utvecklingsområden och förbättra uppföljningen av tillsynen. Under perioden 2022–2025 lyfts tillsyn av inomhusmiljö i skolor och förskolor, med fokus på städning, hygien och smitta som ett nationellt prioriterat område. Kommunerna utövar tillsyn och Folkhälsomyndigheten stöttar med vägledning. Fokus på tillsyn av inomhusmiljö i skola och förskola är något som Folkhälsomyndigheten fortsatt kommer att lyfta som en nationell prioritet för att stärka och utveckla tillsynen på området.

Förslag på nya och förstärkta insatser

Vidta åtgärder i utomhusmiljön för bättre luftkvalitet i och vid förskolor och skolor

För vissa luftföroreningar är lokala utsläpp viktigast och lokala åtgärder mer effektiva (till exempel NO₂ och ultrafina partiklar), medan för andra är långdistanstransport över långa avstånd viktigast för halter och möjligheten att påverka dessa genom lokala åtgärder mer begränsad. Detta gäller särskilt fina partiklar, PM_{2.5}. Både lokala, regionala, nationella och internationella åtgärder krävs därför för effektivt luftvårdsarbete, men olika aktörer har rådighet på olika nivåer. Sverige har internationellt sett låga halter av luftföroreningar och bättre möjligheter än andra länder att kunna uppnå de riktlinjer för luftkvalitet som EU kommande år kommer införa, med målet att nå WHO:s hälsobaserade riktlinjer från 2021. För södra Sverige kommer detta dock primärt att bero på om utsläppen minskar i närliggande länder. Sverige har därför ett starkt intresse av att aktivt driva på utsläppsminskningar inom EU.

Trafiken är nästan alltid den största lokala källan till luftföroreningar utomhus, men också viktig för föroreningar i inomhusluften. Det är inte bara i större städer som trafiken kan bidra till att människor utsätts för höga halter av luftföroreningar. Utsläpp från trafiken kan även påverka luften vid och i förskolor och skolor i mindre urbana områden när de ligger nära större vägar. Det är därför viktigt att implementera åtgärder för att minska trafikrelaterade utsläpp. För att skapa en balans mellan tät bebyggelse och god luftkvalitet behöver man planera för att minska utsläpp genom att främja hållbara transportalternativ som gång-, cykel- och kollektivtrafikalternativ.

Åtgärder i stadsplaneringen som minskar utsläpp är avgörande för att förbättra luftkvaliteten i hela staden. Det ger också andra positiva effekter utöver att förbättra barns respiratoriska hälsa, såsom minskad förekomst av lungsjukdomar och hjärtkärlsjukdomar i befolkningen. Skol- och lekgator kan vara effektiva för att minska trafik och luftföroreningar i skolans närmiljö, särskilt i kombination med andra åtgärder för utsläppsminskning och exponering. Lämpliga transportvägar till och från förskola och skola bör planeras med hänsyn till föroreningsnivåer och trafiksäkerhet.

För att skydda barn och andra känsliga grupper bör man i samhälls- och stadsplaneringen också prioritera placering av förskolor och skolor i närheten av

grönområden för att dra nytta av bättre luftkvalitet och skapa miljöer som främjar fysisk aktivitet och välbefinnande. Att integrera grönska från början i designen av nya skol- och förskolemiljöer möjliggör en långsiktig strategi för hållbarhet och hälsa.

Implementering av systematiska ramverk som tar hänsyn till barns specifika behov och rättigheter när deras utemiljöer planeras och bedöms behöver stärkas. Att utgå från nationella mål och FN:s barnkonvention är viktigt för att säkerställa att barns rätt till hälsa, rörelse, lek och utveckling tas med i samhälls- och stadsplanering. Det kan också hjälpa till att fånga mer mjuka värden som exempelvis social interaktion, kreativitet och välmående, som kan vara svåra att mäta men avgörande för barnens utveckling.

Identifiera och implementera hälsobaserade riktvärden för luftföroreningar inomhus

I Sverige finns endast ett lagstadgat gränsvärde för inomhusluft för radon och ett emissionsgränsvärde som avser hur mycket formaldehyd som får avges från byggmaterial till inomhusluften. För att underlätta övervakning och uppföljning av luftföroreningar i inomhusmiljöer, och för att ge stöd i bedömning av hälsorisker och behov av åtgärder, är det prioriterat att identifiera och implementera hälsobaserade riktvärden för fler utvalda luftföroreningar inomhus.

Kommunerna har, bland annat som del i sin hälsoskyddstillsyn, uttryckt behov av riktvärden för ämnen i inomhusluft med tillhörande vägledning om relevanta åtgärder att vidta vid halter som överskrider riktvärdena. Riktvärden och toxikologiska referensvärden att använda vid riskbedömning av luftburen exponering finns för ett begränsat antal ämnen, men de kan skilja sig åt mellan olika organisationer och länder. Det finns således behov av att både etablera nya och se över och harmonisera befintliga hälsobaserade riktvärden.

De internationella riktvärden som finns för ett begränsat antal luftföroreningar inomhus, bland annat från WHO, utgör viktiga underlag för att identifiera och implementera nationella inomhusriktvärden. I flera forskningsprojekt pågår arbete med att ta fram underlag till och föreslå riktvärden för luftföroreningar inomhus. Dessa bör särskilt beakta barns särskilda känslighet för luftföroreningar och att den kumulativa exponeringen för luftföroreningar kan utgöra en risk även om enskilda ämnen ligger under sina respektive gräns- eller riktvärden, till exempel genom gruppvis bedömning av ämnen och av kombinationseffekter där så är relevant.

Utreda förutsättningarna för systematisk övervakning av luftkvalitet inomhus och relaterade hälsorisker

I Sverige finns en väl etablerad och systematisk övervakning av luftkvaliteten utomhus, men mätningar av luftkvaliteten inomhus sker sporadiskt och i väldigt begränsad omfattning.

En systematisk och långsiktig övervakning av luftföroreningar i inomhusmiljöer skulle ge värdefull kunskapsuppbyggnad på området gällande vilka ämnen och halter vi exponeras för i olika miljöer och hur exponeringen förändras över tid samt underlag för att koppla hälsoeffekter till aktuella nivåer av olika ämnen och blandningar av ämnen. Tillsammans med hälsobaserade riktvärden skulle detta utgöra viktiga underlag för att bedöma om och vilka åtgärder som behövs för att minska exponering för skadliga ämnen och för att följa upp effekten av genomförda åtgärder.

Mätningar och exponeringsberäkningar i miljöer där barn tillbringar mycket tid, såsom skolor och förskolor, bör prioriteras. Vilka ämnen som ska övervakas behöver utredas vidare, men förslagsvis utgå från och inkludera de ämnen som i viss mån redan övervakas inomhus inom ramen för den nationella hälsorelaterade miljöövervakningen och som det finns riktvärden för. Övervakningen av ett urval av välkända ämnen behöver dock kompletteras med bredare screeningundersökningar för att fånga upp nya potentiella problemkemikalier i inomhusmiljöer.

För närvarande saknas en systematisk luftövervakning i, men också vid, svenska skolor och förskolor. Även om det finns mätningar och modelleringar av luftkvaliteten i dessa miljöer, framför allt utomhus, är informationen fragmenterad och inte centraliserad. Detta gör det svårt att få en överblick och jämföra data mellan olika regioner och skolor. Med en översikt över pågående och avslutade luftkvalitetsmätningar i och vid skolor och förskolor förbättras möjligheterna att analysera och jämföra resultat. En insamling och ett tillgängliggörande av dessa data skulle underlätta planering och åtgärder för att minska barns exponering för luftföroreningar.

Majoriteten av de starka epidemiologiska bevis som finns utifrån genomförda studier, baseras på samband mellan luftföroreningsnivåer utomhus och hälsoeffekter. För att beräkna totalexponering antas att man inomhus utsätts för samma nivåer av föroreningar som utomhus. Detta återspeglar bristen på data. Det finns dock ett ökat intresse för forskning på området, exempelvis hur effektivt utomhuspartiklar tränger in i våra inomhusmiljöer, hur de modifieras vid transport från utomhus till inomhus, hur de blandar sig med andra föroreningar inomhus och vad det har för konsekvenser för hälsan. För att få mer kunskap i dessa frågor behövs bland annat standardiserade mätmetoder för föroreningar inomhus samt mätningar över längre tid.

Vi behöver också bättre underlag för att koppla hälsorisker till kemikalieexponeringen i inomhusmiljöer och vidare för att kunna vidta ändamålsenliga åtgärder. Eftersom vi exponeras för en stor variation av kemiska ämnen behöver vi beakta hälsorisker från den kumulativa exponeringen och eventuella samverkans effekter mellan olika ämnen för realistiska bedömningar och adekvata åtgärder. För detta behövs både ny kunskap och riktvärden för relevanta ämnen som stöd. Större forskningsprojekt såsom PARC och the IDEAL cluster kommer sannolikt att kunna bidra med värdefull kunskap.

Utveckla kunskapen om effektiviteten av hälsofrämjande insatser med stöd i samhällsekonomiska beräkningar

En övergripande slutsats är att det finns få studier eller utvärderingar som visar effektiviteten av vidtagna åtgärder för att minska luftvägsbesvär bland barn.

För att identifiera de mest effektiva insatserna utifrån ett samhälls- och hälsofrämjande perspektiv behövs dels bättre kunskapsunderlag för att skatta effekten av luftföroreningar på barns hälsa och kostnaden för samhället, dels fler interventionsstudier och fortsatt utvärdering av både enskilda och integrerade interventioner med bäring på barns hälsa. Med ett utvecklat stöd i samhälls- och hälsoekonomiska beräkningar blir det lättare att jämföra effekten av olika typer av insatser.

Luftföroreningar kan leda till ökad sjuklighet bland barn, vilket i sin tur påverkar arbetsmarknaden genom VAB. Att inkludera sådana faktorer i samhällsekonomiska analyser bidrar till en mer komplett bild av vad luftföroreningar faktiskt kostar samhället, utöver de direkta hälsoeffekterna. Genom att lyfta fram hur minskade föroreningshalter kan minska behovet av VAB och förbättra samhällsekonomin kan hälsans prioritering höjas i framtida analyser och beslut. Detta är en angelägen kunskapslucka som bör adresseras för att bättre spegla de fulla fördelarna av åtgärder för renare luft.

Vid val av åtgärder behöver även andra faktorer än luftföroreningshalter beaktas, liksom potentiella synergieffekter, då de åtgärder som minskar luftföroreningshalter också kan påverka andra viktiga faktorer för närmiljön såsom trafikbuller, grönska och trafiksäkerhet. Interventionsstudier för att utvärdera effektiviteten av olika åtgärder bör därför ha ett mer holistiskt perspektiv och inkludera effekterna av flera risk- och friskfaktorer, liksom beakta hur åtgärderna påverkar olika grupper i befolkningen, med målet att skapa hälsofrämjande skol- och närmiljöer för alla barn.

Stärk samverkan mellan myndigheter för hälsofrämjande miljöer för barn

Samverkan mellan berörda myndigheter på nationell, regional och lokal nivå behöver utvecklas för att skapa bättre förutsättningar för hälsofrämjande miljöer för barn. Ett sådant arbete behöver samordnas med pågående arbete som relaterar till miljö och hälsa. Som exempel kan nämnas Folkhälsomyndighetens arbete med hälsoskydd enligt miljöbalken och smittskydd, Socialstyrelsens och Livsmedelsverkets uppdrag om en nationell strategi inom allergiområdet för en preventiv och jämlik allergivård, och Folkhälsomyndighetens övriga samordningsuppdrag om miljörelaterad hälsa inom Miljömålsrådet, WHO och EU.

Utifrån kunskapen att utomhusluftens kvalitet spelar stor roll för luftkvaliteten inomhus blir åtgärder utomhus, som både förbättrar luftkvaliteten och på andra sätt ger hälsovinster, viktiga att fokusera på i det fortsatta arbetet. Detta kräver utvecklad samverkan mellan de nationella myndigheter som ansvarar för olika delar av den fysiska miljön i och vid skolor och förskolor, såsom Folkhälsomyndigheten, Naturvårdsverket, Boverket, Arbetsmiljöverket och Trafikverket, men även andra berörda myndigheter.

Förslag till åtgärder för det fortsatta nationella arbetet

De åtgärder vi har identifierat som mest prioriterade utifrån kunskapsläget, behov framförda av berörda målgrupper och redan pågående insatser för att främja det fortsatta nationella arbetet på området listas nedan. Förslagen berör flera myndigheter och aktörer och kräver därför samverkan och samordning. För att säkerställa att arbetet prioriteras hos berörda myndigheter kan särskilda uppdrag behövas.

- Prioriteringsstöd till lokala och regionala aktörer inom samhälls- och stadsplanering och förvaltning för att minska barns exponering för luftföroreningar.
- Utredda möjligheten att implementera nationella hälsobaserade riktvärden för luftföroreningar inomhus.
- Utredda förutsättningarna för systematisk övervakning av luftkvalitet inomhus och relaterade hälsorisker.

Referenser

1. Hajat A, Hsia C, O'Neill MS. Socioeconomic Disparities and Air Pollution Exposure: a Global Review. *Curr Environ Health Rep*. 2015;2(4):440-50.
2. Munoz-Pizza DM, Villada-Canela M, Reyna MA, Texcalac-Sangrador JL, Osornio-Vargas Á R. Air pollution and children's respiratory health: a scoping review of socioeconomic status as an effect modifier. *Int J Public Health*. 2020;65(5):649-60.
3. Carrilero N, Dalmau-Bueno A, García-Altés A. Socioeconomic inequalities in 29 childhood diseases: evidence from a 1,500,000 children population retrospective study. *BMC Public Health*. 2021;21(1):1150.
4. Försäkringskassan. Vabbandet skiljer sig mycket mellan yrken. 2023.
5. Gustafsson M, Lindén J, Forsberg B, Åström S, Johansson E. Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts in Sweden 2019. . IVL-rapport B-2446.; 2022.
6. Orellano P, Reynoso J, Quaranta N. Effects of air pollution on restricted activity days: systematic review and meta-analysis. *Environ Health*. 2023;22(1):31.
7. Zhang WJ, Ma RM, Wang YW, Jiang N, Zhang Y, Li TT. The relationship between particulate matter and lung function of children: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*. 2022;309.
8. Huang JJ, Yang XY, Fan FF, Hu Y, Wang X, Zhu SN, et al. Outdoor air pollution and the risk of asthma exacerbations in single lag0 and lag1 exposure patterns: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Asthma*. 2021.
9. Boogaard H, Patton AP, Atkinson RW, Brook JR, Chang HH, Crouse DL, et al. Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2022;164:107262.
10. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare - Asthma prevalence by age 2023 [Available from: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>].
11. Klepeis N, Nelson W, Ott W, Robinson J. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants. 2001.
12. Brasche S, Bischof W. Daily time spent indoors in German homes – Baseline data for the assessment of indoor exposure of German occupants. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2005;208(4):247-53.
13. Diffey BL. An overview analysis of the time people spend outdoors. *British Journal of Dermatology*. 2011;164(4):848-54.
14. Raysoni A, Sarnat J, Ebelt Sarnat S, JH. G, Holguin F, Luévano S, et al. Binational school-based monitoring of traffic-related air pollutants in El Paso, Texas (USA) and Ciudad Juárez, Chihuahua (México). *Environ Pollut* 2011 Oct;159(10):2476-86 doi: 101016/j.envpol201106024 Epub 2011 Jul 20. 2011.
15. Stranger M P-VS, Van Grieken R. Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp, Belgium. . *Indoor Air*. 2008;2008;18(6):454-63.
16. Folkhälsomyndigheten. Lagom sol och mer grönska - Utemiljöer i förskola och grundskola som främjar barns hälsa. 2024 20240326. Report No.: 24001.
17. Wichmann J, Lind T, Nilsson MAM, Bellander T. PM_{2.5}, soot and NO₂ indoor-outdoor relationships at homes, pre-schools and schools in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment*. 2010;44(36):4536-44.

18. Cabovská B, Teli D, Dalenbäck JO. Analysis of Swedish school buildings' energy performance certificates with focus on ventilation systems. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023;1196(1):012093.
19. Lindén J, Azzouz M, Stockfelt L, Gustafsson M, Molnar P, Laurelin M, et al. Location, location, location-A study of factors affecting air quality in Swedish preschool yards. Sust Cities Soc. 2024;113:9.
20. Gustafsson SS, Mårten. Kvävedioxid vid förskolor och skolor i Malmö 2020/2021. 2021.
21. Isaxon CS, Emilie; . Mätning av luftkvalitet på förskolegårdar i Lunds kommun. 2023.
22. Folkhälsomyndigheten. Miljöhälsorapport 2021. Barns miljörelaterade hälsa. Solna; 2021.
23. Folkhälsomyndigheten. Miljöhälsoenkäten vuxna, regionala och lokala resultat. Folkhälsomyndigheten2024.
24. Folkhälsomyndigheten. Grönskans kvaliteter och barns hälsa - Kunskapsunderlag om barns hälsa och utveckling vid vistelse i gröna miljöer med fokus på ekosystemtjänster. 2024 20240131. Report No.: 24020.
25. Mehta S, Shin H, Burnett R, North T, Cohen AJ. Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and implications for estimating the global burden of disease. Air Qual Atmos Health. 2013;6(1):69-83.
26. MacIntyre EA, Gehring U, Mölter A, Fuertes E, Klümper C, Krämer U, et al. Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project. Environ Health Perspect. 2014;122(1):107-13.
27. Ciencewicki J, Jaspers I. Air pollution and respiratory viral infection. Inhal Toxicol. 2007;19(14):1135-46.
28. Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Lichen S, Perrone MG, et al. Potential role of particulate matter in the spreading of COVID-19 in Northern Italy: first observational study based on initial epidemic diffusion. BMJ Open. 2020;10(9):e039338.
29. Ziou M, Tham R, Wheeler AJ, Zosky GR, Stephens N, Johnston FH. Outdoor particulate matter exposure and upper respiratory tract infections in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Environ Res. 2022;210:112969.
30. Gruzieva O, Bellander T, Eneroth K, Kull I, Melén E, Nordling E, et al. Traffic-related air pollution and development of allergic sensitization in children during the first 8 years of life. J Allergy Clin Immunol. 2012;129(1):240-6.
31. Gehring U, Gruzieva O, Agius RM, Beelen R, Custovic A, Cyrys J, et al. Air pollution exposure and lung function in children: the ESCAPE project. Environ Health Perspect. 2013;121(11-12):1357-64.
32. Schultz ES, Gruzieva O, Bellander T, Bottai M, Hallberg J, Kull I, et al. Traffic-related air pollution and lung function in children at 8 years of age: a birth cohort study. Am J Respir Crit Care Med. 2012;186(12):1286-91.
33. Schultz ES, Hallberg J, Bellander T, Bergstrom A, Bottai M, Chiesa F, et al. Early-Life Exposure to Traffic-related Air Pollution and Lung Function in Adolescence. Am J Respir Crit Care Med. 2016;193(2):171-7.
34. Yu Z, Merid SK, Bellander T, Bergström A, Eneroth K, Georgelis A, et al. Associations of improved air quality with lung function growth from childhood to adulthood: the BAMSE study. Eur Respir J. 2023;61(5).
35. Yang IA, Fong KM, Zimmerman PV, Holgate ST, Holloway JW. Genetic susceptibility to the respiratory effects of air pollution. Postgrad Med J. 2009;85(1006):428-36.
36. Zong ZQ, Zhao MJ, Zhang MY, Xu KX, Zhang YQ, Zhang XJ, et al. Association between PM Exposure and Lung Function in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(23).

37. Zhang Y, Guo Z, Zhang W, Li Q, Zhao Y, Wang Z, et al. Effect of Acute PM2.5 Exposure on Lung Function in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Asthma Allergy*. 2023;16:529-40.
38. Holm SM, Balmes JR. Systematic Review of Ozone Effects on Human Lung Function, 2013 Through 2020. *Chest*. 2022;161(1):190-201.
39. Schultz ES, Hallberg J, Gustafsson PM, Bottai M, Bellander T, Bergström A, et al. Early life exposure to traffic-related air pollution and lung function in adolescence assessed with impulse oscillometry. *J Allergy Clin Immunol*. 2016;138(3):930-+.
40. Wang G, Kull I, Bergström A, Hallberg J, Bergström PU, Guerra S, et al. Early-life risk factors for reversible and irreversible airflow limitation in young adults: findings from the BAMSE birth cohort. *Thorax*. 2021;76(5):503-7.
41. Gruziova O, Bergström A, Hulchiy O, Kull I, Lind T, Melén E, et al. Exposure to air pollution from traffic and childhood asthma until 12 years of age. *Epidemiology*. 2013;24(1):54-61.
42. Wang G, Hallberg J, Um Bergström P, Janson C, Pershagen G, Gruziova O, et al. Assessment of chronic bronchitis and risk factors in young adults: results from BAMSE. *Eur Respir J*. 2021;57(3).
43. Fonderson MS, van Meel ER, Bindels P, Bohnen A, Burdorf A, de Schepper E. Air pollution and childhood respiratory consultations in primary care: a systematic review. *Archives of Disease in Childhood*. 2024;109(4):297-303.
44. Li X, Chen Q, Zheng XY, Li YZ, Han M, Liu T, et al. Effects of ambient ozone concentrations with different averaging times on asthma exacerbations: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*. 2019;691:549-61.
45. Zheng JY, Yang X, Hu SQ, Wang YK, Liu JL. Association between short-term exposure to air pollution and respiratory diseases among children in China: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Health Research*. 2022;32(11):2512-32.
46. Zheng XY, Orellano P, Lin HL, Jiang M, Guan WJ. Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*. 2021;150.
47. de Souza AP, Gomez CCS, Ribeiro MAGD, Costa PDP, Ribeiro JD. Correlations between ambient air pollution and the prevalence of hospitalisations and emergency room visits for respiratory diseases in children: a systematic review. *Archives of Disease in Childhood*. 2024.
48. Tornevi A, B. F. Luftföroreningars effekt på akutbesök för andningsorganen och uttag av astmamedicin. Projektrapport till Naturvårdsverket. Umeå universitet, Folkhälsa och klinisk medicin i Umeå rapporterar Nr2. 2019.
49. Tornevi A, Olstrup H, Forsberg B. Short-Term Associations between PM(10) and Respiratory Health Effects in Visby, Sweden. *Toxics*. 2022;10(6).
50. Oudin A, Bråbäck L, Åström DO, Forsberg B. Air Pollution and Dispensed Medications for Asthma, and Possible Effect Modifiers Related to Mental Health and Socio-Economy: A Longitudinal Cohort Study of Swedish Children and Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(11).
51. Olsson D, Forsberg B, Bråbäck L, Geels C, Brandt J, Christensen JH, et al. Early childhood exposure to ambient air pollution is associated with increased risk of paediatric asthma: An administrative cohort study from Stockholm, Sweden. *Environ Int*. 2021;155:106667.
52. Carlsten C, Melén E. Air pollution, genetics, and allergy: an update. 2012.
53. Roth S, Domercq P, Sobek A, MacLeod M. Human exposure to chemicals in Sweden in a changing climate. Department of Environmental Science, Stockholm University; 2022.
54. Folkhälsomyndigheten. Kemikalier i inomhusmiljön – en litteraturgenomgång. Solna; 2018.
55. Arata C, Misztal PK, Tian Y, Lunderberg DM, Kristensen K, Novoselac A, et al. Volatile organic compound emissions during HOMEChem. *Indoor Air*. 2021;31(6):2099-117.

56. Zhong L, Su FC, Batterman S. Volatile Organic Compounds (VOCs) in Conventional and High Performance School Buildings in the U.S. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(1).
57. Madureira J, Paciência I, Rufo J, Ramos E, Barros H, Teixeira JP, et al. Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms. *Atmospheric Environment*. 2015;118:145-56.
58. Salthammer T. Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings. *Building and Environment*. 2019;150:219-32.
59. Langer S, Bibi M, Egelrud L, de Wit C, Sellström U. Kemikaliesmarta åtgärder i förskola. Kemikaliebelastning i förskolans inomhusmiljö – Korpen före åtgärder. IVL Svenska Miljöinstitutet; 2017.
60. Persson J, Wang T, Hagberg J. Indoor air quality of newly built low-energy preschools – Are chemical emissions reduced in houses with eco-labelled building materials? *Sage Journals*. 2018.
61. Baloch RM, Maesano CN, Christoffersen J, Banerjee S, Gabriel M, Csobod É, et al. Indoor air pollution, physical and comfort parameters related to schoolchildren's health: Data from the European SINPHONIE study. *Science of The Total Environment*. 2020;739:139870.
62. Agache I, Canelo-Aybar C, Annesi-Maesano I, Cecchi L, Biagioni B, Chung F, et al. The impact of indoor pollution on asthma-related outcomes: A systematic review for the EAAI guidelines on environmental science for allergic diseases and asthma. *Allergy*. 2024;79(7):1761-88.
63. Ataei Y, Sun YX, Liu W, Ellie AS, Dong H, Ahmad UM. Health Effects of Exposure to Indoor Semi-Volatile Organic Compounds in Chinese Building Environment: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(1).
64. Liu NR, Bu ZM, Liu W, Kan HD, Zhao ZH, Deng FR, et al. Health effects of exposure to indoor volatile organic compounds from 1980 to 2017: A systematic review and meta-analysis. *Indoor Air*. 2022;32(5).
65. Shree V, Kaur H, Mehra KS, Goel V, Goel H. A comprehensive assessment of IAQ role in ensuring environment quality and health in schools and plan for future school environment: a systematic review. *Air Qual Atmos Health*. 2024;17(11):2461-90.
66. Zheng K, Tang L, Wang X, Chen L, Zhao Y, Chen X. The risk factors for chronic cough in children: A meta-analysis covering five continents. *Respir Med*. 2024;232:107752.
67. Yu LL, Wang B, Cheng M, Yang M, Gan SM, Fan LY, et al. Association between indoor formaldehyde exposure and asthma: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Indoor Air*. 2020;30(4):682-90.
68. Folkhälsomyndigheten. Cumulative risks from indoor air pollutants in public settings for children. 2023.
69. Socialstyrelsen. Allergi i skola och förskola. Socialstyrelsen; 2013.
70. Krop EJ, Jacobs JH, Sander I, Raulf-Heimsoth M, Heederik DJ. Allergens and β -glucans in dutch homes and schools: characterizing airborne levels. *PLoS One*. 2014;9(2):e88871.
71. Casas L, Sunyer J, Tischer C, Gehring U, Wickman M, Garcia-Esteban R, et al. Early-life house dust mite allergens, childhood mite sensitization, and respiratory outcomes. *Allergy*. 2015;70(7):820-7.
72. Almqvist C, Wickman M, Perfetti L, Berglind N, Renström A, Hedrén M, et al. Worsening of asthma in children allergic to cats, after indirect exposure to cat at school. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(3 Pt 1):694-8.
73. Esty B, Permaul P, DeLoreto K, Baxi SN, Phipatanakul W. Asthma and Allergies in the School Environment. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2019;57(3):415-26.
74. Custovic A, de Moira AP, Murray CS, Simpson A. Environmental influences on childhood asthma: Allergens. *Pediatr Allerg Immun-Uk*. 2023;34(2).

75. Maciag MC, Phipatanakul W. Update on indoor allergens and their impact on pediatric asthma. *Ann Allerg Asthma Im.* 2022;128(6):652-8.
76. Energimyndigheten. Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor – Förbättrad statistik i lokaler, STIL2. Ett samarbete mellan Boverket och Energimyndigheten.: Energimyndigheten; 2007.
77. Cai J, Yang MH, Zhang N, Chen Y, Wei JH, Wang J, et al. Effects of residential damp indicators on asthma, rhinitis, and eczema among children: A systematic review and meta-analysis of the literature in the past 33 years. *Building and Environment.* 2024;251.
78. Sio YY, Chew FT. Risk factors of asthma in the Asian population: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Physiological Anthropology.* 2021;40(1).
79. Varga MK, Moshhammer H, Atanyazova O. Childhood asthma and mould in homes-A meta-analysis. *Wiener Klinische Wochenschrift.* 2024.
80. Fakunle AG, Jafta N, Okekunle AP, Naidoo RN. Indoor microbiome and risk of lower respiratory tract infections among children under-five years: A meta-analysis. *Indoor Air.* 2020;30(5):795-804.
81. Groot J, Nielsen ET, Nielsen TF, Andersen PK, Pedersen M, Sigsgaard T, et al. Exposure to residential mold and dampness and the associations with respiratory tract infections and symptoms thereof in children in high income countries: A systematic review and meta-analyses of epidemiological studies. *Paediatric Respiratory Reviews.* 2023;48:47-64.
82. Hedman L, Andersson M, Bjerg A, Forsberg B, Lundback B, Ronmark E. Environmental risk factors related to the incidence of wheeze and asthma in adolescence. *Clin Exp Allergy.* 2015;45(1):184-91.
83. Wang J, Janson C, Malinovschi A, Holm M, Franklin KA, Modig L, et al. Asthma, allergic rhinitis and atopic dermatitis in association with home environment - The RHINE study. *Sci Total Environ.* 2022;853:158609.
84. Thacher JD, Gruzdeva O, Pershagen G, Melén E, Lorentzen JC, Kull I, et al. Mold and dampness exposure and allergic outcomes from birth to adolescence: data from the BAMSE cohort. *Allergy.* 2017;72(6):967-74.
85. Casas L, Espinosa A, Pekkanen J, Asikainen A, Borràs-Santos A, Jacobs J, et al. School attendance and daily respiratory symptoms in children: influence of moisture damage. *Indoor Air.* 2017;27(2):303-10.
86. Ekberg L. Ventilation i undervisningslokaler. Ett kunskapsunderlag och förslag till bedömningsgrunder. CIT Energy Management AB; 2023.
87. 87. Matthaios VN, Kang CM, Wolfson JM, Greco KF, Gaffin JM, Hauptman M, et al. Factors Influencing Classroom Exposures to Fine Particles, Black Carbon, and Nitrogen Dioxide in Inner-City Schools and Their Implications for Indoor Air Quality. *Environ Health Perspect.* 2022;130(4):47005.
88. Ekberg L, Fagergren T, Hjelmer P-E, Kempe P, Ruud S, Persson M. Ventilation i Sverige – en kunskapssammanställning. 2022.
89. Löndahl J, Alsved M, Thuresson S, Fraenkel C-J. Luftvägsvirus vid arbetsplatser - Smittvägar, riskfaktorer, åtgärder. *Arbete och hälsa.* 2021;2021;55(2).
90. Gustafson TL, Lavelly GB, Brawner ER, Jr., Hutcheson RH, Jr., Wright PF, Schaffner W. An outbreak of airborne nosocomial varicella. *Pediatrics.* 1982;70(4):550-6.
91. Bloch AB, Orenstein WA, Ewing WM, Spain WH, Mallison GF, Herrmann KL, et al. Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting. *Pediatrics.* 1985;75(4):676-83.
92. Tang JW, Eames I, Li Y, Taha YA, Wilson P, Bellingan G, et al. Door-opening motion can potentially lead to a transient breakdown in negative-pressure isolation conditions: the importance of vorticity and buoyancy airflows. *J Hosp Infect.* 2005;61(4):283-6.

93. Gettings J, Czarnik M, Morris E, Haller E, Thompson-Paul AM, Rasberry C, et al. Mask Use and Ventilation Improvements to Reduce COVID-19 Incidence in Elementary Schools - Georgia, November 16-December 11, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2021;70(21):779-84.
94. Wolkoff P. Indoor air humidity, air quality, and health - An overview. *Int J Hyg Environ Health.* 2018;221(3):376-90.
95. Taylor SH, Scofield C, Graef PT. Improving IEQ to reduce transmission of airborne pathogens in cold climates. *ASHRAE Journal.* 2020;62:30-47.
96. Schuit M, Ratnesar-Shumate S, Yolitz J, Williams G, Weaver W, Green B, et al. Airborne SARS-CoV-2 Is Rapidly Inactivated by Simulated Sunlight. *The Journal of Infectious Diseases.* 2020;222(4):564-71.
97. Nordiska ventilationsgruppen (NVG). Effects on indoor air humidity: Nordiska ventilationsgruppen; 2021 [Available from: <http://www.scanvac.eu/effects-of-indoor-air-humidity.html>].
98. Sundell J, Levin H, Nazaroff WW, Cain WS, Fisk WJ, Grimsrud DT, et al. Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. *Indoor Air.* 2011;21(3):191-204.
99. Carrer P, Wargocki P, Fanetti A, Bischof W, De Oliveira Fernandes E, Hartmann T, et al. What does the scientific literature tell us about the ventilation–health relationship in public and residential buildings? *Building and Environment.* 2015;94:273-86.
100. Fisk WJ. How home ventilation rates affect health: A literature review. *Indoor Air.* 2018;28(4):473-87.
101. Humphrey JL, Barton KE, Man Shrestha P, Carlton EJ, Newman LS, Dowling Root E, et al. Air infiltration in low-income, urban homes and its relationship to lung function. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2020;30(2):262-70.
102. Wang J, Engvall K, Smedje G, Nilsson H, Norbäck D. Current wheeze, asthma, respiratory infections, and rhinitis among adults in relation to inspection data and indoor measurements in single-family houses in Sweden-The BETSI study. *Indoor Air.* 2017;27(4):725-36.
103. Wargocki P. The Effects of Ventilation in Homes on Health. *International Journal of Ventilation.* 2013;12(2):101-18.
104. Carlton EJ, Barton K, Shrestha PM, Humphrey J, Newman LS, Adgate JL, et al. Relationships between home ventilation rates and respiratory health in the Colorado Home Energy Efficiency and Respiratory Health (CHEER) study. *Environ Res.* 2019;169:297-307.
105. Dimitroulopoulou C, Bartzis J. Ventilation rates in European office buildings: A review. *Indoor and Built Environment.* 2013;23(1):5-25.
106. Wolkoff P, Azuma K, Carrer P. Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2021;233:113709.
107. Tsai DH, Lin JS, Chan CC. Office workers' sick building syndrome and indoor carbon dioxide concentrations. *J Occup Environ Hyg.* 2012;9(5):345-51.
108. Smedje G, Wang J, Norbäck D, Nilsson H, Engvall K. SBS symptoms in relation to dampness and ventilation in inspected single-family houses in Sweden. *Int Arch Occup Environ Health.* 2017;90(7):703-11.
109. Turunen M, Toyinbo O, Putus T, Nevalainen A, Shaughnessy R, Haverinen-Shaughnessy U. Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. *Int J Hyg Environ Health.* 2014;217(7):733-9.
110. Wang J, Smedje G, Nordquist T, Norbäck D. Personal and demographic factors and change of subjective indoor air quality reported by school children in relation to exposure at Swedish schools: a 2-year longitudinal study. *Sci Total Environ.* 2015;508:288-96.
111. Sadrizadeh S, Yao R, Yuan F, Awbi H, Bahnfleth W, Bi Y, et al. Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment. *Journal of*

112. Claeson A-S, Glas B, Ekberg L, Wierzbicka A, Löndahl J, Alsved M, et al. Hälsoeffekter av luftkvalitet inomhus och ventilationens roll, en kunskapssammanställning. . 2022.
113. Rawat N, Kumar P. Interventions for improving indoor and outdoor air quality in and around schools. *Science of The Total Environment*. 2023;858:159813.
114. Cheek E, Guercio V, Shrubsole C, Dimitroulopoulou S. Portable air purification: Review of impacts on indoor air quality and health. *Science of The Total Environment*. 2021;766:142585.
115. Ebrahimifakhar A, Poursadegh M, Hu Y, Yuill DP, Luo Y. A systematic review and meta-analysis of field studies of portable air cleaners: Performance, user behavior, and by-product emissions. *Science of The Total Environment*. 2024;912:168786.
116. Shaughnessy R, Hernandez M, Haverinen-Shaughnessy U. Effects of classroom cleaning on student health: a longitudinal study. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2022;32(5):767-73.
117. Leppänen H, Juntunen M, Yli-Tuomi T, Taimisto P, Siponen T, Jalkanen K, et al. Hiukkaset, mikrobiot ja kemikaalit - Ilmanpuhdistimien vaikutukset altistumiseen kouluissa (HiMiKKo). THL - Institutet för hälsa och välfärd; 2024.
118. Heudorf U, Neitzert V, Spark J. Particulate matter and carbon dioxide in classrooms - the impact of cleaning and ventilation. *Int J Hyg Environ Health*. 2009;212(1):45-55.
119. Vornanen-Winqvist C, Järvi K, Andersson MA, Duchaine C, Létourneau V, Kedves O, et al. Exposure to indoor air contaminants in school buildings with and without reported indoor air quality problems. *Environment International*. 2020;141:105781.
120. Smedje G, Elfman L, Kalm-Stephens P, Nordvall L, Wålinder R. An intervention study of air cleaning and allergy avoidance at school - Effects on exposure and symptoms of allergy. 12th International Conference on Indoor Air Quality and Climate 2011. 2011;2:1003-4.
121. Maung T, Bishop J, Holt E, Turner A, Pfrang C. Indoor Air Pollution and the Health of Vulnerable Groups: A Systematic Review Focused on Particulate Matter (PM), Volatile Organic Compounds (VOCs) and Their Effects on Children and People with Pre-Existing Lung Disease. *Int J Environ Res Public Health* 2022 Jul 19;19(14):8752 doi: 103390/ijerph19148752. 2022.
122. Morawska L, Ayoko GA, Bae GN, Buonanno G, Chao CYH, Clifford S, et al. Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities: The main routes of exposure. *Environ Int*. 2017;108:75-83.
123. Shendell DG, Barnett C, Boese S. Science-based recommendations to prevent or reduce potential exposure to biological, chemical, and physical agents in schools. *J Sch Health*. 2004;74(10):390-6.
124. Simons E, Hwang SA, Fitzgerald EF, Kielb C, Lin S. The impact of school building conditions on student absenteeism in Upstate New York. *Am J Public Health*. 2010;100(9):1679-86.
125. Kildesø J, Tornvig L, Skov P, Schneider T. An Intervention Study of the Effect of Improved Cleaning Methods on the Concentration and Composition of Dust. *Indoor Air*. 1998;8(1):12-22.
126. Allermann L, Wilkins CK, Madsen AM. Inflammatory potency of dust from the indoor environment and correlation to content of NAGase and fungi. *Toxicol In Vitro*. 2006;20(8):1522-31.
127. Allermann L, Meyer HW, Poulsen OM, Nielsen JB, Gyntelberg F. Inflammatory potential of dust from schools and building related symptoms. *Occup Environ Med*. 2003;60(9):E5.
128. Folkhälsomyndigheten. Smitta i förskolan – Vägledning till personal och huvudmän i förskolan för att förebygga och hantera smitta. 2024.
129. Trafikverket. Luftutredning av fyra skolor. 2022.
130. Watne ÅKMG, Jenny Lindén, Helena Lundström, Anders Roth, Johanna Rieck Jildén, Maria Holmes, Helene Olofson, Emma Forsmalm, Emelie Johansson, Malva Laurelin, Leo Stockfelt, Mehjar Azzouz, Peter Molnár. Vägledning för arbete med renare luft och mindre buller på förskolegårdar. IVL Svenska Miljöinstitutet; 2024.

131. Flanagan E, Malmqvist E, Gustafsson S, Oudin A. Estimated public health benefits of a low-emission zone in Malmö, Sweden. *Environmental Research*. 2022;214:114124.
132. Tomas Wisell MG, Jenny Lindén. Effekter av miljözonskrav för personbilar i Stockholms innerstad. IVL Svenska Miljöinstitutet; 2016.
133. Abhijith K, Kumar P, Gallagher J, McNabola A, Baldauf R, Pilla F, et al. Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments—A review. *Atmospheric Environment*. 2017;162:71-86.
134. Ghasemian M, Amini S, Princevac M. The influence of roadside solid and vegetation barriers on near-road air quality. *Atmospheric Environment*. 2017;170:108-17.
135. Cai M, Xin Z, Yu X. Spatio-temporal variations in PM leaf deposition: A meta-analysis. *Environmental Pollution*. 2017;231:207-18.
136. Janhäll S. Review on urban vegetation and particle air pollution—Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*. 2015;105:130-7.
137. Gustafsson MS, Lindén J, Johansson EM, Watne ÅK, Uddling J, Sjölie D, et al. Well-planned greenery improves urban air quality—Modelling the effect of altered airflow and pollutant deposition. *Atmospheric Environment*. 2024;338:120829.
138. Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban forestry & urban greening*. 2006;4(3-4):115-23.
139. Klingberg J, Broberg M, Strandberg B, Thorsson P, Pleijel H. Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure - A case study in Gothenburg, Sweden. *Science of the Total Environment*. 2017;599:1728-39.
140. Naturvårdsverket. Vägledning Miljökvalitets-normer för utomhusluft 2024 [Available from: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/luft-och-klimat/miljokvalitetsnormer-for-utomhusluft/#E-173567420>].
141. Norwegian Institute of Public Health. Air pollution in Norway 2017 [Available from: <https://www.fhi.no/en/he/hin/environment/air-pollution-in-norway---public-he/?term=#preventive-measures-against-air-pollution>].
142. WHO. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010.
143. Institutet för Hälsa och Välfärd. Det nationella programmet för inomhusluft och hälsa 2018–2028 2023 [Available from: <https://thl.fi/sv/forskning-och-utveckling/undersokningar-och-projekt/det-nationella-programmet-for-inomhusluft-och-halsa-2018-2028>].
144. Miljöministeriet. Sunda lokaler 2028 2024 [Available from: <https://tilatjaterveys.fi/sv/forstasidan>].
145. Thompson R, Smith RB, Karim YB, Shen C, Drummond K, Teng C, et al. Air pollution and human cognition: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ*. 2023;859(Pt 2):160234.
146. Alter NC, Whitman EM, Bellinger DC, Landrigan PJ. Quantifying the association between PM(2.5) air pollution and IQ loss in children: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health*. 2024;23(1):101.
147. Nilsson M, Klæboe R, Bengtsson J, Forssén J, Hornikx M, Van der Aa B, et al. Novel solutions for quieter and greener cities. 2013.
148. Badach J, Dymnicka M, Baranowski A. Urban Vegetation in Air Quality Management: A Review and Policy Framework. *Sustainability* 2020, 12(3), 1258; <https://doi.org/103390/su12031258>. 2020.
149. Bendtsen H, P Volk C, Holm Pedersen T, Eggers S, Gjestland T, editors. Guidebook: how to reduce noise annoyance from road traffic. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings; 2023: Institute of Noise Control Engineering.
150. Bäcklin O, Lindberg F, Thorsson S, Rayner D, Wallenberg N. Outdoor heat stress at preschools during an extreme summer in Gothenburg, Sweden—Preschool teachers' experiences contextualized by radiation modelling. *Sust Cities Soc*. 2021;75:103324.

151. Namazi Y, Charlesworth S, Montazami A, Taleghani M. The impact of local microclimates and Urban Greening Factor on schools' thermal conditions during summer: A study in Coventry, UK. *Building and Environment*. 2024;262:111793.
152. Vanos JK, Herdt AJ, Lochbaum MR. Effects of physical activity and shade on the heat balance and thermal perceptions of children in a playground microclimate. *Building and Environment*. 2017;126:119-31.
153. van den Bogerd N, Hovinga D, Hiemstra JA, Maas J. The Potential of Green Schoolyards for Healthy Child Development: A Conceptual Framework. *Forests*. 2023;14(4):660.
154. Bikomeye JC, Balza J, Beyer KM. The impact of schoolyard greening on children's physical activity and socioemotional health: A systematic review of experimental studies. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(2):535.
155. Lanza K, Alcazar M, Hoelscher DM, Kohl HW. Effects of trees, gardens, and nature trails on heat index and child health: design and methods of the Green Schoolyards Project. *BMC Public Health*. 2021;21:1-12.
156. Reuben A, Arseneault L, Belsky DW, Caspi A, Fisher HL, Houts RM, et al. Residential neighborhood greenery and children's cognitive development. *Social Science & Medicine*. 2019;230:271-9.
157. Kytä M. Affordances of children's environments in the context of cities, small towns, suburbs and rural villages in Finland and Belarus. *Journal of environmental psychology*. 2002;22(1-2):109-23.
158. Lerstrup I, Konijnendijk van den Bosch C. Affordances of outdoor settings for children in preschool: Revisiting heft's functional taxonomy. *Landscape research*. 2017;42(1):47-62.
159. Andersen L, Corazon SS, Stigsdotter UK. Nature exposure and its effects on immune system functioning: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(4):1416.
160. Chaix B, Gustafsson S, Jerrett M, Kristersson H, Lithman T, Boalt A, et al. Children's exposure to nitrogen dioxide in Sweden: investigating environmental injustice in an egalitarian country. *J Epidemiol Community Health*. 2006;60(3):234-41.
161. Stucki L, Betnér S, Selander J, Löhmus M, Åkesson A, Eriksson C. Sociodemographic inequalities in long-term exposure to air pollution, road traffic noise, and greenness: A population-based cohort study of women. *Environ Epidemiol*. 2023;7(6):e279.
162. Azzouz M, Sommar J, Tondel M, Barregard L, Eriksson C, Löhmus M, et al. Socioeconomic Factors and Environmental Burden in a Cohort from Six Swedish Cities 2024.
163. Vetenskapliga Rådet för Hållbar Utveckling. Människors hälsa i växande städer. 2018.
164. Stevens G, Pickering T, Seid M, Tsai K. Disparities in the national prevalence of a quality medical home for children with asthma. *Acad Pediatr* 2009 Jul-Aug;9(4):234-41 doi: 101016/j.jacp200901006 Epub 2009 Mar 28. 2009.
165. Cope S, Ungar W, Glazier R. Socioeconomic factors and asthma control in children. *Pediatr Pulmonol* 2008 Aug;43(8):745-52 doi: 101002/ppul20847. 2008.
166. Feng C, Li J, Sun W, Zhang Y, Wang Q. Impact of ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) exposure on the risk of influenza-like-illness: a time-series analysis in Beijing, China. *Environ Health*. 2016;15:17.
167. Domingo JL, Rovira J. Effects of air pollutants on the transmission and severity of respiratory viral infections. *Environ Res*. 2020;187:109650.
168. WHO. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013 2013.
169. Ostro BD. The effects of air pollution on work loss and morbidity. *Journal of Environmental Economics and Management*. 1983;10(4):371-82.

170. Gustafsson M, Lindén J, Tang L, Forsberg B, Orru H, Åström S, et al. Quantification of population exposure to No₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts. Stockholm: IVL Swedish Environmental Research Institute; 2018. Report No.: C 317.
171. Defra. Valuing the Impacts of Air Quality on Productivity. 2014.
172. Fan M, Grainger C. The Impact of Air Pollution on Labor Supply in China. SSRN Electronic Journal. 2022.
173. Hales NM, Barton CC, Ransom MR, Allen RT, Pope CA, 3rd. A Quasi-Experimental Analysis of Elementary School Absences and Fine Particulate Air Pollution. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(9):e2916.
174. Chen L, Jennison BL, Yang W, Omaye ST. Elementary school absenteeism and air pollution. *Inhal Toxicol*. 2000;12(11):997-1016.
175. Zhang Y, Cui L, Xu D, He MZ, Zhou J, Han L, et al. The association of ambient PM_{2.5} with school absence and symptoms in schoolchildren: a panel study. *Pediatr Res*. 2018;84(1):28-33.
176. Wenten M, Gauderman WJ, Berhane K, Lin PC, Peters J, Gilliland FD. Functional variants in the catalase and myeloperoxidase genes, ambient air pollution, and respiratory-related school absences: an example of epistasis in gene-environment interactions. *Am J Epidemiol*. 2009;170(12):1494-501.
177. Hwang JS, Chen YJ, Wang JD, Lai YM, Yang CY, Chan CC. Subject-domain approach to the study of air pollution effects on schoolchildren's illness absence. *Am J Epidemiol*. 2000;152(1):67-74.
178. Marcon A, Pesce G, Girardi P, Marchetti P, Blengio G, de Zolt Sappadina S, et al. Association between PM₁₀ concentrations and school absences in proximity of a cement plant in northern Italy. *Int J Hyg Environ Health*. 2014;217(2-3):386-91.
179. Mendoza DL, Pirozzi CS, Crosman ET, Liou TG, Zhang Y, Cleaves JJ, et al. Impact of low-level fine particulate matter and ozone exposure on absences in K-12 students and economic consequences. *Environ Res Lett*. 2020;15(11).
180. Broster S, Terzano K. A systematic review of the pollution and health impacts of low emission zones. *Case Studies on Transport Policy*. 2025;19:101340.

Folkhälsomyndigheten har gjort en översikt över dagens kunskapsläge när det gäller hur luftkvaliteten i och vid förskolor och skolor påverkar barns hälsa, vilka åtgärder som kan vidtas för att förbättra luftkvaliteten inomhus i skolor och förskolor, och vilka synergier och samhällsvinster som olika åtgärder kan ge. Vi ger också förslag på åtgärder för att främja det fortsatta nationella arbetet inom området.

Folkhälsomyndigheten är en nationell kunskapsmyndighet som arbetar för en bättre folkhälsa. Det gör myndigheten genom att utveckla och stödja samhällets arbete med att främja hälsa, förebygga ohälsa och skydda mot hälsohot. Vår vision är en folkhälsa som stärker samhällets utveckling



Folkhälsomyndigheten

Solna Nobels väg 18, 171 82 Solna. **Östersund** Campusvägen 20. Box 505, 831 26 Östersund.

www.folkhalsomyndigheten.se