



Luftföroreningar på två förskolor i Örebro

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

Citera oss gärna, men vänligen ange källan.

Rapport:	Luftföroreningar på två förskolor i Örebro
Diarienummer:	25RS5494-2
Datum:	2025-06-02
Rapportansvariga:	Maria Klasson, Miljöhygieniker Carin Pettersson, Kemiingenjör Ann-Christine Mannerling, Miljöhygieniker
Foton:	Framsida, sida 4 och 12: Arbets- och miljömedicin, Örebro

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Inledning.....	6
Bakgrund.....	7
Luftkvalitet i Örebro	7
Luftkvalitet: Normer, mål och nytt EU-direktiv	7
Hälsopåverkan av luftföroreningar.....	8
Luftföroreningar på förskolegårdar	9
Metod	11
Studiedesign och mätplatser.....	11
Mätutrustning och placering	12
Mätprinciper	13
Begränsningar i mätmetoden	13
Statistisk bearbetning	13
Resultat	14
Årsmedelvärden	14
Dygnsmedelvärden	14
Timmedelvärden.....	17
Variationer i halter av partiklar och NO ₂	18
Luftföroreningshalter under barns vistelsetid på förskolan.....	22
Samvariationer mellan partiklar och NO ₂	27
Diskussion.....	28
Slutsats	29
Referenser	30
Bilaga 1. Sammanställning av giltigförklarade mätdata	32
Bilaga 2. Temperatur och relativ luftfuktighet	33
Bilaga 3. Årsmedelvärden av PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₁ och NO ₂	34
Bilaga 4. Dygns- och timmedelvärden	35
Bilaga 5. Variationer i PM ₁	36
Bilaga 6. Timmedelvärden och maxhalter av PM ₁₀	37
Bilaga 7. Timmedelvärden och maxhalter av PM _{2,5}	41
Bilaga 8. Timmedelvärden och maxhalter av PM ₁	45
Bilaga 9. Timmedelvärden och maxhalter av kvävedioxid (NO ₂).....	49
Bilaga 10. Halter justerade för vistelsetid på förskolan	53



Leklundens förskolegård.

Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultaten från indikativa mätningar av luftföroreningar vid förskolorna Satelliten och Leklunden i Örebro kommun, genomförda mellan juni 2023 och maj 2024. Syftet var att kartlägga nivåerna av partiklar (PM₁₀, PM_{2,5} och PM₁) samt kvävedioxid (NO₂) i utomhusluften, med särskilt fokus på de tider då barn vistas i förskolemiljön.

Barn är särskilt känsliga för luftföroreningar eftersom deras lungor och immunsystem fortfarande utvecklas, och de andas in mer luft i förhållande till kroppsvikt än vuxna. Dålig luftkvalitet kan påverka barns hälsa både akut och långsiktigt, till exempel genom ökad risk för luftvägssjukdomar och försämrad lungutveckling.

Resultaten visar att halterna av samtliga uppmätta luftföroreningar generellt var låga till måttliga, och samtliga årsmedelvärden för PM₁₀, PM_{2,5} och NO₂ låg under gällande miljökvalitetsnormer (MKN), kommande normvärden enligt MKN 2030, miljökvalitetsmålen (MKM) samt WHO:s riktvärden för partiklar. WHO:s riktvärde för NO₂ (10 µg/m³) överskreds dock marginellt – med årsmedelvärden på 11 µg/m³ vid Satelliten och 13 µg/m³ vid Leklunden.

Dygnsmedelhalterna för PM₁₀ och PM_{2,5} låg under både gällande MKN och MKN 2030. Halterna av PM₁, som saknar fastställda norm- och riktvärden, var låga men har kopplats till negativ hälsopåverkan, vilket motiverar fortsatt övervakning och ökad kunskap om dess effekter. NO₂ överskred inte MKN, men MKN 2030 överskreds vid två tillfällen vid Satelliten. Samtliga utvärderingströsklar (NUT och ÖUT) samt de högre tröskelvärdena hölls inom tillåtna gränser. WHO:s riktvärde för NO₂ (25 µg/m³) överskreds vid flera tillfällen under vintermånaderna, vilket indikerar tillfälligt förhöjda nivåer trots att svenska normer inte överskreds.

För att bättre uppskatta barnens faktiska exponering har mätdata även analyserats för vardagar mellan kl. 06.00 och 18.00, då barnen huvudsakligen vistas på förskolan. Flera av de högsta halterna noterades utanför dessa tider, vilket tyder på att den faktiska exponeringen sannolikt är lägre än totaldata antyder. Under öppetid låg halterna av PM₁₀ och PM_{2,5} klart under både MKN och WHO:s riktvärden. NO₂ uppvisade vissa höga timvärden, men samtliga dygns- och timmedelhalter låg under nuvarande MKN, även om WHO:s och MKN 2030:s strängare norm- och riktvärden överskreds vid enstaka tillfällen. Barns totala exponering påverkas även av inomhusmiljön i hem och förskola, där ventilation och luftkvalitet är viktiga faktorer.

En jämförelse mellan förskolorna visar att halterna av både partiklar och NO₂ tenderade att vara något högre vid Satelliten än vid Leklunden, särskilt under vintermånaderna. Båda förskolorna är belägna nära större trafikleder – Satelliten nära E18/E20 (Västerleden) och Leklunden nära Hertig Karls allé, en av Örebros mest trafikerade stadsgator. Skillnaderna kan delvis förklaras av trafikintensitet, bebyggelsestruktur och vindriktning. Trots detta låg nivåerna tydligt under normvärden, och den faktiska exponeringen bedöms som låg till måttlig.

Sammanfattningsvis visar mätningarna att barnen vid båda förskolorna i huvudsak vistas i en utemiljö med god luftkvalitet. Den faktiska exponeringen ligger under gällande normvärden, men fortsatt uppföljning rekommenderas, särskilt med tanke på barns känslighet och kommande skärpta normvärden.

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 sällan 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.

Barn vistas generellt mer tid utomhus än vuxna, vilket gör det särskilt viktigt att förskolors utemiljöer erbjuder god luftkvalitet och i övrigt är hälsosamma. Syftet med denna studie är att undersöka luftkvaliteten vid två förskolor i Örebro kommun och att lyfta fram både styrkor och möjliga förbättringsområden. Halter av partiklar (PM₁₀, PM_{2,5} och PM₁) samt kvävedioxid (NO₂) har mätts kontinuerligt under ett års tid, och resultaten presenteras i denna rapport. Studien syftar till att fungera som ett underlag för förbättring av miljöer där barn vistas dagligen. 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.

Denna studie är en del av en pågående serie av undersökningar. Sommaren 2020 genomfördes en studie om temperatur och upplevt inomhusklimat i förskolor i Örebro kommun [1] och sommaren 2022 undersöktes tillgången till solskydd på förskolegårdar i samma kommun [2].

Bakgrund

Luftkvalitet i Örebro

Luftkvaliteten varierar inom landet. Mindre landsorts- och glesbygdskommuner drabbas i regel mindre av trafikrelaterade föroreningar, men kan i stället påverkas av punktutsläpp från exempelvis lokal vedeldning eller industriella verksamheter. Även små kommuner med begränsad lokal trafik kan ha höga halter av trafikrelaterade luftföroreningar på grund av större genomfartsleder [3]. Örebro kommun har drygt 160 000 invånare. Genom tätorten går E20/E18 som har två filer i vardera riktning och en skyltad hastighet på 90 km/h. Trafikflödet uppgår till cirka 51 400 fordon per årsmedeldygn (ÅDT) varav cirka 7,5 procent utgörs av tung trafik [4].

Luftföroreningshalterna på de mest trafikerade gatorna påverkas också av gaturummens utformning. I Örebros innerstad uppgår trafikflödena till cirka 25 200 fordon per dygn (ÅDT) på vissa gator, däribland Hertig Karls allé, Rudbecksgatan och Östra Bangatan. Beräkningar visar att den nedre utvärderingströskeln (NUT) överskrids på flera av dessa gator, både för PM₁₀ och kvävedioxid (NO₂) [4].

Örebro kommun mäter luftkvaliteten avseende PM₁₀ och NO₂. I centrala Örebro finns en mätstation i gatumiljö vid Rudbecksgatan samt en mätstation för urban bakgrund i takhöjd på Rådhuset. Enligt kommunens objektiva skattning av luftkvaliteten 2023 överskrider halterna av PM₁₀ NUT. Halterna av NO₂ ligger, enligt indikativa mätningar, under NUT. Modellering visar dock att högre halter kan förekomma, varför ytterligare mätningar planeras [5].

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 [6]. Vissa luftföroreningar har skadeverkan även med halter under MKN-nivån och med bland annat tanke på detta har miljökvalitetsmålet (MKM) "Frisk luft" införts [7, 8].

Världshälsoorganisationen (WHO) tillhandahåller dessutom vetenskapligt baserade riktlinjer för luftföroreningar, med syftet att långsiktigt skydda människors hälsa [9]. 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 [6, 10].

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 NO₂, och ett dygnsmedelvärde införs för PM_{2,5}. 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.

Tabell 1. Norm- och riktvärden för PM₁₀, PM_{2,5} samt NO₂.

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

^A Får inte överskridas mer än 35 gånger under ett kalenderår.

^B Får inte överskridas mer än 18 gånger under ett kalenderår.

^C Får inte överskridas mer än 3–4 gånger under ett år.

^D Får inte överskridas mer än 7 dygn per kalenderår.

^E Får inte överskridas mer än 175 timmar per kalenderår förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

^F Får inte överskridas mer än 175 timmar per kalenderår.

^G Får inte överskridas mer än 3 gånger per kalenderår.

^H Får inte överstiga 200 µg/m³ 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 [11]. 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 [12, 13]. 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 [14]. 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 [15]. 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 väsande andning [13, 16]. 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 [15, 17]. 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 [12, 18, 19].

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. PM₁₀ och PM_{2,5} är inandningsbara partiklar med en diameter under 10 respektive 2,5 mikrometer, där PM_{2,5} är tillräckligt små för att tränga djupt ner i lungorna och nå lungblåsorna. PM₁-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 [20]. PM₁ har en större yta jämfört med större partiklar som PM_{2,5} och PM₁₀,

och binder oftare olika kemikalier till ytan [21]. Till skillnad från PM_{2,5} och PM₁₀ finns inget norm- eller riktvärde för PM₁. Forskning indikerar dock att varje ökning av PM₁-nivåerna med 10 µg/m³ kan leda till en förhöjd risk för flera negativa hälsoeffekter, såsom påverkan på luftvägarna och hjärt-kärlsjukdomar [22, 23].

Höga nivåer av NO₂ påverkar människors hälsa negativt både på kort och på lång sikt. Det är främst andningsorganen som påverkas varför astmatiker och barn är särskilt känsliga [24]. WHO:s bedömning är att halten av NO₂ i utomhusluft långsiktigt behöver ligga under 10 µg/m³ för att helt skydda befolkningens hälsa. Denna nivå är betydligt lägre än både nuvarande miljökvalitetsnorm och Sveriges miljömål [9].

Luftföroreningar på förskolegårdar

Många barn tillbringar en stor del av sin vakna tid på förskolan, vilket innebär att mycket av deras utevistelse sker i förskolans närmiljö. Det gör det särskilt viktigt att säkerställa en utomhusmiljö med god luftkvalitet. Halterna av partiklar och NO₂ i luften styrs främst av mänskliga aktiviteter, såsom förbränningsprocesser och slitage från vägtrafik. Därtill transporteras en betydande andel föroreningar in från övriga Europa [6, 9].

Den största lokala källan till luftföroreningar i städer är vägtrafiken. I tätorter kommer huvuddelen av PM₁₀ från slitage av vägbanor och däck, särskilt från dubbdäck. Avgaser från förbränningsmotorer bidrar däremot i större utsträckning till finare partiklar, såsom PM_{2,5} och PM₁ [6, 10]. Slitagepartiklarnas halt i luften är som högst under våren, även om det mesta slitaget i sig sker under vinterhalvåret och fuktiga vägbanor binder partiklarna. När vägar sedan torkar frigörs dessa till luften. För mycket små partiklar, som PM₁, är förbränning från exempelvis industrier och fordon samt vedeldning, den dominerande källan [15, 25].

I stadsmiljöer är vägtrafiken nästan alltid den främsta orsaken till luftföroreningar i förskolors utemiljöer. Därför är det avgörande att ta hänsyn till trafikens påverkan vid planering och placering av nya förskolor, för att minimera barns exponering [26]. Forskning visar också att avståndet till trafikerade vägar har stor betydelse för luftkvaliteten vid förskolor. Förskolor i områden med begränsad trafikexponering uppvisar generellt lägre nivåer av PM₁₀ än de som ligger nära intensivt trafikerade vägar. Att fördubbla avståndet till närmaste större väg kan minska partikelhalterna med 15 till 20 procent [26, 27]. En studie från Göteborg visade att halterna av NO₂ sjunker med ökat avstånd från trafik, och att barriärer som byggnader ytterligare kan reducera nivåerna på förskolegårdar [26].

Förutom avståndet till trafikerade vägar har även vegetation, såsom träd och buskar, en luftrenande effekt. Bullerskärmar kan spela en liknande roll, men deras placering kräver eftertanke, då de i vissa fall kan försämra luftkvaliteten genom att begränsa luftcirkulationen. Samtidigt bidrar de till att minska trafikbuller [26]. Vegetation på gården ger dessutom flera hälsofrämjande fördelar – den kan ge skugga, mildra temperaturer vid värmeböljor, främja fysisk aktivitet och bidra till återhämtning [28, 29].

Slutligen påverkar även väderförhållandena nivåerna av luftföroreningar. Under kallare perioder ökar behovet av uppvärmning, vilket i sin tur kan bidra till högre utsläpp. Vintertid,

när bilarnas motorer är kalla, släpps dessutom betydligt större mängder avgaser ut jämfört med under sommaren, då motorerna redan är varma. Detta kan leda till förhöjda halter av NO₂. För PM₁₀ har man däremot inte kunnat observera någon temperaturrelaterad ökning [30].

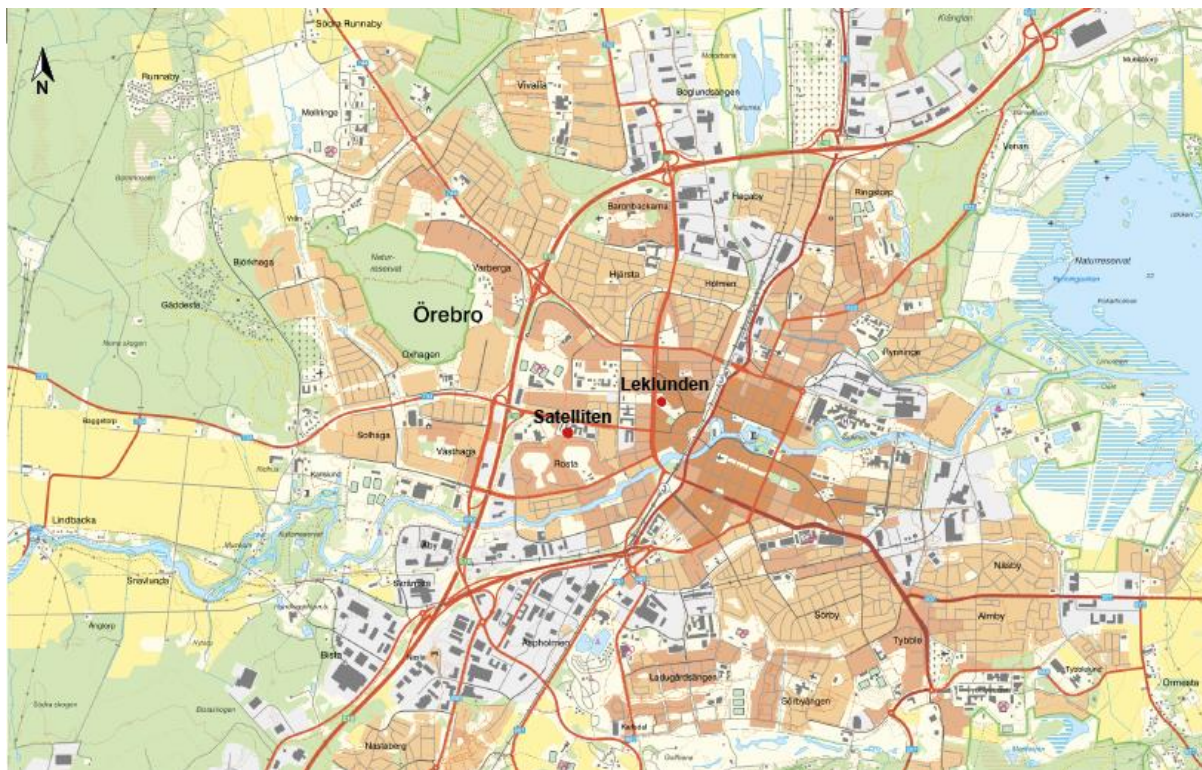
Luftföroreningar och buller – ytterligare belastning för hälsan

Förskolor som är belägna i närheten av intensivt trafikerade vägar utsätts inte enbart för förhöjda nivåer av luftföroreningar, utan även för betydande trafikbuller [31]. Barn är särskilt känsliga för bullrets negativa effekter, eftersom det kan påverka deras inläring 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 [19].

Metod

Studiedesign och mätplatser

Studiens huvudsyfte var att undersöka exponeringen för partiklar i olika storleksfraktioner (PM₁₀, PM_{2,5} och PM₁) samt kvävedioxid (NO₂) i utomhusluften vid två förskolor. Parallellt mättes även temperatur och relativ luftfuktighet. Mätningarna genomfördes vid Satellitens och Leklundens förskola i Örebro, se figur 1. Båda förskolorna har fem avdelningar med barn i åldrarna ett till fem år. Förskolorna är belägna i de västra delarna av Örebro. Satellitens förskola är belägen cirka 500 meter från Västerleden (E18/E20) och cirka 2 km från E.ON Energiinfrastruktur AB:s anläggning för biobränsleförbränning. Leklundens förskola är belägen i nära anslutning till Hertig Karls allé, en av Örebros mest trafikerade gator [4]. Urvalet av förskolor för luftkvalitetsmätning skedde i samråd med Örebro kommun. Vägtrafikbuller omfattas inte av denna studie.



Figur 1. Karta över centrala Örebro med förskolorna Satelliten och Leklunden markerade. Karta: Lantmäteriet.

Mätutrustning och placering

Mätning av PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁, NO₂, 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 och placerades på en höjd av 4,5 meter. Vid förskolan Leklunden installerades instrumentet på en husvägg och på Satellitens förskolegård på ett förråd, se figur 2. Tillgång till el var den avgörande faktorn vid val av placering av instrumenten på förskolegårdarna.



Figur 2. Instrumenten Kunak AIR Pro installerade på Satellitens förskolegård (vänstra bilden) och på Leklundens förskolegård (högra bilden).

Mätprinciper

Kunak AIR Pro har särskilda sensorer för partiklar och NO₂. 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 µm upp till 40 µm. Elektronik i OPC-N3 tolkar ljussignalen för att bestämma partikelstorlek och koncentration för PM₁₀, PM_{2,5} och PM₁ i enlighet med den metod som anges i europeiska standarden EN 481. Mätområdet för PM₁₀ är 0-10,000 µg/m³, för PM_{2,5} 0-2,000 µg/m³ och för PM₁ är det 0-1,000 µg/m³ [32, 33]. Mätning av NO₂ sker med en elektrokemisk sensor i mätområdet 0-5000 ppb och med en detektionsgräns på 2 ppb. Uppmätta halter NO₂ anges i enheten ppb och i µg/m³. Omräkningen till µg/m³ sker i Kunak Cloud och baseras på 20 °C och 1 atm [32, 33].

Vid bland annat hög kondens ogiltigförklaras partikeldata automatiskt i Kunak Cloud på grund av risk för felaktiga mätvärden. Dessa mätvärden är inte med i den slutgiltiga sammanställningen av data som ligger till grund för beräkningarna i denna rapport. Andelen giltiga data för PM₁₀ och PM_{2,5} under berörda datum är sammanställd i bilaga 1.

Begränsningar i mätmetoden

Eftersom Kunak AIR Pro inte uppfyller de krav som ställs för kontroll av miljö kvalitetsnormer enligt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2019:9), kan de mätresultat som presenteras i denna rapport inte användas för att verifiera efterlevnad av dessa normer [34]. Resultaten bör i stället ses som indikativa för halterna av PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ och NO₂.

Fältstudier har visat att prestandan i fält kan förväntas vara jämförbar med den hos instrumentet Palas Fidas 200 och liknande instrument [32]. I denna studie har instrumenten inte kalibrerats mot en referensmätstation. Dock visade instrumenten god överensstämmelse i uppmätta halter av partiklar och NO₂ under en parallellmätning som genomfördes mellan den 29 maj och 13 juni 2024.

Statistisk bearbetning

Årsmedelvärden är beräknade på de kontinuerligt uppmätta halterna för PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ och NO₂. 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 NO₂ 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 förskolorna Satelliten och Leklunden, genomförda under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Halter av PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ och NO₂ 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 2.

Årsmedelvärden

De uppmätta årsmedelvärdena för PM₁₀, PM_{2,5} och NO₂ i utomhusluften vid förskolorna Satelliten och Leklunden ligger under samtliga norm- och riktvärden enligt respektive MKN (PM₁₀: 40 µg/m³, PM_{2,5}: 25 µg/m³, NO₂: 40 µg/m³), MKM (PM₁₀: 15 µg/m³, PM_{2,5}: 10 µg/m³, NO₂: 20 µg/m³) samt MKN 2030 (PM₁₀: 20 µg/m³, PM_{2,5}: 10 µg/m³, NO₂: 20 µg/m³), se bilaga 3. Även WHO:s riktvärden för PM₁₀ och PM_{2,5} (15 respektive 5 µg/m³) underskrider. Däremot överskrider WHO:s riktvärde för NO₂ (10 µg/m³) vid båda förskolorna: 11 µg/m³ vid Satelliten och 13 µg/m³ vid Leklunden.

De högsta uppmätta momentana halterna under året är: PM₁₀ – 490 µg/m³ vid Satelliten och 270 µg/m³ vid Leklunden; PM_{2,5} – 48 µg/m³ vid Satelliten och 35 µg/m³ vid Leklunden; samt NO₂ – 150 µg/m³ vid Satelliten och 290 µg/m³ vid Leklunden.

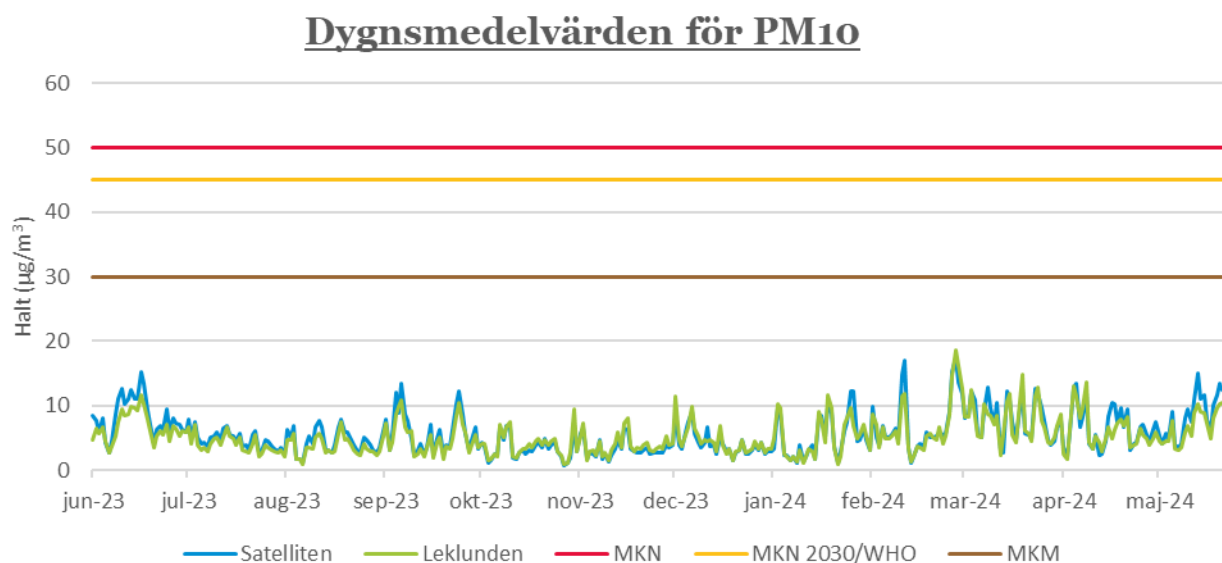
Dygnsmedelvärden

Samtliga uppmätta dygnsmedelvärden för PM₁₀ och PM_{2,5} vid både Satelliten och Leklunden underskrider gällande norm- och riktvärden, se figur 3 och 4.

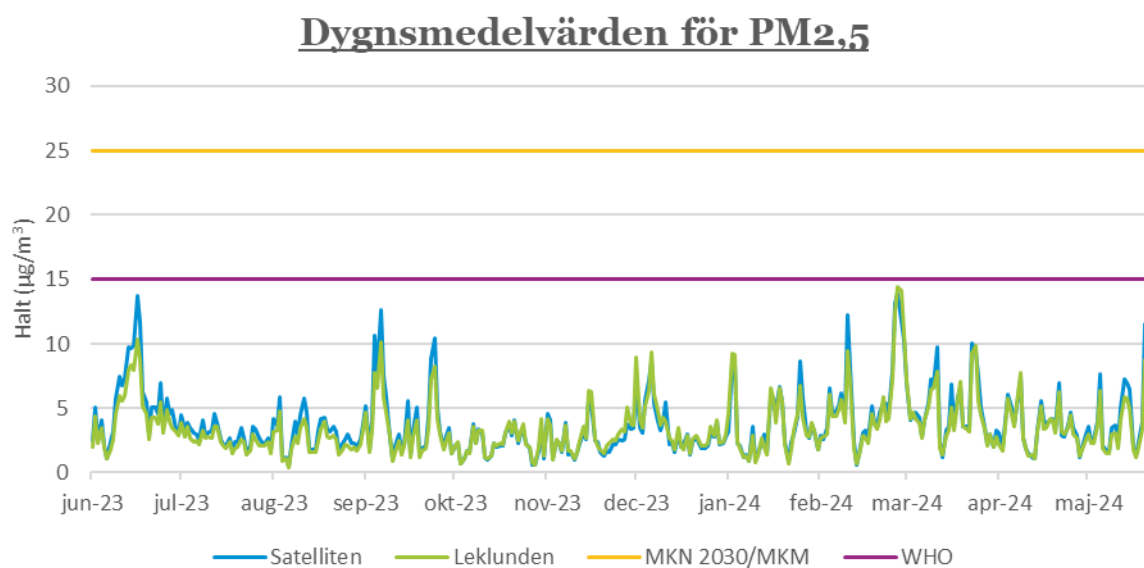
För PM₁₀ varierar dygnsmedelvärdena mellan 0,70 och 17 µg/m³ vid Satelliten och mellan 0,85 och 19 µg/m³ vid Leklunden, se bilaga 4. Dessa nivåer ligger klart under norm- och riktvärdena: MKN (50 µg/m³), MKM (35 µg/m³), MKN 2030 och WHO (båda 45 µg/m³) samt NUT (25 µg/m³).

För PM_{2,5} varierar dygnsmedelvärdena mellan 0,54 och 14 µg/m³ vid Satelliten och mellan 0,40 och 14 µg/m³ vid Leklunden, se bilaga 4. Halterna underskrider såväl MKM och MKN 2030 (25 µg/m³) som WHO:s riktvärde (15 µg/m³), med en marginal på 1 µg/m³ vid båda förskolorna.

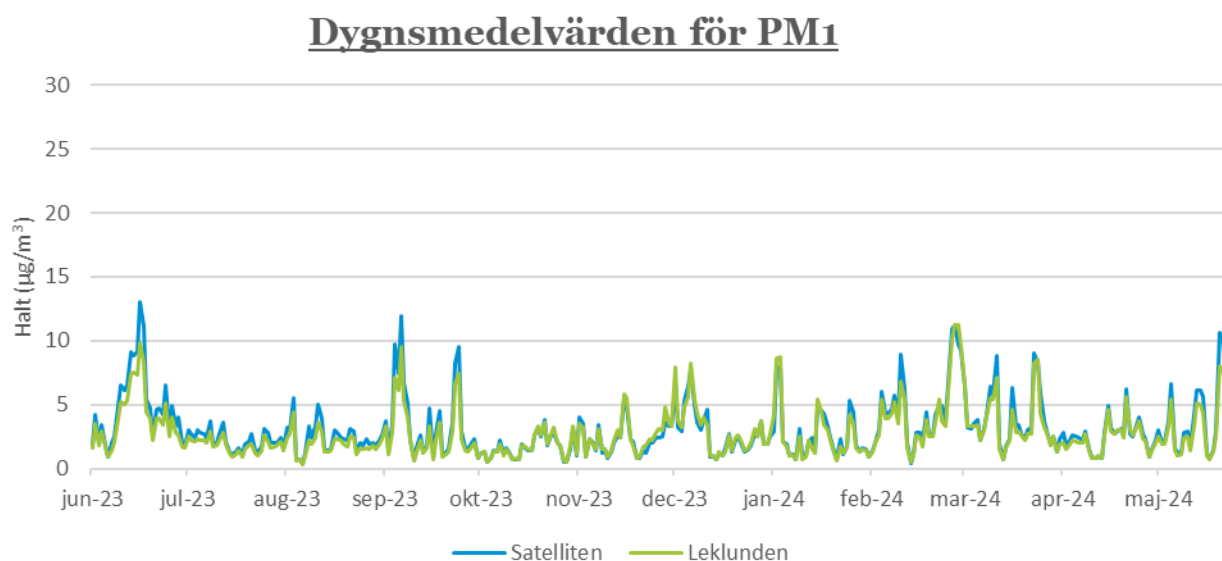
För PM₁ ligger dygnsmedelvärdena mellan 0,42 och 13 µg/m³ vid Satelliten och mellan 0,31 och 11 µg/m³ vid Leklunden, se figur 5 och bilaga 4. I dagsläget saknas officiella norm- och riktvärden för PM₁.



Figur 3. PM10 dygnsmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

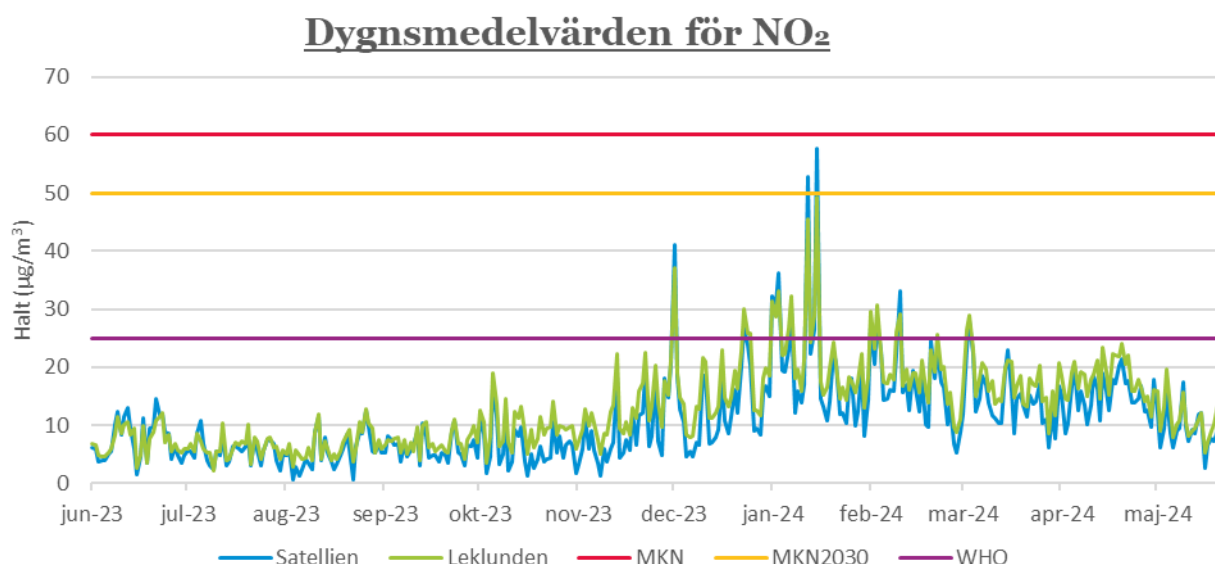


Figur 4. PM2,5 dygnsmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Den gula linjen visar MKN 2030 samt MKM ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och den lila visar WHO:s riktvärde ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 5. PM₁ dygnsmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Halterna anges i µg/m³.

Dygnsmedelvärden för NO₂ varierar mellan 0,67 och 58 µg/m³ vid förskolan Satelliten samt mellan 2,2 och 49 µg/m³ vid Leklunden, bilaga 4. Halterna underskrider det nuvarande normvärdet enligt MKN (60 µg/m³) vid båda förskolorna, se figur 6. MKN 2030 (50 µg/m³) överskrids dock under två dygn vid Satelliten. Även WHO:s riktvärde (25 µg/m³) överskrids under 13 dygn vid Satelliten och 19 dygn vid Leklunden. NUT (36 µg/m³) överskrids under fyra dygn vid Satelliten och tre dygn vid Leklunden. ÖUT (48 µg/m³) överskrids dessutom ett dygn vid Leklunden. Enligt gällande bestämmelser får MKN, NUT samt ÖUT inte överskridas mer än 7 dygn per kalenderår.



Figur 6. NO₂ dygnsmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Den röda linjen visar MKN (60 µg/m³), den gula visar MKN 2030 (50 µg/m³) och den lila visar WHO:s riktvärde (25 µg/m³). Halterna anges i µg/m³.

Timmedelvärden

Timmedelhalterna för NO₂ varierar mellan 0 och 130 µg/m³ vid Satelliten, och mellan 0 och 110 µg/m³ vid Leklunden, se bilaga 4 och 9. Vid Satelliten överskreds MKN (90 µg/m³) under 12 timmar och MKM (60 µg/m³) under 79 timmar. Motsvarande överskridanden vid Leklunden var 3 timmar för MKN och 36 timmar för MKM. Riktlinjerna anger att MKN och MKM får överskridas högst 175 timmar per kalenderår. WHO:s riktvärde (200 µg/m³) och MKN 2030 (200 µg/m³) överskreds inte vid någon av förskolorna.

När det gäller utvärderingströsklarna överskreds NUT (54 µg/m³) under 115 timmar vid Satelliten och 66 timmar vid Leklunden, se tabell 2. ÖUT (72 µg/m³) överskreds under 42 timmar vid Satelliten och 11 timmar vid Leklunden. För dessa gränsvärden tillåts maximalt 175 överskridanden per kalenderår, medan de högre NUT- och ÖUT-värdena endast får överskridas 18 gånger per år. Det högre NUT-värdet på 100 µg/m³ överskreds under 5 timmar vid Satelliten och 3 timmar vid Leklunden. Det högre ÖUT-värdet 140 µg/m³ överskreds inte vid någon av förskolorna under mätperioden.

Tabell 2. Antal överskridanden av NUT och ÖUT för NO₂ (timmedelvärden) vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024.

Medelvärdesperiod	Tröskelvärde (NUT/ÖUT µg/m ³)	Överskridanden Satelliten (tim)	Överskridanden Leklunden (tim)
Timme	54 (NUT)	115	66
	72 (ÖUT)	42	11
	100 (högre NUT)	5	3
	140 (högre ÖUT)	0	0

Variationer i halter av partiklar och NO₂

Figurerna nedan sammanfattar timmedelhalter och illustrerar variationer beroende på veckodag, tid på dygnet och månad. Det som presenteras nedan är medelvärdet av timmedelhalterna. I bilaga 5 till 9 redovisas dessutom variationerna i maximala timmedelhalter.

PM₁₀-halterna varierar både över dygnet och mellan veckodagar, se figur 7a och 8a. Högre halter uppvisas på förmiddagar och eftermiddagar, med lägre halter runt lunchtid, se figur 7b och 8b. Halterna är högst under mars, maj och juni vid förskolan Satelliten, medan Leklunden visar högst nivå i mars, se figur 7c och 8c. De högsta timmedelhalterna förekommer på måndagar, tisdagar och fredagar, medan söndagar har de lägsta, se figur 7d och 8d. Detta mönster bekräftas också i kalenderplottarna i bilaga 6.

PM_{2,5} varierar under veckan, med skiftande nivåer mellan olika veckodagar vid både Satelliten och Leklunden, se figur 9a och 10a. 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 och 18, se figur 9b och 10b. De högsta nivåerna uppmättes i mars på båda förskolorna och även i juni på Satelliten. Veckovis är fredagar de dagar med högst genomsnittliga timvärden, följt av söndagar och måndagar, se figur 9c och 10c. Mönstret bekräftas även i kalenderplottarna i bilaga 7.

PM₁ visar liknande dygnsvariationer som PM_{2,5} med högre halter natt och morgon och lägre eftermiddagshalter, se bilaga 5. De högsta månadsmedelhalterna observeras i mars och juni. Fredagar och söndagar uppvisar de högsta nivåerna vad gäller de högsta genomsnittliga timhalterna, och nivåerna är generellt något högre vid Satelliten jämfört med Leklunden, vilket också bekräftas i kalenderplottarna i bilaga 8.

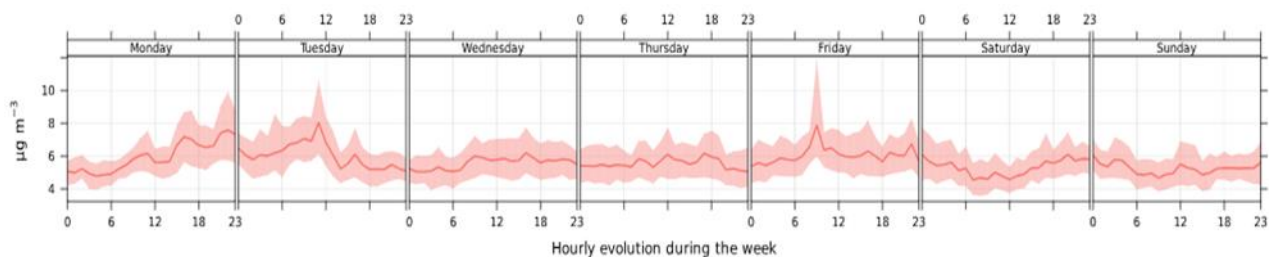
NO₂ varierar tydligt med veckodag, tid på dygnet och månad, se figur 11a och 12a. Under veckan ökar halterna på kvällarna och sjunker på morgnarna. De högsta nivåerna observerades mitt i natten, med en tydlig förmiddagstopp vardagar (måndag–fredag) som saknas under helgen. När alla dagar kombineras syns ett dygnsmonster med lägsta halter runt lunchtid och en tydlig topp runt kl. 9 på morgonen, se figur 11b och 12b. De högsta NO₂-halterna uppträder under årets kallaste månader, särskilt i januari och februari, se figur 11c och 12c. Kalenderplottarna i bilaga 9 visar liknande mönster. Veckodagsvis är halterna som högst från tisdag till fredag och som lägst från lördag till måndag, med lägsta nivåer på lördagar, se figur 11d och 12d.

Identifierade mönster i exponeringen

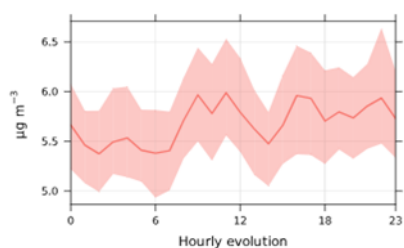
Halter av PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ och NO₂ uppvisar övergripande likartade variationer över dygn, vecka och år. För samtliga ämnen är nivåerna genomgående högre under morgon- och kvällstid, med lägre koncentrationer under eftermiddagstimmarna. Halterna är i allmänhet högre under vardagar jämfört med helgdagar, även om vissa partikelstorlekar visar förhöjda nivåer även under söndagar. Årsvariationen präglas av att NO₂ når sina högsta nivåer under vinter och tidig vår, särskilt i januari och februari, medan partikelhalterna i huvudsak kulminerar under våren, speciellt mars till juni. NO₂ uppvisar ett tydligt säsongsmönster som delvis sammanfaller med variationerna i partikelhalter.

Timmedelhalter för PM10 vid Satelliten

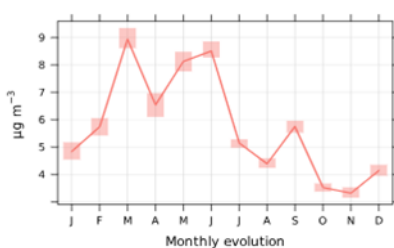
a)



b)



c)



d)

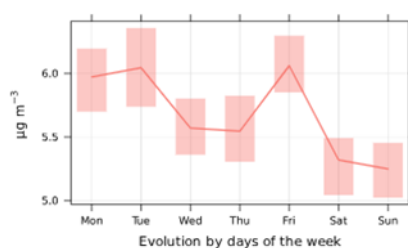
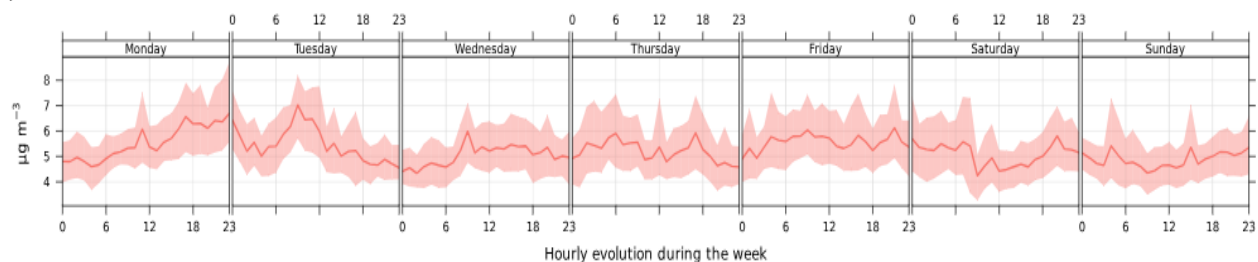


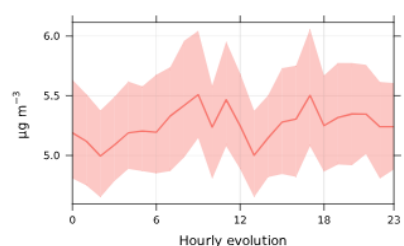
Figure 7a-7d. Variationer i PM10-halter vid förskolan Satelliten under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Diagrammen visar medelvärde för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Timmedelhalter för PM10 vid Leklunden

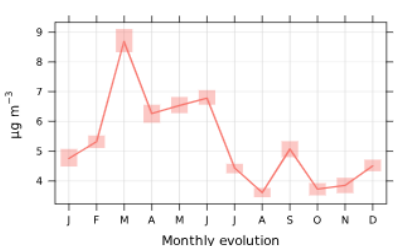
a)



b)



c)



d)

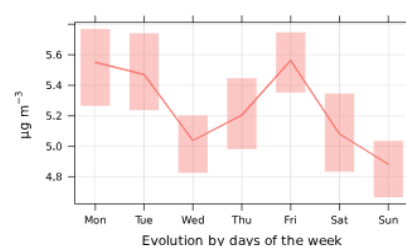
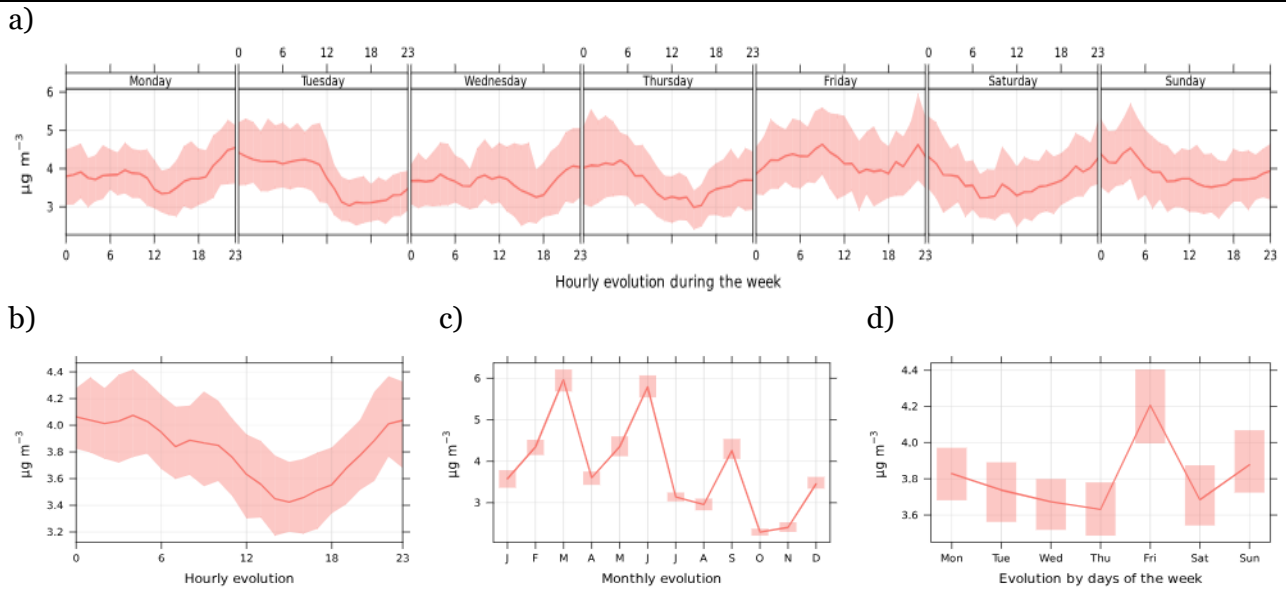


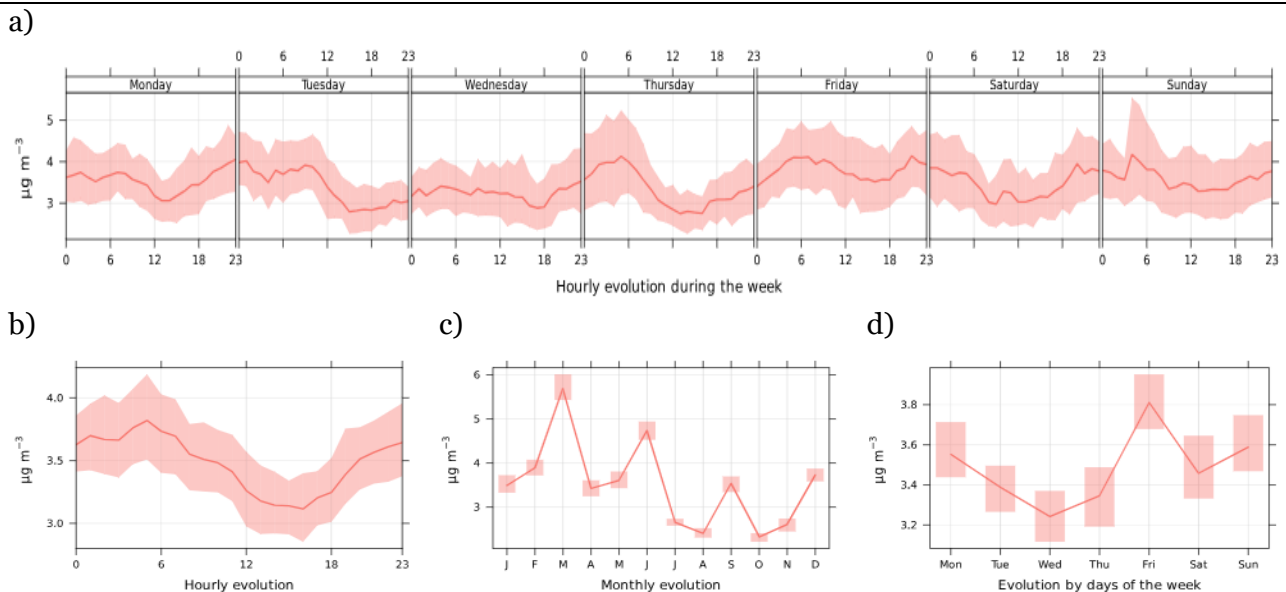
Figure 8a-8d. Variationer i PM10-halter vid förskolan Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Diagrammen visar medelvärde för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Timmedelhalter för PM_{2,5} vid Satelliten



Figur 9a-9d. Variationer i PM_{2,5}-halter vid förskolan Satelliten under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

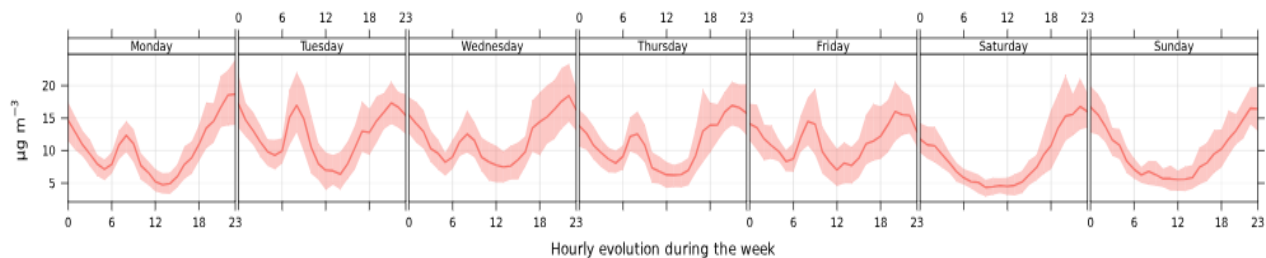
Timmedelhalter för PM_{2,5} vid Leklunden



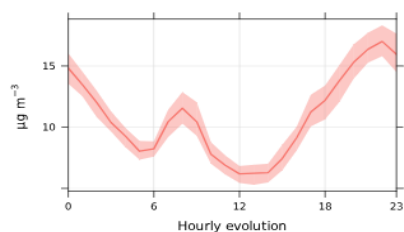
Figur 10a-10d. Variationer i PM_{2,5}-halter förskolan Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Timmedelhalter för NO₂ vid Satelliten

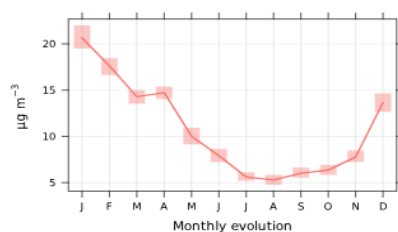
a)



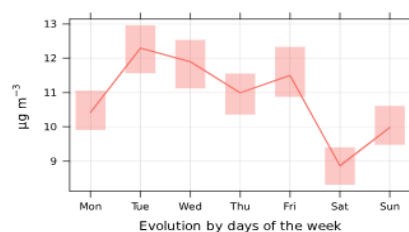
b)



c)



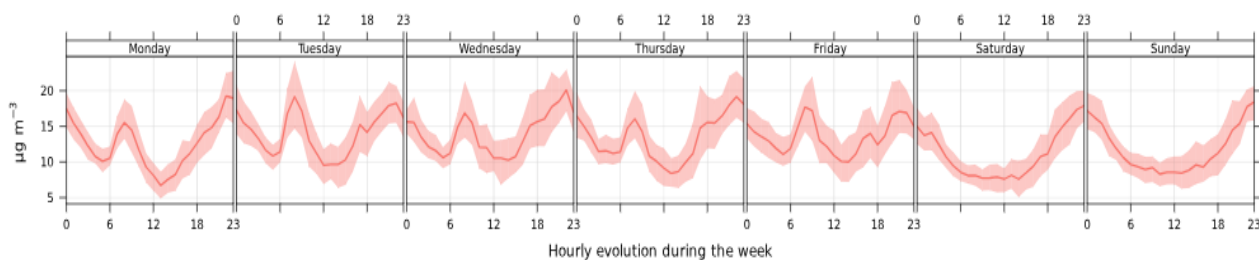
d)



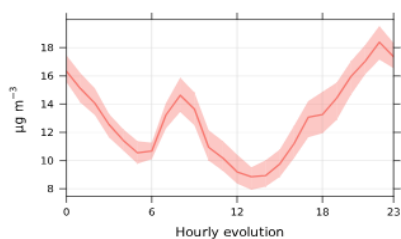
Figur 11a-11d. Variationer i NO₂-halter vid förskolan Satelliten under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Diagrammen visar medelvärde för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i µg/m³.

Timmedelhalter för NO₂ vid Leklunden

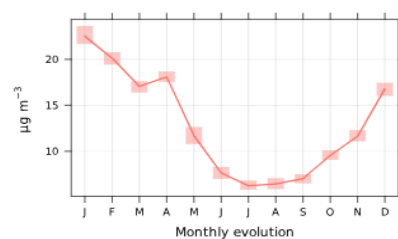
a)



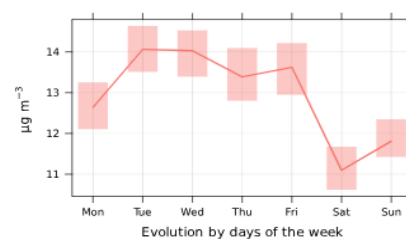
b)



c)



d)



Figur 12a-12d. Variationer i NO₂-halter vid förskolan Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Diagrammen visar medelvärde för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i µg/m³.

Luftföroreningshalter under barns vistelsetid på förskolan

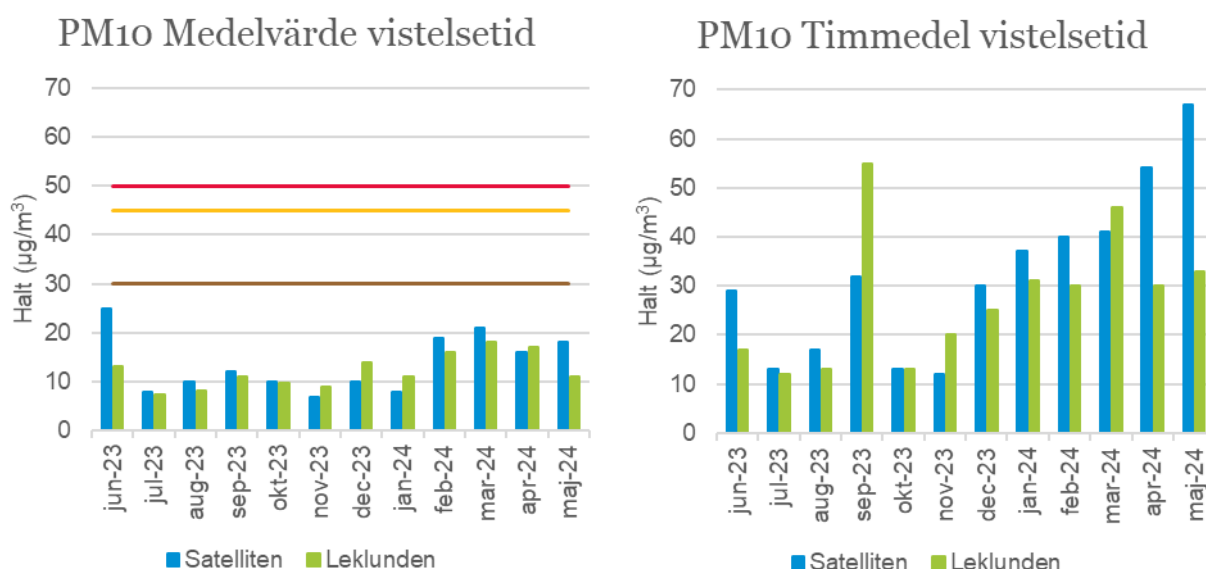
Halter av partiklar (PM₁₀, PM_{2,5} och PM₁) samt NO₂ har beräknats som maximala medelvärden under barnens möjliga vistelsetid på förskolan (kl. 06.00–18.00, måndag till fredag) samt som maximala timmedelvärden. Eftersom dessa vistelsetidsvärden avser dagtid under vardagar, kan de inte direkt jämföras med de dygns- eller timmedelvärden som ligger till grund för miljökvalitetsnormer (MKN och MKN 2030), miljökvalitetsmål (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.

PM₁₀

Även om vissa månader visar förhöjda halter av PM₁₀, var halterna klart under alla gällande norm- och riktvärden (MKN (50 µg/m³), MKM (30 µg/m³), WHO:s riktvärde (45 µg/m³) och MKN 2030 (45 µg/m³)), se figur 13. PM₁₀-halterna under barnens vistelsetid var som högst i februari och mars vid både Satelliten och Leklunden, se bilaga 10. I februari uppmättes 19 µg/m³ vid Satelliten och 16 µg/m³ vid Leklunden, medan halterna i mars var 21 µg/m³ respektive 18 µg/m³. Förhöjda nivåer noterades även i juni vid Satelliten (25 µg/m³) och i april vid Leklunden (17 µg/m³).

Timmedelvärdena visar de högsta tillfälliga halterna under barnens vistelsetid och visade större variation än vistelsetidsvärdena. Vid Satelliten noterades de högsta timmedelhalterna i maj (67 µg/m³), april (54 µg/m³) och mars (41 µg/m³), medan de vid Leklunden var som högst i september (55 µg/m³) och mars (46 µg/m³). Även om enstaka timhalter var höga, låg vistelsetidsvärdena genomsnittligt under året klart under gällande norm- och riktvärden, utan några överskridanden av MKN, MKM, WHO:s riktvärde eller MKN 2030.

En jämförelse med dygnsmedelvärdena för PM₁₀ vid Satelliten (17 µg/m³) och Leklunden (19 µg/m³) visar att justeringen för barnens vistelsetid medförde något högre halter vissa månader och något lägre andra, se bilaga 4. Sammanfattningsvis överskreds inga norm- eller riktvärden för PM₁₀ under barnens vistelsetid vid någon tidpunkt under året.



Figur 13. PM10 maximala vistelse- och timmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Månadsvisa 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/m³), den gula visar MKN 2030 samt WHO:s riktvärde (45 µg/m³) och den bruna MKM (30 µg/m³). Halterna anges i µg/m³.

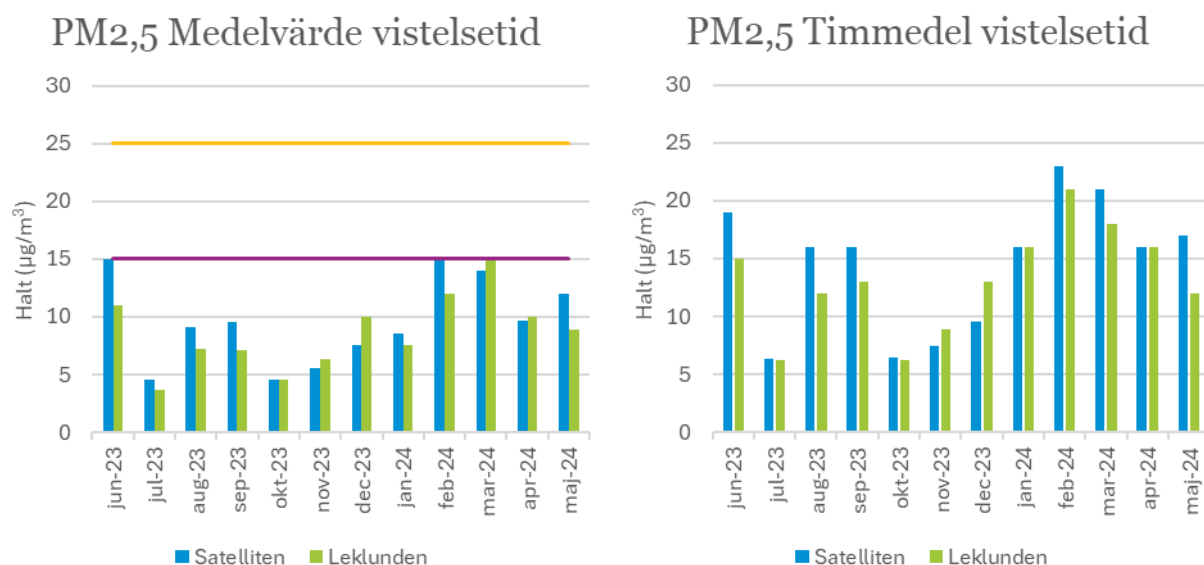
PM2,5

För PM2,5 uppvisar båda förskolorna en säsongsvariation som liknar PM10-mönstret, där de högsta halterna generellt förekommer under vintermånader och tidig sommar, se figur 14. Vid Satelliten noterades den högsta maximala medelhalten under barnens vistelsetid i juni och februari (15 µg/m³) samt i mars (14 µg/m³). Vid Leklunden var nivåerna något lägre, med toppar i mars (15 µg/m³), februari (12 µg/m³) och juni (11 µg/m³), se bilaga 10.

Även timmedelvärdena följer samma mönster, där de högsta tillfälliga halterna uppmättes i februari (23 µg/m³), mars (21 µg/m³) och juni (19 µg/m³) vid Satelliten, och något lägre värden i februari (21 µg/m³) och mars (18 µg/m³) vid Leklunden.

De maximala medelhalterna under barnens vistelsetid ligger under samtliga gällande norm- och riktvärden för PM2,5 – det vill säga MKM, MKN 2030 och WHO:s riktvärde (25 µg/m³, 25 µg/m³ respektive 15 µg/m³). Det innebär att barnen inte exponeras för nivåer som överskrider något av de gällande norm- och riktvärden under sin tid på förskolan.

En jämförelse med dygnsmedelvärden för PM2,5 vid både Satelliten och Leklunden (14 µg/m³) visar att halterna under barnens vistelsetid var marginellt högre under vissa månader – juni och februari vid Satelliten samt mars vid Leklunden – då uppmätta värden låg på 15 µg/m³, se bilaga 4.

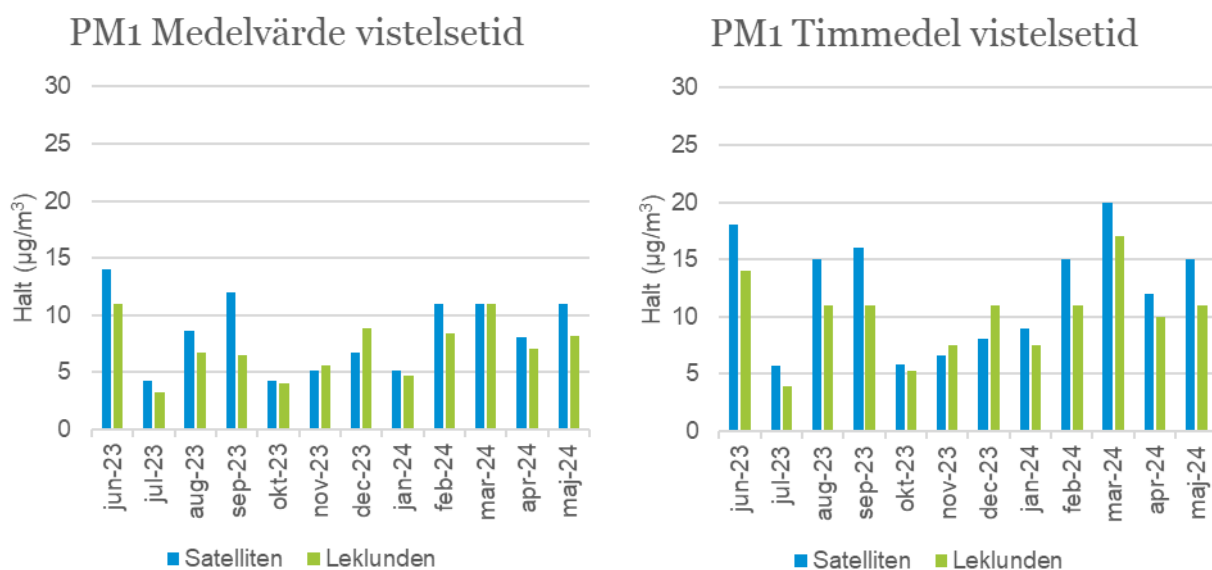


Figur 14. PM_{2,5} maximala vistelse- och timmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Månadsvisa värden är beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00. Den gula linjen visar MKN 2030 samt MKM (25 µg/m³) och den lila visar WHO:s riktvärde (15 µg/m³). Halterna anges i µg/m³.

PM₁

För PM₁, som utgör de allra finaste partiklarna, ses ett liknande säsongsmönster som för PM_{2,5}. Vid Satelliten uppmättes de högsta maximala medelhalterna under barnens vistelsetid i juni (14 µg/m³) och september (12 µg/m³), medan nivåerna vid Leklunden var något lägre – 11 µg/m³ i både mars och juni, se bilaga 10. Timmedelvärdena var högst i mars vid båda förskolorna, med 20 µg/m³ vid Satelliten och 17 µg/m³ vid Leklunden.

Justeringen för barnens vistelsetid påverkar PM₁-nivåerna på ett liknande sätt som för PM_{2,5}. I juni var halterna något högre vid Satelliten, medan de i mars och juni vid Leklunden motsvarade de ojusterade nivåerna (13 µg/m³ respektive 11 µg/m³, se bilaga 4). Under övriga månader var de justerade halterna i regel lägre än de ojusterade nivåerna. För timmedelvärden noterades lägre nivåer i de justerade värdena, vilket tyder på att de högsta timtopparna ofta inträffade utanför barnens vistelsetid.



Figur 15. PM1 maximala vistelse- och timmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Månadsvisa värden redovisas, beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NO₂

Halter av kvävedioxid (NO₂) uppvisar en tydlig säsongsvariation, med högre nivåer under vinterhalvåret och lägre under sommaren, se figur 16. Detta mönster gäller för båda förskolorna, men nivåerna är generellt högre vid Satelliten än vid Leklunden. Eftersom dessa värden avser dagtid under vardagar kan de inte direkt jämföras med dygns- eller timmedelvärden som ligger till grund för miljö kvalitetsnormer (MKN och MKN 2030), miljö kvalitetsmål (MKM) eller WHO:s riktvärden. Däremot ger de en relevant indikation på barnens möjliga exponering under vistelsetiden på förskolan.

Vid förskolan **Satelliten** uppmättes de högsta maximala medelhalterna under barnens vistelsetid av NO₂ i januari ($67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och december ($47 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se bilaga 10. Under båda dessa månader överskreds MKN 2030 ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$), medan det nu gällande normvärdet enligt MKN ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) endast överskreds i januari (2 dygn). WHO:s riktvärde ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds i december, januari och februari. Den nedre utvärderingströskeln (NUT, $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds ett dygn (justerat för barnens vistelsetid) i december och tre dygn i januari. Två av dygnen i januari överskred även den övre tröskeln (ÖUT, $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$). MKN, NUT samt ÖUT får inte överskridas mer än 7 dygn per kalenderår.

Timmedelvärdena följer ett liknande säsongsmönster, med de högsta halterna i januari ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och februari ($93 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tim-ÖUT ($72 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds vid 15 timmar i januari och en timme i februari. Tim-NUT ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds vid flera tillfällen: november (en timme), december (fyra timmar), januari (21 timmar), februari (fem timmar), mars (två timmar) och april (en timme). NUT samt ÖUT får enligt gällande riktlinjer maximalt överskridas 175 timmar per kalenderår.

Vid **Leklunden** uppmättes de högsta maximala medelhalterna under barnens vistelsetid av NO₂ i januari ($55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och december ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$), medan de högsta timmedelhalterna

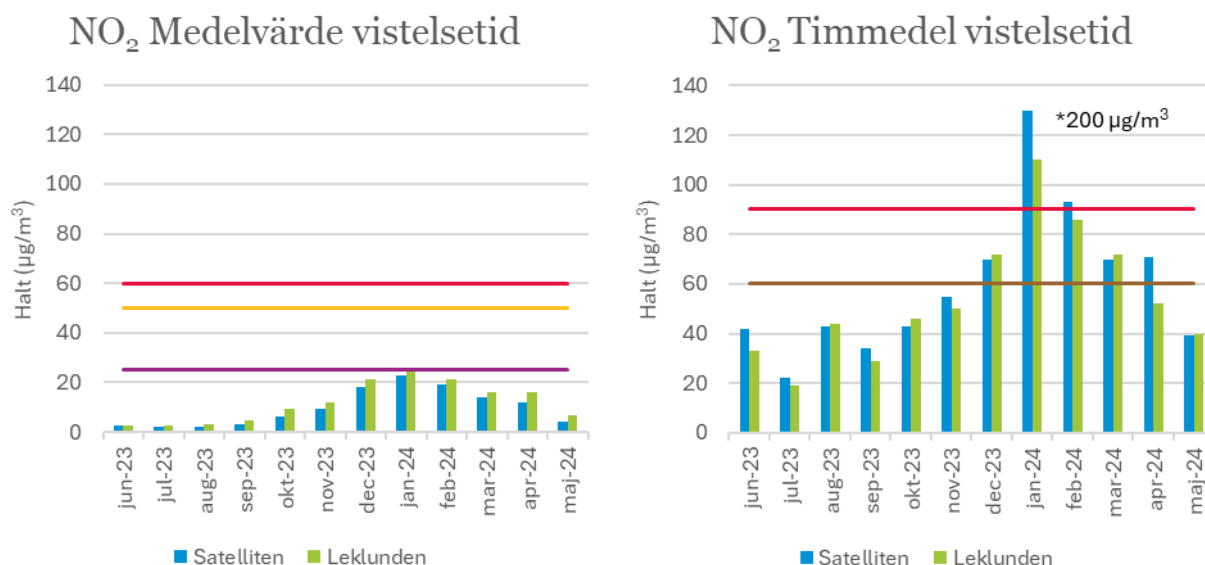
noterades i januari ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och februari ($86 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se bilaga 10. Normvärdet enligt nuvarande MKN ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds inte vid något tillfälle. Däremot överskreds det föreslagna normvärdet för dygnsmedel enligt MKN 2030 ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i januari, och WHO:s riktvärde för dygnsmedel ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds i december, januari och februari.

Dygns-NUT överskreds ett dygn i december och tre i januari, och dygns-ÖUT vid två av dyggen i januari. Resultatet gäller för barnens vistelsetid. För timvärden överskreds ÖUT under sju timmar i januari och en timme i februari, medan tim-NUT överskreds tre timmar i december, 15 i januari, tre i februari och två timmar i mars.

Jämförelse med dygnsmedelvärden

En jämförelse med de ojusterade maximala dygnsmedelvärdena – $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Satelliten och $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Leklunden, se bilaga 4 – visar att de justerade halterna under barnens vistelsetid generellt är lägre under större delen av året. Ett tydligt undantag är dock januari, då de justerade värdena var högre: $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Satelliten och $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Leklunden, se bilaga 10. Det innebär att de högsta halterna i januari inträffade under tider då barnen faktiskt vistades på förskolan.

Trots att halterna beräknade som maximala medelvärden under barnens vistelsetid tidvis befann sig över norm- och riktvärden var medelvärdet klart under den gällande dygnsnormen enligt MKN ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och WHO:s riktvärde ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se bilaga 10. Endast två dygn i januari överskred MKN och MKN 2030 på Satelliten och MKN på Leklunden. Justeringen för barnens vistelsetid påverkar resultaten tydligt. Eftersom de högsta NO_2 -halterna ofta inträffar under rusningstid – särskilt på morgonen och kvällen – blir de vistelsebaserade medelhalterna generellt lägre än dygnets maximala nivåer.

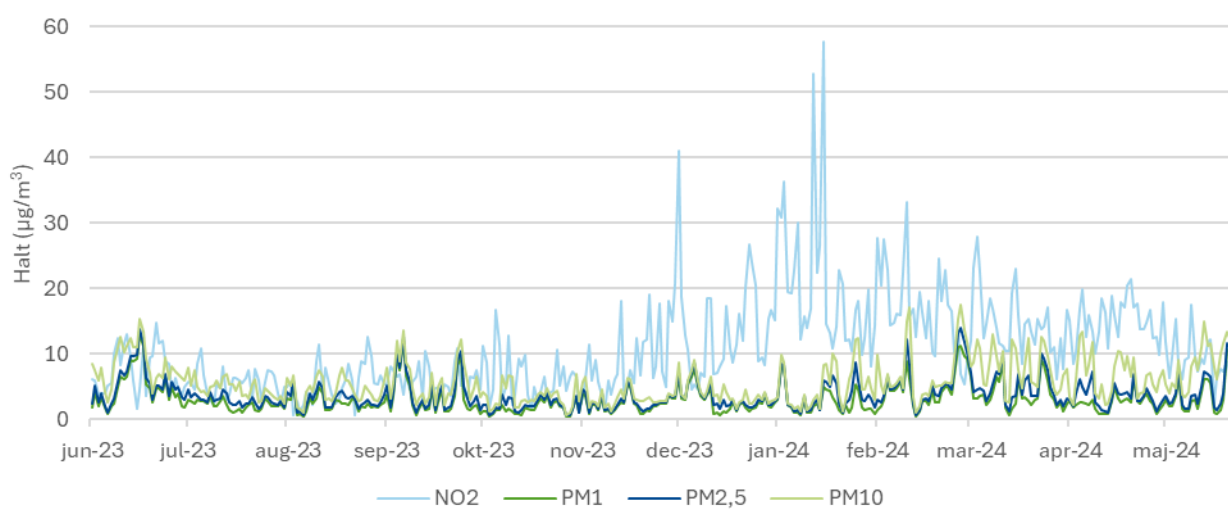


Figur 16. NO_2 maximala vistelse- och timmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Månadsvisa värden redovisas, beräknade för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00. Den röda linjen visar MKN, den gula visar MKN 2030, den lila WHO:s riktvärde och den bruna MKM för respektive dygns- eller timmedelvärden. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. * $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avser MKN 2030/WHO.

Samvariationer mellan partiklar och NO₂

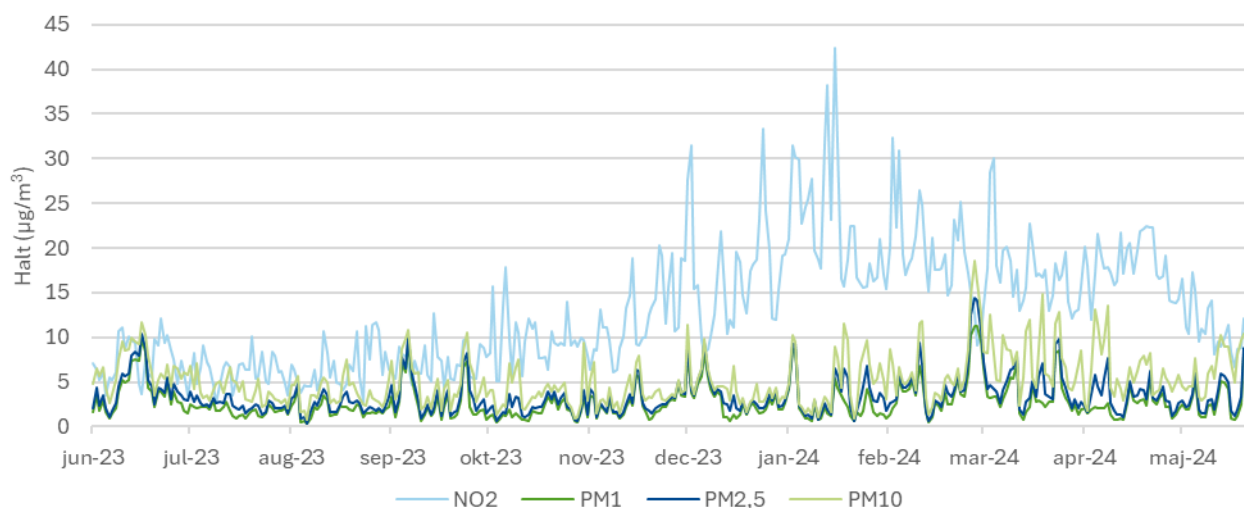
Halterna av samtliga mätta partiklar (PM₁₀, PM_{2,5} och PM₁) följer samma trend under mätperioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024, se figur 17 och 18. De olika partikelfraktionerna uppvisar ofta samtidigt förhöjda halter och likartade variationer över tid. Detta mönster är tydligt både för förskolan Satelliten och för Leklunden. I figurerna framgår också att kurvorna för PM_{2,5} och PM₁ ofta ligger mycket nära varandra, ibland nästan sammanfaller, där PM_{2,5} generellt endast ligger marginellt över PM₁. Samvariation kan även observeras mellan partiklar och NO₂.

Dygnsmedelvärden vid Satelliten



Figur 17. PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ och NO₂ dygnsmedelvärden vid förskolan Satelliten under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Halterna anges i µg/m³.

Dygnsmedelvärden vid Leklunden



Figur 18. PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ och NO₂ dygnsmedelvärden vid förskolan Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Halterna anges i µg/m³.

Diskussion

Mätningar av luftkvaliteten vid förskolorna Satelliten och Leklunden visar att PM₁₀-halterna ligger under gällande miljökvalitetsnormer och riktvärden. När barnens möjliga vistelsetid på förskolan, från kl. 06.00 till 18.00, tas i beaktning konstateras inga överskridanden under mätperioden. De högsta partikelhalterna uppmättes under våren, vilket sannolikt är kopplat till damning i samband med att vägbanor torkar upp. Ett återkommande veckomönster har identifierats, med högre halter måndagar, tisdagar och fredagar, särskilt under för- och eftermiddag.

När det gäller PM_{2,5} ligger dessa halter under gällande MKN, men de är nära WHO:s rekommenderade riktvärden. När mätdata justeras för barnens vistelsetid ses vistelsevärden mellan 10 och 15 µg/m³ under delar av året, särskilt i juni samt mellan februari och april. Ett tydligt veckomönster ses med högst halter på fredagar och en lägre nivå under eftermiddagarna. Enligt det nya luftkvalitetsdirektivet (2024/2881) ska ett normvärde på 25 µg/m³ (dygn) för PM_{2,5} uppnås senast 2030.

PM₁-halterna följer liknande nivåer och mönster som PM_{2,5}, och forskning visar att PM₁ kan utgöra upp till 75 procent av PM_{2,5}, vilket tyder på att de utgör en betydande del av dessa partiklar [35]. Trots att det saknas norm- och riktvärden har PM₁ kopplats till negativ hälsopåverkan [21, 23, 25]. Det är därför angeläget med fortsatt övervakning och öka kunskapen om dess förekomst, källor och hälsoeffekter.

För NO₂-halterna, som vid flera tillfällen överskred utvärderingströsklarna NUT och ÖUT, var antalet överskridanden ändå inom tillåtna gränser. Efter justering för barnens utevistelsetid låg både dygns- och timvärden tidvis på förhöjda nivåer. Dygnsmedelvärdena översteg WHO:s riktvärde på 25 µg/m³ under de kalla månaderna (december–mars), med de högsta halterna i januari. Halterna var lägre under sommarhalvåret. De största källorna är förbränningsprocesser i industri samt fordonstrafik [24, 36]. De lägsta halterna uppmättes under helger och mitt på dagen, med tydliga toppar på vardagsmorgnar.

Förskolornas placering har stor betydelse för barns exponering för luftföroreningar. Förskolor som ligger nära trafikerade vägar tenderar att ha högre nivåer av luftföroreningar som NO₂ och PM₁₀, men halterna minskar i takt med att avståndet från vägarna ökar och vid förekomst av skyddande inslag som hus, träd och vegetation. Grönska på förskolegårdarna bidrar inte bara till renare luft utan även till en lugnare miljö och minskat buller [26, 27]. För att minimera barns exponering för luftföroreningar bör förskolor placeras med god marginal till trafikerade vägar, samt helst inte i vindriktning från större utsläppskällor. Det är också viktigt att tänka på att felaktigt placerade bullerskärmar kan förvärra luftkvaliteten [26].

Det är även viktigt att komma ihåg att barns totala exponering för luftföroreningar sker både utomhus och inomhus – i hemmet och på förskolan. Ventilationen och inomhusmiljön spelar därför en viktig roll, eftersom barn tillbringar mycket tid inomhus och nivåerna där ofta är lägre men fortfarande påverkas av utomhusluften.

De undersökta förskolorna har låga halter av PM₁₀, medan PM_{2,5} och NO₂ är något högre i förhållande till norm- och riktvärden. Även om PM₁₀-halterna är låga i dagsläget bör PM₁₀ fortsatt övervakas. Halterna av grövre partiklar kan komma att öka i takt med att fler eldrivna fordon används, eftersom deras tyngd bland annat kan leda till ökat slitage på vägbanor och däck. Vidare bör fina partiklar såsom PM₁ och ultrafina partiklar (<0,1 µm), inte glömmas bort då dessa har andra fysikaliska egenskaper och vid inandning kan orsaka systemiska effekter [20, 21].

Barn är mer utsatta för luftföroreningar än vuxna, eftersom de andas mer i förhållande till sin kroppsstorlek, är mer aktiva och mindre utvecklad reningskapacitet i lungorna [12-14]. Studier har också visat att förbättrad luftkvalitet leder till färre fall av astma och förbättrad lungfunktion hos barn [37, 38]. Detta understryker vikten av att luftens kvalitet är god och att halterna i luften håller sig med betryggande marginaler under norm- och riktvärden. Sammantaget visar resultaten att barnens faktiska exponering låg under normvärden, men vissa perioder och ämnen – särskilt NO₂ – kräver fortsatt uppmärksamhet.

Slutsats

Genom denna studie vill Arbets- och miljömedicin öka medvetenheten om luftens kvalitet på förskolegårdar och främja en hälsosam utomhusmiljö för barn. Resultaten visar att luftkvaliteten på de två undersökta förskolegårdarna i Örebro tätort över lag bedöms som god under den studerade perioden. Eftersom barn är särskilt känsliga för luftföroreningar, och eftersom inga säkra nivåer har fastställts, är det avgörande att halterna är så låga som möjligt. För att skydda barns hälsa krävs därför fortsatt övervakning av luftkvaliteten och aktiva åtgärder för att minska trafikintensiteten nära förskolor. 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 tryggare och mer hälsosam utomhusmiljö för barn – både nu och i framtiden.

Referenser

1. Arbets- och miljömedicin Region Örebro län, *Temperaturmätning och upplevelse av inomhusklimatet i förskolor i Örebro kommun sommaren 2020*. 2021.
2. Arbets- och miljömedicin Region Örebro län, *Solskydd på förskolegårdar i Örebro kommun - en miljömedicinsk bedömning*. 2023.
3. Stroh, E., *Luftkvalitén i barns utemiljö – en kunskapsinventering*. 2019, Lunds Universitet: Lund. p. 22.
4. SLB-Analys, *Förslag på mätprogram för samverkansområde tätortsluft i Örebro och Värmlands län*. 2021: Stockholm.
5. Örebro kommun, *Objektiv skattning av luftkvaliteten 2023 - Örebro kommun*. BOM 123/2024 (24-06-14), 2024.
6. Naturvårdsverket, *Luftguiden. Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft. Version 4*. 2019, Bromma.
7. Naturvårdsverket, *Frisk luft - Fördjupad utvärdering av miljömålen 2023*. RAPPORT 7067 | NOVEMBER 2022. 2022, Bromma.
8. Naturvårdsverket, *Frisk luft*, in *Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019. En sammanfattning*. 2019: Bromma.
9. World Health Organization (WHO), *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. 2021, Geneva.
10. Naturvårdsverket, *Luftguiden- Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft, version 4*. . 2019.
11. Arbets- och miljömedicin Region Örebro län, *Miljö och hälsa 2018 - Regional miljöhälsorapport för Södermanlands, Värmlands, Örebro och Västmanlands län*. 2018.
12. Naturvårdsverket, S., *Om luftföroreningar och luftföroreningars effekter. Forskning för politiska beslut i Sverige och Europa*. 2013.
13. Centrum för arbets- och miljömedicin Stockholms Läns Landsting, *Luftföroreningar och hälsa*. 2006.
14. 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.
15. Naturvårdsverket, *Luft & miljö - Barns hälsa. Om luftmiljön och svensk luftövervakning*. 2017.
16. Centrum för arbets- och miljömedicin Stockholms Läns Landsting och Västra Götalandsregionen Miljömedicinskt centrum, *Luftföroreningar och hälsa. Faktablad*. 2018.
17. Brockmeyer, S. and A. D'Angiulli, *How air pollution alters brain development: the role of neuroinflammation*. Transl Neurosci, 2016. 7(1): p. 24-30.
18. Landrigan, P.J., et al., *The Lancet Commission on pollution and health*. Lancet, 2018. 391(10119): p. 462-512.
19. Institutet för miljömedicin, *Miljöhälsorapport 2017*, Folkhälsomyndigheten, Editor. 2017.
20. 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.

21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Karolinska Institutet - Institutet för miljömedicin (IMM). *Kväveoxider 2014* [cited 2024 Februari 21]; Available from: <http://ki.se/imm/kvaveoxid>.
25. Naturvårdsverket, *Luft & miljö – Partiklar. Om luftmiljö och svensk luftövervakning 2023*. 2023.
26. Watne, Å., et al., *Vägledning för arbete med renare luft och mindre buller på förskolegårdar*, in *C-rapport*. 2024, IVL Svenska Miljöinstitutet: Göteborg.
27. 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.
28. Folkhälsomyndigheten, *Lagom sol och mer grönska. Utemiljöer i förskola och grundskola som främjar barns hälsa*. 2024.
29. Folkhälsomyndigheten, *Grönskans kvaliteter och barns hälsa - Kunskapsunderlag om barns hälsa och utveckling vid vistelse i gröna miljöer med fokus på ekosystemtjänster*. 2024.
30. 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.
31. Naturvårdsverket, *Vägledning om buller från väg- och spårtrafik på skolgårdar*. 2023.
32. 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.
33. Kunak Technologies SL. *Datasheet Kunak Air*. [cited 2025 Januari 21]; Available from: <https://kunakair.com/air-quality-monitor/>.
34. Naturvårdsverkets författningssamling, *NFS 2019:9. Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet*. 2019.
35. Mainka, A. and E. Zajusz-Zubek, *PM1 in Ambient and Indoor Air—Urban and Rural Areas in the Upper Silesian Region, Poland*. Atmosphere, 2019. 10(11): p. 662.
36. Naturvårdsverket. *Fakta om kväveoxider i luft*. 2024-12-12].
37. 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).
38. Yu, Z., et al., *Improved Air Quality and Asthma Incidence from School Age to Young Adulthood: A Population-based Prospective Cohort Study*. Ann Am Thorac Soc, 2024. 21(10): p. 1432-1440.

Bilaga 1. Sammanställning av giltigförklarade mätdata

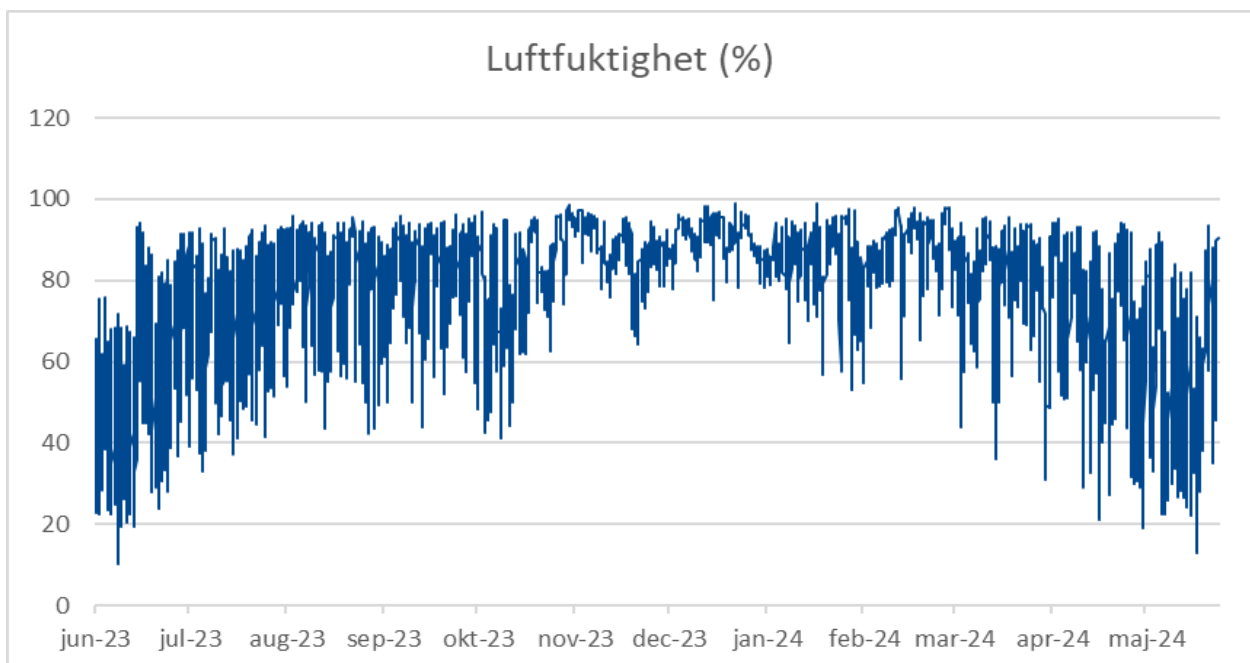
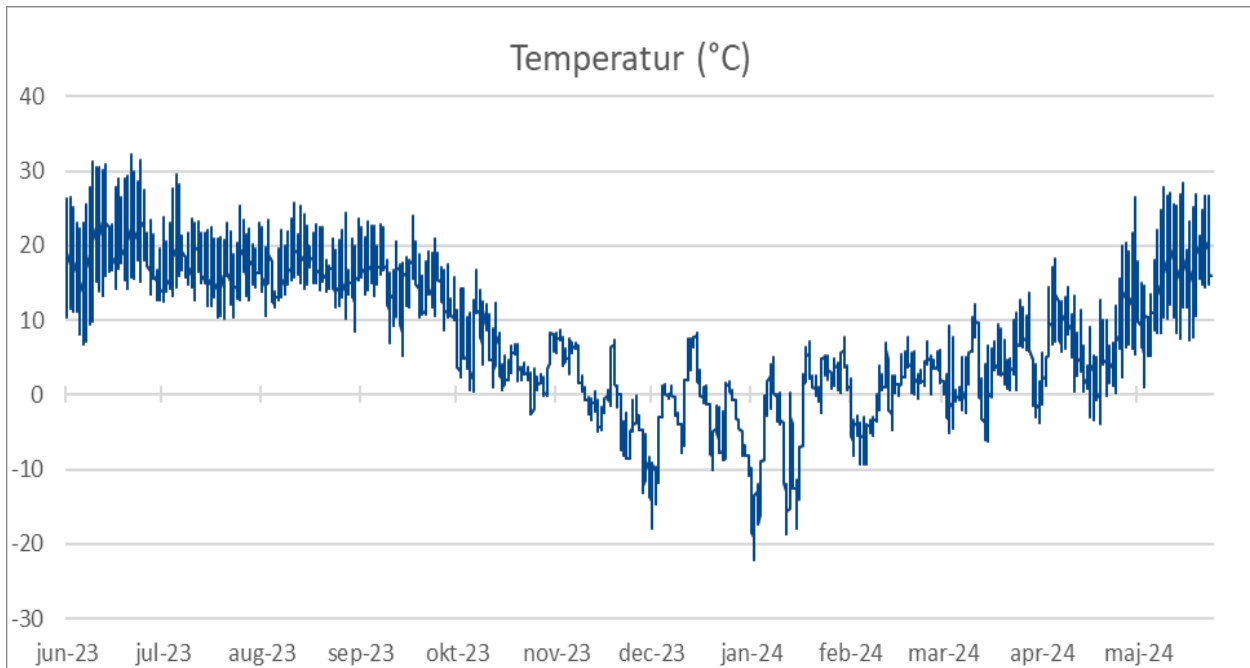
Tabellen visar andelen giltiga mätdata för PM_{2,5} och PM₁₀ under de dygn då mätdata har ogiltigförklarats i den digitala portalen Kunak Cloud. Endast data som bedömts som giltiga har inkluderats i den slutliga sammanställningen i denna rapport. Tabellen omfattar hela mätperioden, från den 5 juni 2023 till den 27 maj 2024, för både Satelliten och Leklunden. För varje relevant datum anges andelen giltiga data (i procent) per dygn.

Andel giltiga mätdata per dygn för PM_{2,5} och PM₁₀ under dagar med ogiltigförklarad data i Kunak Cloud, 2023-06-05 – 2024-05-27

Datum	Procent (%) giltig data per dygn	Datum	Procent (%) giltig data per dygn
Satelliten PM _{2,5}		Leklunden PM _{2,5}	
2023-08-21	93	2023-09-09	76
2023-09-09	56	2023-09-28	65
2023-09-13	93	2023-11-03	91
2023-09-28	57	2023-11-06	90
2023-11-03	85	2024-02-15	45
2023-11-06	91	2024-03-01	99
2024-02-14	95	2024-03-02	43
2024-02-15	70	2024-03-03	87
2024-03-01	99	2024-05-25	90
2024-03-02	45	2024-03-03	87
2024-03-03	90	2024-05-25	90
2024-05-25	85		
Satelliten PM ₁₀		Leklunden PM ₁₀	
2023-08-21	93	2023-09-09	76
2023-09-09	56	2023-09-28	65
2023-09-13	93	2023-11-03	91
2023-09-28	57	2023-11-06	90
2023-11-03	85	2024-01-19	93
2023-11-06	84	2024-01-30	79
2024-02-14	95	2024-02-15	47
2024-02-15	70	2024-03-01	99
2024-03-01	99	2024-03-02	43
2024-03-02	45	2024-03-03	87
2024-03-03	90	2024-05-25	90
2024-05-25	85		

Bilaga 2. Temperatur och relativ luftfuktighet

Temperatur och relativ luftfuktighet presenteras per timme under mätperioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Temperatur och luftfuktighet var lika på Satelliten och Leklunden och därför representerar respektive kurva mätdata för båda förskolorna.



Bilaga 3. Årsmedelvärden av PM10, PM2,5, PM1 och NO₂

Uppmätta min-, max-, median- och medelvärden samt standardavvikelse (SD) redovisas, tillsammans med MKN, MKM, WHO:s riktvärde och MKN 2030. Halterna anges i µg/m³.

PM10								
Uppmätta halter (µg/m³)					Norm- och riktvärden (µg/m³)			
Min	Max	Median	Medel	SD	MKN	MKM	WHO	MKN 2030
Satelliten								
0,050	490	4,4	5,7	5,2	40	15	15	20
Leklunden								
0,10	270	4,2	5,2	4,4	40	15	15	20
PM2,5								
Uppmätta halter (µg/m³)					Norm- och riktvärden (µg/m³)			
Min	Max	Median	Medel	SD	MKN	MKM	WHO	MKN 2030
Satelliten								
0,040	48	2,9	3,8	3,0	25	10	5	20
Leklunden								
0,070	35	2,8	3,5	2,7	25	10	5	20
PM1								
Uppmätta halter (µg/m³)			Min	Max	Median	Medel	SD	
Satelliten								
			0,030	30	2,3	3,1	2,7	
Leklunden								
			0,050	31	2,1	2,8	2,3	
NO ₂								
Uppmätta halter (µg/m³)					Norm- och riktvärden (µg/m³)			
Min	Max	Median	Medel	SD	MKN	MKM	WHO	MKN 2030
Satelliten								
0,00	150	8,5	11	12	40	20	10	20
Leklunden								
0,00	290	10	13	13	40	20	10	20

Bilaga 4. Dygns- och timmedelvärden

Dygns- och timmedelvärden för PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ samt NO₂ vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Uppmätta min- och maxvärden samt antal överskridanden av MKN, MKM, WHO:s riktvärde och MKN 2030 redovisas i dygn respektive timmar. Halterna anges i µg/m³.

PM ₁₀										
Uppmätta halter (µg/m ³)			Norm- och riktvärden (µg/m ³) samt överskridanden (antal dygn eller timmar)							
Medel- värdes- period	Min	Max	MKN	> MKN	MKM	> MKM	WHO	> WHO	MKN 2030	> MKN 2030
Satelliten										
Dygn	0,70	17	50	0 dygn	30	0 dygn	45	0 dygn	45	0 dygn
Timme	0,09	67	-	-	-	-	-	-	-	-
Leklunden										
Dygn	0,85	19	50	0 dygn	30	0 dygn	45	0 dygn	45	0 dygn
Timme	0,20	55	-	-	-	-	-	-	-	-

PM _{2,5}										
Uppmätta halter (µg/m ³)			Norm- och riktvärden (µg/m ³) samt överskridanden (antal dygn resp. timmar)							
Medel- värdes- period	Min	Max	MKN	> MKN	MKM	> MKM	WHO	> WHO	MKN 2030	> MKN 2030
Satelliten										
Dygn	0,54	14	-	-	25	0 dygn	15	0 dygn	25	0 dygn
Timme	0,060	25	-	-	-	-	-	-	-	-
Leklunden										
Dygn	0,40	14	-	-	25	0 dygn	15	0 dygn	25	0 dygn
Timme	0,10	32	-	-	-	-	-	-	-	-

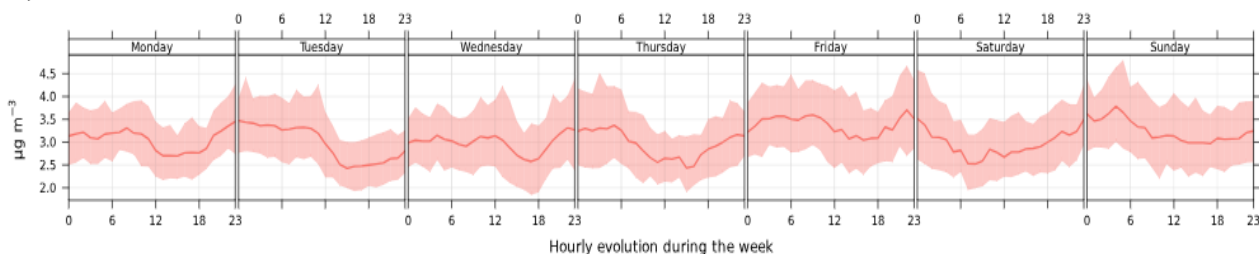
Uppmätta halter (µg/m ³)		PM ₁				
Medelvärdesperiod		Min	Max	Median	Medel	SD
Satelliten						
Dygn		0,42	13			
Timme		0,040	21			
Leklunden						
Dygn		0,31	11			
Timme		0,070	19			

NO ₂										
Uppmätta halter (µg/m ³)			Norm- och riktvärden (µg/m ³) samt överskridanden (antal dygn resp. timmar)							
Medel- värdes- period	Min	Max	MKN	> MKN	MKM	> MKM	WHO	> WHO	MKN 2030	> MKN 2030
Satelliten										
Dygn	0,67	58	60	0 dygn	-	-	25	13 dygn	50	2 dygn
Timme	0,00	130	90	12 timmar	60	79 timmar	200	0 timmar	200	0 timmar
Leklunden										
Dygn	2,2	49	60	0 dygn	-		25	19 dygn	50	0 dygn
Timme	0,00	110	90	3 timmar	60	36 timmar	200	0 timmar	200	0 timmar

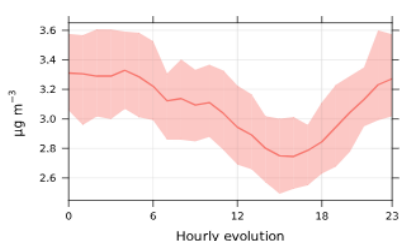
Bilaga 5. Variationer i PM1

Satelliten

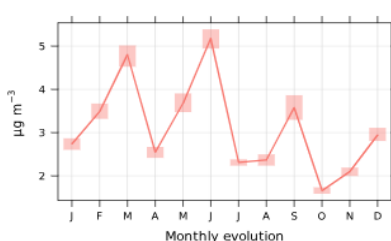
a)



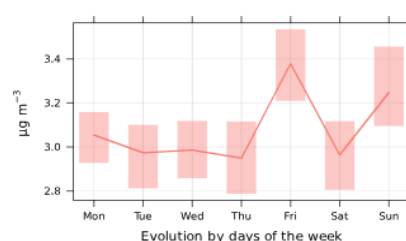
b)



c)



d)

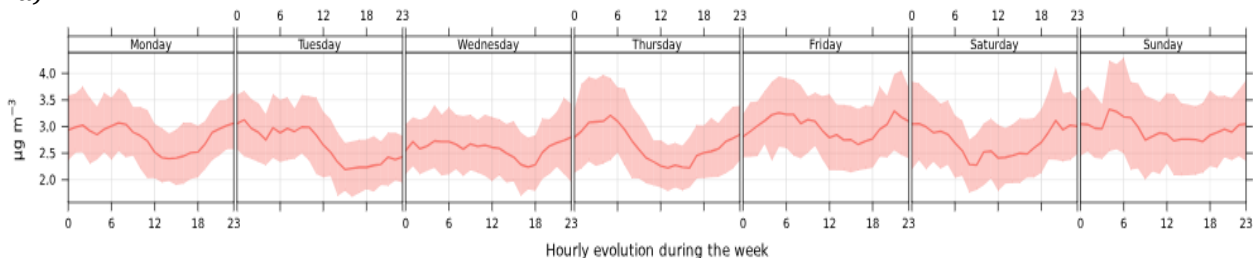


Variationer i PM1-halter vid förskolan Satelliten under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024.

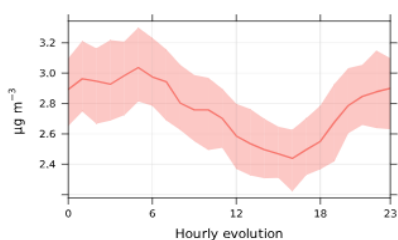
Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Leklunden

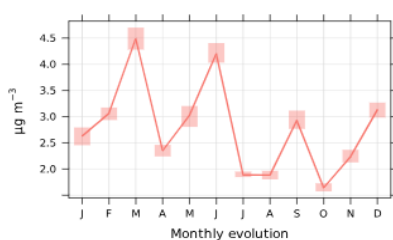
a)



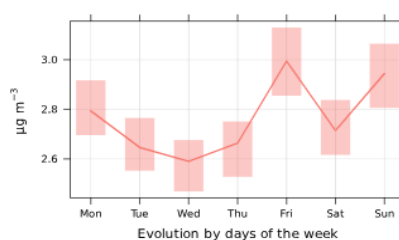
b)



c)



d)

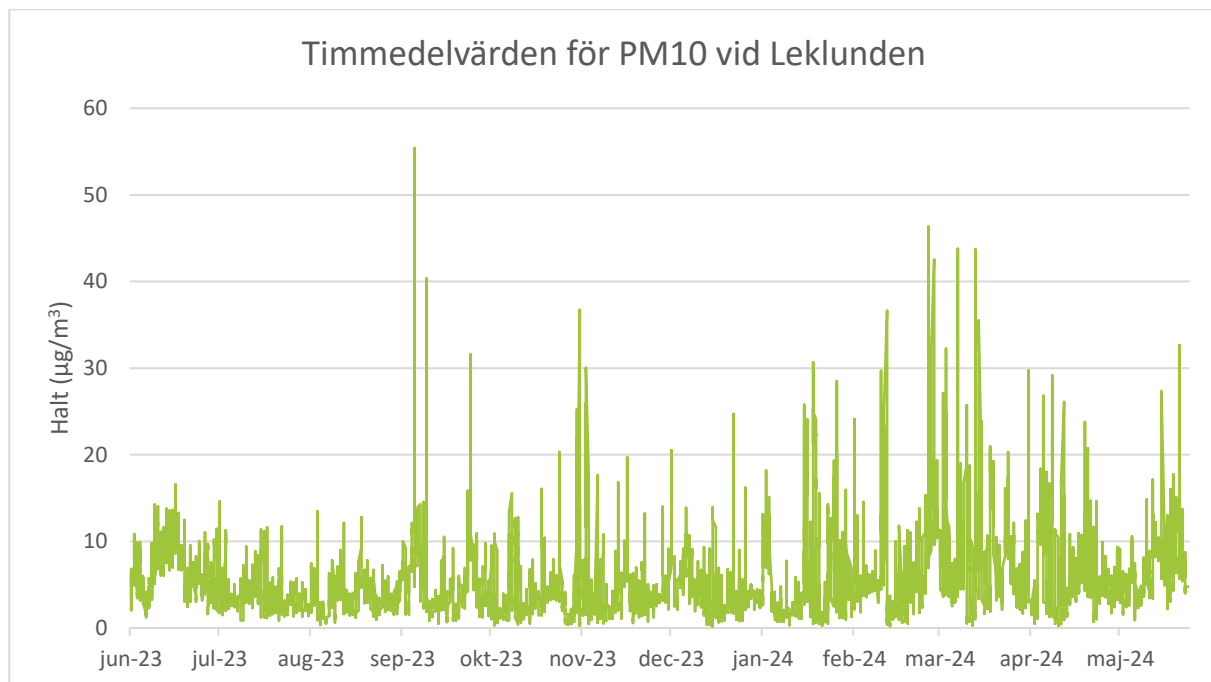
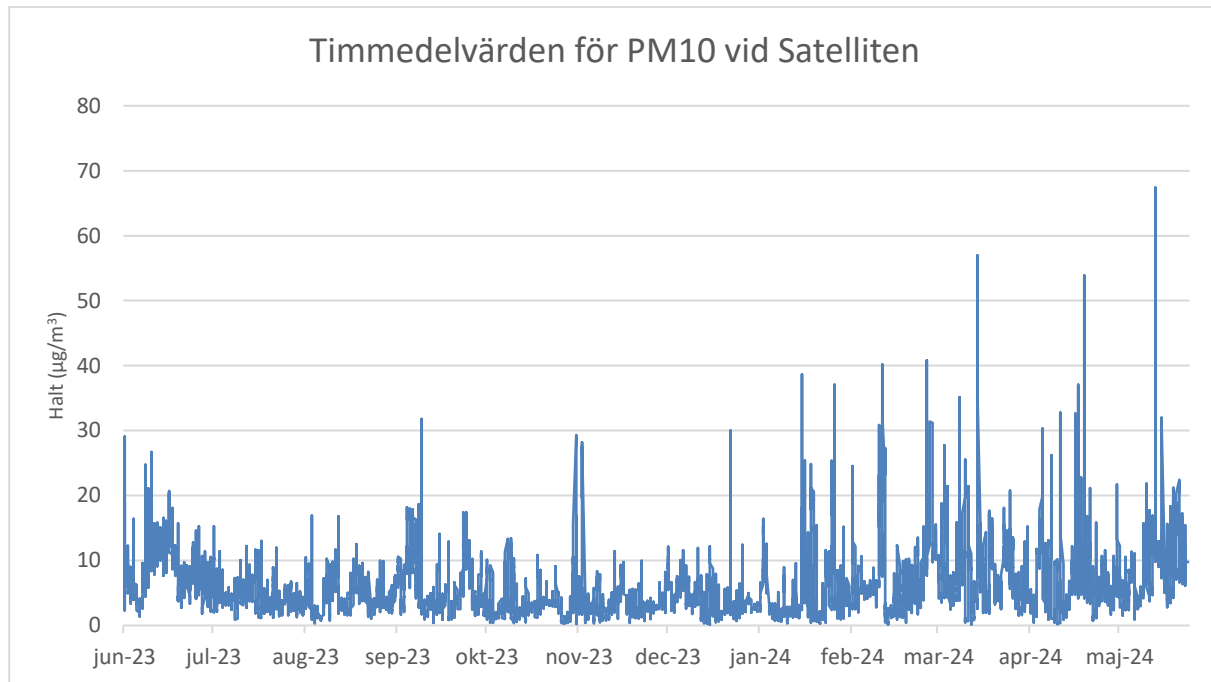


Variationer i PM1-halter vid förskolan Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024.

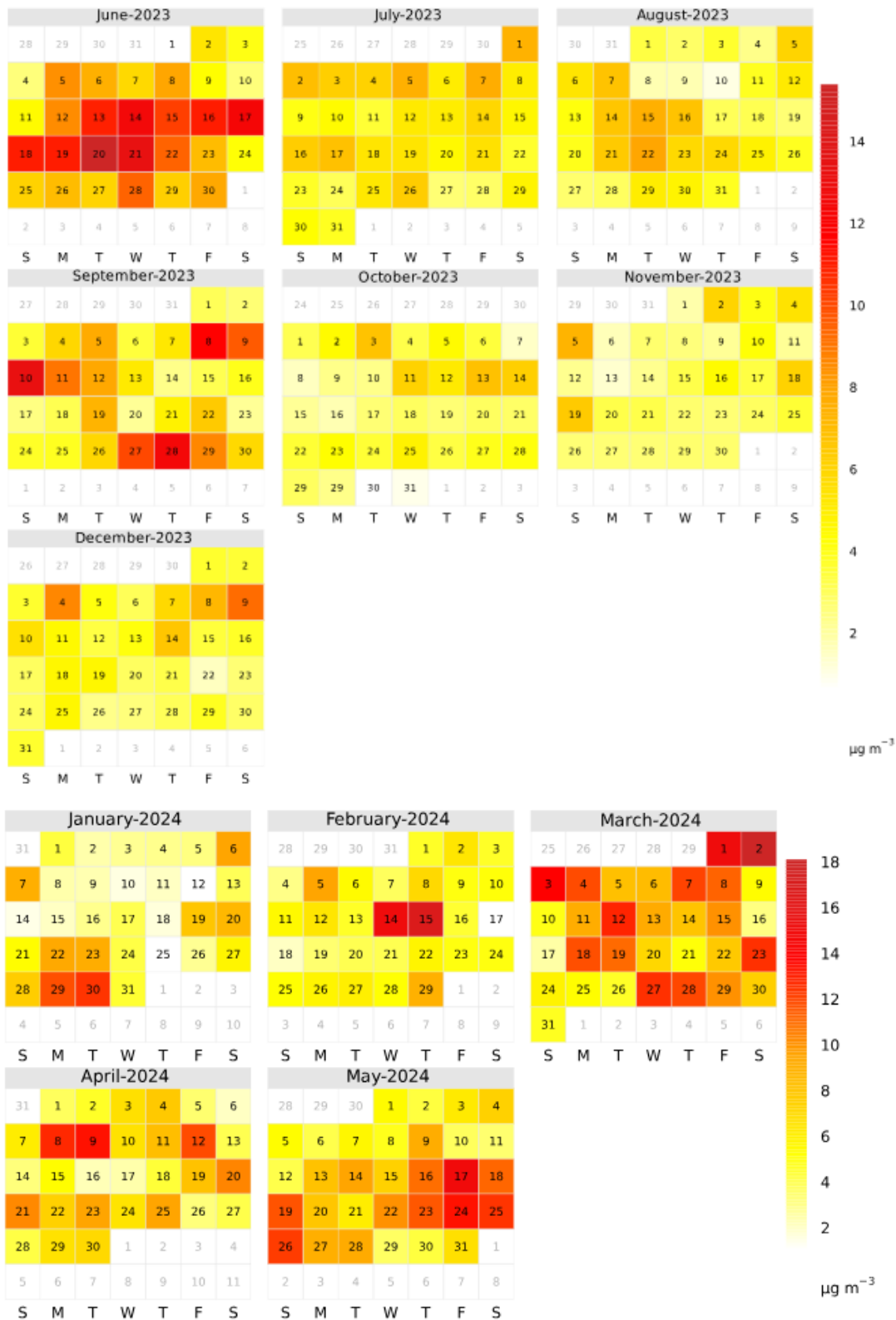
Diagrammen visar medelvärdet för timmedelhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bilaga 6. Timmedelvärden och maxhalter av PM10

Grafer över PM10 timmedelvärden angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för utomhusluft på förskolorna Satelliten och Leklunden under mätperioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024.

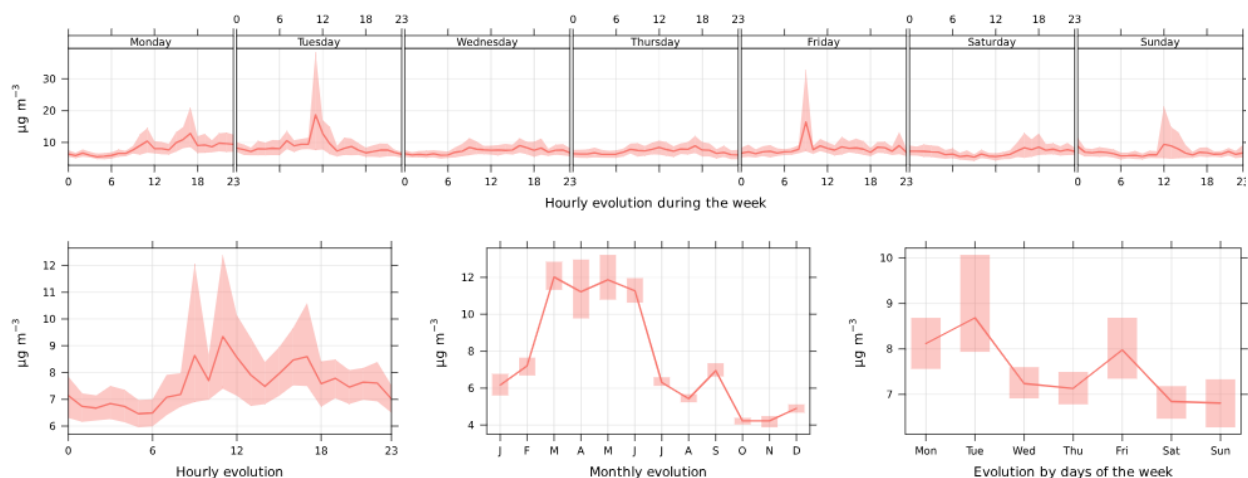


Kalenderplot som visar timmedelvärden för PM₁₀ i utomhusluft på förskolan **Satelliten** under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Medelvärdet av timmedelvärden per dygn visas. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

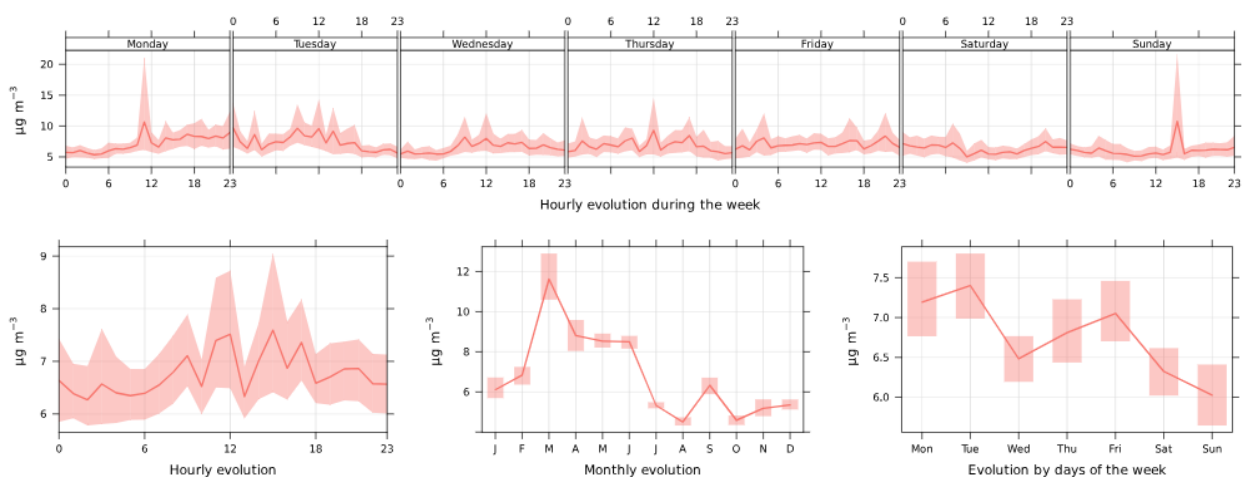


Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Variationer i PM10 för förskolan **Satelliten** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Variationer i PM10 för förskolan **Leklunden** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Bilaga 7. Timmedelvärden och maxhalter av PM2,5

Graferna visar PM2,5 timmedelvärden angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för förskolorna Satelliten och Leklunden under mätperioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024.

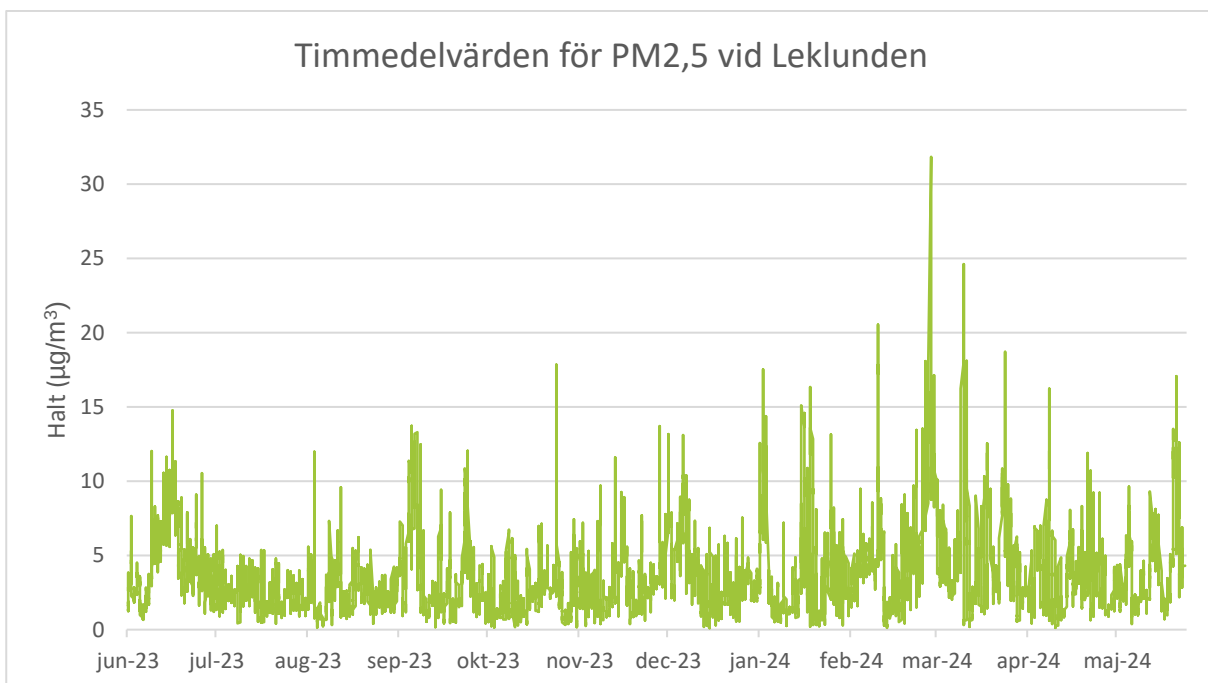
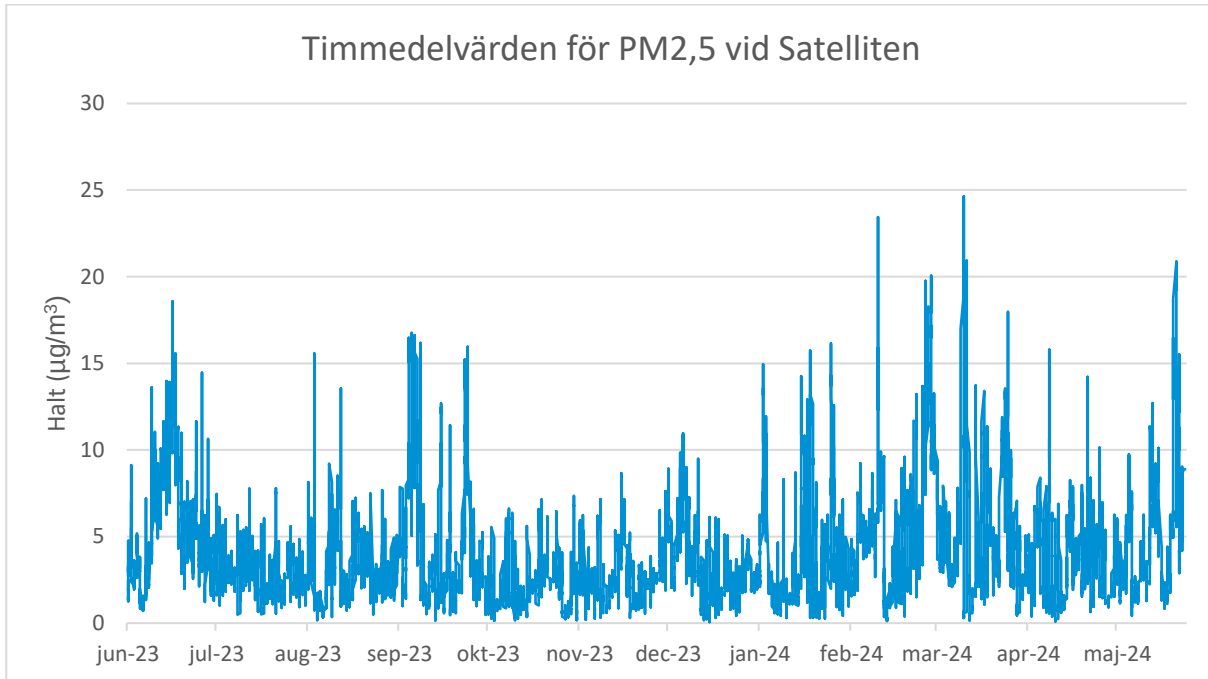
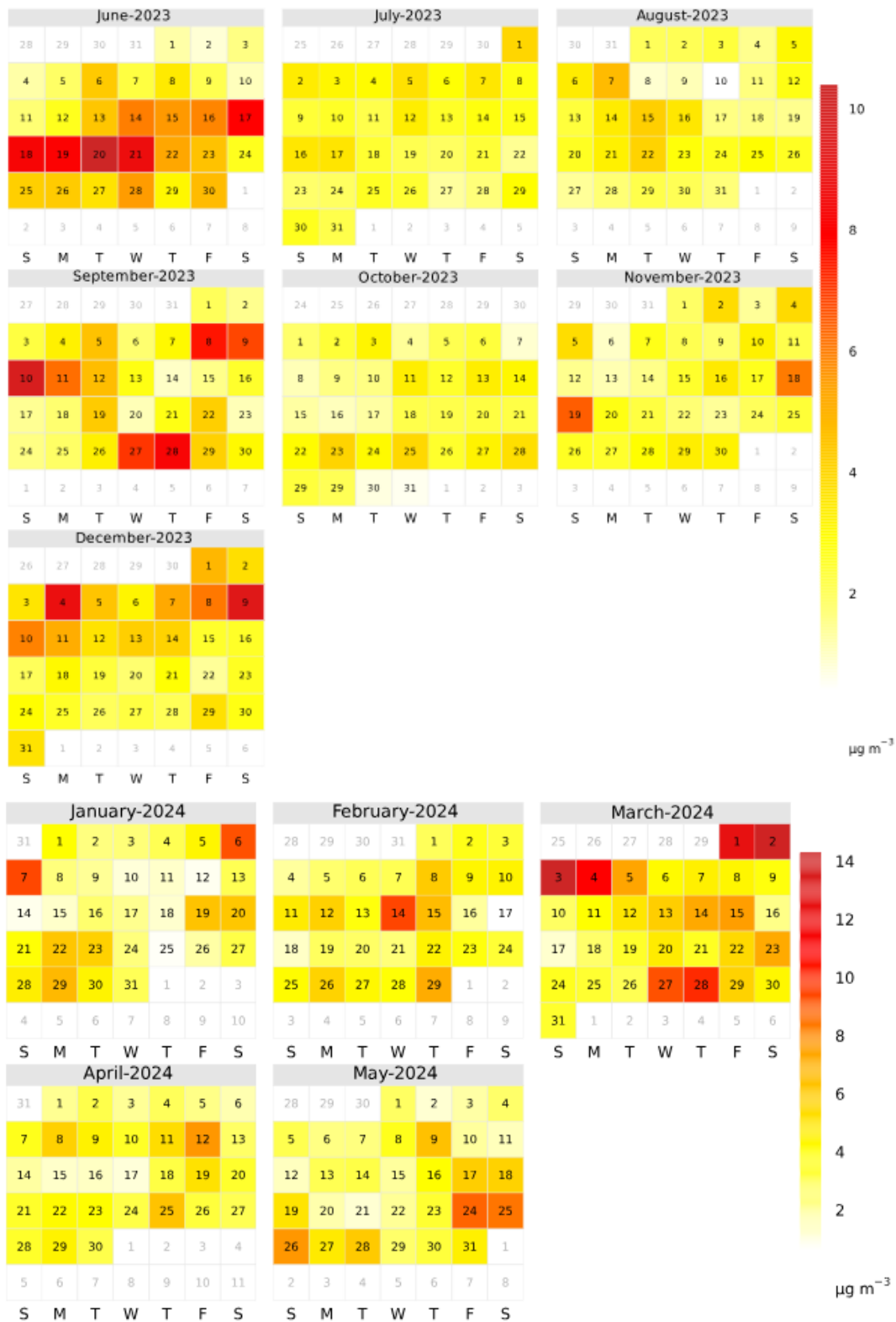


Figure 1 displays 18 heatmaps arranged in a 6x3 grid, showing the monthly variation of PM_{2.5} concentrations (µg m⁻³) for the period from June 2023 to March 2024. The heatmaps are organized by month and year, with each heatmap representing a 7x7 grid of days (rows) and days of the week (columns: S, M, T, W, T, F, S). The color scale on the right indicates the concentration levels, ranging from 2 to 14 µg m⁻³, with red representing higher concentrations and yellow representing lower concentrations.

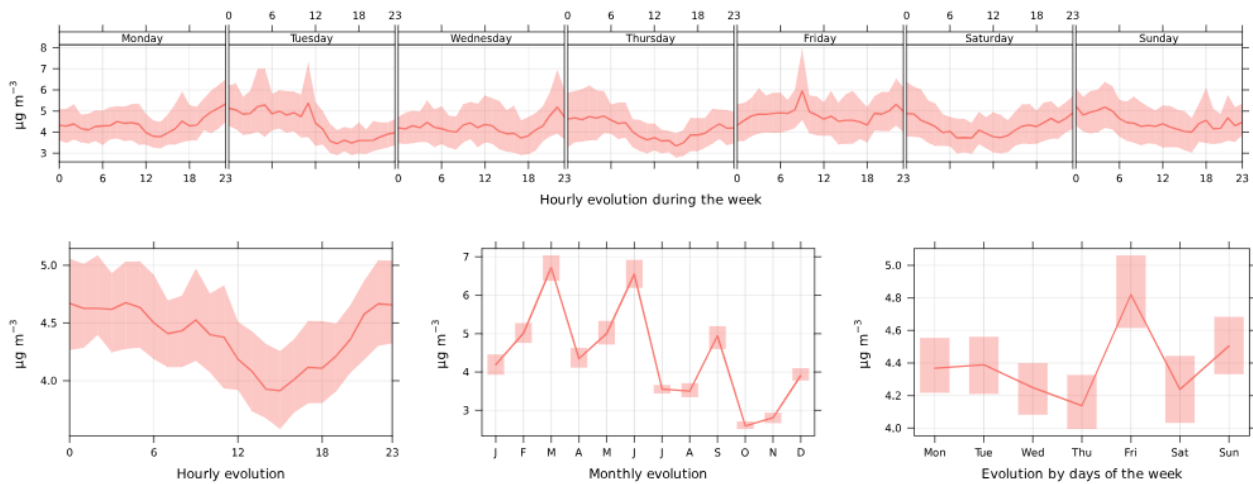
The heatmaps show the following monthly variations:

- June-2023:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Friday (day 17) with a value of 17 µg m⁻³.
- July-2023:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- August-2023:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- September-2023:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Friday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- October-2023:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- November-2023:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- December-2023:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Friday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- January-2024:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- February-2024:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- March-2024:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- April-2024:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.
- May-2024:** Shows a peak in PM_{2.5} concentration on Saturday (day 1) with a value of 1 µg m⁻³.

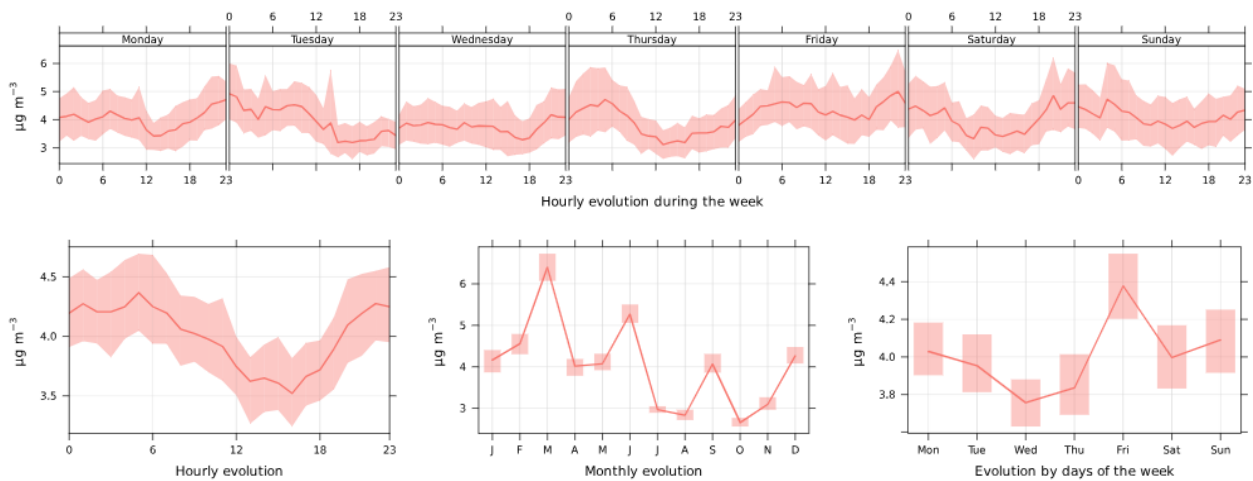
Kalenderplot som visar timmedelvärden för PM_{2,5} i utomhusluft på förskolan **Leklunden** under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Medelvärdet av timmedelvärden per dygn visas. Halterna anges i µg/m³.



Variationer i PM_{2,5} för förskolan **Satelliten** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

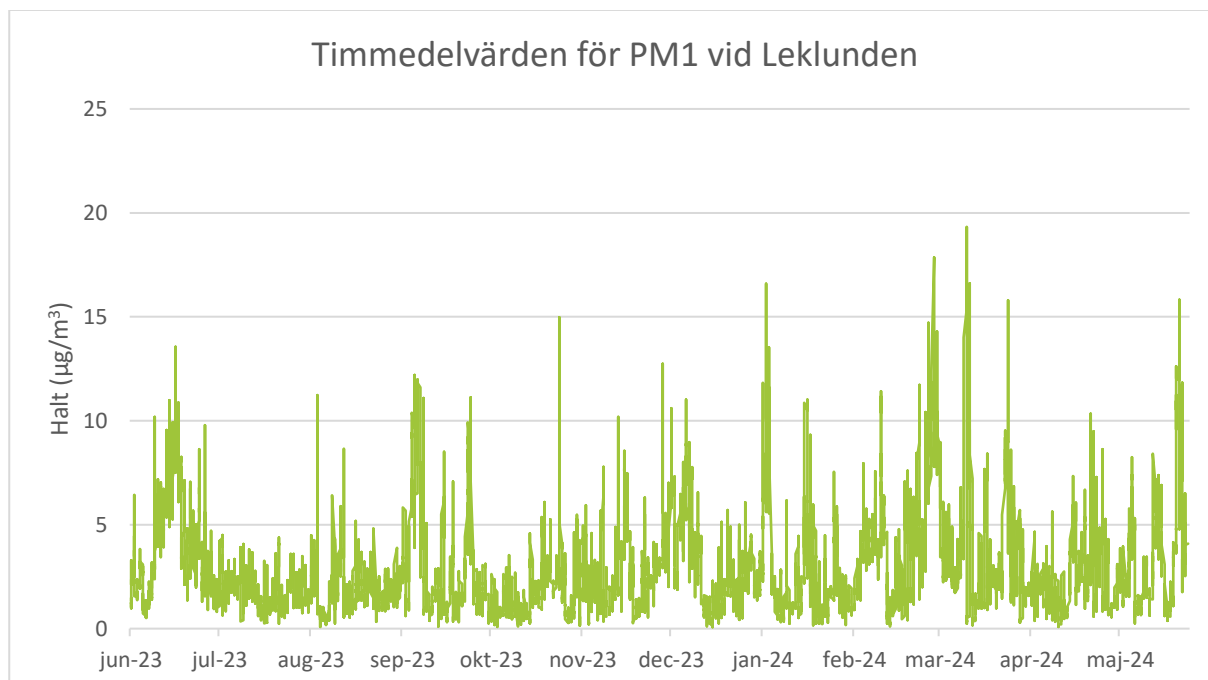
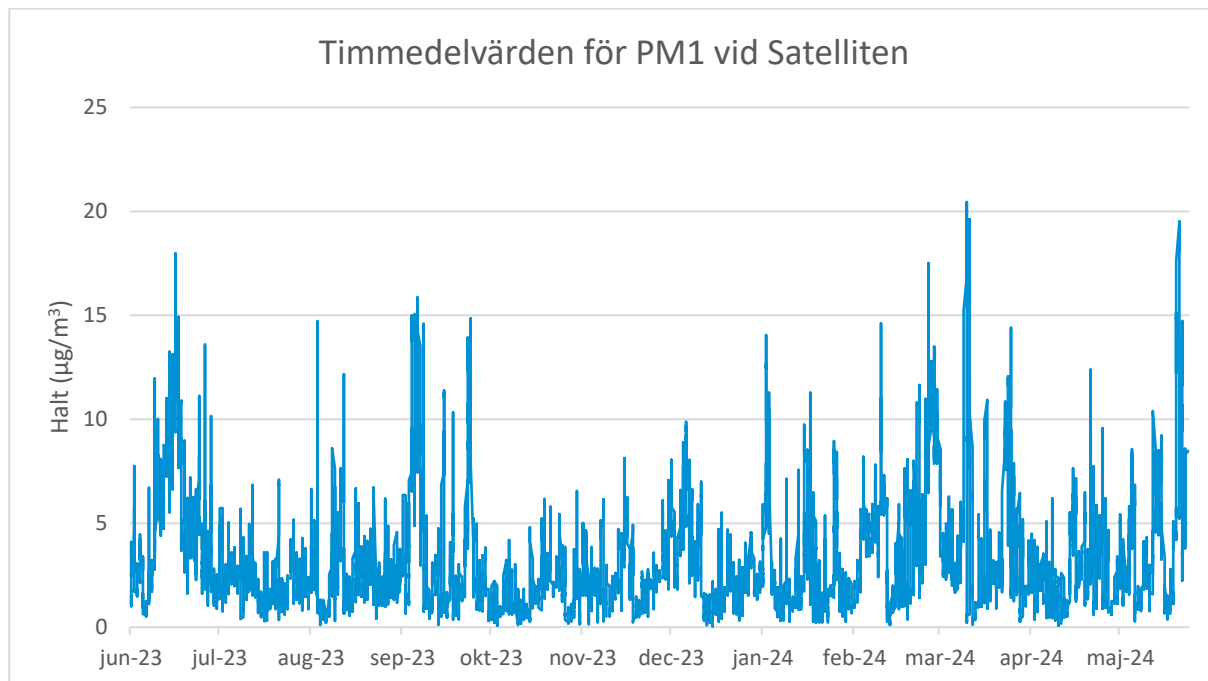


Variationer i PM_{2,5} för förskolan **Leklunden** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

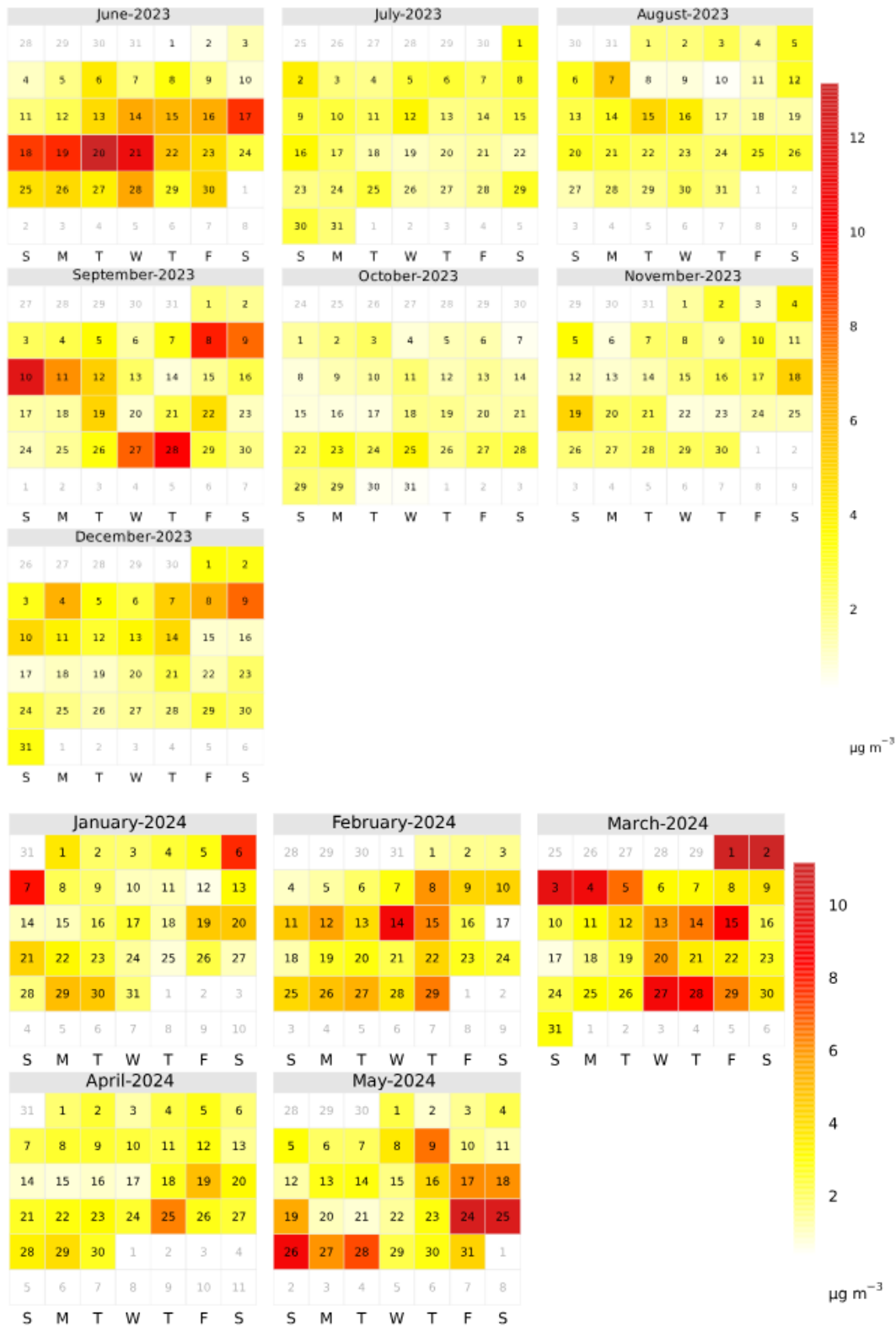


Bilaga 8. Timmedelvärden och maxhalter av PM1

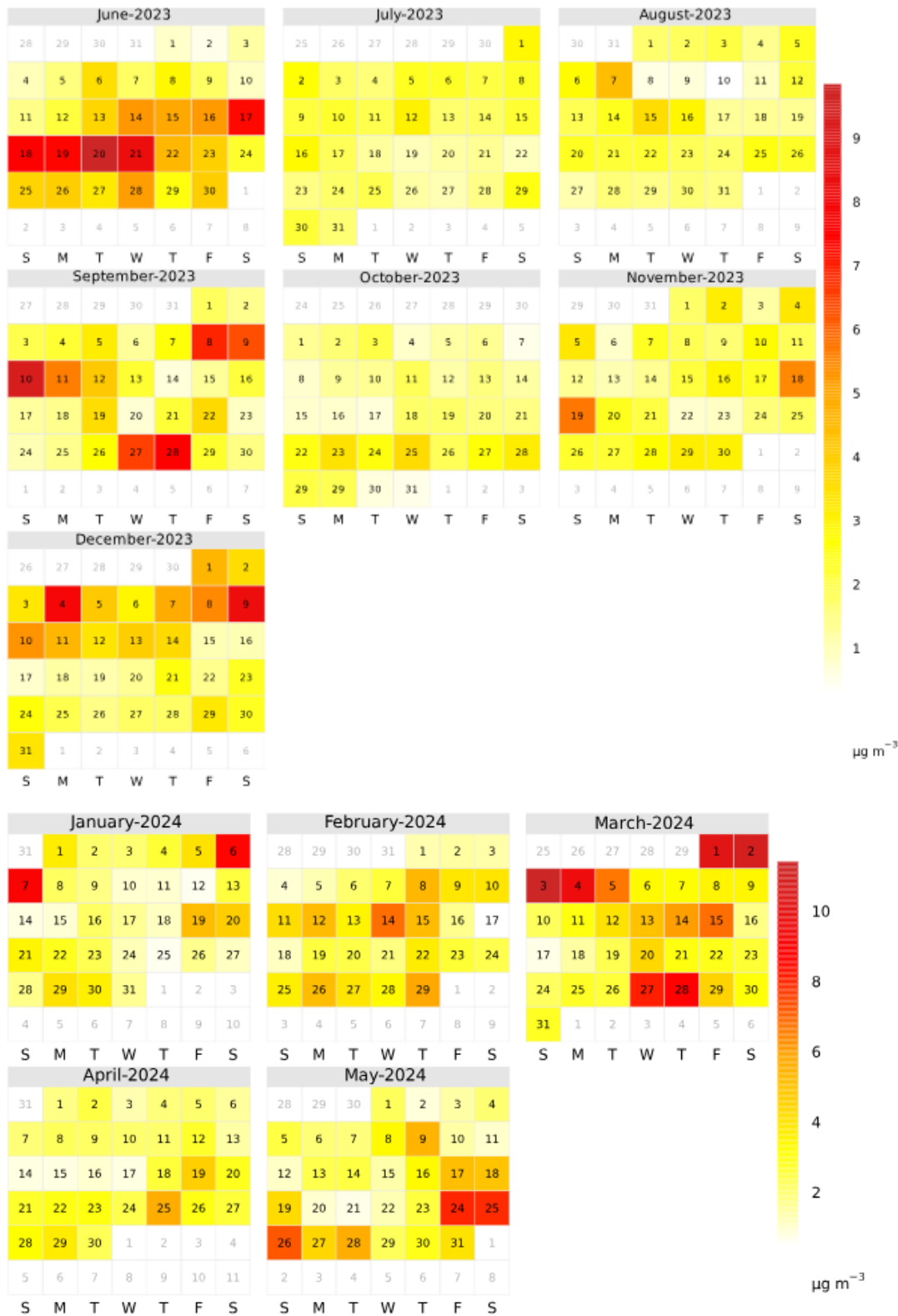
Graferna visar PM1 timmedelvärden angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för förskolorna Satelliten och Leklunden under mätperioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024.



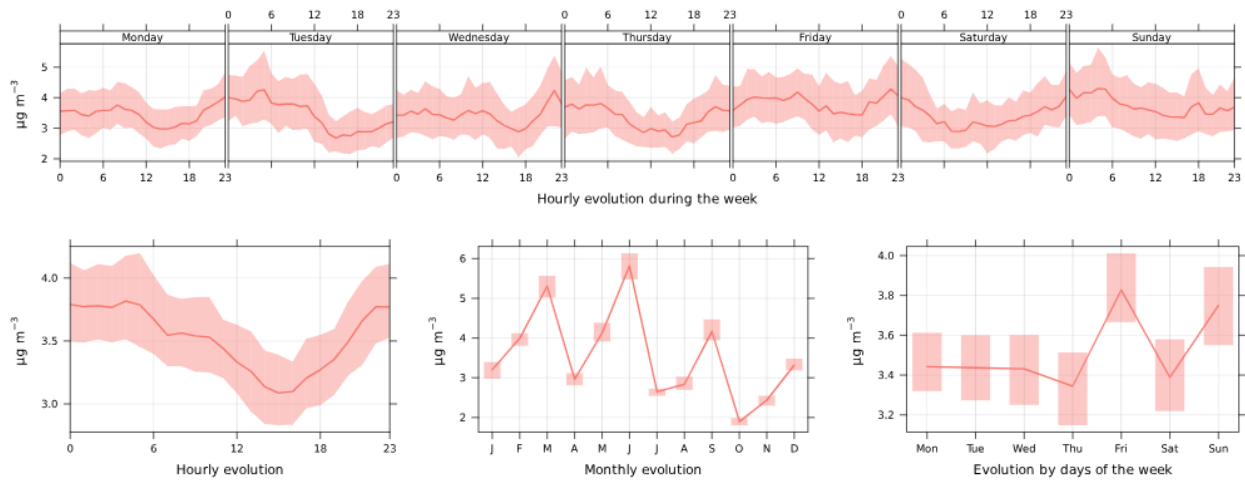
Kalenderplot som visar timmedelvärden för PM₁ i utomhusluft på förskolan **Satelliten** under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Medelvärdet av timmedelvärden per dygn visas. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



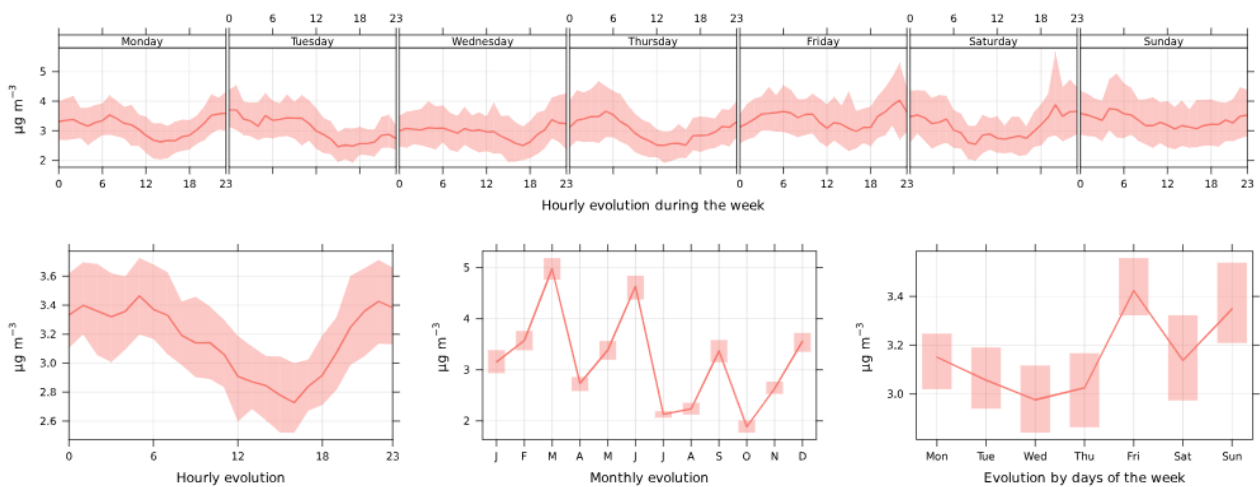
Kalenderplot som visar timmedelvärden för PM₁ i utomhusluft på förskolan **Leklunden** under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Medelvärdet av timmedelvärden per dygn visas. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Variationer i PM1 för förskolan **Satelliten** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

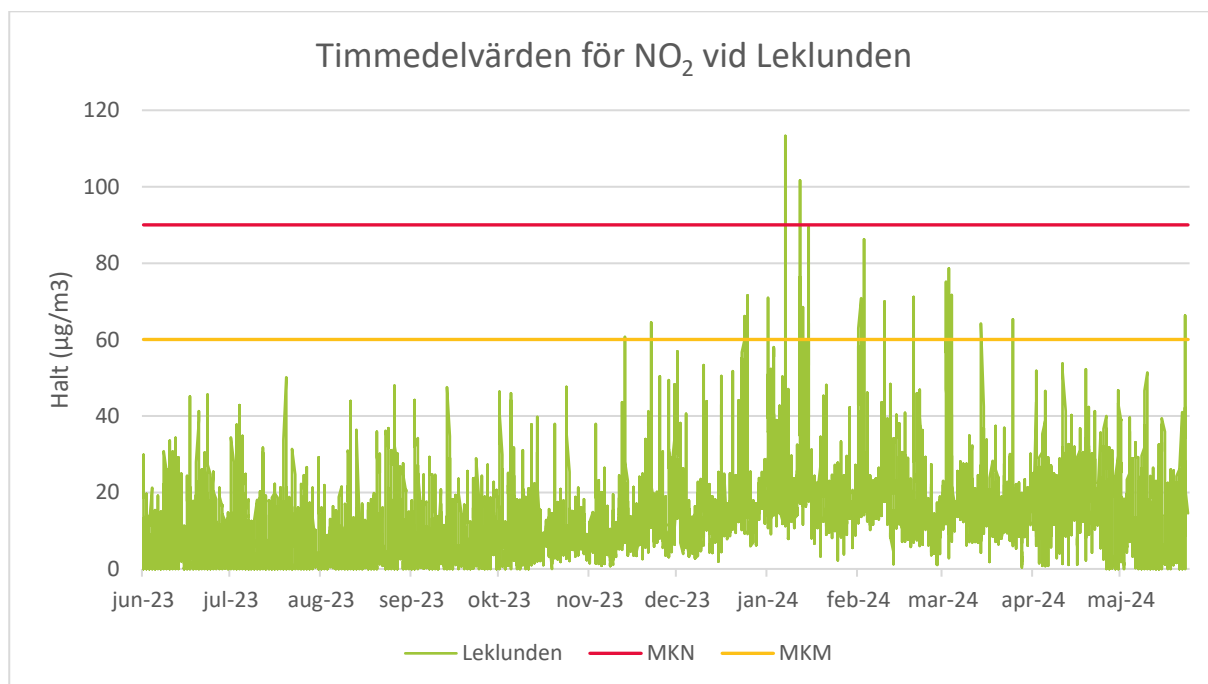
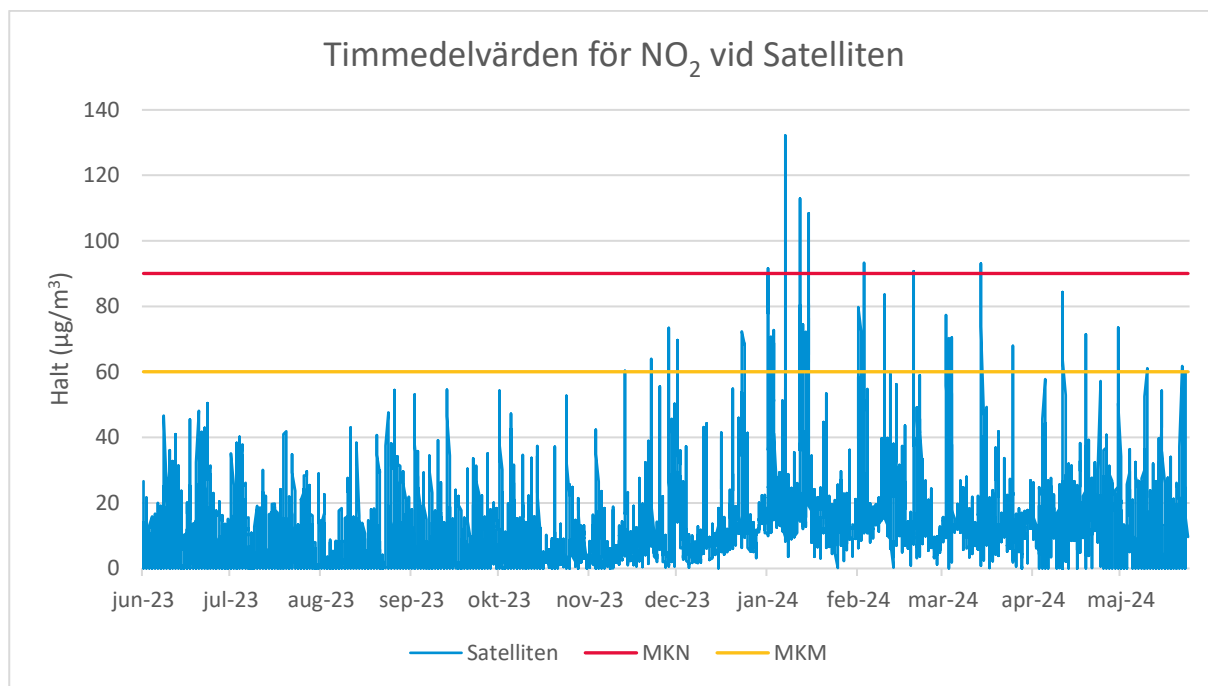


Variationer i PM1 för förskolan **Leklunden** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

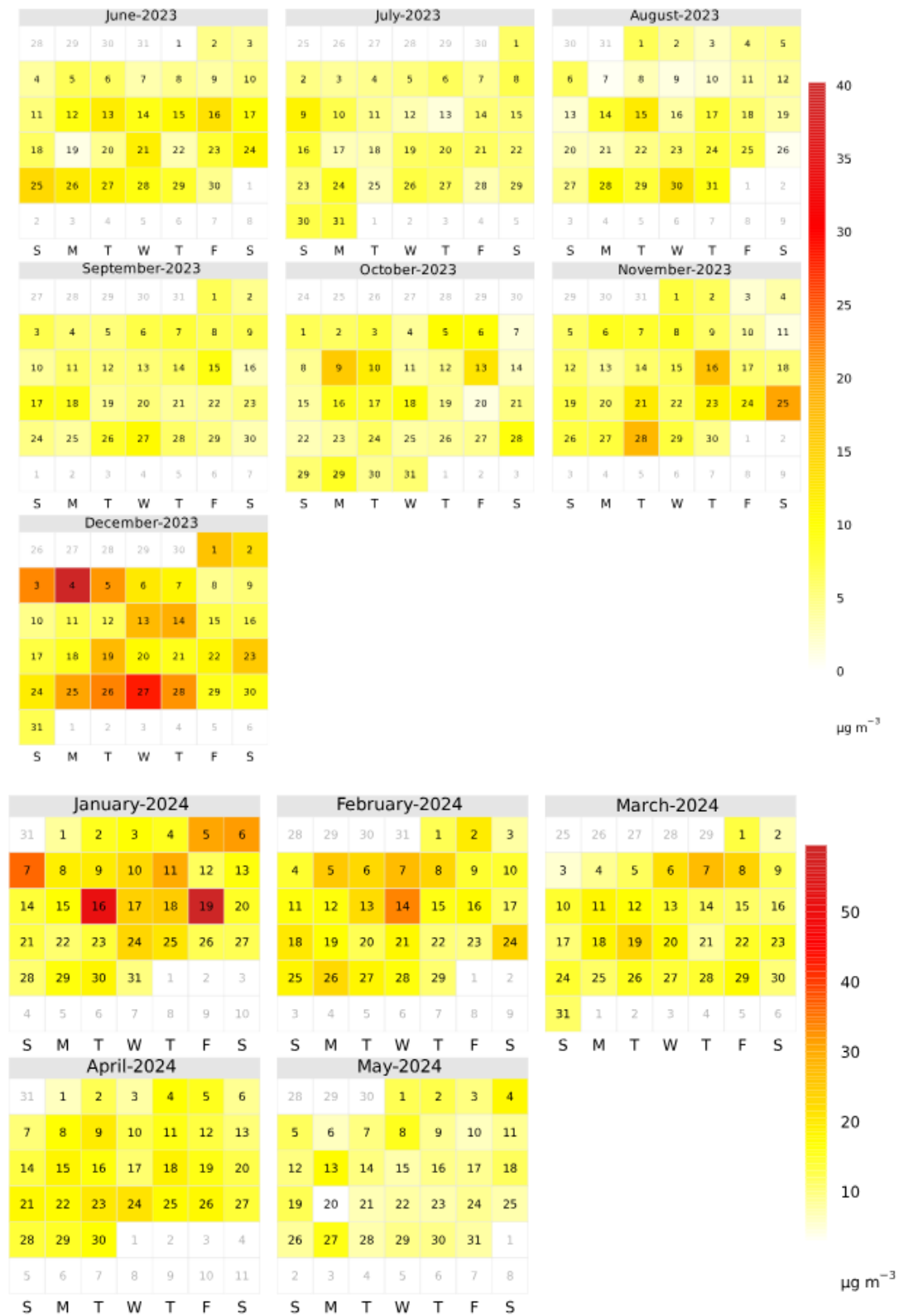


Bilaga 9. Timmedelvärden och maxhalter av kvävedioxid

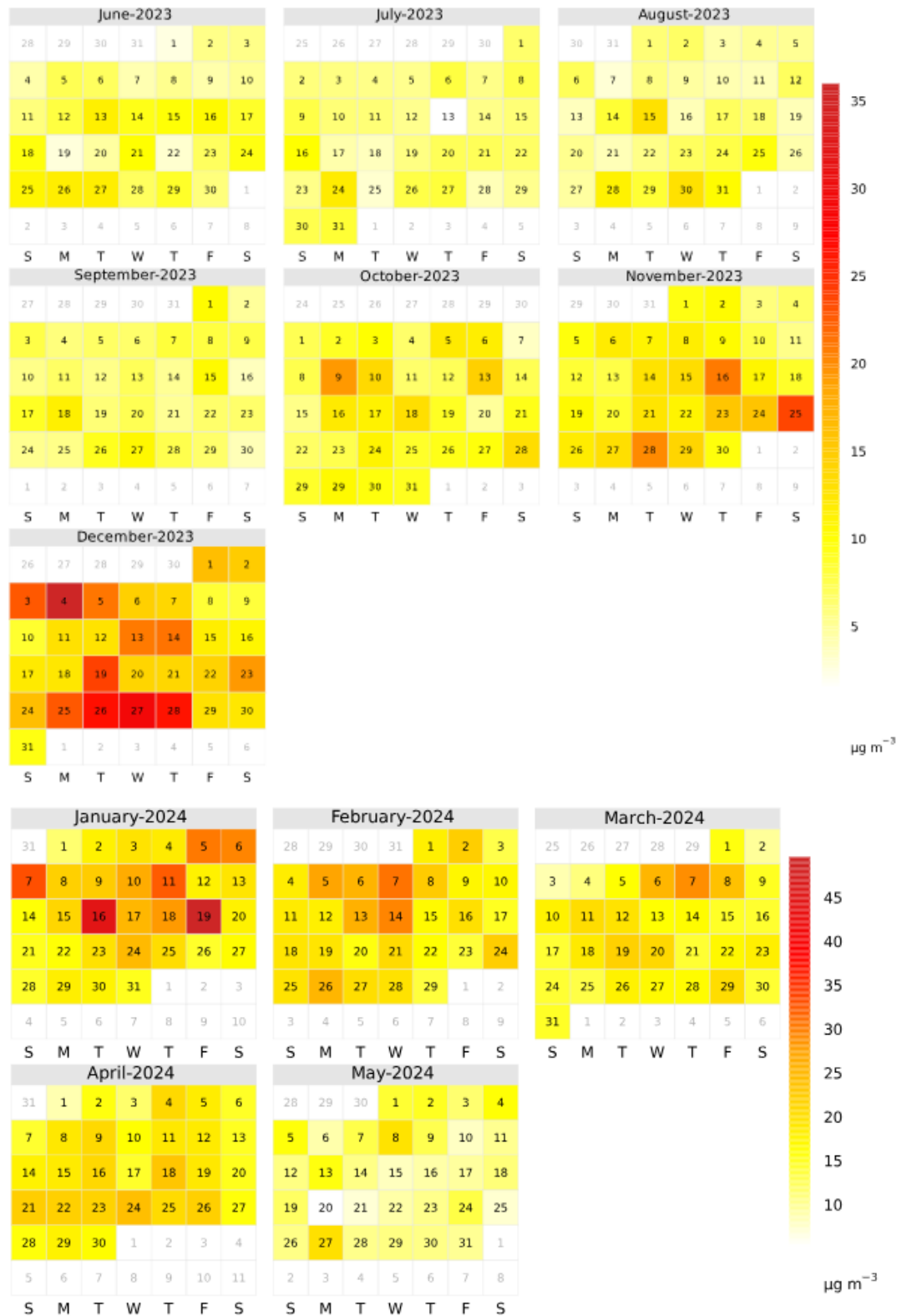
Grafer över kvävedioxid (NO₂) timmedelvärden angivna i µg/m³ för utomhusluft på förskolorna Satelliten och Leklunden under mätperioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Den röda linjen visar MKN (90 µg/m³) och den gula linjen visar MKM (60 µg/m³).



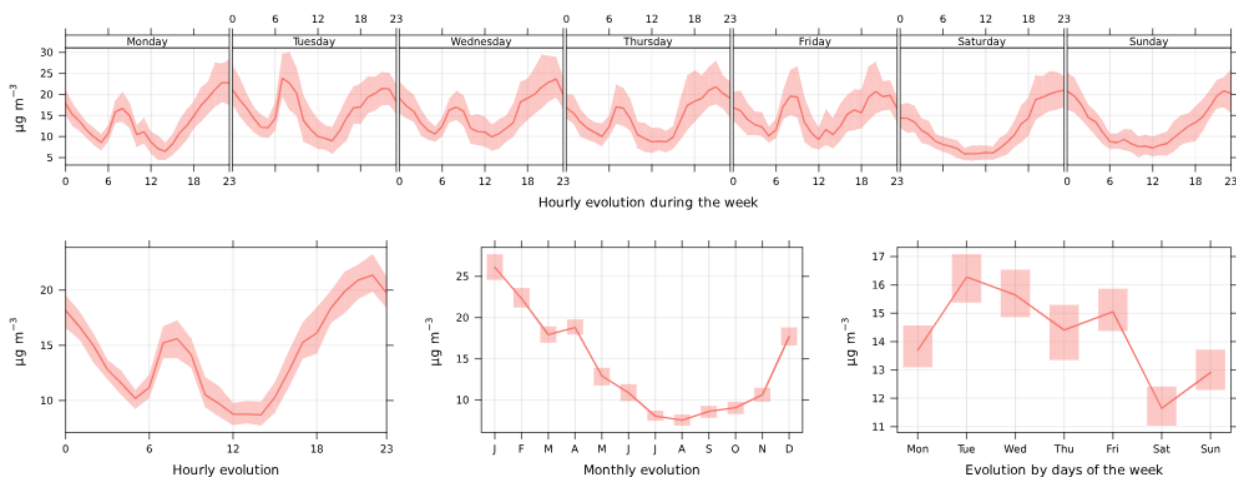
Kalenderplot som visar timmedelvärden för NO₂ i utomhusluft på förskolan **Satelliten** under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Medelvärdet av timmedelvärden per dygn visas. Halterna anges i µg/m³.



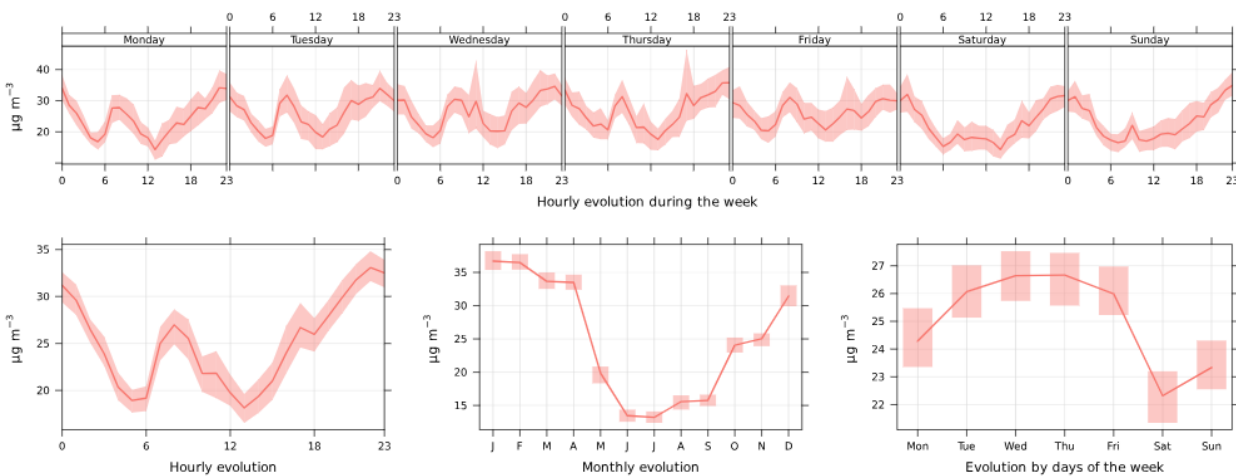
Kalenderplot som visar timmedelvärden för NO₂ i utomhusluft på förskolan **Leklunden** under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Medelvärdet av timmedelvärden per dygn visas. Halterna anges i µg/m³.



Variationer i NO₂ för förskolan **Satelliten** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i µg/m³.



Variationer i NO₂ för förskolan **Leklunden** över tid för perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Figurerna visar medel för timmaxhalter och 95-procentigt konfidensintervall. Halterna anges i µg/m³.



Bilaga 10. Halter justerade för vistelsetid på förskolan

Tabellerna visar PM10, PM2,5, PM1 samt NO₂ vistelse- och timmedelvärden vid förskolorna Satelliten och Leklunden under perioden 5 juni 2023 till 27 maj 2024. Månadsvisa medel-, min- och maxvärden redovisas för barnens möjliga vistelsetid på förskolan, vardagar (måndag–fredag) mellan kl. 06.00 och 18.00. Halterna anges i µg/m³.

Satelliten PM10												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	10	5,1	4,3	6,4	3,7	2,9	4,7	3,1	6,8	10	8,0	8,3
Min	4,4	2,5	0,50	1,7	1,7	0,90	1,8	1,0	1,8	3,4	2,3	2,4
Max	25	7,8	10	12	9,9	6,8	10	7,9	19	21	16	18
Timmedel vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	9,7	5,0	4,5	6,0	3,6	3,0	4,3	4,0	6,7	10	7,6	8,7
Min	2,8	1,2	0,48	0,88	0,30	0,34	0,45	0,30	0,43	0,52	0,76	0,95
Max	29	13	17	32	13	12	30	37	40	41	54	67

Leklunden PM10												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid(µg/m ³)												
Medel	7,5	4,3	3,8	5,3	3,6	3,5	4,4	4,0	6,1	9,2	7,7	6,5
Min	4,5	1,5	0,81	1,4	0,31	0,78	2,1	1,2	1,3	3,5	2,2	1,6
Max	13	7,4	8,2	11	9,7	8,8	14	11	16	18	17	11
Timmedel vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	6,9	4,3	3,7	5,2	3,6	3,6	4,5	4,5	5,4	9,1	6,6	6,7
Min	1,5	0,88	0,54	0,690	0,31	0,23	0,39	0,29	0,35	0,29	0,22	0,92
Max	17	12	13	55	13	20	25	31	30	46	30	33

Satelliten PM2,5												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	5,9	2,8	2,7	4,4	2,1	2,2	3,4	2,9	4,8	6,0	3,8	3,7
Min	1,9	1,5	0,40	0,89	0,52	0,43	1,2	0,68	1,5	2,1	0,83	1,2
Max	15	4,6	9,1	9,5	4,6	5,6	7,6	8,5	15	14	9,7	12
Timmedel vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	5,9	2,8	2,4	4,4	2,1	2,2	3,4	2,9	4,8	6,0	3,8	3,7
Min	1,2	0,56	0,24	0,53	0,22	0,2	0,34	0,26	0,36	0,31	0,45	0,43
Max	19	6,3	16	16	6,4	7,4	9,5	16	23	21	16	17

Leklunden PM2,5												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid (µg/m³)												
Medel	4,7	2,3	2,4	3,5	2,3	2,4	3,5	2,7	4,3	5,2	3,7	3,1
Min	1,6	0,40	0,33	0,78	0,64	0,38	1,3	0,24	1,1	2,1	0,78	1,1
Max	11	3,7	7,2	7,1	4,5	6,3	10	7,6	12	15	10	8,9
Timmedel vistelsetid (µg/m³)												
Medel	5,1	2,6	2,5	3,7	2,3	2,6	3,7	3,1	4,6	5,7	3,9	3,2
Min	1,2	0,40	0,23	0,49	0,22	0,26	0,36	0,21	0,27	0,36	0,55	0,39
Max	15	6,2	12	13	6,2	8,9	13	16	21	18	16	12

Satelliten PM1												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid (µg/m³)												
Medel	5,3	1,9	2,2	3,9	1,7	1,9	2,9	2,2	3,8	4,9	2,6	3,0
Min	1,6	0,91	0,30	0,59	0,46	0,31	0,57	0,47	1,2	1,1	0,48	0,67
Max	14	4,2	8,6	12	4,3	5,1	6,7	5,2	11	11	8,1	11
Timmedel vistelsetid (µg/m³)												
Medel	5,3	1,9	2,2	3,9	1,7	1,9	2,9	2,2	3,8	4,9	2,6	3,0
Min	0,93	0,35	0,17	0,40	0,18	0,15	0,26	0,20	0,27	0,25	0,27	0,29
Max	18	5,7	15	16	5,8	6,6	8,1	9,0	15	20	12	15

Leklunden PM1												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid (µg/m³)												
Medel	4,3	1,6	1,8	3,1	1,6	2,1	3,0	2,1	3,4	4,3	2,5	2,5
Min	1,34	0,78	0,24	0,50	0,56	0,29	0,61	0,48	1,03	1,2	0,47	0,64
Max	11	3,3	6,7	6,5	4,0	5,6	8,8	4,7	8,4	11	7,1	8,2
Timmedel vistelsetid (µg/m³)												
Medel	4,3	1,6	1,8	3,1	1,6	2,1	230	2,1	3,4	4,3	2,5	2,5
Min	0,90	0,24	0,16	0,36	0,17	0,20	0,27	0,16	0,18	0,31	0,29	0,26
Max	14	3,9	11	11	5,3	7,5	11	7,5	11	17	10	11

Satelliten NO ₂												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	2,5	1,9	2,2	3,2	6,2	9,3	18	23	19	14	12	4,0
Min	0,095	0	0,16	0,51	0,65	4,8	6,1	7,5	7,4	8,2	2,3	0,092
Max	6,5	4,6	9,3	7,0	12	22	47	67	30	20	20	15
Timmedel vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	2,5	1,9	2,2	3,2	6,2	9,3	18	23	19	14	12	4,0
Min	0	0	0	0	0	0,33	0,78	2,3	0,90	0,02	0,00	0,00
Max	42	22	43	34	43	55	70	130	93	70	71	39

Leklunden NO ₂												
	Jun -23	Jul -23	Aug -23	Sep -23	Okt -23	Nov -23	Dec -23	Jan -24	Feb -24	Mar -24	Apr -24	Maj -24
Medelvärde vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	2,5	2,4	3,3	4,6	9,2	12	21	25	21	16	16	6,9
Min	0	0	0	0	2,2	1,6	7,5	11	11	2,9	0,84	0,23
Max	5,1	6,0	11	9,5	16	24	43	55	31	24	24	18
Timmedel vistelsetid (µg/m ³)												
Medel	2,5	2,4	3,3	4,6	9,2	12	21	25	21	16	16	6,9
Min	0	0	0	0	0	1,6	2,7	3,3	5,7	1,9	0,00	0,00
Max	33	19	44	29	46	50	72	110	86	72	52	40

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

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:

