



# Luftföroreningar på en förskolegård i Karlskoga

En miljömedicinsk bedömning



Region Örebro län  
Arbets- och miljömedicin



## Arbets- och miljömedicin

Arbets- och miljömedicin är en verksamhet som bygger på ett samarbete mellan Region Sörmland, Värmland, Västmanland och Örebro län. Vi finns vid Universitetssjukhuset Örebro men vårt uppdrag är att arbeta för en god hälsa i en bra miljö i alla fyra länen.

### Besöksadress

Universitetssjukhuset Örebro  
Södra Grev Rosengatan 18 B, Örebro  
Entré F, vån 2, hiss F1

### Postadress

Arbets- och miljömedicin  
Universitetssjukhuset Örebro  
701 85 Örebro

### Telefon

019-602 24 69

### Webbplats

[www.regionorebrolan.se/amm](http://www.regionorebrolan.se/amm)

Citera oss gärna, men vänligen ange källan.

Rapport:	Luftföroreningar på en förskolegård i Karlskoga
Diarienummer:	25RS11317-1
Datum:	2025-12-09
Rapportansvariga:	Maria Klasson, miljöhygieniker Ann-Christine Mannerling, miljöhygieniker
Foton:	Framsida, sida 4 och 13: Arbets- och miljömedicin, Örebro

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	5
Inledning.....	6
Bakgrund.....	7
Luftkvalitet i Sverige .....	7
Luftkvalitet: Normer, mål och nytt EU-direktiv .....	7
Hälsopåverkan av luftföroreningar.....	8
Luftföroreningar på förskolegårdar .....	9
Renare luft – bättre hälsa och minskade kostnader för samhället.....	10
Grönska - en viktig resurs för renare luft och ökad livskvalitet.....	11
Metod .....	12
Studiedesign och mätplatser.....	12
Mätutrustning och placering .....	12
Mätprinciper .....	13
Begränsningar i mätmetoden .....	14
Statistisk bearbetning .....	14
Resultat .....	15
Årsmedelvärden.....	15
Dygnsmedelvärden .....	15
Timmedelvärden.....	18
Variationer i halter av partiklar och kvävedioxid .....	19
Luftföroreningshalter under barns vistelsetid på förskolan.....	22
Samband mellan variationer av partikel- och kvävedioxidhalter.....	26
Diskussion.....	27
Referenser .....	30
Bilaga 1. Temperatur och relativ luftfuktighet.....	34
Bilaga 2. Årsmedelvärden PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>1</sub> och NO <sub>2</sub> .....	35
Bilaga 3. Dygns- och timmedelvärden PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>1</sub> och NO <sub>2</sub> .....	36
Bilaga 4. Timmedelvärden PM <sub>10</sub> .....	37
Bilaga 5. Timmedelvärden PM <sub>2,5</sub> .....	39
Bilaga 6. Timmedelvärden PM <sub>1</sub> .....	41
Bilaga 7. Timmedelvärden NO <sub>2</sub> .....	43
Bilaga 8. Halter justerade för vistelsetid på förskolan .....	45



Förskolegården sett mot väg E18.

## Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultaten från indikativa mätningar av partiklar (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub>) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) på en trafiknära förskolegård i Karlskoga kommun, genomförda mellan juli 2024 och juni 2025. Syftet var att kartlägga nivåerna i utomhusluften, med särskilt fokus på de tider då barn vistas i förskolemiljön samt utvärdera resultaten ur ett hälsoperspektiv med fokus på barn.

Eftersom barn tillbringar mycket tid utomhus är det viktigt att förskolorna erbjuder god luftkvalitet. Dålig luft kan påverka deras hälsa, bland annat genom ökad risk för luftvägssjukdomar och försämrad lungutveckling.

Årsmedelvärdena för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> ligger under de svenska miljökvalitetsnormerna, men PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> överskrider Världshälsoorganisationens (WHO:s) rekommendationer, där PM<sub>2,5</sub> ligger cirka 1 µg/m<sup>3</sup> över riktvärdet och NO<sub>2</sub> nästan dubbelt så högt. Även dygnsmedelvärdena för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> överskrider WHO:s gränser (PM<sub>10</sub>: 1 dygn, PM<sub>2,5</sub>: 19 dygn och NO<sub>2</sub>: 77 dygn), vilket medför att PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> ligger över WHO:s maximalt tillåtna tre till fyra överskridanden per år.

Under barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar mellan klockan 06.00 och 18.00, överskreds WHO:s riktvärden tre gånger för PM<sub>10</sub>, nio för PM<sub>2,5</sub> och 65 för NO<sub>2</sub>. Halterna var något lägre under vistelsetid jämfört med hela dygnet, men resultaten visar att barnen regelbundet exponeras för föroreningsnivåer över WHO:s rekommendationer.

Föroreningshalterna av de undersökta ämnena varierade med tid på dygnet, veckodag och årstid, med generellt högre nivåer under morgnar, vardagar och vintermånader. Detta mönster speglar påverkan från trafik och annan förbränning. Jämförelser med andra mätplatser och andra år tyder på att både lokala och regionala källor samt väderförhållanden kan påverka luftföroreningsnivåerna.

Förskolors placering har stor betydelse för barns exponering. Förskolor nära trafikerade vägar uppvisar generellt högre halter av luftföroreningar. Vegetation och speciellt större träd kan bidra till att minska dessa nivåer genom att fånga upp partiklar och skapa ett skyddande mikroklimat.

Sammanfattningsvis uppfyller luftkvaliteten på förskolegården svenska miljökvalitetsnormer men överskrider WHO:s riktvärden, vilket innebär en potentiell hälsorisk för barn. För att minska barns exponering krävs fortsatt övervakning av luftkvaliteten samt åtgärder i både planering och utformning av miljön. Det innebär till exempel att undvika att förskolor placeras nära trafikerade vägar, att bevara och öka grönskan på gårdarna, särskilt större träd, och att arbeta för att minska trafikens påverkan i barns närmiljö. Renare luft leder till bättre folkhälsa och ger även ekonomiska besparingar för samhället.

## Inledning

Den miljömedicinska enheten vid Arbets- och miljömedicin, Universitetssjukhuset Örebro, har identifierat ett behov av att undersöka barns miljö på förskolor. Barn utgör en särskilt känslig grupp eftersom de påverkas i högre grad än vuxna av olika miljöfaktorer, samtidigt som de inte har möjlighet att själva välja sin omgivning utan är beroende av vuxnas beslut. Idag tillbringar de flesta barn en stor del av sin vakna tid i förskolemiljön, vilket gör det särskilt viktigt att förskolors utemiljöer erbjuder god luftkvalitet.

Syftet med denna studie är att undersöka luftkvaliteten på en förskolegård i Karlskoga kommun och att utvärdera resultaten ur ett hälsoperspektiv med fokus på barn. Halter av partiklar (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub>) samt kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) har mätts kontinuerligt under ett års tid, och resultaten presenteras i denna rapport. Det är dock viktigt att notera att resultaten baseras på indikativa mätningar och därför inte är direkt jämförbara med lagstadgade normvärden, utan bör tolkas som en översiktlig bild av luftkvaliteten i utemiljön. Ett ytterligare syfte med studien är att bidra med kunskap som kan ligga till grund för fortsatt utveckling av god luftkvalitet på förskolegårdar.

Denna studie ingår i en pågående serie undersökningar av luftkvaliteten. Under ett års tid har mätningar genomförts på två förskolegårdar i Örebro samt på Rådhuset i centrala Örebro [1, 2].

# Bakgrund

## Luftkvalitet i Sverige

Luftkvaliteten i Sverige skiljer sig mellan olika delar av landet. I södra delen är föroreningsnivåerna generellt högre än i norr, vilket kan förklaras av tätare befolkning, mer industriell verksamhet, högre trafikintensitet och intransport av föroreningar från övriga Europa [3, 4].

Halter av partiklar och kvävedioxid i luften styrs främst av mänskliga aktiviteter såsom förbränning och slitage från vägtrafik. I tätorter är vägtrafiken den största lokala källan. Grova partiklar, PM<sub>10</sub>, uppstår främst vid slitage på vägbanor och däck, medan finare partiklar, som PM<sub>1</sub> och PM<sub>2,5</sub>, främst bildas vid förbränning i industrier, fordon och vid vedeldning. Detsamma gäller för NO<sub>2</sub>. PM<sub>10</sub>-halterna är som högst på våren när vägar torkar upp efter vintern och partiklar som bundits i beläggningen frigörs. Föroreningar kan även spridas över långa avstånd och påverka områden långt från utsläppskällorna [5-8].

Väderförhållanden påverkar koncentrationen av luftföroreningar. Under kalla perioder ökar behovet av uppvärmning, vilket kan leda till högre utsläpp. Kalla bilmotorer under vintern släpper ut mer avgaser än varma motorer på sommaren, vilket kan ge förhöjda nivåer av NO<sub>2</sub>. För PM<sub>10</sub> har ingen liknande temperaturberoende ökning observerats [9]. Väderförhållanden påverkar också halterna av både partiklar och gasformiga föroreningar som NO<sub>2</sub> genom att styra hur de sprids och blandas i atmosfären. Vid stillastående luft och temperaturinversioner kan koncentrationerna bli höga nära marken, medan vind och nederbörd bidrar till att späda ut föroreningarna och minska halterna [8, 10-12].

## Luftkvalitet i Karlskoga

I Örebro län bedöms den största delen av utsläpp av PM<sub>10</sub> och NO<sub>2</sub> komma från industrier och trafik. För PM<sub>2,5</sub> är egen uppvärmning och industrier de största källorna [13].

Karlskoga, med strax över 30 500 invånare, påverkas av viktiga trafikleder. Ett exempel är Europaväg E18 som passerar genom Karlskoga och har trafikflöden på upp till 24 400 fordon per dygn (ÅDT) varav 15 procent är lastbilar, vilket gör den till en betydande källa till lokala utsläpp [14, 15].

## Luftkvalitet: Normer, mål och nytt EU-direktiv

Regeringen har fastställt en luftkvalitetsförordning för utomhusluft (2010:477). Idag finns miljökvalitetsnormer (MKN) för tolv olika luftföroreningar till skydd för människors hälsa [4]. Vissa luftföroreningar har skadeverkan även med halter under MKN-nivån och med tanke på bland annat detta har miljökvalitetsmålet (MKM) "Frisk luft" införts [16, 17].

Världshälsoorganisationen (WHO) tillhandahåller dessutom vetenskapligt baserade riktlinjer för luftföroreningar, med syftet att långsiktigt skydda människors hälsa [18]. För miljökvalitetsnormerna (2010:477) finns en övre och en nedre utvärderingströskel (ÖUT respektive NUT), som avgör vilken typ av kontrollmetod som krävs - exempelvis mätning, modellberäkning eller objektiv skattning. Om halterna överskrider NUT, ställs krav på mer

omfattande mätningar. Kravet på antal mätstationer styrs också av befolkningstäthet och uppmätta halter i förhållande till NUT, ÖUT och normvärdet [4, 19].

Ett nytt EU-direktiv, Direktiv (2024/2881) om luftkvalitet och renare luft i Europa, har antagits och börjar gälla i december 2026. Det ersätter nuvarande direktiv och innebär skärpta normvärden som ska uppnås senast år 2030 (MKN 2030). Bland annat sänks normvärdena för partiklar och NO<sub>2</sub>, och ett dygnsmedelvärde införs för PM<sub>2,5</sub>. Regleringen förenklas också genom att endast en tröskelnivå per förorening kommer att användas, i stället för separata NUT och ÖUT. Gällande norm- och riktvärden samt kommande normvärden redovisas i tabell 1.

Förutom dessa normer och direktiv omfattas luftens kvalitet även av de Svenska miljömålen Frisk luft och God bebyggd miljö [20].

**Tabell 1.** Norm- och riktvärden för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> samt NO<sub>2</sub>.

Norm- och riktvärden (µg/m <sup>3</sup> )							
Ämne	Medelvärde	MKN	NUT	ÖUT	MKN 2030	MKM	WHO
PM <sub>10</sub>	År	40	20	28	20	15	15
	Dygn	50 <sup>A</sup>	25 <sup>A</sup>	35 <sup>A</sup>	45 <sup>B</sup>	30 <sup>A</sup>	45 <sup>C</sup>
PM <sub>2,5</sub>	År	25	12	17	10	10	5
	Dygn	-	-	-	25 <sup>B</sup>	25 <sup>G</sup>	15 <sup>C</sup>
NO <sub>2</sub>	År	40	26	32	20	20	10
	Dygn	60 <sup>D</sup>	36 <sup>D</sup>	48 <sup>D</sup>	50 <sup>B</sup>	-	25 <sup>C</sup>
	Timme	90 <sup>E</sup>	54 <sup>F</sup> 100 <sup>B</sup>	72 <sup>F</sup> 140 <sup>B</sup>	200 <sup>G</sup>	60 <sup>F</sup>	200 <sup>H</sup>

<sup>A</sup> Får inte överskridas mer än 35 gånger under ett kalenderår.

<sup>B</sup> Får inte överskridas mer än 18 gånger under ett kalenderår.

<sup>C</sup> Får inte överskridas mer än 3–4 gånger under ett år.

<sup>D</sup> Får inte överskridas mer än 7 dygn per kalenderår.

<sup>E</sup> Får inte överskridas mer än 175 timmar per kalenderår förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m<sup>3</sup> under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

<sup>F</sup> Får inte överskridas mer än 175 timmar per kalenderår.

<sup>G</sup> Får inte överskridas mer än 3 gånger per kalenderår.

<sup>H</sup> Får inte överstiga 200 µg/m<sup>3</sup> under en timme mer än 18 gånger under ett kalenderår.

## Hälsopåverkan av luftföroreningar

Luftföroreningar är ett stort miljöhälsoproblem som är kopplat till flera olika hälsoeffekter, främst hjärt- och kärlsjukdom, lungsjukdom och cancer. Det finns ingen fastställd säker nivå av luftföroreningar där hälsoeffekter helt uteblir [21]. Barn och foster är speciellt sårbara eftersom deras lungor och immunförsvar är under utveckling. Barn andas även in en större luftvolym i förhållande till sin kroppsvikt jämfört med vuxna. De är dessutom mer aktiva utomhus, vilket betyder att de får in sig mer föroreningar per kroppsvolum [22–24]. Forskning har visat att mycket små barn har en långsammare rensningshastighet i lungornas djupa regioner, vilket gör att partiklar stannar kvar längre. Det leder till att partikelmängden i deras lungor kan vara två till fyra gånger högre än hos vuxna [25]. Studier har även visat att utvecklingen av barns lungfunktion kan hämmas av luftföroreningar. Det finns också en ökad risk att barn drabbas av astma, att astmasymtom förvärras samt att andra luftvägssjukdomar utvecklas om de växer upp i områden med dålig luftkvalitet [26]. Barn som bor eller går i skola i områden med höga halter av luftföroreningar har oftare symptom från luftvägarna, såsom nattlig hosta eller pipande och väsende andning [23, 27]. Flera nya studier pekar också på att luftföroreningar påverkar

hjärnans utveckling hos barn. Det innebär bland annat att barnens kognitiva utveckling påverkas, vilket omfattar språk, minne, perception, tänkande, inläring och kreativitet [26, 28, 29]. Nyare studier visar också att det finns stöd för att exponering för luftföroreningar under graviditeten kan påverka fosterutvecklingen. Man har även sett en ökad risk för låg födelsevikt, för tidig födelse och plötslig spädbarnsdöd [22, 30, 31].

Luftburna partiklar kan ha olika egenskaper beroende på storlek och kemisk sammansättning. De kan bestå av komplexa blandningar av olika ämnen och där storleken varierar mellan några få nanometer till 100-tals mikrometer. PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub> är inandningsbara partiklar med en diameter under 10 respektive 2,5 mikrometer, där PM<sub>2,5</sub> är tillräckligt små för att tränga djupt ner i lungorna och nå lungblåsorna. PM<sub>1</sub>-partiklar är små nog att passera lungornas vävnader och vidare ut i blodomloppet. Där kan de sedan cirkulera runt i kroppen och orsaka systemiska hälsoeffekter [32]. PM<sub>1</sub> har en större yta jämfört med större partiklar som PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>10</sub>, och binder oftare olika kemikalier till ytan [33]. Till skillnad från PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>10</sub> finns inget norm- eller riktvärde för PM<sub>1</sub>. Forskning indikerar dock att varje ökning av PM<sub>1</sub>-nivåerna med 10 µg/m<sup>3</sup> kan leda till en förhöjd risk för flera negativa hälsoeffekter, såsom påverkan på luftvägarna och hjärt-kärlsjukdomar [34, 35].

Höga nivåer av NO<sub>2</sub> påverkar människors hälsa negativt både på kort och på lång sikt. Det är främst andningsorganen som påverkas varför astmatiker och barn är särskilt känsliga [36]. WHO:s bedömning är att halten av NO<sub>2</sub> i utomhusluft långsiktigt behöver ligga under 10 µg/m<sup>3</sup> för att helt skydda befolkningens hälsa. Denna nivå är betydligt lägre än både nuvarande miljö kvalitetsnorm och Sveriges miljömål [18].

## **Luftföroreningar på förskolegårdar**

Många barn tillbringar en stor del av sin vakna tid på förskolan, vilket innebär att en betydande del av deras utevistelse sker på förskolegården och i förskolans närmiljö. Det gör det särskilt viktigt att säkerställa en utomhusmiljö med god luftkvalitet.

I stadsmiljöer är vägtrafik i regel den främsta källan till luftföroreningar i förskolors utemiljöer. Därför är det avgörande att beakta trafikens påverkan vid planering och lokalisering av nya förskolor. Studier har visat att avståndet till trafikerade vägar har stor betydelse för luftkvaliteten vid förskolor [37-39]. Förskolor som är belägna i områden med begränsad trafikexponering uppvisar generellt lägre halter av PM<sub>10</sub> och NO<sub>2</sub> jämfört med de som ligger nära intensivt trafikerade vägar. Att fördubbla avståndet till närmaste större väg kan minska föroreningshalterna med 15 till 20 procent. Barriärer såsom byggnader, vegetation och bullerskärmar kan ytterligare bidra till att reducera nivåerna på förskolegårdar [38, 40].

Förskolor som är belägna nära starkt trafikerade vägar utsätts inte bara för förhöjda nivåer av luftföroreningar, utan även för betydande trafikbuller [38]. Bullerskärmar kan i vissa fall bidra till förbättrad luftkvalitet genom att fungera som fysiska barriärer mot föroreningar. Samtidigt kräver deras placering noggrann planering, eftersom de i vissa fall kan försämra luftkvaliteten lokalt på gården genom att påverka luftcirkulationen negativt [38, 41].

### **Luftföroreningar och buller – ytterligare belastning för hälsan**

Barn är särskilt känsliga för bullrets negativa effekter, eftersom det kan påverka deras inlärning under kritiska utvecklingsperioder. Exponering för buller kan leda till koncentrationssvårigheter, försämrat minne, nedsatt taluppfattning samt ökad stress och trötthet, vilket i sin tur försvårar vila och återhämtning. Om vilorummet i förskolan är placerat mot en starkt trafikerad väg kan även barnens sömn störas under vilostunden. Barn med hörselnedsättning, läs- och skrivsvårigheter, ADHD eller liknande diagnoser samt barn med annat modersmål än det som talas är extra känsliga [31, 42-44].

### **Renare luft – bättre hälsa och minskade kostnader för samhället**

Luftföroreningar påverkar folkhälsan negativt och bidrar till sjukdomar som drabbar lungor, hjärta, blodcirkulation och andra kroniska tillstånd. I Sverige orsakar luftföroreningar uppskattningsvis 6 700 förtida dödsfall per år, och den samhällsekonomiska kostnaden för hälsoeffekterna inklusive vård och produktionsbortfall bedöms till cirka 168 miljarder kronor per år [45].

Barn i förskoleåldern påverkas i hög grad eftersom deras luftvägar fortfarande utvecklas och de är särskilt känsliga för luftkvalitet. Luftföroreningar är förknippade med en ökad risk för infektioner i de nedre luftvägarna hos barn, även vid nivåer som förekommer i Sverige [46-49]. Beräkningar har visat att nästan 80 procent av alla förskolebarn i Sverige utsätts för en årsmedelhalt av PM<sub>2,5</sub> som är högre än WHO:s hälsobaserade riktlinjer för luftkvalitet. För PM<sub>10</sub> och NO<sub>2</sub> är andelen betydligt lägre, där sju procent respektive nio procent av förskolebarnen utsätts för årsmedelhalter som överskrider riktlinjerna [45].

Forskning har visat tydliga samband mellan luftföroreningar och sjukdomar som leder till frånvaro, även om den exakta omfattningen i Sverige ännu inte har kvantifierats. Studier har visat att unga vuxna med astma oftare är sjukskrivna och man har också beräknat att fyra procent av korttidsfrånvaron bland yrkesverksamma i Stockholm kunde kopplas till halter av PM<sub>2,5</sub> [50, 51]. Vad gäller barn så finns det begränsat underlag, men man har sett att barn med luftvägsbesvär som astma oftare är hemma från skolan. Detta kan också leda till ett ökat behov av vård av barn för vårdnadshavare [52-54].

Även små förbättringar av luftkvaliteten kan ge mätbara hälsofördelar, såsom färre astmafall hos barn och minskad risk för andra sjukdomar [55-57]. Lägre halter av luftföroreningar kan bidra till minskat behov av vård och sjukfrånvaro, vilket i sin tur leder till minskade kostnader samhället. Renare luft innebär bättre hälsa, högre livskvalitet och ekonomiska besparingar för barn, familjer och förskoleverksamhet samt stärker jämlikheten i barns hälsa.

## **Grönska - en viktig resurs för renare luft och ökad livskvalitet**

Grönska i form av träd, buskar och klättrväxter spelar en viktig roll för att förbättra luftkvaliteten på förskolegårdar. Vegetationen binder luftföroreningar som partiklar och gaser, och forskning visar att ökad grönska leder till lägre halter av skadliga ämnen i luften [46, 58, 59].

Stora träd med hög höjd och rik bladmassa är särskilt effektiva då de fungerar som naturliga filter och skärmar. Träd som får växa sig stora har störst kapacitet att förbättra luftkvaliteten, ge behagligare mikroklimat och erbjuda värdefullt skydd mot solens skadliga UV-strålar [60, 61]. Därför är det viktigt att både bevara befintliga träd och plantera nya, eftersom det tar tid innan träd når full potential i att leverera dessa ekosystemtjänster [62, 63].

I områden där utrymmet är begränsat kan buskar och klättrväxter vara ett bra komplement för att förbättra luftkvaliteten [64]. Samtidigt måste grönskan planeras utifrån platsens förutsättningar. Även om växter kan bidra till att skydda miljöer från luftföroreningar genom att påverka luftflöden, kan stora träd i trånga stadsmiljöer påverka luftcirkulationen negativt, vilket i vissa fall kan leda till förhöjda halter av gasformiga föroreningar som NO<sub>2</sub> [59, 65, 66].

Grönska bör därför ses som en del av ett bredare åtgärds paket för att skapa hälsosammare och mer hållbara förskolemiljöer [11]. Grönska främjar också fysisk aktivitet och stödjer återhämtning, faktorer som är viktiga för barns välbefinnande [67]. För att skapa en långsiktigt hälsosam och hållbar miljö bör grönska kombineras med andra strategier, såsom minskad biltrafik och genomtänkt placering av förskolor i förhållande till trafikleder [38, 68].

## Metod

### Studiedesign och mätplatser

Studiens huvudsakliga syfte var att undersöka barns exponering för luftföroreningar i form av partiklar i olika storleksfraktioner (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub>) samt kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) i utomhusluften vid en förskola. Resultaten utvärderades ur ett hälsoperspektiv med särskilt fokus på barnens hälsa. Parallellt registrerades även temperatur och relativ luftfuktighet. Mätningarna genomfördes på en trafiknära förskolegård i Karlskoga under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025, se figur 1. Förskolan valdes ut i samråd med Karlskoga kommun och består av tre avdelningar. Den är centralt belägen, i nära anslutning till den större genomfartsleden Europaväg 18 (E18).



**Figur 1.** Karta över centrala Karlskoga med förskolans läge markerat med en röd punkt. Karta: Lantmäteriet.

### Mätutrustning och placering

Mätning av PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, NO<sub>2</sub>, temperatur och relativ luftfuktighet utfördes med hjälp av instrumentet Kunak AIR Pro (Kunak Technologies SL). Instrumentet möjliggör realtidsövervakning genom kontinuerlig datainsamling var femte minut. De insamlade uppgifterna överförs automatiskt till den digitala plattformen Kunak Cloud för åtkomst och vidare analys.

Kunak AIR Pro installerades på en ställning monterad på ett förråd och placerades på en höjd av 4,5 meter, se figur 2. Tillgång till el var den avgörande faktorn vid val av placering av instrumentet på förskolegården.



**Figur 2.** Instrumentet Kunak AIR Pro installerat på ett förråd på förskolegården.

## Mätprinciper

Kunak AIR Pro har särskilda sensorer för partiklar och  $\text{NO}_2$ . Partiklar mäts med en optisk partikelräknare (OPC-N3), vilket innebär att den mäter ljusspridningen från enskilda partiklar som transporteras i en provluftström genom en laserstråle. Partikelräknaren kan mäta partiklar från  $0,3 \mu\text{m}$  upp till  $40 \mu\text{m}$ . Elektronikerna i OPC-N3 tolkar ljussignalen för att bestämma partikelstorlek och koncentration för  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  och  $\text{PM}_1$  i enlighet med den metod som anges i europeiska standarden EN 481. Mätområdet för  $\text{PM}_{10}$  är  $0-10,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , för  $\text{PM}_{2,5}$   $0-2,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  och för  $\text{PM}_1$  är det  $0-1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [69, 70]. Mätning av  $\text{NO}_2$  sker med en elektrokemisk sensor i mätområdet  $0-5000 \text{ ppb}$  och med en detektionsgräns på  $2 \text{ ppb}$ . Uppmätta halter  $\text{NO}_2$  anges i enheten  $\text{ppb}$  och i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Omräkningen till  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sker i Kunak Cloud och baseras på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  och  $1 \text{ atm}$  [69, 70].

Partikeldata som Kunak Cloud bedömt vara påverkade av atmosfäriska förhållanden såsom dimma eller vattendroppar har exkluderats från de slutgiltiga beräkningarna i denna rapport, eftersom sådana avvikelser kan medföra risk för felaktiga mätvärden.

Under två tidsperioder uppstod tekniska störningar i partikelsensorn. Mätdata för  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  och  $\text{PM}_1$  från perioden 16 oktober till 28 oktober 2024 har exkluderats från de slutgiltiga analyserna och figurerna, på grund av bristande möjligheter till validering. Den 5 juni till 30 juni 2025 är exkluderade från figurer, men inkluderade i de slutgiltiga beräkningarna. Efter

noggrann granskning och validering bedöms dessa data vara tillförlitliga och visar inga tecken på systematiska fel eller avvikelser. Däremot registrerade NO<sub>2</sub>-sensorn kontinuerligt data under hela mätperioden, från 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Trots att mätvärden för partiklar under vissa perioder inte är inkluderade bedöms den totala sammanställningen ge en representativ bild av luftkvalitetssituationen.

## **Begränsningar i mätmetoden**

Eftersom Kunak AIR Pro inte uppfyller de krav som ställs för kontroll av miljökvalitetsnormer enligt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2019:9), kan de mätresultat som presenteras i denna rapport inte användas för att verifiera efterlevnad av dessa normer [71]. Resultaten bör i stället ses som indikativa för halterna av PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> och NO<sub>2</sub>.

Fältstudier har visat att prestandan i fält kan förväntas vara jämförbar med den hos instrumentet Palas Fidas 200 och liknande instrument [69]. I denna studie har instrumenten inte kalibrerats mot en referensmätstation. Dock visade instrumenten god överensstämmelse i uppmätta halter av partiklar och NO<sub>2</sub> under en parallellmätning som genomfördes mellan den 29 maj och 13 juni 2024.

## **Statistisk bearbetning**

Årsmedelvärden är beräknade på de kontinuerligt uppmätta halterna för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> och NO<sub>2</sub>. Medel-, min- och maxvärden är beräknade genom att använda verktygen i Kunak Cloud för aggregering av data per timme alternativt per dygn.

Halter för partiklar och NO<sub>2</sub> har även beräknats för den tid som barnen kan tillbringa på förskolan. Beräkningarna har genomförts för tidsperioden 06.00 till 18.00, måndag till fredag.

För statistisk bearbetning, beräkningar och figurer har Kunak Cloud och Microsoft Excel 2016 använts.

## Resultat

Nedan redovisas resultat från indikativa mätningar av utomhusluft vid förskolan, genomförda under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Halter av PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> och NO<sub>2</sub> presenteras som årsmedelvärden, dygnsmedelvärden, timmedelvärden och momentana halter, samt hur nivåerna förändras över tid. Beräkningar har även utförts med hänsyn till den tid barnen förväntas vistas på förskolan. Jämförelser mot norm- och riktvärden är gjort i de fall ett sådant finns. Temperatur och relativ luftfuktighet presenteras per timme, se bilaga 1.

### Årsmedelvärden

De uppmätta årsmedelvärdena för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> i utomhusluften vid försolan ligger under norm- och riktvärden enligt respektive MKN (PM<sub>10</sub>: 40 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>2,5</sub>: 25 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub>: 40 µg/m<sup>3</sup>), MKM (PM<sub>10</sub>: 15 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>2,5</sub>: 10 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>) samt MKN 2030 (PM<sub>10</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>2,5</sub>: 10 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>), se bilaga 2. Även NUT underskrids för samtliga (PM<sub>20</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>2,5</sub>: 12 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub>: 26 µg/m<sup>3</sup>).

WHO:s riktvärden för PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> (5 µg/m<sup>3</sup> respektive 10 µg/m<sup>3</sup>) överskrids. För PM<sub>2,5</sub> överskrids riktvärdet med cirka 1 µg/m<sup>3</sup>, och för NO<sub>2</sub> är det uppmätta årsmedelvärdet nästan det dubbla mot vad WHO anser helt skyddar vår hälsa.

De högsta uppmätta momentana halterna under året är för: PM<sub>10</sub> – 670 µg/m<sup>3</sup>; PM<sub>2,5</sub> – 87 µg/m<sup>3</sup>; PM<sub>1</sub> – 56 µg/m<sup>3</sup>; samt NO<sub>2</sub> – 141 µg/m<sup>3</sup>.

### Dygnsmedelvärden

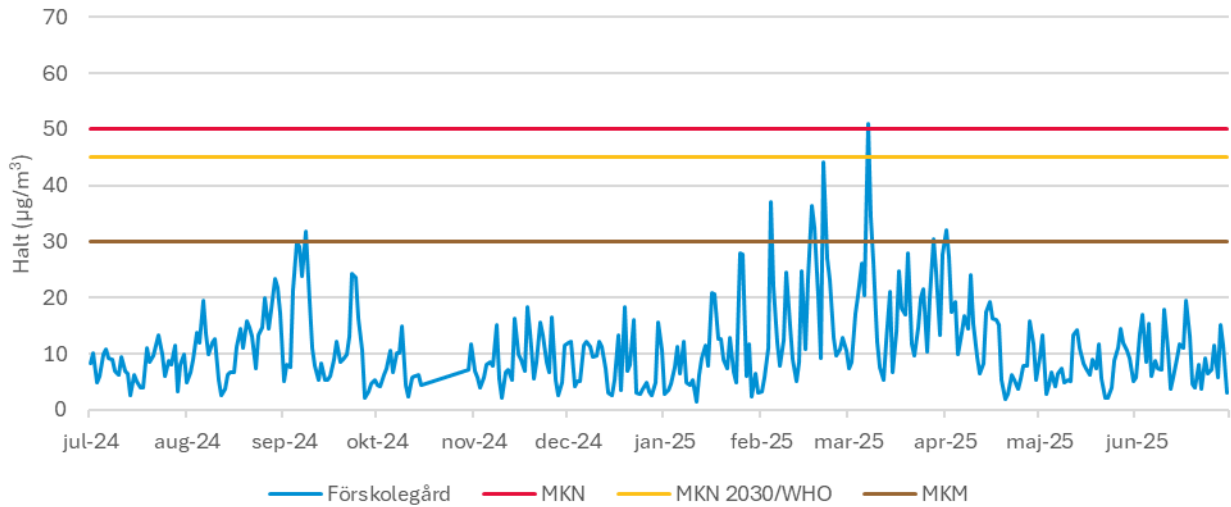
Uppmätta dygnsmedelvärden för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> har överskridanden gällande norm- och riktvärden, se figur 3 och 4. Både PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub> överskrider det antal dygn som enligt WHO inte bör överskridas för att skydda hälsan.

För PM<sub>10</sub> varierar dygnsmedelvärdena mellan 1,5 och 51 µg/m<sup>3</sup>, se bilaga 3. Överskridanden förekom för samtliga norm- och riktvärden: MKN (50 µg/m<sup>3</sup>), MKN 2030 och WHO (båda 45 µg/m<sup>3</sup>), MKM (30 µg/m<sup>3</sup>), samt NUT (25 µg/m<sup>3</sup>) och ÖUT (35 µg/m<sup>3</sup>). Dygnsmedelvärdena ligger under antalet tillåtna dygn som får överskridas för samtliga norm- och riktvärden.

För PM<sub>2,5</sub> varierar dygnsmedelvärdena mellan 0,93 och 37 µg/m<sup>3</sup>, se bilaga 3. Även här överskrids samtliga norm- och riktvärden: MKN 2030 samt MKM (båda 25 µg/m<sup>3</sup>) och WHO (15 µg/m<sup>3</sup>). Dygnsmedelvärdena ligger inom antalet tillåtna dygn som får överskridas för MKN 2030 och MKN, men för WHO:s riktvärde så överskrids det under 19 dygn. Antalet dygn som inte bör överskridas för att skydda hälsan är tre till fyra enligt WHO.

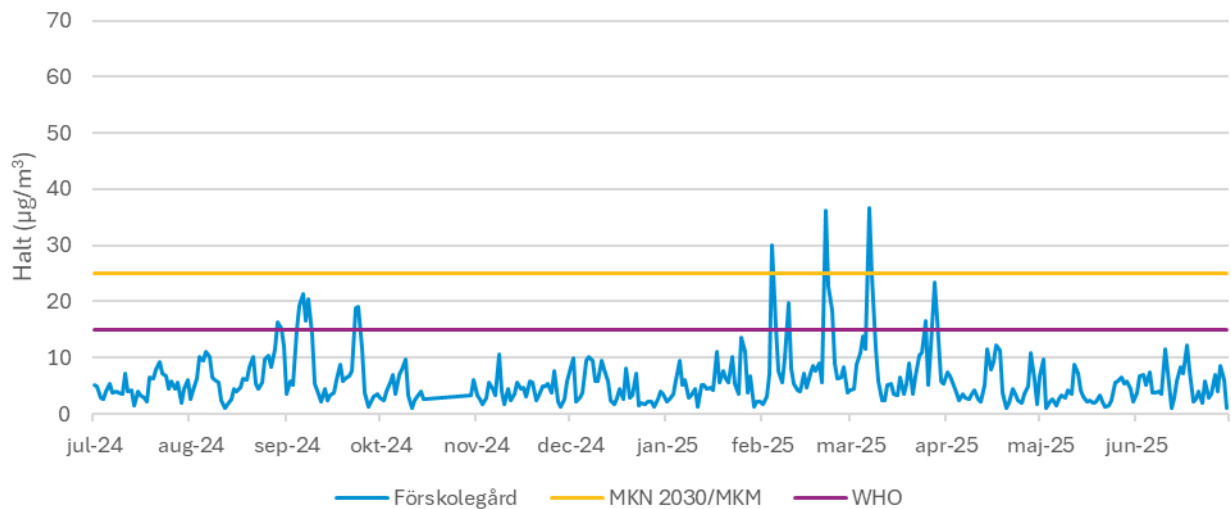
För PM<sub>1</sub> ligger dygnsmedelvärdena mellan 0,55 och 32 µg/m<sup>3</sup>, se figur 5 och bilaga 3. I dagsläget saknas officiella norm- och riktvärden för PM<sub>1</sub>.

### Dygnsmedelvärden för PM10



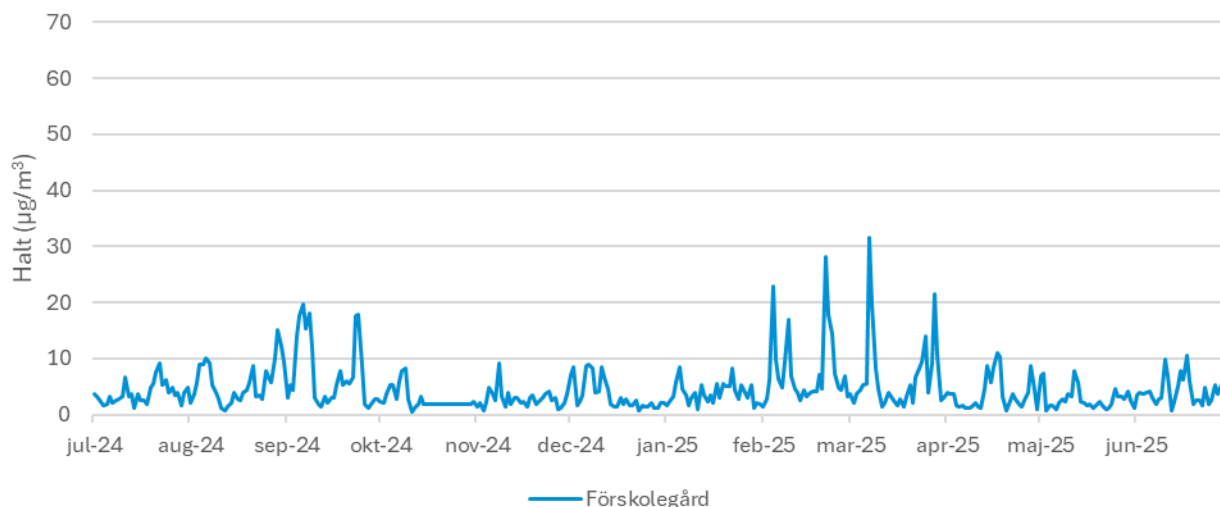
**Figur 3.** PM10 dygnsmedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Den röda linjen visar MKN (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), den gula visar MKN 2030 samt WHO:s riktvärde (45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) och den bruna MKM (30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Dygnsmedelvärden för PM2,5



**Figur 4.** PM2,5 dygnsmedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Den gula linjen visar MKN 2030 samt MKM (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) och den lila visar WHO:s riktvärde (15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

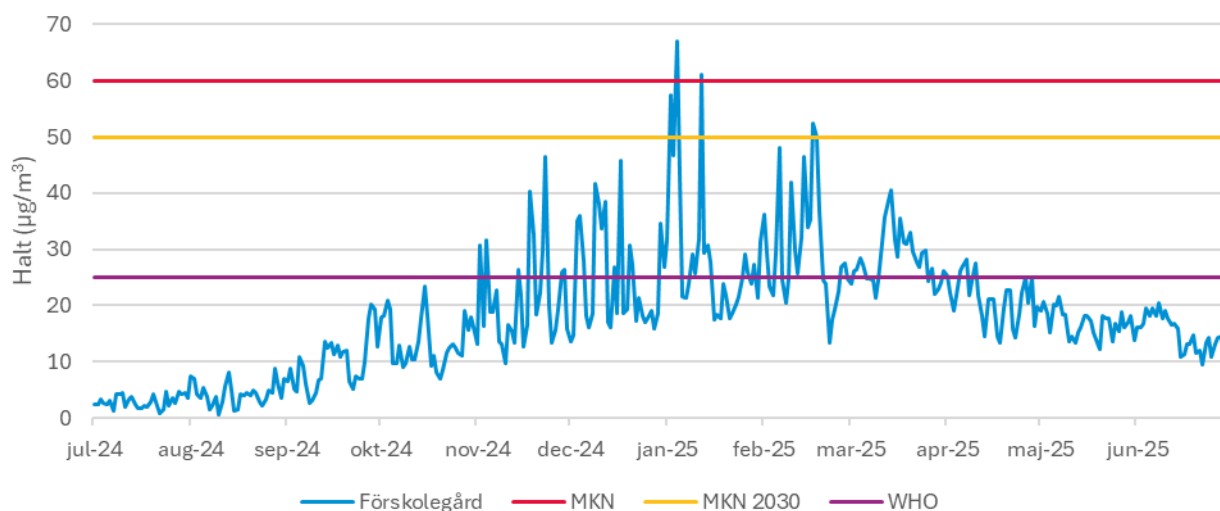
### Dygnsmedelvärden för PM<sub>1</sub>



**Figur 5.** PM<sub>1</sub> dygnsmedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

Dygnsmedelvärden för NO<sub>2</sub> varierar mellan 0,67 och 67 µg/m<sup>3</sup>, bilaga 3. Samtliga norm- och riktvärden överskrids: MKN (60 µg/m<sup>3</sup>), MKN 2030 (50 µg/m<sup>3</sup>) och WHO (25 µg/m<sup>3</sup>), se figur 5. Även NUT (36 µg/m<sup>3</sup>) och ÖUT (48 µg/m<sup>3</sup>) överskrids. Dygnsmedelvärdena ligger inom antalet tillåtna dygn som får överskridas för MKN, ÖUT och MKN 2030. Däremot överskrids NUT när det gäller antalet tillåtna dygn, med 20 överskridanden jämfört med tröskeln på sju dygn. WHO:s riktvärde överskrids under 77 dygn. För att skydda hälsan bör detta riktvärde inte överskridas mer än tre till fyra dygn per kalenderår.

### Dygnsmedelvärden för NO<sub>2</sub>



**Figur 6.** NO<sub>2</sub> dygnsmedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Den röda linjen visar MKN (60 µg/m<sup>3</sup>), den gula visar MKN 2030 (50 µg/m<sup>3</sup>) och den lila visar WHO:s riktvärde (25 µg/m<sup>3</sup>). Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

## Timmedelvärden

Timmedelhalterna för NO<sub>2</sub> varierar mellan 0,00 µg/m<sup>3</sup> och 120 µg/m<sup>3</sup>, se bilaga 3. Norm- och riktvärden överskreds för MKN (90 µg/m<sup>3</sup>), MKM (60 µg/m<sup>3</sup>) samt lägre och högre NUT (54 µg/m<sup>3</sup> och 100 µg/m<sup>3</sup>) och det lägre ÖUT (72 µg/m<sup>3</sup>). Dessa överskridanden översteg inte det tillåtna antalet timmar som får överskridas per kalenderår, men NUT (54 µg/m<sup>3</sup>) överskreds med 215 timmar. Det tillåtna antalet timmar är 175 per kalenderår. MKN 2030 och WHO:s riktvärde (båda 200 µg/m<sup>3</sup>) överskreds inte.

Timmedelvärden för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub> presenteras i bilaga 4-6.

**Tabell 2.** Antal överskridanden av MKN, NUT, ÖUT samt MKM för NO<sub>2</sub> (timmedelvärden) vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025.

Överskridanden av norm- och riktvärden för NO <sub>2</sub> timmedelvärden					
MKN (µg/m <sup>3</sup> )	Överskridanden av MKN (tim)	Tröskelvärde (NUT/ÖUT µg/m <sup>3</sup> )	Överskridanden av NUT/ÖUT (tim)	MKM (µg/m <sup>3</sup> )	Överskridanden av MKM (tim)
90	24	54 (NUT)	215	60	151
		72 (ÖUT)	76		
		100 (högre NUT)	9		
		140 (högre ÖUT)	0		

## Variationer i halter av partiklar och kvävedioxid

Figurerna nedan sammanfattar timmedelhalter och illustrerar variationer beroende på veckodag, tid på dygnet och månad. Det som presenteras nedan är medelvärdet av timmedelhalterna.

**PM<sub>10</sub>**-halterna varierar både över dygnet och mellan veckodagar, se figur 7a. Högre halter uppvisas på förmiddagar och eftermiddagar, med lägre halter runt lunchtid, se figur 7b. Halterna är högst under februari och mars, se figur 7c. De högsta timmedelhalterna förekommer på måndagar, tisdagar och fredagar, se figur 7d. Detta mönster bekräftas också i diagram och kalenderplottar i bilaga 4.

**PM<sub>2,5</sub>** varierar under veckan, med skiftande nivåer mellan olika veckodagar, se figur 8a. När alla dagar kombineras framträder ett dygnsmonster där halterna generellt är högre under natten och tidig morgon, och lägre på eftermiddagen, särskilt mellan kl. 12.00 och 18.00, se figur 8b. De högsta nivåerna uppmättes i februari och mars följt av september och augusti, se figur 8c. Veckovis är fredagar de dagar med högst genomsnittliga timvärden, se figur 8d. Mönstret bekräftas även i diagram och kalenderplottarna i bilaga 5.

**PM<sub>1</sub>** visar liknande dygnsvariationer som PM<sub>2,5</sub> med högre halter natt och morgon och lägre eftermiddagshalter, se figur 9a-b. De högsta månadsmedelhalterna observeras i februari, mars och september, följt av augusti, se figur 9c. Fredagar uppvisar de högsta nivåerna vad gäller de högsta genomsnittliga timmedelhalterna, se figur 9d, vilket också bekräftas i diagram och kalenderplottarna i bilaga 6.

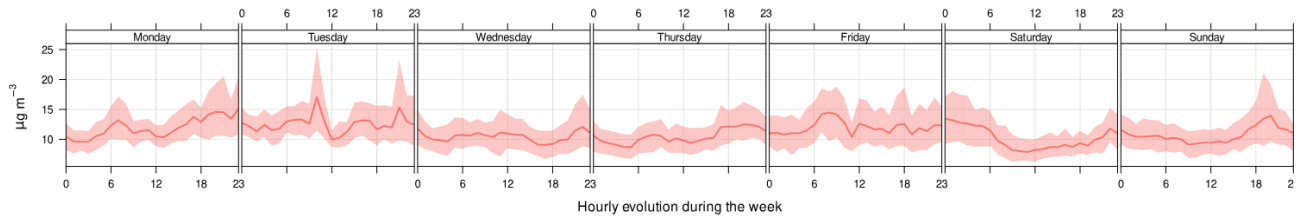
**NO<sub>2</sub>** varierar även det med veckodag, tid på dygnet och månad, se figur 10a. Under veckan ökar halterna på kvällarna och sjunker på morgnarna. De högsta nivåerna observerades mitt i natten, och med en tydlig förmiddagstopp vardagar (måndag–fredag) som minskas markant under helgen. När alla dagar kombineras syns ett dygnsmonster med lägsta halter runt lunchtid och en tydlig topp runt kl. 09.00 på morgonen, se figur 10b. De högsta NO<sub>2</sub>-halterna uppträder under årets kallaste månader, särskilt i januari, februari och mars, se figur 10c. Diagrammen och kalenderplottarna i bilaga 7 visar liknande mönster. Veckodagsvis är halterna som högst från måndag till fredag, och som lägst på söndagar, se figur 10d.

### Identifierade mönster i exponeringen

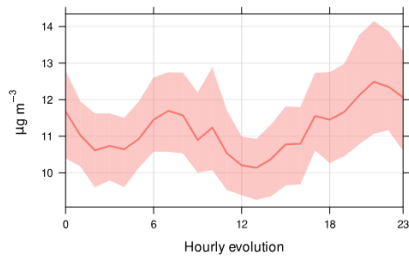
Halter av PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> och NO<sub>2</sub> uppvisar övergripande likartade variationer över dygn, vecka och år. För samtliga ämnen är nivåerna genomgående högre under morgon, kväll och natt, med lägre koncentrationer under eftermiddagstimmarna. Halterna är i allmänhet något högre under vardagar. Årsvariationen präglas av att NO<sub>2</sub> når sina högsta nivåer under vinter och tidig vår, särskilt i januari, februari och mars. Även partikelhalterna kulminerar under vinter och tidig vår, speciellt i februari och mars.

## Variationer i timmedelhalter för PM10

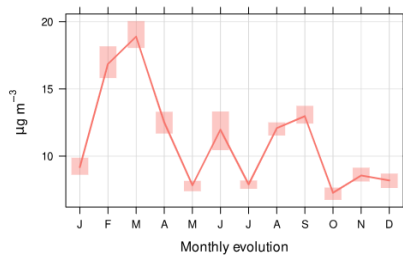
a)



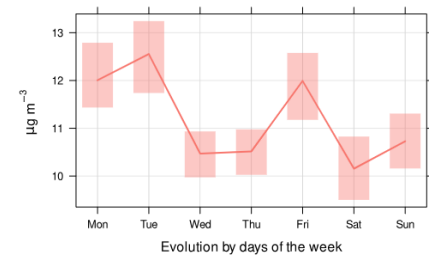
b)



c)



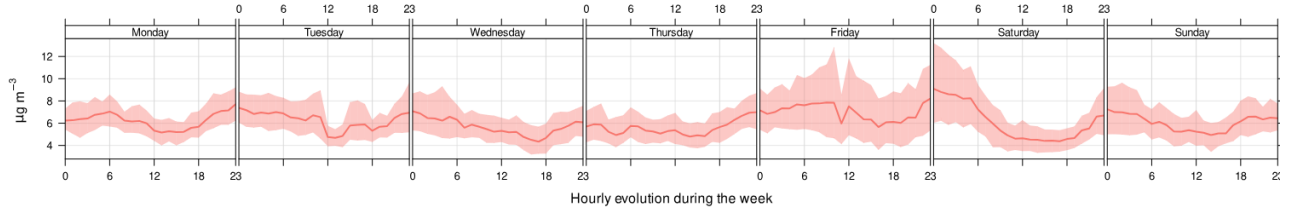
d)



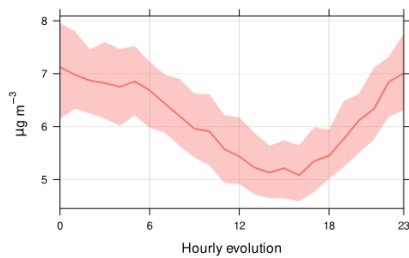
**Figur 7a-7d.** Variationer i PM10-halter vid förskolan under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Se metod för inkluderad data under mätperioden. Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Variationer i timmedelhalter för PM2,5

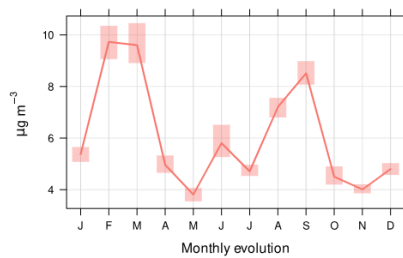
a)



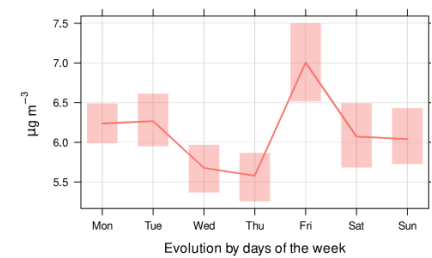
b)



c)

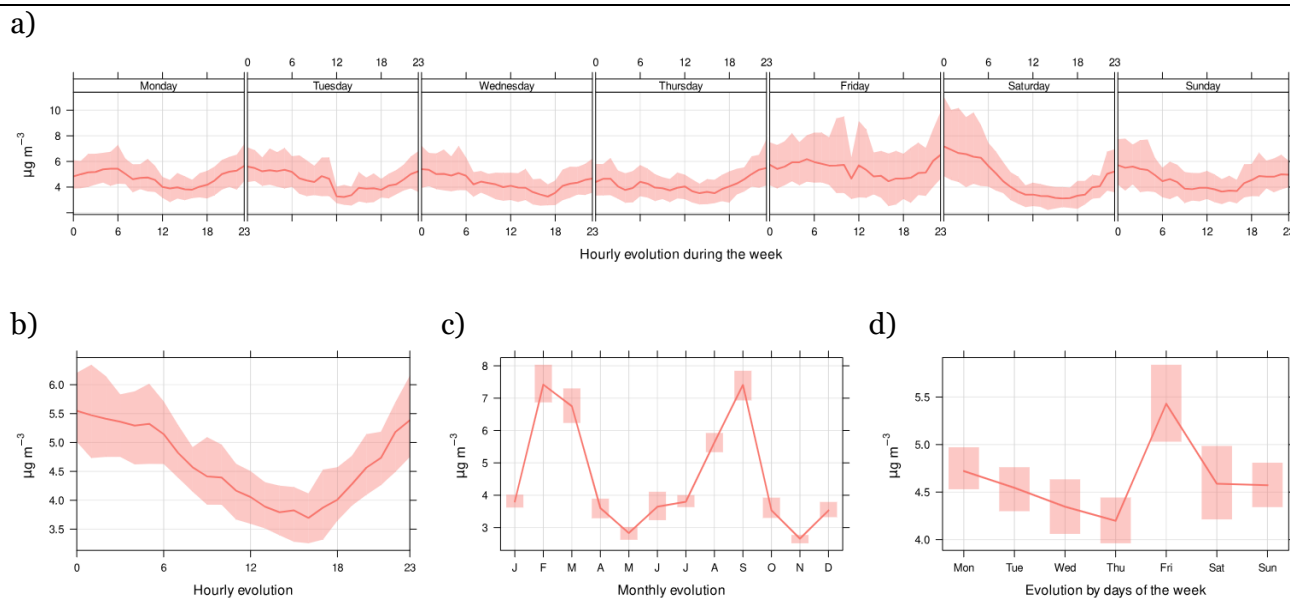


d)



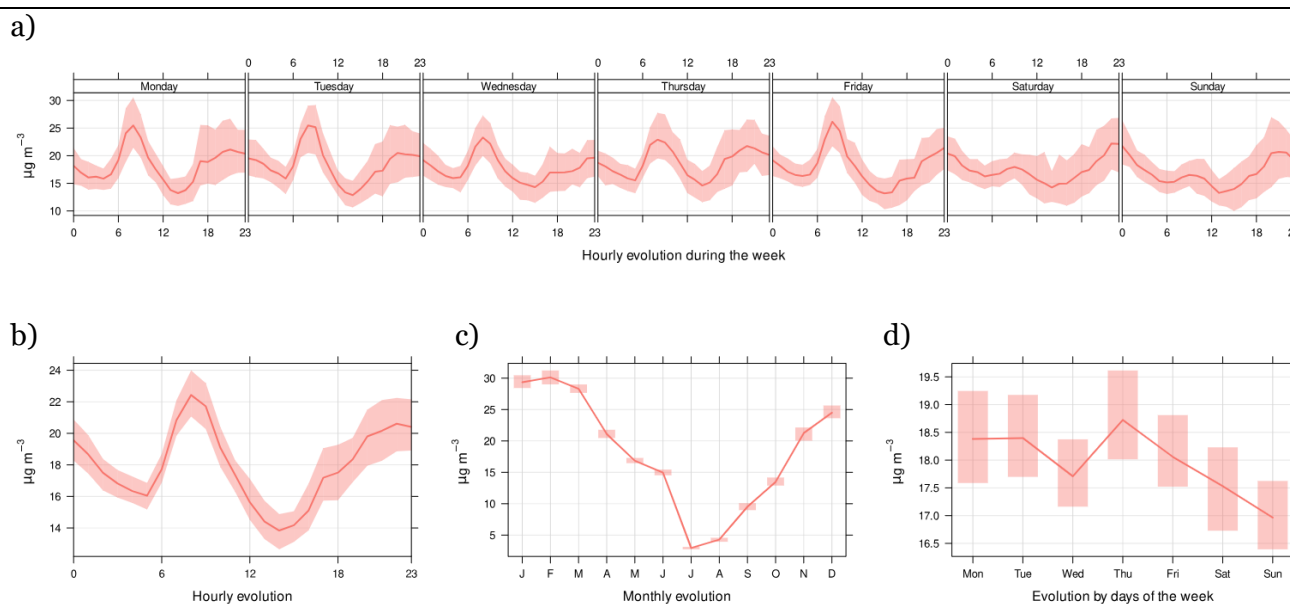
**Figur 8a-8d.** Variationer i PM2,5-halter vid förskolan under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Se metod för inkluderad data under mätperioden. Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Variationer i timmedelhalter för PM<sub>1</sub>



**Figur 9a-9d.** Variationer i PM<sub>1</sub>-halter vid förskolan under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Se metod för inkluderad data under mätperioden. Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Variationer i timmedelhalter för NO<sub>2</sub>



**Figur 11a-11d.** Variationer i NO<sub>2</sub>-halter vid förskolan under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Se metod för inkluderad data under mätperioden. Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Luftföroreningshalter under barns vistelsetid på förskolan

Halter av partiklar (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub>) samt NO<sub>2</sub> har beräknats som medelvärden under barnens möjliga vistelsetid på förskolan (kl. 06.00–18.00, måndag till fredag) samt som timmedelvärden. Eftersom dessa vistelsetidsvärden avser dagtid under vardagar, kan de inte direkt jämföras med de dygns- eller timmedelvärden som ligger till grund för miljö kvalitetsnormer (MKN och MKN 2030), miljö kvalitetsmål (MKM) eller WHO:s riktvärden. De ger dock en relevant indikation på barnens faktiska exponering under deras vistelsetid på förskolan. Nedan följer en sammanställning av resultaten för respektive luftförorening, med fokus på barnens exponering.

### PM<sub>10</sub>

PM<sub>10</sub>-medelvärdena för barnens vistelsetid varierade mellan 1,6 µg/m<sup>3</sup> till 69 µg/m<sup>3</sup> och låg därmed vid flera tillfällen över gällande jämförande dygns norm- och riktvärden (MKN (50 µg/m<sup>3</sup>), MKN 2030 och WHO:s riktvärde (båda 45 µg/m<sup>3</sup>) samt MKM (30 µg/m<sup>3</sup>), se figur 12 och bilaga 8. Även NUT (25 µg/m<sup>3</sup>) och ÖUT (35 µg/m<sup>3</sup>) överskreds. Antalet överskridanden av svenska norm- och riktvärden låg inom det tillåtna, dock överskreds WHO:s riktvärde vid tre dagar beräknat som ett vistelsemedelvärde. Enligt WHO bör inte fler dygnsöverskridanden än tre till fyra ske för att skydda barnens hälsa. Förhöjda nivåer noterades främst i februari och mars.

Jämförelse med PM<sub>10</sub>-dygnsmedelvärdena visar att när barnens vistelsetid beaktades låg den maximala medelhalten högre än för det maximala ojusterade dygnsmedelvärdet (51 µg/m<sup>3</sup>). WHO:s riktvärde överskreds dessutom under fler dygn än i de ojusterade resultaten, där endast ett dygn överskred, se bilaga 3.

Timmedelvärdena uppnådde ett maximalt värde på 128 µg/m<sup>3</sup> under vistelsetiden men utan justeringen låg det på 160 µg/m<sup>3</sup>, se bilaga 3 och 8.

### PM<sub>2,5</sub>

PM<sub>2,5</sub>-halterna under barnens vistelsetid varierade mellan 0,59 µg/m<sup>3</sup> och 57 µg/m<sup>3</sup>, vilket innebar att nivåerna vid flera tillfällen översteg gällande norm- och riktvärden: MKN 2030 och MKM (båda 25 µg/m<sup>3</sup>) samt WHO:s riktvärde (15 µg/m<sup>3</sup>), se figur 13 och bilaga 8. Inga otillåtna överskridanden av MKN 2030 eller MKM noterades, men WHO:s riktvärde överskreds under nio dagar när värdena beräknades utifrån vistelsetiden. WHO rekommenderar att sådana överskridanden inte bör ske fler än tre till fyra gånger per år för att skydda barns hälsa. Förhöjda halter observerades framför allt under februari och mars.

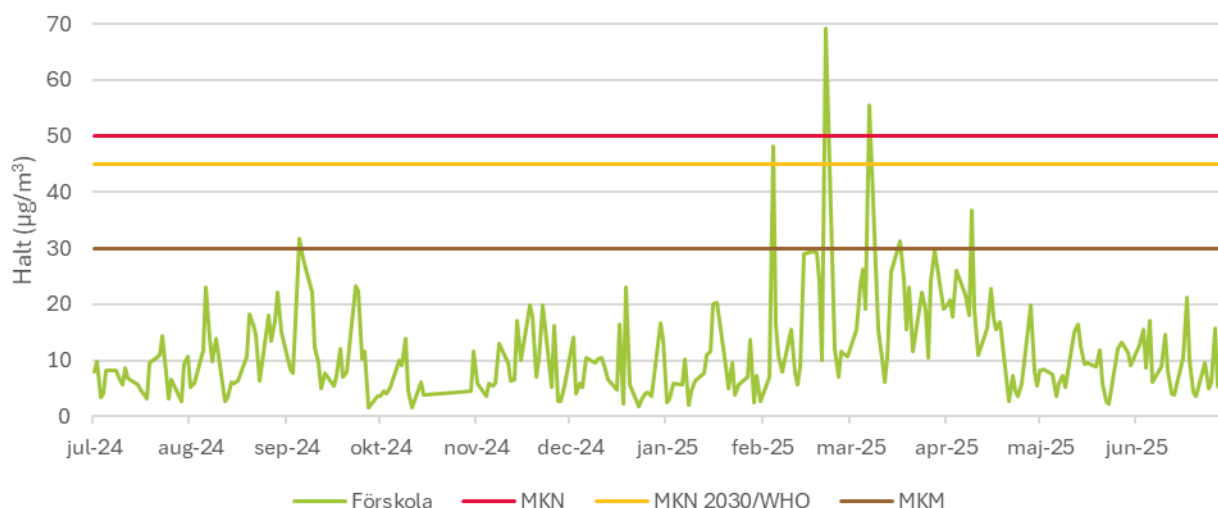
Vid en jämförelse med PM<sub>2,5</sub>-dygnsmedelvärdena framkom att den högsta medelhalten, när hänsyn togs till barnens vistelsetid, var betydligt högre än motsvarande ojusterade värden (37 µg/m<sup>3</sup>). Antalet dagar med överskridande av WHO:s riktvärde minskade dock jämfört med de ojusterade resultaten, där 19 dygn låg över riktvärdet, se bilaga 3.

För timmedelvärdena uppnåddes samma maximala nivå, 87 µg/m<sup>3</sup>, både för de justerade värdena under vistelsetid och för de ojusterade beräkningarna, se bilaga 3 och 8.

## PM<sub>1</sub>

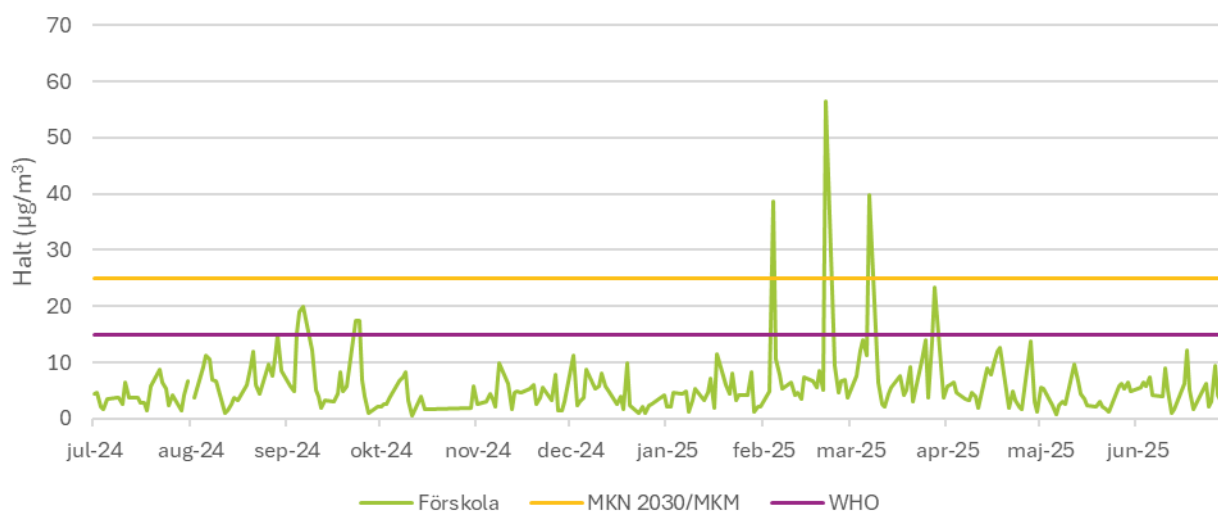
För PM<sub>1</sub>, som utgör de allra finaste partiklarna, varierade halterna sett som ett medelvärde under barnens vistelsetid mellan 0,19 µg/m<sup>3</sup> och 12 µg/m<sup>3</sup>, se figur 14 och bilaga 8. Jämfört med de ojusterade dygnsmedelvärdena så är dessa betydligt högre, med ett maximalt dygnsmedelvärde på 32 µg/m<sup>3</sup>, se bilaga 3. Timmedelvärdena var på samma nivå, med en maximal halt på 55 µg/m<sup>3</sup> både som ojusterade timmedelvärden och som timmedelvärden beräknade för barnens vistelsetid.

### Vistelsemedelvärden för PM<sub>10</sub>



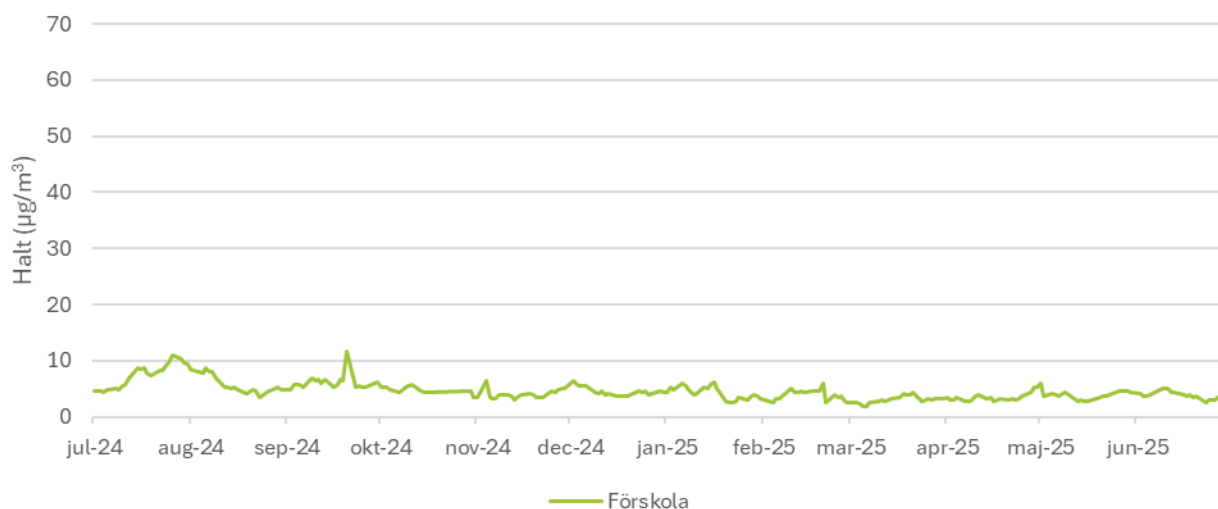
**Figur 12.** PM<sub>10</sub> vistelsemedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025 (ej 16 till 29 oktober 2024). Värden är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00. Den röda linjen visar MKN (50 µg/m<sup>3</sup>), den gula visar MKN 2030 samt WHO:s riktvärde (45 µg/m<sup>3</sup>) och den bruna MKM (30 µg/m<sup>3</sup>). Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

### Vistelsemedelvärden för PM<sub>2,5</sub>



**Figur 13.** PM<sub>2,5</sub> vistelsemedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025 (ej 16 till 29 oktober 2024). Värden är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00. Den gula linjen visar MKN 2030 samt MKM (25 µg/m<sup>3</sup>) och den lila WHO:s riktvärde (15 µg/m<sup>3</sup>). Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

### Vistelsemedelvärden för PM<sub>1</sub>



**Figur 14.** PM<sub>1</sub> vistelsemedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025 (ej 16 till 29 oktober 2024). Värden är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00. Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

### NO<sub>2</sub>

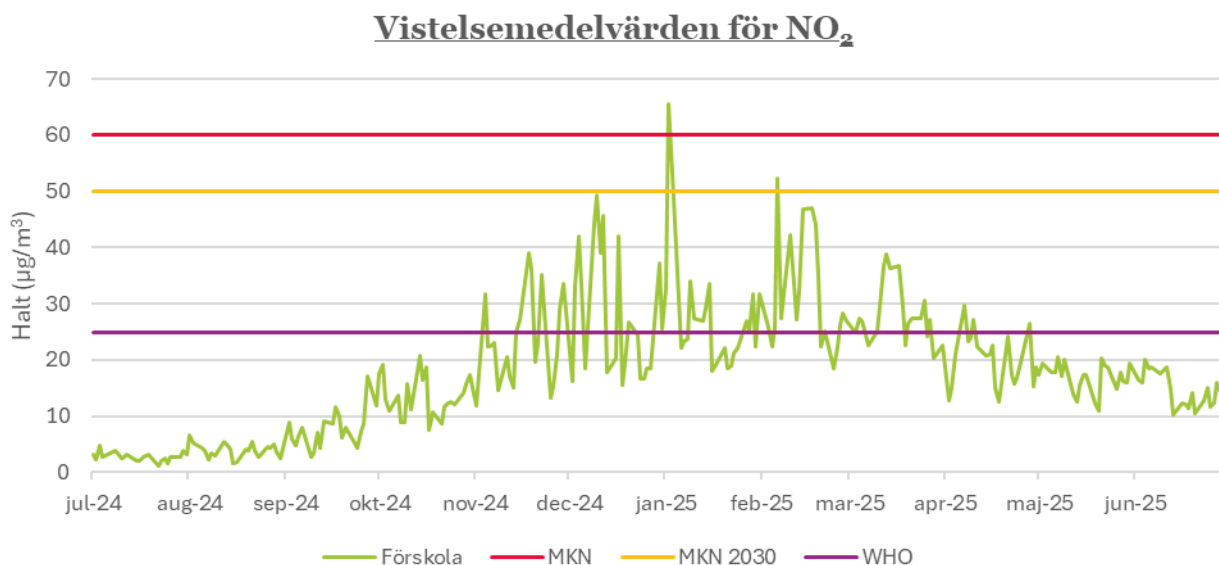
NO<sub>2</sub>-medelhalterna under barnens vistelsetid varierade mellan 1,23 µg/m<sup>3</sup> och 65 µg/m<sup>3</sup>, se figur 15 och bilaga 8. Vid flera tillfällen överskreds gällande norm- och riktvärden: MKN (60 µg/m<sup>3</sup>), MKN 2030 (50 µg/m<sup>3</sup>) samt WHO:s riktvärde (25 µg/m<sup>3</sup>). Även NUT (36 µg/m<sup>3</sup>) och ÖUT (48 µg/m<sup>3</sup>) överskreds. För NUT noterades överskridanden under 21 dagar, jämfört med sju tillåtna dygn.

Inga övriga otillåtna överskridanden av svenska norm- eller riktvärden förekom. Däremot överskreds WHO:s riktvärde under 65 dagar, beräknat som ett vistelsemedelvärde. WHO rekommenderar att sådana överskridanden inte bör inträffa fler än tre till fyra gånger per år för att skydda barns hälsa. Överskridanden skedde under november till april.

Vid en jämförelse med NO<sub>2</sub>-dygnsmedelvärdena framgår det att halterna var snarlika. Det ojusterade maximala dygnsmedelvärdet uppgick till 67 µg/m<sup>3</sup>, se bilaga 3. Antalet dagar med överskridande av WHO:s riktvärde minskade något jämfört med de ojusterade resultaten (77 dygn).

Timmedelhalterna för NO<sub>2</sub> varierade mellan 0,00 µg/m<sup>3</sup> och 110 µg/m<sup>3</sup>, se bilaga 8. Överskridanden registrerades för MKN (90 µg/m<sup>3</sup>), MKM (60 µg/m<sup>3</sup>) samt för både lägre och högre NUT (54 µg/m<sup>3</sup> och 100 µg/m<sup>3</sup>) och det lägre ÖUT (72 µg/m<sup>3</sup>), se tabell 3. Dessa överskridanden överskred inte det tillåtna antalet timmar per kalenderår, vilket är 175 timmar. Varken MKN 2030 eller WHO:s riktvärde (200 µg/m<sup>3</sup>) överskreds.

Jämfört med de ojusterade timmedelvärdena uppvisades liknande halter och mönster för överskridanden av norm- och riktvärden. Under barnens vistelsetid förekom dock inga överskridanden avseende timmedelvärden. För de ojusterade resultaten överskreds däremot det tillåtna antalet timmar för NUT (54 µg/m<sup>3</sup>), se bilaga 3.



**Figur 15.** NO<sub>2</sub> vistelsemedelvärden vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Värdena är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan klockan 06.00 och 18.00. Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

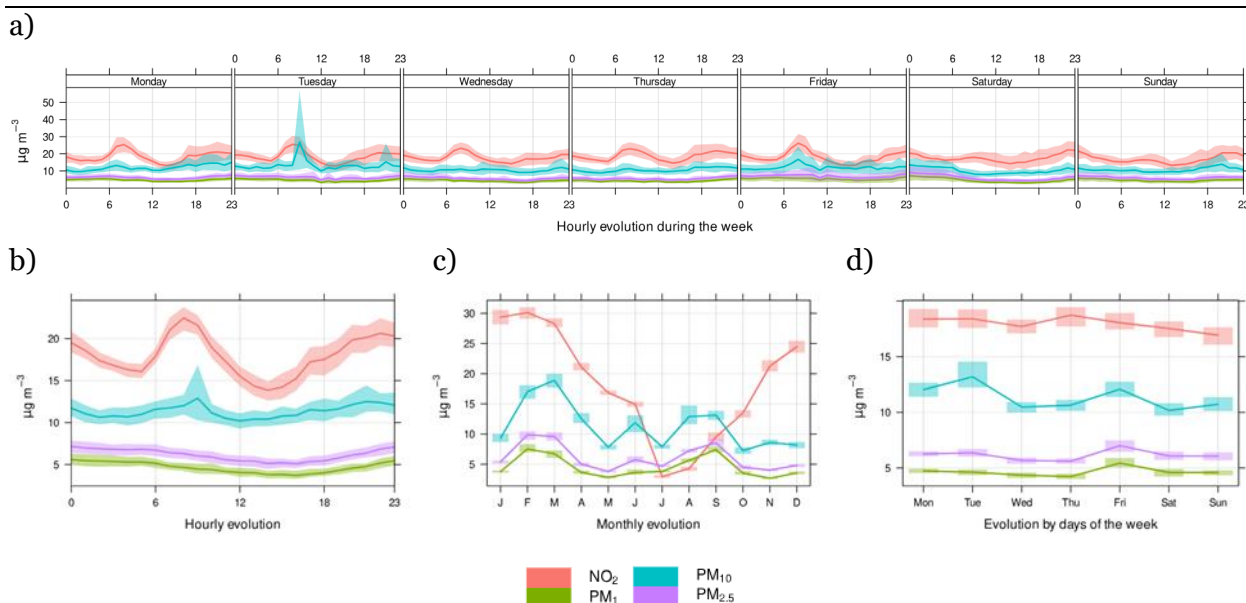
**Tabell 3.** Antal överskridanden av MKN, NUT, ÖUT samt MKM för NO<sub>2</sub> (timmedelvärden) vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Värdena är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00.

Överskridanden av norm- och riktvärden för NO <sub>2</sub> timmedelvärden för vistelsetid					
MKN (µg/m <sup>3</sup> )	Överskridanden av MKN (tim)	Tröskelvärde (NUT/ÖUT µg/m <sup>3</sup> )	Överskridanden av NUT/ÖUT (tim)	MKM (µg/m <sup>3</sup> )	Överskridanden av MKM (tim)
90	9	54 (NUT)	85	60	64
		72 (ÖUT)	33		
		100 (högre NUT)	3		
		140 (högre ÖUT)	0		

## Samband mellan variationer av partikel- och kvävedioxidhalter

Halterna av samtliga mätta partiklar (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub>) följer samma trend under mätperioden, se figur 16a-16d. De olika partikelfraktionerna uppvisar ofta samtidigt förhöjda halter och likartade variationer över tid. I figurerna framgår det också att kurvorna för PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub> ofta ligger mycket nära varandra, där PM<sub>2,5</sub> generellt endast ligger marginellt över PM<sub>1</sub>. Samvariation kan även observeras mellan partiklar och NO<sub>2</sub>.

### Variationer av timmedelhalter för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> och NO<sub>2</sub>



**Figur 16a-d.** Variationer i PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> och NO<sub>2</sub>-halter vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Se metod för inkluderad data under mätperioden. Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Diskussion

Indikativa luftkvalitetsmätningar som genomförts på en trafiknära förskolegård i Karlskoga under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025 visar att de uppmätta halterna av luftföroreningar låg inom gällande svenska miljökvalitetsnormer. Däremot överskreds Världshälsoorganisationens (WHO:s) hälsobaserade riktvärden för partiklar (PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub>) samt kvävedioxid (NO<sub>2</sub>). Jämförelsen med WHO:s mer hälsoskyddande riktvärden ger en tydligare och mer nyanserad bild av luftkvaliteten och dess möjliga hälsoeffekter. Enligt WHO:s bedömningar kan de uppmätta nivåerna innebära en potentiell hälsorisk, särskilt för barn, som är extra känsliga för luftföroreningarnas påverkan.

För PM<sub>10</sub> låg årsmedelvärdet under svenska miljökvalitetsnormer. Dygnsmedelhalterna överskred WHO:s hälsobaserade riktvärde endast under ett dygn, vilket är under den rekommenderade gränsen på högst tre till fyra dygn per år. För PM<sub>2,5</sub> var situationen något mer problematisk. Även om årsmedelvärdet låg under den svenska normen, överskreds WHO:s årsmedelvärde med cirka 1 µg/m<sup>3</sup>. Därtill förekom överskridanden av WHO:s dygnsmedelvärde under 19 dygn, vilket är betydligt fler än den rekommenderade gränsen. Här sågs även överskridanden av NUT för dygns och timmedelhalter. För PM<sub>1</sub> saknas i dagsläget officiella riktvärden, vilket försvårar bedömningen av dess betydelse ur ett hälsoperspektiv. För NO<sub>2</sub> låg årsmedelvärdet under den svenska miljökvalitetsnormen men nästan dubbelt över WHO:s rekommenderade nivå. Dygnsmedelhalterna överskred WHO:s riktvärde under 77 dygn, huvudsakligen under perioden november till april. Även här låg antalet överskridanden långt över WHO:s rekommendation om högst tre till fyra tillfällen per år. Detta indikerar att trots att lagstiftningen efterlevs enligt svenska normer kan hälsopåverkan inte uteslutas, särskilt under kalla årstider då luftföroreningshalterna tenderar att vara högre.

När halterna beräknades utifrån barnens möjliga vistelsetid på förskolan (vardagar kl. 06.00 till 18.00) framkom det att WHO:s riktvärde överskreds tre gånger för PM<sub>10</sub>, nio gånger för PM<sub>2,5</sub> och 65 gånger för NO<sub>2</sub>. Dessa resultat visar att barnen kan exponeras för förhöjda halter under sin vistelse på förskolan, men att nivåerna generellt är något lägre än de som erhålls vid beräkningar som inkluderar hela dygnet. Att antalet överskridanden är något lägre under vistelsetiden beror sannolikt på att de högsta halterna ofta uppträder under kvälls- och nattetid, när barnen inte vistas på förskolan. Även om halterna under vistelsetiden inte kan jämföras direkt med gällande normer eller riktvärden och mätningarna bygger på indikativa metoder, ger resultaten ändå värdefull information om barns faktiska exponering och den lokala luftkvaliteten.

Föroreningshalterna var generellt högre under nätter, morgnar, vardagar och kalla perioder, vilket delvis kan kopplas till trafik och ökat behov av uppvärmning. PM<sub>10</sub> bildas främst genom vägbaneslitage, medan finare partiklar och NO<sub>2</sub> uppstår vid olika förbränningsprocesser [6, 8]. Under kalla och stilla nätter kan dessutom inversioner uppstå, vilket tillfälligt höjer halterna nära marknivå [10, 11]. Partikelfraktionerna uppvisade en tydlig samvariation, där PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub> följde i stort sett samma mönster, och ett liknande samband kunde observeras för NO<sub>2</sub>. Vid jämförelse med tidigare mätningar var dygnsmedelhalterna på den trafiknära förskolegården i Karlskoga högre än på två förskolegårdar i Örebro 2023 till 2024, där luftföroreningarna inte bedömdes utgöra någon hälsorisk eftersom inga överskridanden av WHO:s riktvärden förekom

[2]. Nivåerna på förskolegården ligger i nivå med Rådhuset i Örebro 2024 till 2025 [1]. Detta tyder på att luftföroreningsnivåerna påverkas av en kombination av lokala, regionala och mer avlägsna källor, i samspel med rådande väderförhållanden, snarare än av enbart trafik eller industri i närområdet. Resultatet visar också att variationer mellan olika år kan förekomma, vilket också bekräftas av mätningar av regionala bakgrundsmätningar av luftföroreningar [72].

Förskolornas placering har stor betydelse för barns exponering för luftföroreningar. Förskolor som ligger nära trafikerade vägar tenderar att ha högre nivåer av luftföroreningar som NO<sub>2</sub> och PM<sub>10</sub>, men halterna minskar i takt med att avståndet från vägarna ökar och vid förekomst av skyddande inslag som byggnader, träd och vegetation. Grönska på förskolegårdar bidrar inte bara till renare luft utan även till en lugnare miljö och svalare mikroklimat samt skyddar mot solens skadliga UV-strålning och minskar buller [38, 60, 67]. För att minimera barns exponering för luftföroreningar bör förskolor placeras med god marginal till trafikerade vägar, och inte i vindriktning från större utsläppskällor. Samtidigt bör utformningen av bullerskärmar planeras med omsorg, eftersom felaktigt placerade skärmar kan försämra luftcirkulationen och därmed leda till förhöjda halter av luftföroreningar [38, 40, 41]. Redan i planeringsstadiet kan datormodeller användas för att simulera hur olika scenarier, till exempel närhet till vägar och utformning av bebyggelse, påverkar luftkvaliteten [73]. Det är också viktigt att komma ihåg att barns totala exponering för luftföroreningar sker både utomhus och inomhus, både i hemmet och på förskolan. Halterna inomhus är ofta lägre, men påverkas ändå av utomhusluften.

För att främja en god luftkvalitet krävs fortsatt övervakning och aktiva åtgärder för förskolegårdar, där bevarande och utökning av grönska, särskilt stora träd, spelar en avgörande roll. Träd fångar upp partiklar och andra luftföroreningar och kan fungera som naturliga barriärer mot luftföroreningar. Eftersom det tar tid för träd att växa sig stora, är det viktigt att plantera dem i god tid. Stora träd är särskilt effektiva när det gäller att erbjuda de ekosystemtjänster som bidrar till en förbättrad luftkvalitet [59, 62, 64].

Sammantaget visar resultaten att luftkvaliteten på den trafikbärande förskolegården överskrider WHO:s riktlinjer för en hälsosam utomhusmiljö. Särskilt för NO<sub>2</sub> framträder en tydlig skillnad mellan svenska normer och WHO:s hälsobaserade gränser, vilket understryker behovet av att tolka resultaten i ett hälsoperspektiv snarare än enbart i relation till lagstiftade normer. Det är avgörande att hålla föroreningshalterna låga, särskilt för barn, som är mer utsatta för luftföroreningar än vuxna och därför löper större risk för hälsoproblem [24, 26]. Flera studier visar att förbättrad luftkvalitet leder till mindre och förbättrad astma och bättre lungfunktion hos barn [57, 74, 75]. Forskning visar också samband mellan luftföroreningar och ökad sjukfrånvaro. Samtidigt framgår att även små minskningar av luftföroreningshalterna kan leda till färre sjukdomar som är kopplade till luftföroreningar. Detta ger i sin tur minskade kostnader för samhället, bland annat genom minskade sjukskrivningar, färre vårdbesök och mindre behov av VAB [45, 50-52, 68]. Eftersom barn ofta vistas utomhus på förskolan och inte själva kan välja var de befinner sig, är det extra viktigt att dessa miljöer har så låg föroreningsnivå som möjligt. En förbättrad luftkvalitet bidrar till bättre hälsa och livskvalitet för barn och understryker vikten av att hålla föroreningsnivåerna under WHO: hälsobaserade riktvärden.

## **Slutsats**

Denna studie från Arbets- och miljömedicin syftar till att undersöka luftkvaliteten på en trafiknära förskolegård och främja en hälsosam utomhusmiljö för barn. Resultaten visar att luftkvaliteten på förskolegården uppfyller svenska miljökvalitetsnormer men överskrider WHO:s rekommenderade nivåer för PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> och NO<sub>2</sub>, vilket enligt WHO innebär en hälsorisk.

Det är viktigt att halterna hålls så låga som möjligt eftersom inga säkra nivåer har fastställts. För att skydda barns hälsa krävs fortsatt övervakning av luftkvaliteten och konkreta insatser, bland annat att minska trafikintensiteten nära förskolor och satsningar på att bevara och öka grönskan, särskilt stora träd som bidrar till renare luft och en hälsosammare miljö. Vid planering av nya förskolor bör särskild hänsyn tas till avståndet till trafikerade vägar och vindriktningar, och grönska bör integreras för att förbättra luftkvaliteten ytterligare. Genom sådana åtgärder kan vi bidra till en mer hälsosam utomhusmiljö för barn, både nu och på längre sikt.

## Referenser

1. Arbets- och miljömedicin Region Örebro län, *Luftföroreningar i Örebro stad*. 2025.
2. Arbets- och miljömedicin Region Örebro län, *Luftföroreningar vid två förskolor i Örebro*. 2025.
3. Klemetz, V., et al., *Nationell luftövervakning : Sakrapport med data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m 2023*, in *C-rapport*. 2025, IVL Svenska Miljöinstitutet: Göteborg.
4. Naturvårdsverket, *Luftguiden. Handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft. Version 4*. 2019, Bromma.
5. Naturvårdsverket, *Luft och miljö 2015 - Arktis*. 2015.
6. Naturvårdsverket. *Fakta om kväveoxider i luft*. 2024-12-12].
7. Naturvårdsverket. *Fakta om partiklar i luft*. 2024 -02-21]; Available from: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/luftfororeningar-och-dess-effekter/fakta-om-partiklar-i-luft-pm25-och-pm10/>.
8. Naturvårdsverket, *Luft & miljö – Partiklar. Om luftmiljö och svensk luftövervakning 2023*. 2023.
9. Karlsson N., E.H., *Samband mellan luftföroreningar och klimatfaktorer – En statistisk undersökning*, in *Halmstad Högskola, sektionen för ekonomi och teknik, SET Halmstad maj 2008 , Examensarbete i miljövetenskap*,. 2008.
10. Wallace, J. and P. Kanaroglou, *The effect of temperature inversions on ground-level nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) using temperature profiles from the Atmospheric Infrared Sounder (AIRS)*. *Sci Total Environ*, 2009. 407(18): p. 5085-95.
11. Xu, T., et al., *Temperature inversions in severe polluted days derived from radiosonde data in North China from 2011 to 2016*. *Sci Total Environ*, 2019. 647: p. 1011-1020.
12. *Night-time clues to pollution*. *Nature Geoscience*, 2023. 16(3): p. 193-193.
13. IVL Svenska Miljöinstitutet, *Objektiva skattningar för Värmlands och Örebro län 2023*. 2024. Rapportnummer: U6861.
14. Årjängs kommun, *Objektiv skattning av luftkvalitet för 2021 –Årjängs kommun*. 2022. (i bilaga).
15. Karlskoga kommun. 2025 2025-11-11]; Available from: <https://karlskoga.se/kommun--politik/kommunfakta/om-karlskoga>.
16. Naturvårdsverket, *Frisk luft - Fördjupad utvärdering av miljömålen 2023*. RAPPORT 7067 | NOVEMBER 2022. 2022, Bromma.
17. Naturvårdsverket, *Frisk luft*, in *Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019. En sammanfattning*. 2019: Bromma.
18. World Health Organization (WHO), *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. 2021, Geneva.
19. Naturvårdsverket, *Luftguiden- Handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft, version 4*. . 2019.
20. Naturvårdsverket. *Sveriges miljömål*. Available from: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/>.
21. Arbets- och miljömedicin Region Örebro län, *Miljö och hälsa 2018 - Regional miljöhälsorapport för Södermanlands, Värmlands, Örebro och Västmanlands län*. 2018.
22. Naturvårdsverket, S., *Om luftföroreningar och luftföroreningars effekter. Forskning för politiska beslut i Sverige och Europa*. 2013.
23. Centrum för arbets- och miljömedicin Stockholms Läns Landsting, *Luftföroreningar och hälsa*. 2006.

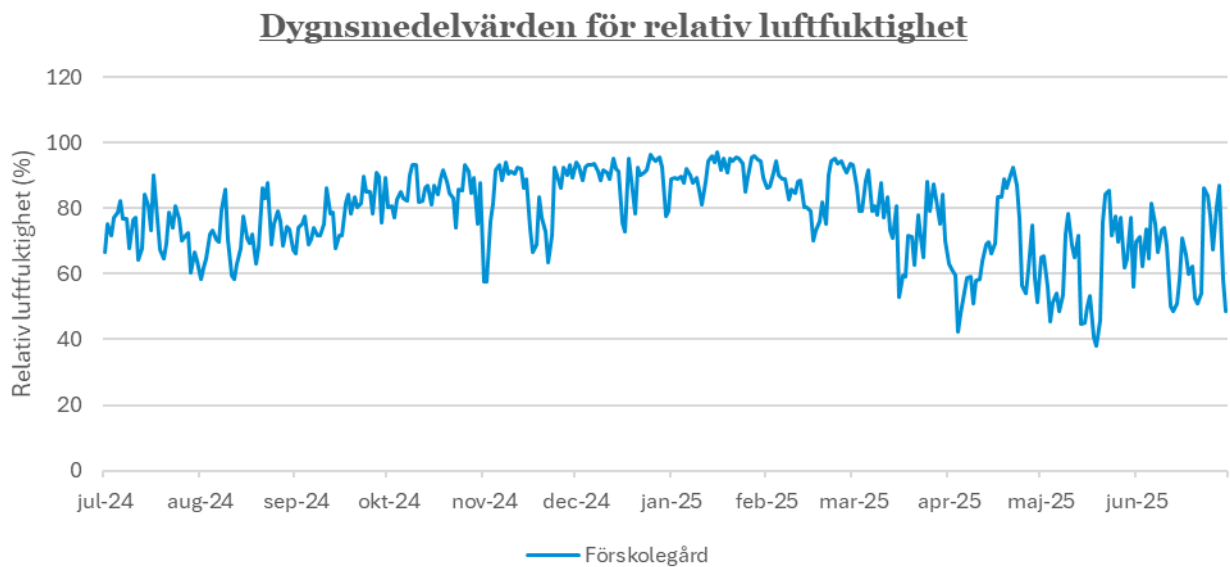
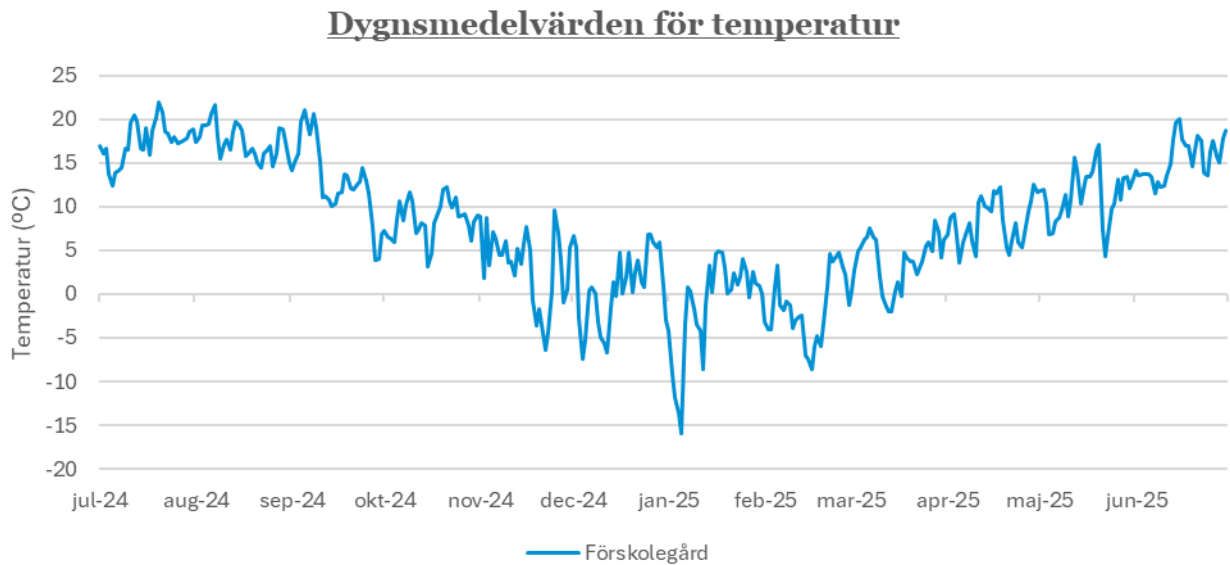
24. Schultz, E.S., A.A. Litonjua, and E. Melén, *Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution on Lung Function in Children*. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2017. 17(6): p. 41.
25. Ginsberg, G.L., B.P. Foos, and M.P. Firestone, *Review and analysis of inhalation dosimetry methods for application to children's risk assessment*. *J Toxicol Environ Health A*, 2005. 68(8): p. 573-615.
26. Naturvårdsverket, *Luft & miljö - Barns hälsa. Om luftmiljön och svensk luftövervakning*. 2017.
27. Centrum för arbets- och miljömedicin & Arbets- och miljömedicin Göteborg, *Luftföroreningar och hälsa. Faktablad*. 2018.
28. Brockmeyer, S. and A. D'Angiulli, *How air pollution alters brain development: the role of neuroinflammation*. *Transl Neurosci*, 2016. 7(1): p. 24-30.
29. Lopuszanska, U. and M. Samardakiewicz, *The Relationship Between Air Pollution and Cognitive Functions in Children and Adolescents: A Systematic Review*. *Cogn Behav Neurol*, 2020. 33(3): p. 157-178.
30. Landrigan, P.J., et al., *The Lancet Commission on pollution and health*. *Lancet*, 2018. 391(10119): p. 462-512.
31. Institutet för miljömedicin, *Miljöhälsorapport 2017*, Folkhälsomyndigheten, Editor. 2017.
32. Valavanidis, A., K. Fiotakis, and T. Vlachogianni, *Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms*. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev*, 2008. 26(4): p. 339-62.
33. Delfino, R.J., C. Sioutas, and S. Malik, *Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health*. *Environ Health Perspect*, 2005. 113(8): p. 934-46.
34. Hu, Y., et al., *Influence of PM1 exposure on total and cause-specific respiratory diseases: a systematic review and meta-analysis*. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022. 29(10): p. 15117-15126.
35. Wu, Q.Z., et al., *Ambient Airborne Particulates of Diameter  $\leq 1 \mu\text{m}$ , a Leading Contributor to the Association Between Ambient Airborne Particulates of Diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  and Children's Blood Pressure*. *Hypertension*, 2020. 75(2): p. 347-355.
36. Karolinska Institutet - Institutet för miljömedicin (IMM). *Kväveoxider 2014* [cited 2024 Februari 21]; Available from: <http://ki.se/imm/kvaveoxid>.
37. Stroh, E., Isaxon, C., Oudin, A., Malmqvist, E., *Luftföroreningshalter på förskolegårdar*, L.u. Arbets- och miljömedicin Syd, Editor. 2021.
38. IVL Svenska Miljöinstitutet, *Vägledning för arbete med renare luft och mindre buller på förskolegårdar*. 2023.
39. Stroh, E., *Luftkvalitén i barns utemiljö – en kunskapsinventering*. 2019, Lunds Universitet: Lund. p. 22.
40. Lindén, J., et al., *Location, location, location—A study of factors affecting air quality in Swedish preschool yards*. *Sustainable Cities and Society*, 2024. 113: p. 105683.
41. Nilsson F, *Bullerskärmarns inverkan på omkringliggande luftkvalitet. Mätningar och modelleringar av NOx*. Stockholms universitet, Institutionen för miljö- och hälsoskydd, 2020.
42. Naturvårdsverket, *Vägledning om buller från väg- och spårtrafik på skolgårdar*. 2023.
43. Stansfeld, S. and C. Clark, *Health Effects of Noise Exposure in Children*. *Curr Environ Health Rep*, 2015. 2(2): p. 171-8.
44. Fernández-Quezada, D., et al., *The Influence of Noise Exposure on Cognitive Function in Children and Adolescents: A Meta-Analysis*. *NeuroSci*, 2025. 6(1).
45. IVL Svenska Miljöinstitutet, G., M., Lindén, J., Forsberg, B., Åström, S. and Johansson, E., *Quantification of population exposure to NO2, PM2.5 and PM10 and estimated health impacts 2019*. 2022.

46. Gong, C., et al., *Role of urban vegetation in air phytoremediation: differences between scientific research and environmental management perspectives*. npj Urban Sustainability, 2023. 3(1): p. 24.
47. Spencer-Hwang, R., et al., *Adverse health outcomes in early childhood (birth to 5 years) and ambient air pollutant exposures: a systematic review*. Air Quality, Atmosphere & Health, 2023. 16(5): p. 913-944.
48. MacIntyre, E.A., 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): p. 107-13.
49. Mehta, S., et al., *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): p. 69-83.
50. Kriit, H.K., B. Forsberg, and J. Nilsson Sommar, *Increase in sick leave episodes from short-term fine particulate matter exposure: A case-crossover study in Stockholm, Sweden*. Environmental Research, 2024. 244: p. 117950.
51. Ekström, S., et al., *Asthma Is Associated With Increased Sickness Absence Among Young Adults*. J Allergy Clin Immunol Pract, 2024. 12(9): p. 2364-2371.e5.
52. Yang, F., et al., *Caregiver burden among parents of school-age children with asthma: a cross-sectional study*. Frontiers in Public Health, 2024. Volume 12 - 2024.
53. Sullivan, P., et al., *School absence and productivity outcomes associated with childhood asthma in the USA*. J Asthma, 2018. 55(2): p. 161-168.
54. Merghani, M.M., et al., *Asthma-related school absenteeism: Prevalence, disparities, and the need for comprehensive management: A systematic review and meta-analysis*. Dialogues in Health, 2025. 7: p. 100239.
55. Oudin, A., E. Flanagan, and B. Forsberg, *Projected health benefits of air pollution reductions in a Swedish population*. Scandinavian Journal of Public Health. 0(0): p. 14034948241264099.
56. Kilbo Edlund, K., et al., *High-resolution dispersion modelling of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> exposure in metropolitan areas in Sweden 2000–2018 – large health gains due to decreased population exposure*. Air Quality, Atmosphere & Health, 2024. 17(8): p. 1661-1675.
57. Yu, Z., et al., *Associations of improved air quality with lung function growth from childhood to adulthood: the BAMSE study*. Eur Respir J, 2023. 61(5).
58. Vashist, M., T.V. Kumar, and S.K. Singh, *Assessment of air quality benefits of vegetation in an urban-industrial region of India by integrating air monitoring with i-Tree Eco model*. CLEAN – Soil, Air, Water, 2024. 52(7): p. 2300198.
59. Gustafsson, M.S.M., et al., *Well-planned greenery improves urban air quality - modelling the effect of altered airflow and pollutant deposition*. Atmospheric Environment, 2024. 338: p. 120829.
60. Folkhälsomyndigheten, *Lagom sol och mer grönska. Utemiljöer i förskola och grundskola som främjar barns hälsa*. 2024.
61. Strålsäkerhetsmyndigheten. *Planera för sol och skugga på förskolegårdar och skolgårdar*. 2024 [2025-10-24]; Available from: <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/sol-och-solarier/rad-och-rekommendationer/planera-for-sol-och-skugga-pa-forskolegardar-och-skolgardar/>.
62. Boverket. *Urbana träd och ekosystemtjänster*. 2019 Hämtad 2025-10-23].
63. SLU Sveriges Lantbruksuniversitet, *i-Tree Sverige. För strategiskt arbete med träd ekosystemtjänster*. 2020.
64. SLU Sveriges Lantbruksuniversitet, J.H., *Vegetation som luftfilter i urban miljö*. 2011.
65. Janhäll, S., *Review on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion*. Atmospheric Environment, 2015. 105: p. 130-137.
66. Girotti, C., et al., *A study on the impact of street trees on PM<sub>10</sub> dispersion in urban areas using the Graz Lagrangian Model*. npj Clean Air, 2025. 1(1): p. 20.

67. Folkhälsomyndigheten, *Grönskans kvaliteter och barns hälsa - Kunskapsunderlag om barns hälsa och utveckling vid vistelse i gröna miljöer med fokus på ekosystemtjänster*. 2024.
68. Folkhälsomyndigheten, *Friskare luft ger friskare barn. Kunskapssammanställning om betydelsen av god luftkvalitet i förskole- och skolmiljö*. 2025.
69. Kunak Technologies SL. *Kunak AIR Pro User Manual*. [cited 2025 Februari 4]; Available from: [https://kunakair.com/doc/08.Manuals/html/Kunak\\_Air\\_Pro\\_UserManual\\_EN.html](https://kunakair.com/doc/08.Manuals/html/Kunak_Air_Pro_UserManual_EN.html).
70. Kunak Technologies SL. *Datasheet Kunak Air*. [cited 2025 Januari 21]; Available from: <https://kunakair.com/air-quality-monitor/>.
71. Naturvårdsverkets författningssamling, *NFS 2019:9. Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet*. 2019.
72. Naturvårdsverket, *Luft. Data och statistik inom luftområdet*.
73. Lindén, J., et al., *Luftkvalitet i stadsutvecklingsprocessen Del två: effekten på luftkvaliteten av olika utformning av bebyggelse och vegetation, in C-rapport*. 2019, IVL Svenska Miljöinstitutet.
74. Gauderman, W.J., et al., *Association of improved air quality with lung development in children*. *N Engl J Med*, 2015. 372(10): p. 905-13.
75. Renzetti, G., et al., *Less air pollution leads to rapid reduction of airway inflammation and improved airway function in asthmatic children*. *Pediatrics*, 2009. 123(3): p. 1051-8.

## Bilaga 1. Temperatur och relativ luftfuktighet

Diagrammen visar temperatur och relativ luftfuktighet presenterade som dygnsmedelvärden under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025 på förskolegården.



## Bilaga 2. Årsmedelvärden PM10, PM2,5, PM1 och NO<sub>2</sub>

Uppmätta min-, max-, median- och medelvärden samt standardavvikelse (SD) redovisas för PM10, PM2,5, PM1 samt NO<sub>2</sub> på förskolegården under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Resultaten inkluderar inte data mellan 16 och 28 oktober 2024. MKN, MKM, WHO:s riktvärde och MKN 2030 visas också. Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

Årsmedelvärden för PM10, PM2,5, PM1 och NO <sub>2</sub>								
Uppmätta halter (µg/m <sup>3</sup> )					Norm- och riktvärden (µg/m <sup>3</sup> )			
Min	Max	Median	Medel	SD	MKN	MKN 2030	MKM	WHO
<b>PM10</b>								
0,24	670	8,1	11	11	40	20	15	15
<b>PM2,5</b>								
0,13	87	4,4	6,1	6,1	25	10	10	5
<b>PM1</b>								
0,090	56	2,9	4,6	5,1	-	-	-	-
<b>NO<sub>2</sub></b>								
0	141	17	18	14	40	20	20	10

## Bilaga 3. Dygns- och timmedelvärden PM10, PM2,5, PM1 och NO<sub>2</sub>

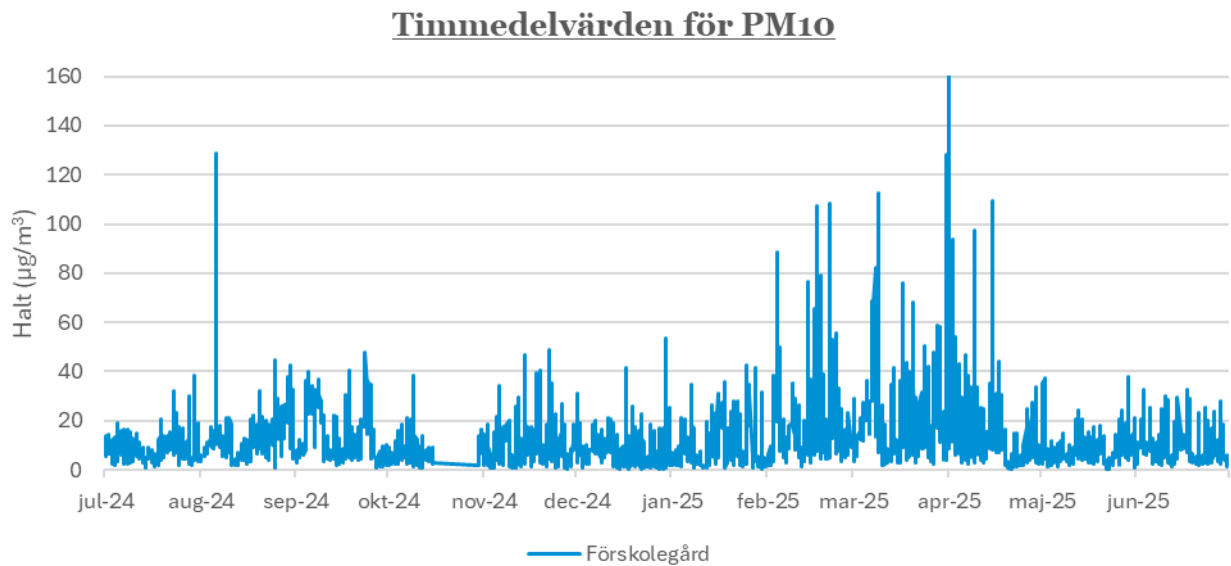
Tabellen visar dygns- och timmedelvärden för PM10, PM2,5, PM1 samt NO<sub>2</sub> på förskolegården under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Resultaten inkluderar inte data mellan 16 och 28 oktober 2024. Uppmätta min- och maxvärden samt antal överskridanden av MKN, MKN 2030, WHO:s riktvärde och MKM redovisas i dygn respektive timmar. Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>. Fet text indikerar överskridanden av respektive norm- eller riktvärde.

Dygns- och timmedelvärden för PM10, PM2,5, PM1 och NO <sub>2</sub>														
Uppmätta halter (µg/m <sup>3</sup> )			Norm- och riktvärden (µg/m <sup>3</sup> ) samt överskridanden (antal dygn eller timmar)											
Medelvärdesperiod	Min	Max	MKN	> MKN	NUT	> NUT	ÖUT	> ÖUT	MKN 2030	> MKN 2030	MKM	> MKM	WHO	> WHO
<b>PM10</b>														
Dygn	1,5	51	50	1 dygn	25	19 dygn	35	4 dygn	45	1 dygn	30	9 dygn	45	1 dygn
Timme	0,34	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>PM2,5</b>														
Dygn	0,93	37	-	-	-	-	-	25	3 dygn	25	3 dygn	15	<b>19 dygn</b>	-
Timme	0,19	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>PM1</b>														
Dygn	0,55	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Timme	0,10	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>NO<sub>2</sub></b>														
Dygn	0,67	67	60	2 dygn	36	<b>20 dygn</b>	48	6 dygn	50	4 dygn	-	-	25	<b>77 dygn</b>
Timme	0	120	90	24 tim	54	<b>215 tim</b>	72	76 tim	200	0 tim	60	151 tim	200	0 tim
					100	9 tim	140	0 tim						

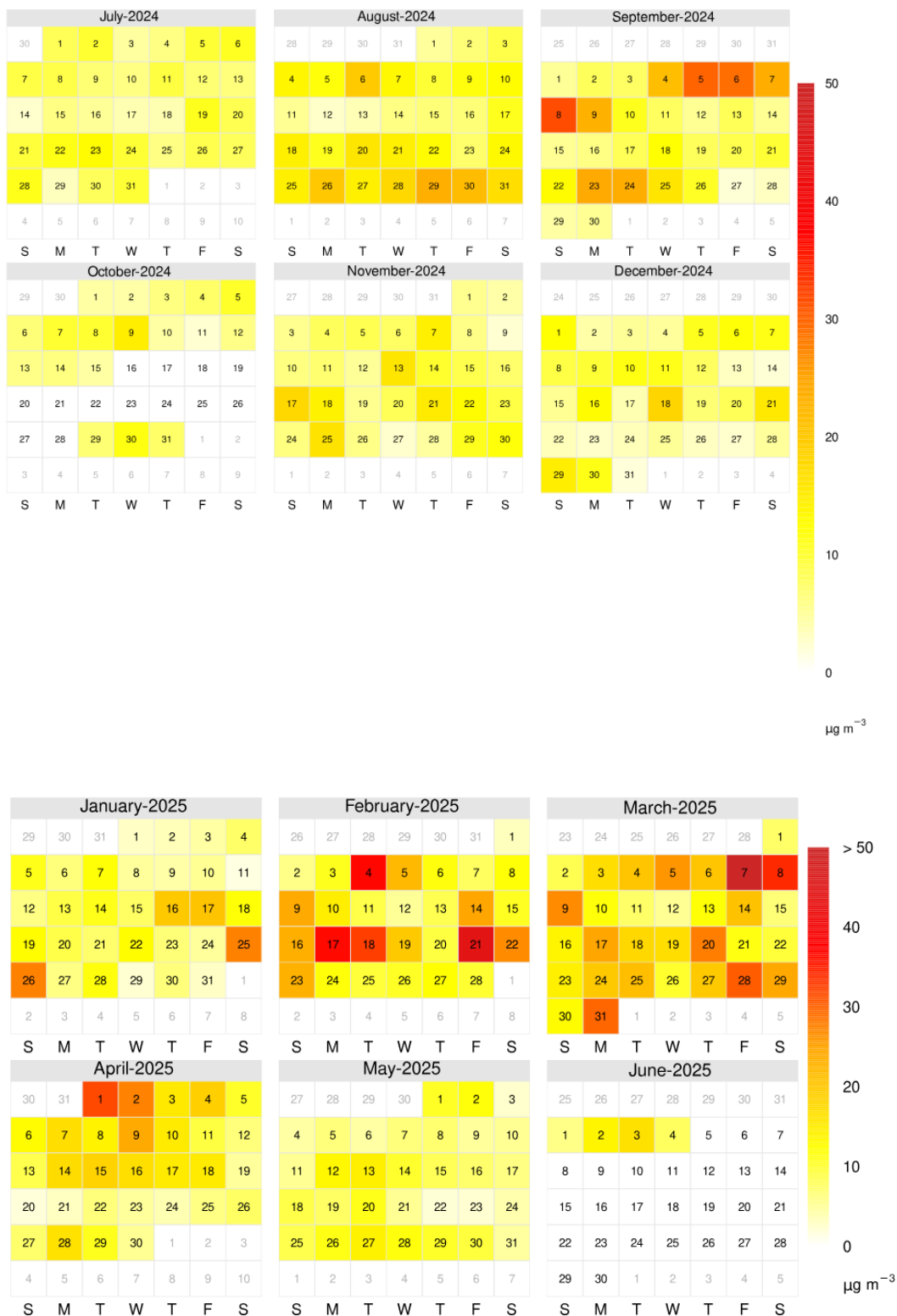
## Bilaga 4. Timmedelvärden PM10

Diagram och kalenderplot över timmedelvärden för PM10 på förskolegården under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Diagrammet visar timmedelvärden medan kalenderplottarna visar medelvärdet av timmedelvärden per dygn. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Figurerna inkluderar inte data mellan 16 och 28 oktober 2024. Den 5 till 30 juni 2025 ingår inte i kalenderplottarna.

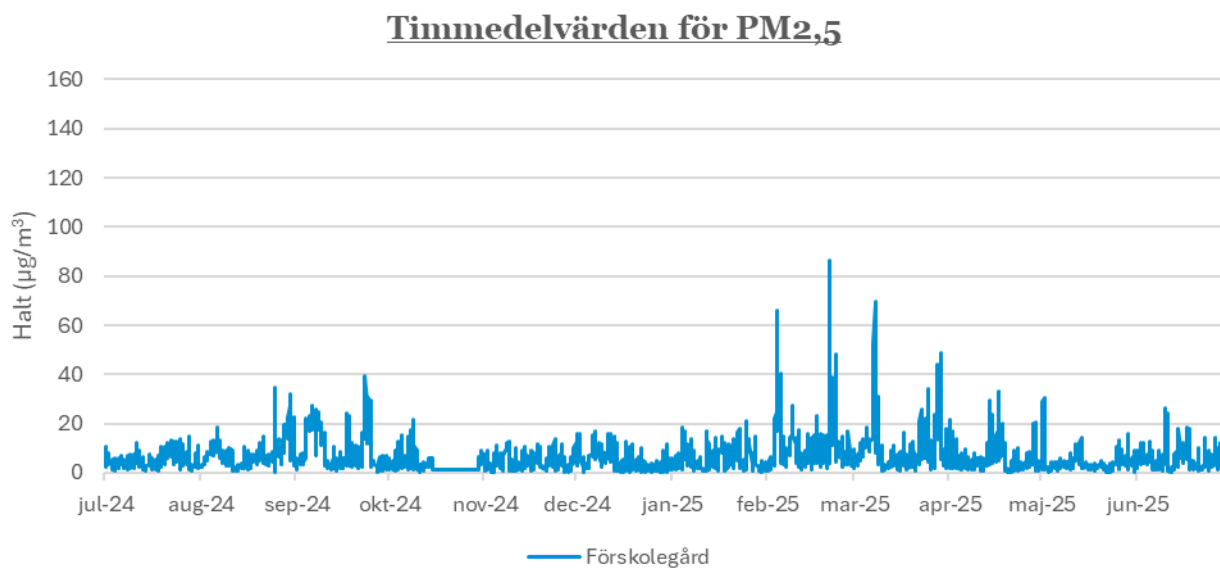


## Medel av timmedelvärden för PM10

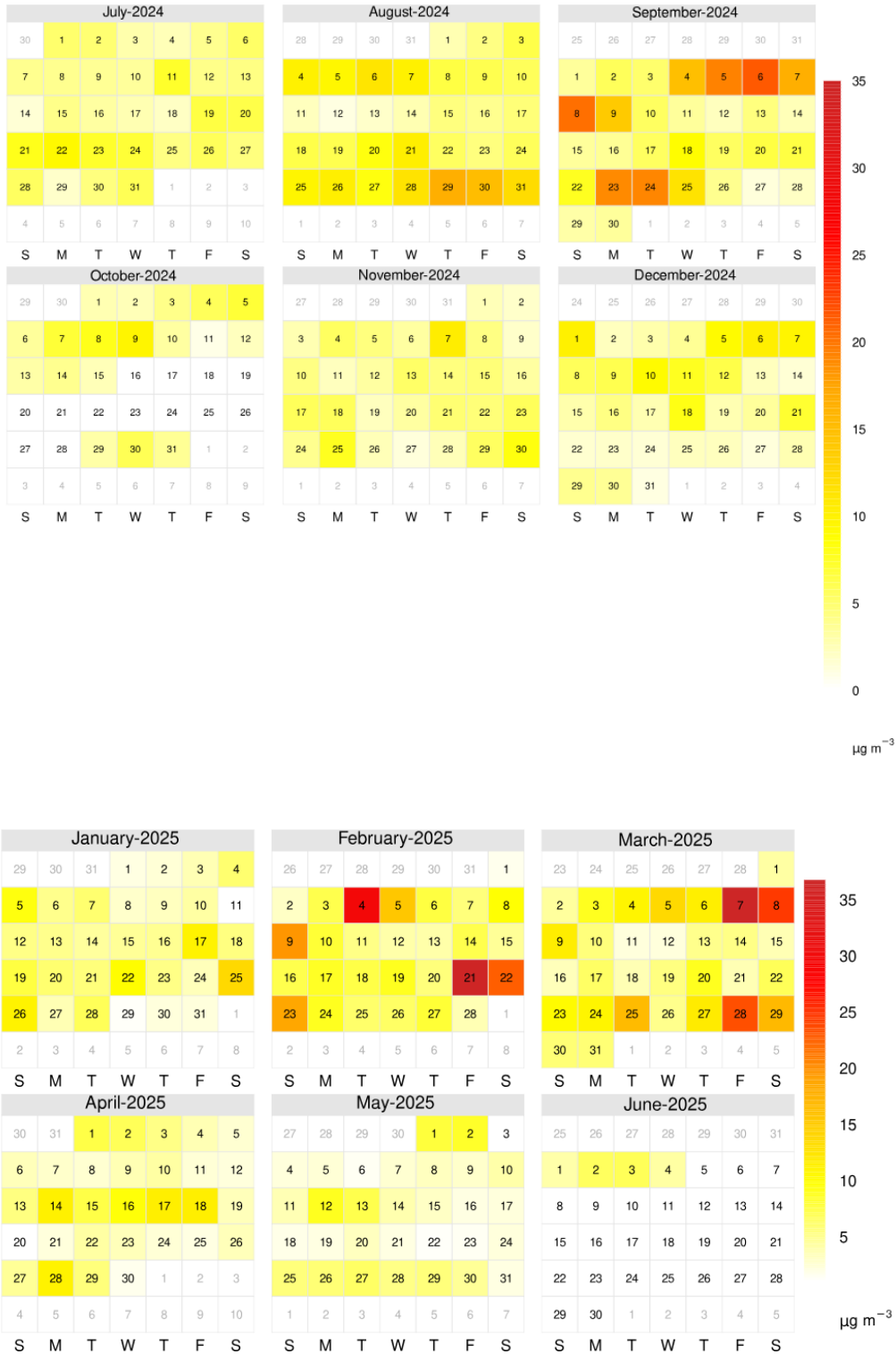


## Bilaga 5. Timmedelvärden PM2,5

Diagram och kalenderplot över timmedelvärden för PM2,5 på förskolegården under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Diagrammet visar timmedelvärden medan kalenderplottarna visar medelvärdet av timmedelvärden per dygn. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Figurerna inkluderar inte data mellan 16 och 28 oktober 2024. Den 5 till 30 juni 2025 ingår inte i kalenderplottarna.



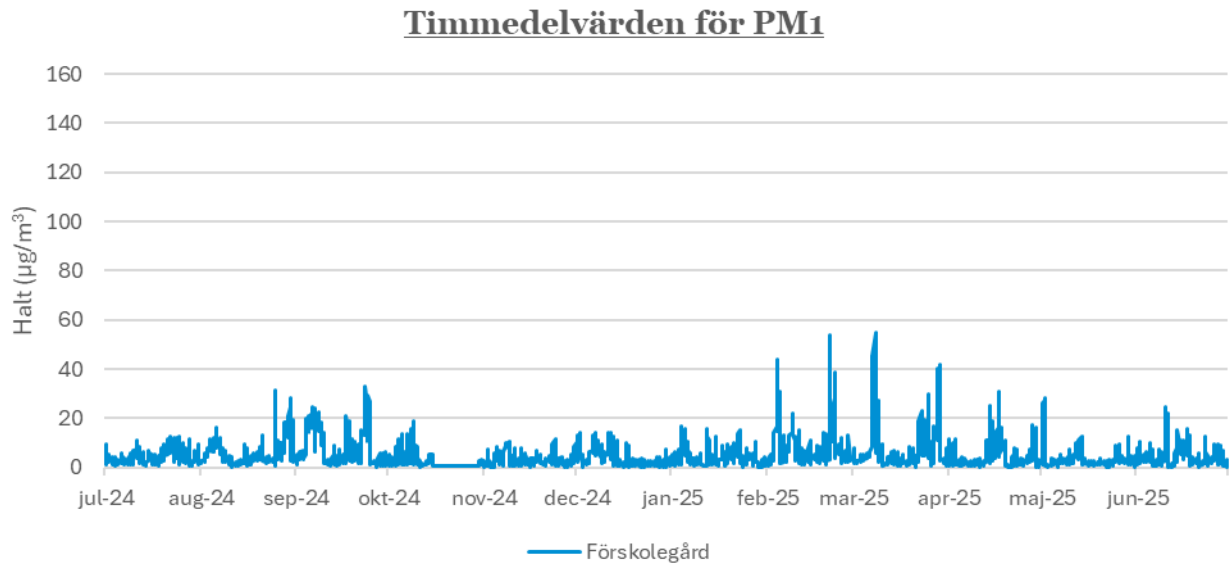
## Medel av timmedelvärdet för PM<sub>2,5</sub>



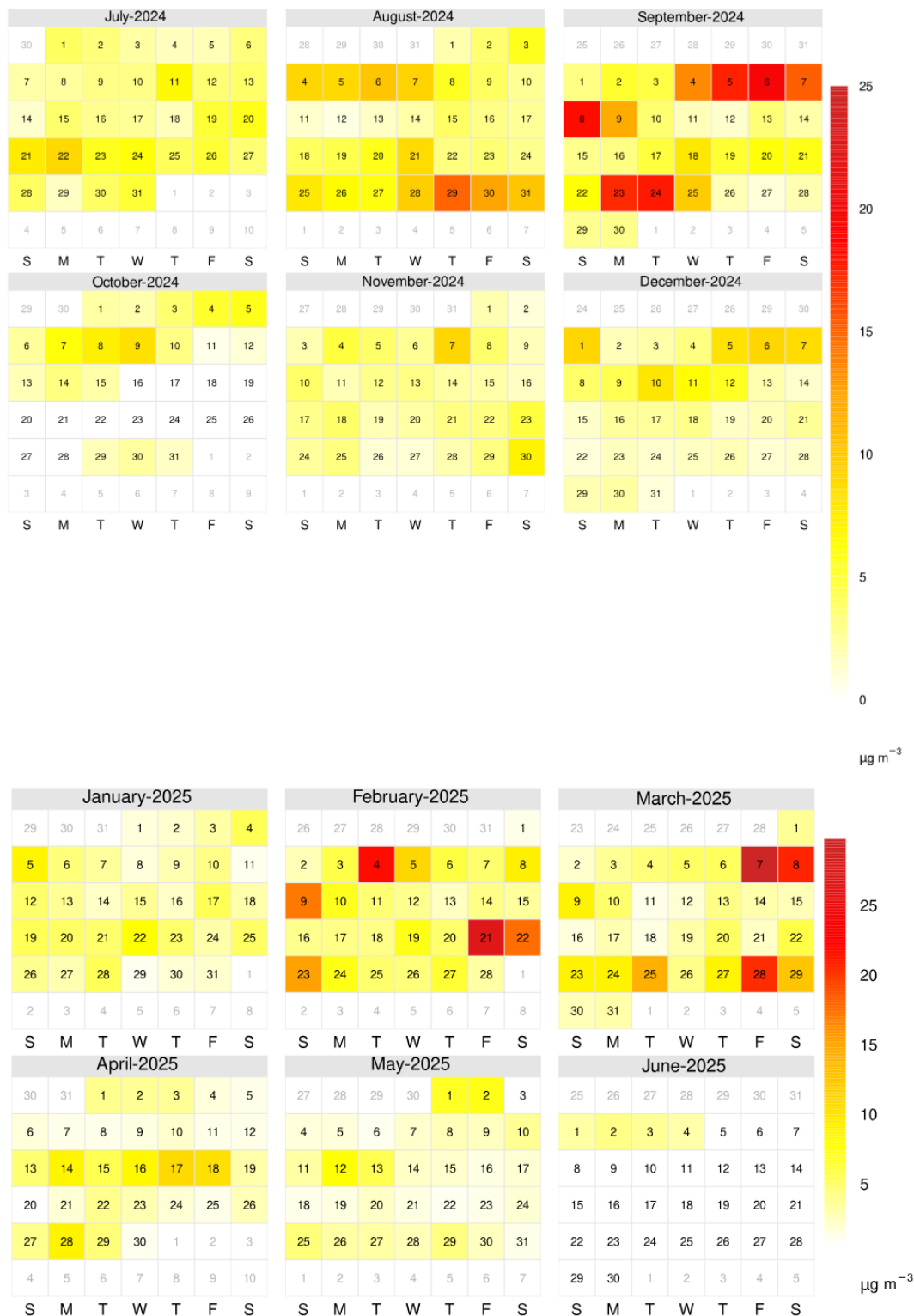
## Bilaga 6. Timmedelvärden PM1

Diagram och kalenderplot över timmedelvärden för PM1 på förskolegården under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Diagrammet visar timmedelvärden medan kalenderplottarna visar medelvärdet av timmedelvärden per dygn. Halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Figurerna inkluderar inte data mellan 16 och 28 oktober 2024. Den 5 till 30 juni 2025 ingår inte i kalenderplottarna.

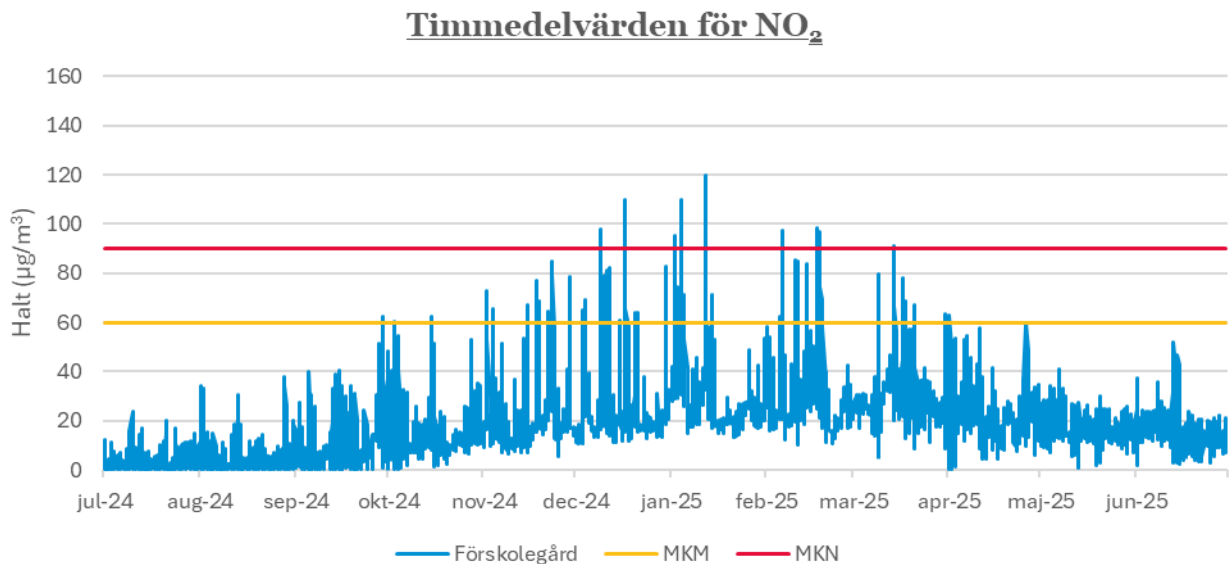


## Medel av timmedelvärden för PM<sub>1</sub>



## Bilaga 7. Timmedelvärden NO<sub>2</sub>

Diagram och kalenderplot över timmedelvärden för NO<sub>2</sub> på förskolegården under mätperioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Diagrammet visar timmedelvärden medan kalenderplottarna visar medelvärdet av timmedelvärden per dygn. Den röda linjen i diagrammet visar MKN (90 µg/m<sup>3</sup>) och den gula linjen visar MKM (60 µg/m<sup>3</sup>). Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.





## Bilaga 8. Halter justerade för vistelsetid på förskolan

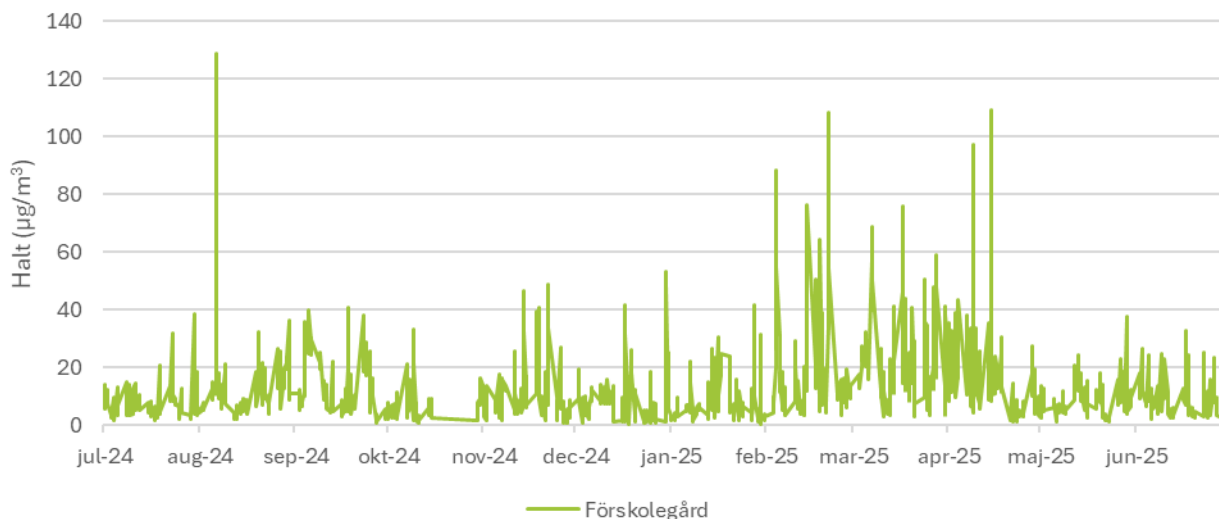
Tabellen visar vistelsemedelvärde och timmedelvärden för vistelsetid för PM10, PM2,5, PM1 samt NO<sub>2</sub> på förskolegården under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Resultaten inkluderar inte data mellan 16 och 28 oktober 2024. Värdena är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan (kl. 06.00–18.00, måndag till fredag).

Uppmätta min- och maxvärden samt antal överskridanden av MKN, MKN 2030, WHO:s riktvärde och MKM redovisas i dagar respektive timmar. Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>. Fet text indikerar överskridanden av respektive norm- eller riktvärde.

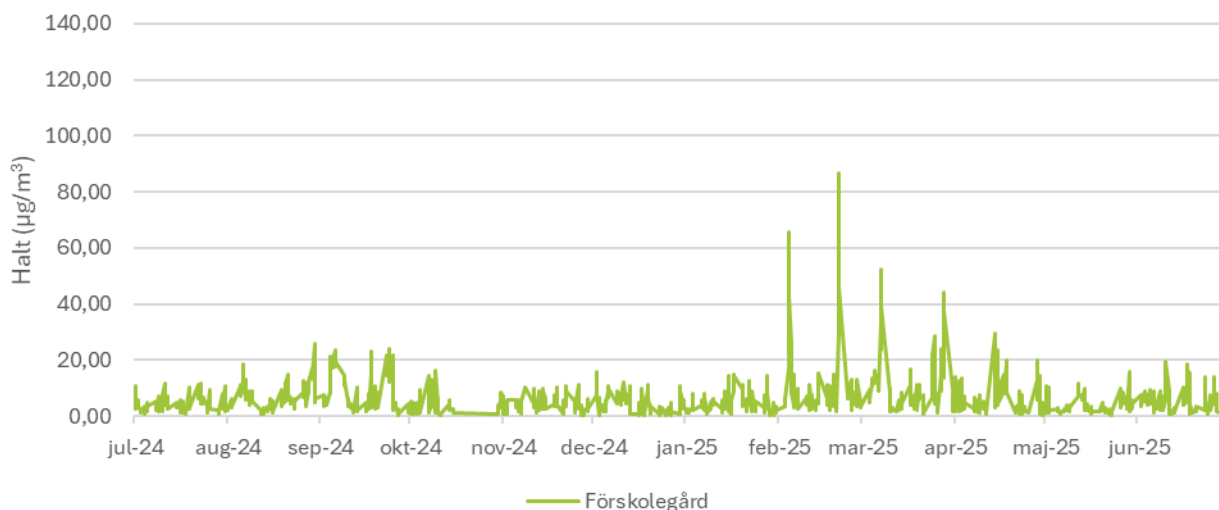
Medelvärden- och timmedelvärden för vistelsetid på förskola för PM10, PM2,5, PM1 och NO <sub>2</sub>														
Uppmätta halter (µg/m <sup>3</sup> )			Norm- och riktvärden (µg/m <sup>3</sup> ) samt överskridanden (antal dagar eller timmar)											
Medel- värdes- period	Min	Max	MKN	> MKN	NUT	> NUT	ÖUT	> ÖUT	MKN 2030	> MKN 2030	MKM	> MKM	WHO	> WHO
<b>PM10</b>														
Vistelse	1,6	69	50	2 dagar	25	14 dagar	35	4 dagar	45	3 dagar	30	6 dagar	45	<b>3 dagar</b>
Timme	0,49	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>PM2,5</b>														
Vistelse	0,59	57	-	-	-	-	-	-	25	3 dagar	25	3 dagar	15	<b>9 dagar</b>
Timme	0,30	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>PM1</b>														
Vistelse	0,19	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Timme	0,10	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>NO<sub>2</sub></b>														
Vistelse	1,23	65	60	2 dagar	36	<b>21 dagar</b>	48	5 dagar	50	4 dagar	-	-	25	<b>65 dagar</b>
Timme	0,00	110	90	9 tim	54	85 tim	72	33 tim	200	0 tim	60	64 tim	-	-
					100	3 tim	140	0 tim						

Diagrammen visar timmedelvärden under vistelsetid på förskolan för PM10, PM2,5, PM1 samt NO<sub>2</sub> vid förskolan under perioden 1 juli 2024 till 30 juni 2025. Värdena är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan (kl. 06.00–18.00, måndag till fredag). Den röda linjen i NO<sub>2</sub>-diagrammet visar MKN (90 µg/m<sup>3</sup>) och den gula linjen visar MKM (60 µg/m<sup>3</sup>). Halterna anges i µg/m<sup>3</sup>.

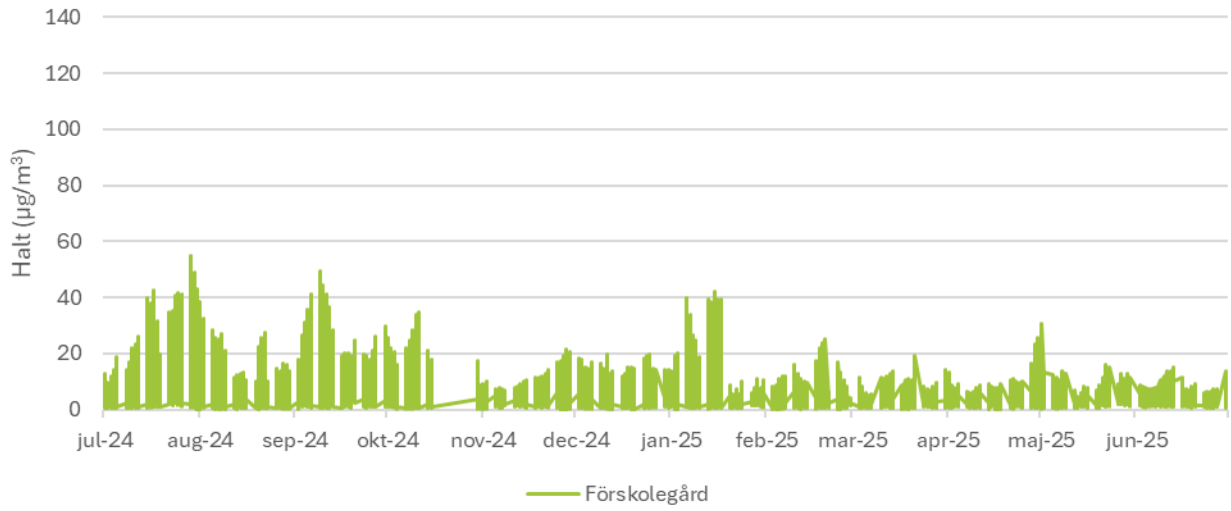
### Timmedelvärden under vistelsetid för PM10



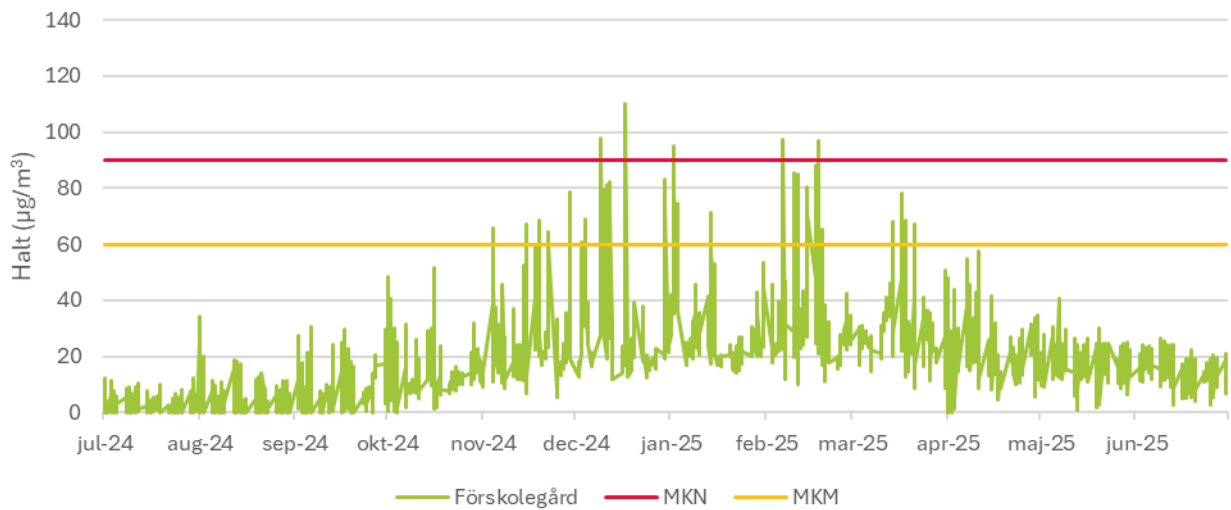
### Timmedelvärden under vistelsetid för PM2,5



### Timmedelvärden under vistelsetid för PM<sub>1</sub>



### Timmedelvärden under vistelsetid för NO<sub>2</sub>



## Arbets- och miljömedicin

Arbets- och miljömedicin är en verksamhet som bygger på ett samarbete mellan Region Sörmland, Värmland, Västmanland, och Örebro län.

Vi finns vid Universitetssjukhuset Örebro men vårt uppdrag är att arbeta för en god hälsa i en bra miljö i alla fyra länen.

Vårt arbete rör sambandet mellan hälsa och ohälsa i relation till olika typer av exponeringar i arbetsmiljön, boendemiljön och den yttre miljön.

Besök vår webbplats för att läsa mer om oss. Där kan du även anmäla dig till vårt nyhetsbrev.

[www.regionorebrolan.se/amm](http://www.regionorebrolan.se/amm)

### Besöksadress

Universitetssjukhuset Örebro  
Södra Grev Rosengatan 18 B, Örebro  
Entré F, vån 2, hiss F1

### Postadress

Arbets- och miljömedicin  
Universitetssjukhuset Örebro  
701 85 Örebro

### Telefon

019-602 24 69

Ett samarbete mellan:

