

Kvalitetssäkringsprogram

För mätningar och modellberäkningar av luftföroreningar år 2023

Jennie Hurkmans, Beatrice Säll, Magnus Brydolf och Max Elmgren



SLB-analys, april 2023



Uppdragsnummer	2023011
Daterad	2023-04-26
Handläggare	Jennie Hurkmans 08-508 28 905
Status	Granskad av Sebastian Bergström

Förord

Denna rapport beskriver SLB-analys kvalitetskontroll av mätningar och beräkningar i syfte att kontrollera miljökvalitetsnormen för utomhusluft. Programmet har upprättats i enlighet med gällande lagstiftning enligt Luftkvalitetförordningen 2010:477 [1], Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet, NFS 2019:9 [2] samt Naturvårdsverkets anvisningar Handbok 2019:1, utgåva 1, januari 2019, Luftguiden, version 4 [3].

Kvalitetssäkringsprogrammet uppdateras årligen i samband med programmet för samordnad kontroll.

Innehåll

Förord	3
Kvalitetssäkringsprogram – system för kvalitetssäkring och kvalitetskontroll	7
SLB-analys organisation	7
System för mätning och modellberäkning	8
Val av mätplats samt design och skötsel (QA).....	9
Val av mätplats	9
Stationsdesign	9
Skötsel av mätstation.....	10
Metod för mätning, analys och tidsupplösning (QA).....	11
Partiklar PM10, PM2.5 och PM1	13
Instrument: Thermo Scientific TEOM 1400AB	13
Instrument: Grimm EDM 180 och 180-MC	14
Instrument: PALAS Fidas 200 och 200E	14
Kväveoxider, NO _x och NO ₂	15
Instrument: Environnement AC31M.....	15
Instrument: Environnement AC32M och AC32E	15
Kolmonoxid, CO.....	16
Instrument: Environnement CO12M	16
Ozon, O ₃	17
Instrument: O342M Environnement och O342E Environnement	17
Svaveldioxid, SO ₂	17
Bens(a)pyren	17
Bensen	18
Bly, arsenik, kadmium och nickel.....	18
Datainsamling – insamlingssystem (QA)	19
Insamling av data.....	19
Rutiner och program för att förhindra databortfall i insamlingsskedet (QA) ...	19
Kalibrering och underhåll av instrument (QA)	21
PM10 Thermo Scientific TEOM 1400AB	21
PM10 och PM2.5, Grimm EDM 180 och 180-MC.....	23
PM10 och PM2.5, PALAS Fidas 200 och 200E	24
Kväveoxider, NO _x , Environnement AC31M, AC32M och AC32E	25
Kolmonoxid, CO, Environment CO12M.....	28
Ozon, O ₃ , Environnement S.A modell O342M och O342E.....	29
Lagring av mätdata - rådatahantering (QA)	30
Lagring av mätdata samt automatisk kvalitetscheck	30
Omvandlingsformler i databasen	30
Kvalitetsgranskning av data (QC).....	31
Kvalitetskontroll mätdata realtid	31
Kvalitetskontroll mätdata eftervalidering.....	32

Medelvärdesbildning av mätdata och beräknad mätosäkerhet (QC).....	34
Medelvärdesbindning av mätdata	34
Beräknad mätosäkerhet för kvävedioxid	34
System för rapportering och information av mätdata och modellberäkningar.....	35
Realtidsrapportering av mätdata till Naturvårdverkets hemsida.....	35
Årlig rapportering till Naturvårdsverkets datavärd.....	35
Underrättelse vid risk för överskridande av miljökvalitetsnorm	35
Webbsida, information till allmänheten, årsrapporter	35
Larm vid överskridande av tröskelvärde för kvävedioxid, svaveldioxid och ozon	36
Modellberäkningar.....	37
Airviro vindmodell	37
Airviro gaussmodell	38
Airviro-OSPM och Open Road.....	38
CFD-modeller	38
Hantering av indata till beräkningsmodellerna (QA)	39
Kvalitetskontroll av beräkningsmodellerna (QC)	40
Uppfyllande av kvalitetsmål (QC)	42
Mätdata	42
Modellberäkningar	42
Referenser	43

Kvalitetssäkringsprogram – system för kvalitetssäkring och kvalitetskontroll

Kvalitetssäkringsprogrammet beskriver den kontroll och kvalitetssäkring (QA) som SLB-analys genomför av de mätningar och beräkningar som utförs för att kontrollera miljö kvalitetsnormen för utomhusluft. Systemet för kvalitetssäkring av mätdata omfattar alla de planerade och systematiska aktiviteter som behövs för att säkerställa och visa att datakvaliteten uppfyller kvalitetskraven i Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9). I detta ingår fastställandet av rutiner för kvalitetskontroll.

Systemet för kvalitetskontroll (QC) innefattar genomförandet av de aktiviteter, enligt fastställda rutiner, som erfordras för att kontrollera att kvalitetskraven uppfylls. Målet för kvalitetskontrollen är att ge en rimlig grad av kontroll i olika stadier av datainsamlingsprocessen för att säkerställa att datakvaliteten bibehålls. Kvalitetskontrollen sker löpande och om det konstateras att kvaliteten inte har varit tillfredsställande, kan detta upptäckas snabbt och dataförlusten kan minimeras.

SLB-analys organisation

SLB-analys är en enhet inom avdelningen Luft och Klimat vid Stockholms stads Miljöförvaltning, vars huvudsakliga uppgifter är att ansvara för luftövervakning, genomföra utredningar på uppdrag av såväl företag som statliga och kommunala myndigheter samt bedriva forskning inom luftföroreningsområdet. SLB-analys ansvarar för driften av Stockholms stads samt Östra Sveriges Luftvårdsförbunds luftövervakningssystem. Nuvarande avtal med Luftvårdsförbundet löper ut år 2023. Ny upphandling för perioden 2024–2028 sker under hösten år 2023. SLB-analys utför även mätningar på uppdrag åt andra kommuner samt andra aktörer såsom Trafikverket.

Luftövervakningssystemen består av mätstationer för luftkvalitet och meteorologi, databaser för mätdata och utsläpp samt meteorologiska spridningsmodeller. Spridningsmodellerna skapar möjlighet till beräkning av luftkvaliteten både i nuläget och för scenarier bakåt och framåt i tiden.

SLB-analys har lång erfarenhet av mätningar, mätteknik, utsläppsdata-baser och modellberäkningar av luftkvalitet. SLB-analys har även hög kompetens vad gäller användning av senaste datateknik för bearbetning av mätdata samt utveckling av beräkningsmodeller. Nya uppdrag och forskningsprojekt bidrar till utveckling och ständigt växande kompetens och erfarenhet inom SLB-analys. SLB-analys består av totalt 19 personer med olika kompetensnivåer, allt från doktorsutbildning inom atmosfärsvetenskap och meteorologi, civilingenjörer inom kemi och samhällsbyggnad, instrumenttekniker, nätverkstekniker till miljö- och hälsoinspektörer specialiserade på modeller och GIS (Geografiska Informationssystem).

Inom organisationen finns utsedda personer med ansvar för drift och reparation av mätinstrument, kommunikation, datainsamling, databas samt kontroll och redigering av mätdata.

För beräkningsuppdrag utses alltid en projektansvarig som är ytterst ansvarig för att utföra uppdraget. Rappporter och beräkningsresultat granskas alltid internt innan slutligt resultat

när kunden. Både inom ordinarie mätverksamhet och vid kortare mätuppdrag finns en projektansvarig och en person med andrahandsansvar utsedd.

SLB-analys deltar fortlöpande på nationella och internationella seminarier, både som åhörare och som föreläsare. Mättekniker har nära kontakt och samarbete med instrumenttillverkare och Referenslaboratoriet för luftkvalitet (Reflab). Inom mätområdet sker kontinuerlig fortutbildning och kunskapsutbyte både inom SLB-analys men även med t.ex. Reflab och Naturvårdsverket. SLB-analys har även bistått Reflab i sin uppbyggnad av ett nytt NO₂-laboratorium.

System för mätning och modellberäkning

SLB-analys använder det webbaserade luftövervakningssystemet Airviro [5] för kontinuerlig lagring av information om utsläpp, uppmätta meteorologiska parametrar och luftföroreningshalter samt modellberäkningar av halter av luftföroreningar. Airviro har utvecklats kontinuerligt sedan 1990 och har tusentals användare över hela världen.

Information om utsläpp av luftföroreningar kartläggs och samlas i emissionsdatabaser (EDB:er). Att kartlägga utsläpp och samla informationen i databaser är en viktig del i arbetet att övervaka luftens kvalitet. Ju mer detaljerad information som finns om källorna och deras utsläpp desto bättre kan olika åtgärder prioriteras och genomföras. EDB:erna uppdateras årligen av SLB-analys med hjälp av medlemskommunerna i Östra Sveriges Luftvårdsförbund. EDB:erna utgör även indata till modellberäkningar av deposition och halter av luftföroreningar. Modellberäkningarna möjliggör geografisk och tidsmässig fördelning av luftföroreningshalter över stora områden och under långa tidsperioder. I dagsläget har SLB-analys byggt upp emissionsdatabaser för totalt sex län, Stockholms län, Södermanlands län, Uppsala län, Gävleborgs län, Östergötlands län och Gotlands län, samt Luleå kommun.

Med hjälp av tredimensionella flödesmodeller kan SLB-analys genomföra vindkomfortberäkningar för att utreda på vilket sätt ny eller förändrad bebyggelse förstärker eller försvagar vinden inom ett område. Avancerade modellverktyg används även för att beräkna luftföroreningshalterna i komplexa miljöer som till exempel vid vägbroar, tunnelmynningar och vid olika former av bullerplank eller andra hinder.

Val av mätplats samt design och skötsel (QA)

Val av mätplats

SLB-analys ansvarar för driften av ett 30-tal mätstationer inom Östra Sveriges Luftvårdsförbunds samverkansområden. Mätningar sker på platser med olika utsläppsbelastning och representerar regionala och urbana bakgrundshalter samt halter i trafikmiljö.

Vid start av en ny mätning inhämtas uppgifter från uppdragsgivaren rörande syfte med mätningen och vilka parametrar som ska mätas. För att hitta en lämplig mätplats används t.ex. resultat från beräknade halter i Östra Sveriges Luftvårdsförbunds kartläggningar och uppgifter om bl.a. gaturumsutformning, trafikbelastning, hastighet samt fordonssammansättning. SLB-analys avgör vilken mätmetod som är mest lämplig att använda och rekommenderar en tidpunkt då mätningarna bör starta samt för en diskussion med uppdragsgivaren om mätperiodens längd.

Vid val av mätplats för kontinuerliga mätningar säkerhetsställs det att kraven i Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9) uppfylls. Avkall från kraven kan dock ske, vid t.ex. projektmätningar eller kontroll av luftkvaliteten vid platser där kontinuerliga mätningar inte är lämpliga. Dessa mätningar kan istället ge viktig information i utvecklingsarbetet med att förbättra luftövervakningen, och har således ett annat syfte än mätning mot norm- och målvärden.

En projektansvarig och delansvarig utses för varje projekt. Projektansvarige kallar till ett internt projektmöte med instrumentansvariga, redigeringsansvariga och ansvariga för etablering av mätutrustningen samt datainsamling och kommunikation och upprättar en tidsplan och en fördelning av arbetsuppgifterna inför mätstart.

Stationsdesign

Beroende på förhållandena på mätplatsen placeras mätutrustningen i väderskyddad vagn, bod eller skåp, se exempel i Figur 1.

Skåp, bodar och vagnar är utrustade med luftkonditionering för att hålla de temperaturer som mätinstrument och kringutrustning är anpassade för. Instrumentens status övervakas kontinuerligt både digitalt och på plats så att driftkraven uppfylls. Skåp förankras i stabila fundament och instrumentinsugen förses om nödvändigt med skyddande bur mot skadegörelse. Om påkörningsskydd krävs förses mätplatsen med lämpligt skydd tex. GP-links. Ledningsdragningar i mark samt givare i vägbana inom Stockholms stad registreras i Trafikkontorets databas för att underlätta för t.ex. vägarbeten.



Figur 1. Mätstation Norr Malma, strax norr om Norrtälje, mätutrustningen är placerad i en mätvagn (vänster bild). Mätstation på Sollentunavägen 192 i Sollentuna, mätutrustningen är placerad i ett mätskåp med bur som skyddar insug (höger bild).

Skötsel av mätstation

Mätstationerna besöks regelbundet i samband med skötsel av mätutrustningen, se Tabell 1. Städning runt innerstadsstationerna sker regelbundet genom en upphandlad städtjänst. Vid varje besök kontrolleras skadegörelse, behov av klottersanering, att insug inte är skadade samt behov av ytterligare utomhusstädning runt stationen.

Tabell 1. Beskrivning av skötsel av mätstationer.

Parameter	Frekvens	Accepterat kriterium
Omgivningstemperatur inne i vagn/mätskåp	dagligen*	CO och NO _x : +10°- +35°C Övriga ämnen: +15° - +25° C
Upphandlad städning (station i innerstad)	1 gång/månad	
Yttre miljö: skadegörelse, klotter, städning	besök 1 gång/vecka	Inget klotter/nedskräpning, ingen skadegörelse

* Kontrolleras via timdatabasen i Airviro.

Kylaggregat rengörs regelbundet för bästa funktion och vagnar städas invändigt. Temperatur i skåp och vagnar registreras kontinuerligt i vår databas och kontrolleras dagligen av instrumentansvariga. Vid hög/låg temperatur vidtas åtgärder som t.ex. installation av frostvakt eller byte/rengöring av kylaggregat.

För stationer inom Stockholms stad får SLB-analys automatiskt meddelande per e-post om väg- och grävarbeten planeras i närområdet av mätstationerna. Eventuella skyddsåtgärder kan då vidtas i god tid för att säkra mätdata.

Metod för mätning, analys och tidsupplösning (QA)

Vid kontinuerliga mätningar för kontroll av miljökvalitetsnormen ska referensmetod för respektive ämne användas. Annan metod får användas om metoden ger likvärdiga resultat som referensmetoden. Mätinstrument som mäter enligt referensmetod eller likvärdig metod ska vara godkända av Naturvårdsverket. Referensmetoder anges i Bilaga 2 i Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9) och godkännande av instrument återfinns på Referenslaboratoriet för tätortsluft – Mätningar:s hemsida [17].

För att kontrollera miljökvalitetsnormen använder SLB-analys instrument godkända av Naturvårdsverket. Instrumenten mäter enligt referensmetoden eller är likvärdiga med referensmetoden, se Tabell 2. Manualer och instruktioner för instrument finns samlade digitalt i en gemensam mapp på SLB-analys servrar.

Merparten av SLB-analys mätinstrument är direktvisande, d.v.s. halten analyseras i realtid direkt av instrumentet. Vid provtagning av SO₂, PAH, bens(a)pyren, metaller och bensen skickas proverna till ackrediterat laboratorium enligt anvisningar från laboratoriet för de olika metoderna.

Tabell 2. Mätparametrar och instrument vid SLB-analys mätstationer år 2023. De sex första är bakgrundsstationer för mätning av urban eller regional bakgrund.

	NO _x /NO ₂	PM10	PM2.5	CO	O ₃
<i>Referensmetod</i>	SS-EN 14211:2012	SS-EN 12341:2014	SS-EN 12341:2014	SS-EN 14626:2012	SS-EN 14625:2012
Station	Instrumenttyp				
Norr Malma, Norrtälje	Environnement AC32M	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		Environnement O342M
Torkel Knutssonsgatan, Stockholm	Environnement AC32E	TEOM 1400AB/ GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		Environnement O342E
Dragarbrunnsgatan 23, Uppsala	Environnement AC32M	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Trädgårdsgatan 21, Norrköping	Environnement AC32M	GRIMM EDM 180- MC	GRIMM EDM 180- MC		
Brömsebroväg 8, Visby		PALAS Fidas 200E	PALAS Fidas 200E		
Kanaan, Stockholm	Passiv provtagning				
Hornsgatan 108, Stockholm	Environnement AC32E	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		

	NO _x /NO ₂	PM10	PM2.5	CO	O ₃
Sveavägen 59, Stockholm				Environnement CO12M	
S:t Eriksgatan 83, Stockholm	Environnement AC32E	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Folkungagatan 70, Stockholm	Environnement AC32E	TEOM 1400AB			
Valhallavägen 14, Stockholm	Environnement AC32E				
Tulegatan 9, Sundbyberg	Environnement AC32E	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Råsundavägen 107, Solna	Environnement AC32M	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
E4 Häggvik, Sollentuna	Environnement AC31M	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Ekman's väg 11, Sollentuna		GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Danderydsvägen, Sollentuna		GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Sollentunavägen 192, Sollentuna		GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
E4/E20 Lilla Essingen, Stockholm	Environnement AC32M	TEOM 1400AB			
E4/E20 Skonertvägen, Stockholm	Environnement AC32M	TEOM 1400AB			
Kumla gårdsväg, Botkyrka	Environnement AC32E	GRIMM EDM 180- MC	GRIMM EDM 180- MC		
Turingegatan 26, Södertälje	Environnement AC32M	TEOM 1400AB			
Birkakorset, Södertälje		TEOM 1400AB			
Kungsgatan 67, Uppsala	Environnement AC32M	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Staketgatan 22, Gävle	Environnement AC32M	PALAS Fidas 200E	PALAS Fidas 200E		
Hamngatan 10, Linköping	Environnement AC32M	GRIMM EDM 180	GRIMM EDM 180		
Kungsgatan 32, Norrköping	Environnement AC32M	GRIMM EDM 180- MC	GRIMM EDM 180- MC		
Österväg 17, Visby		PALAS Fidas 200	PALAS Fidas 200		

* Vid mätplatserna Turingegatan och Birkakorset i Södertälje kommer TEOM 1400AB att ersättas av PALAS Fidas 200E under kalenderåret 2023. Bytet innebär att även PM_{2.5} kommer att mätas vid dessa platser.

Vid mätning av gaser ska, enligt Bilaga 3 i NFS 2019:9, mätvärdena omräknas till standardtemperaturen 293 K och standardtrycket 101,3 kPa, motsvarande 20 °C och 1 atm. Instrumenten för mätning av gaser (NO_x, CO, O₃) visar koncentrationen i ppm/ppb, vilket innebär att en omvandling till massa måste utföras för att kunna jämföra uppmätt halt med miljö kvalitetsnormen. Omvandling från ppb till µg/m³ respektive ppm till mg/m³ sker med konstanter enligt Tabell 3.

För partiklar och ämnen som ska analyseras i partikelform ska mätvolymen avse omgivningsförhållandena vid mätningen, dvs. den temperatur och det atmosfäriska tryck som råder vid tidpunkten för mätningen.

Tabell 3. Omvandlingsfaktorer från Referenslaboratoriet för luftkvalitet (Reflab).

ppb till µg/m ³ (1 atm, 20 °C)				
NO₂	NO	SO₂	CO*	O₃
1,91	1,25	2,66	1,16	2,00
µg/m ³ till ppb (1 atm, 20 °C)				
NO₂	NO	SO₂	CO*	O₃
0,523	0,802	0,376	0,859	0,501

* För CO avses omvandlingen ppm till mg/m³ och vice versa.

Partiklar PM₁₀, PM_{2.5} och PM₁

För mätning av enbart PM₁₀ använder SLB-analys Thermo Scientific TEOM 1400AB. För samtidig mätning av PM₁, PM_{2.5} och PM₁₀ används de optiska instrumenten EDM 180/180-MC från GRIMM Aerosol och Fidas 200/200E från PALAS. Alla instrumenten uppfyller kraven som likvärdig med referensmetoden SS-EN 12341:2014 för mätning av PM₁₀ och PM_{2.5} i utomhusluft.

Instrument: Thermo Scientific TEOM 1400AB

Thermo Scientific TEOM 1400AB utför kontinuerlig mätning av svävande partiklar mindre än 10 mikrometer i utomhusluft med gravimetrisk mätmetod där partiklar ansamlas på ett filter kopplat till en glaskropp. Provlufte värms och temperaturen över filtret hålls konstant vid 50 °C för att undvika variationer på grund av varierande vatteninnehåll. Glaskroppens frekvens förändras proportionellt med massförändringen på filtret. Frekvensförändringen över en given tid räknas om till partikelhalt (massa per volymenhet). Tekniken möjliggör mätningar av relativt små massförändringar på kort tid. Partikelfractionen bestäms av utformningen på partikelavskiljaren vid luftintaget.

TEOM-instrumentet är direktvisande och partikelhalten mäts i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Eftersom tryck och temperatur varierar och påverkar uppmätt massa finns krav på korrigering för detta. Mätning av tryck och temperatur görs därför på varje mätplats med TEOM-instrumentet. Korrigering sker också för vatten på partiklarna (volatilitet, VCM). Korrigeringen för VCM görs enligt Referenslaboratoriets rekommendation för godkännandet av TEOM. SLB-analys lagrar 15-minuters medelvärden från instrumentet.

Service och underhåll av instrumentet sköts enligt tillverkarens rekommendationer.

Instrument: Grimm EDM 180 och 180-MC

Grimm EDM 180/180-MC utför kontinuerlig och parallell mätning av svävande partiklar i utomhusluft i fraktionerna PM10, PM2.5 och PM1 med optisk partikelräkning.

Mätprincipen är ortogonal ljusspridning. Provlufte leds in i en mätkammare och partiklarna belyses med laserljus ($\lambda = 655\text{nm}$) i 90 graders vinkel mot flödesriktningen. Vid emissionsmätningar är partikelkoncentrationen så låg att det normalt endast finns en partikel i mätvolymen. Ljusspridningen från partiklarna skickas via en spegel till en fotodiod (detektorn), där intensiteten av den reflekterade ljusstrålen är proportionell mot partikelstorleken. Antalet impulser per tidsenhet beror på antalet partiklar och volymflödet. Signalen från fotodioden förstärks och i en pulshöjdsanalysator klassificeras signalen till partikelstorlek och lagras i respektive kanal. Impulsräkningarna överförs till en massfördelning och halter av PM10, PM2,5 och PM1 erhålls. SLB-analys lagrar 15-minuters medelvärden från instrumentet.

Korrigering av PM2.5-värden från EDM 180/180-MC sker enligt formel framtagen vid test mot referensmetoden på taket vid Torkel Knutssongatan under hösten år 2014 [18]. Utifrån denna formel korrigeras även PM1.

Service och underhåll av instrumentet sköts enligt tillverkarens rekommendationer.

Instrument: PALAS Fidas 200 och 200E

PALAS Fidas 200/200E utför kontinuerlig och parallell mätning av PM10, PM2.5 och PM1 med optisk partikelräkning. Den fysikaliska mätprincipen är ortogonal ljusspridning. Provlufte leds in i en mätkammare och partiklarna belyses med LED ljuskälla ($\lambda = 180\text{nm}$) i 85–95 graders vinkel mot flödesriktningen. Det reflekterade ljuset från varje partikel skickas via en spegel till en fotodiod (detektorn), där intensiteten av den reflekterade ljusstrålen är proportionell mot partikelstorleken via Lorenz-Mie spridning. Antalet impulser per tidsenhet beror på antalet partiklar och volymflödet. Signalen från dioden förstärks och i en pulshöjdsanalysator klassificeras partikeln till storlek och sparas i respektive kanal. Instrumentet detekterar partiklar ner till 180 nm i diameter. Impulsräkningarna överförs till en massfördelning och halter av PM10, PM2,5 och PM1 erhålls. SLB-analys lagrar 15-minuters medelvärden från instrumentet.

PALAS Fidas 200/200E är utrustad med Sigma-2 huvud som minskar påverkan på mätdata vid kraftiga vindar samt ett torksystem för frånluften som anpassas efter utomhusluftens temperatur och fuktighet.

Service och underhåll av instrumentet sköts enligt tillverkarens rekommendationer.

Kväveoxider, NO_x och NO₂

Instrument: Environnement AC31M

SLB-analys använder instrumentet Environnement AC31M som mäter enligt referensmetoden för NO₂ och NO_x, SS-EN 14211:2012 "Utomhusluft - Standardmetod för mätning av koncentrationer av kvävedioxid och kvävemonoxid med kemiluminiscens". Instrumentet mäter NO_x och NO₂ simultant och kan följa de snabba variationer i halter som kan uppstå i miljöer som är kraftigt påverkade av fordonstrafik och som krävs för att övervaka miljö kvalitetsnormen för timmar och för åtgärdsrelaterade studier. I instrumentet utnyttjas den snabba reaktionen mellan NO och ozon (O₃). En del av de NO₂ molekyler som bildas är exciterade och sänder ut ljus då de återgår till grundtillstånd. Ljushänsikten är proportionell mot NO-halten och kan mätas med stor noggrannhet. Ett konstant luftflöde sugas in i instrumentets reaktionscell och blandas med ozonmättad luft. En fotomultiplikator översätter intensiteten på det utsända ljuset till en voltsignal. Spänningen är direkt proportionell mot NO-halten i provluften. NO_x (NO + NO₂) mäts i en andra kanal efter reducering av NO₂ till NO i en uppvärmd katalytisk (Molybden) konverter. NO₂-halten bestäms som skillnaden mellan de bägge kanalerna. Instrumentet är direktvisande och anger halten i ppb. Koncentrationen räknas om till masskoncentration (µg/m³) genom en konverteringsfaktor, se Tabell 3.

Framräkningen av NO₂ samt omräkningen från ppb till µg/m³ sker på mätstationen och omvandlingsparametrarna lagras i en parameterfil som finns på stationens dator. Här styrs också hur många decimaler som mätvärdet ska levereras med till databasen.

Till instrumentet kopplas en mätslang och extern pump så att själva provtagningsplatsen för luften kan placeras i gaturummet eller utanför eventuell mätvagn och behöver inte vara i omedelbar närhet av placeringen av mätinstrumentet. Mätslangen skyddas från nedsmutsning med ett partikelfilter vid mätpunkten.

Värdet från instrumentet läses av ungefär varje sekund. SLB-analys sparar normalt 15-minutersmedelvärden, men har även med goda erfarenheter använt 1 minuts tidsupplösning i trafikmiljö.

Service och underhåll av instrumentet sköts enligt tillverkarens rekommendationer.

Instrument: Environnement AC32M och AC32E

SLB-analys använder instrumenten Environnement AC32M och AC32E som mäter enligt referensmetoden för NO₂ och NO_x, SS-EN 14211:2012 "Utomhusluft - Standardmetod för mätning av koncentrationer av kvävedioxid och kvävemonoxid med kemiluminiscens".

Instrumentet mäter NO_x och NO₂ växelvis och klarar att följa de snabba variationer i halter som kan uppstå i miljöer som är kraftigt påverkade av fordonstrafik och som krävs för att övervaka miljö kvalitetsnormen för timmar och för åtgärdsrelaterade studier. I instrumentet utnyttjas den snabba reaktionen mellan NO och ozon (O₃). En del av de NO₂ molekyler som bildas är exciterade och sänder ut ljus då de återgår till grundtillstånd. Ljushänsikten är proportionell mot NO-halten och kan mätas med stor noggrannhet. Ett konstant luftflöde sugas in i instrumentets reaktionscell och blandas med ozonmättad luft. En fotomultiplikator översätter intensiteten på det utsända ljuset till en voltsignal. Spänningen är direkt proportionell mot NO-halten i provluften. NO_x (NO + NO₂) mäts i en andra sekvens efter

reducering av NO₂ till NO i en uppvärmd katalytisk (Molybden) konverter. NO₂-halten bestäms som skillnaden mellan de bägge proven. Instrumentet är direktvisande och anger halten i ppb. Koncentrationen räknas om till masskoncentration (µg/m³) genom en konverteringsfaktor, se Tabell 3.

Framräkningen av NO₂ samt omräkningen från ppb till µg/m³ sker på mätstationen och omvandlingsparametrarna lagras i en parameterfil som finns på stationens dator. Här styrs också hur många decimaler som mätvärdet ska levereras med till databasen.

Till instrumentet kopplas en mätslang och eventuellt en extern pump så att själva provtagningsplatsen för luften kan placeras i gaturummet eller utanför eventuell mätvagn och behöver inte vara i omedelbar närhet av placeringen av mätinstrumentet. Mätslangen skyddas från nedsmutsning med ett partikelfilter vid mätpunkten.

Värdet från instrumentet läses av ungefär varje sekund, men SLB-analys sparar normalt 15-minutersmedelvärden.

Service och underhåll av instrumentet sköts enligt tillverkarens rekommendationer.

Kolmonoxid, CO

Instrument: Environnement CO12M

SLB-analys använder instrumentet Environnement CO12M som mäter enligt referensmetoden för CO, SS-EN 14626:2012 "Utomhusluft -Standardmetod för mätning av koncentrationen av kolmonoxid med icke-dispersiv infraröd spektroskopi".

Mätningarna av kolmonoxid (CO) baseras på kolmonoxidens absorption av infrarött ljus. Luften sugas med hjälp av en pump kontinuerligt genom en mätkyvett som genomlyses med infrarött ljus. Ljuset som passerar kyvetten absorberas på grund av CO-molekylernas förmåga att absorbera vissa våglängder. En fotodetektor mäter hur mycket ljus - av den våglängd som är specifik för CO - som absorberas i kyvetten. Ljusminskningen omvandlas till en elektrisk signal. Med icke-dispersiv IR-teknik (NDIR), mäts ljusabsorptionen inom en smal del av IR-spektrat.

Instrumentet levererar haltnivån i ppm som sedan omvandlas till massa (mg/m³) se Tabell 3. Omräkningen från ppm till mg/m³ sker på mätstationen och konverteringsfaktorn lagras i en parameterfil som finns på stationens dator.

Instrumentets funktion är mycket god även i de låga haltnivåerna (0–1 ppm) som är vanligast förekommande inom Stockholm. Instrumenten kan följa de snabba variationer i halter som kan uppstå i miljöer som är kraftigt påverkade av fordonstrafik och som krävs för att övervaka miljö kvalitetsnormen. SLB-analys mäter CO i anslutning till mätningar av NO₂ och använder samma uppsättning, med extern pump och mätslang, som vid mätning av kvävedioxid. Det medför att mätpunkten kan placeras på önskat ställe som inte behöver vara i närheten av instrumentet. Mätslangen skyddas från nedsmutsning med ett partikelfilter vid mätpunkten

Värdet från instrumentet läses av ungefär varje sekund, men SLB-analys sparar normalt 15-minuters medelvärden.

Service och underhåll av instrumentet sköts enligt tillverkarens rekommendationer.

Ozon, O₃

Instrument: O342M Environnement och O342E Environnement

SLB-analys använder instrumenten Environnement S.A modell O342M och modell O342E. De två instrumenten är i stort sett identiska vad gäller mätmetod. Det nyare instrumentet O342E har ett modernare användargränssnitt samt uppdaterad mjukvara som förbättrar detektionsgränsen och minskar brus, se

Tabell 10. Både O342M och O342E mäter enligt referensmetoden för ozon, SS-EN 14625:2005 ” Utomhusluft – Standardmetod för mätning av ozon med ultraviolett fotometri”. Metoden bygger på ozonets absorption av ultraviolett ljus (UV-fotometri).

Kontinuerlig mätning av ozon baseras på ozonets absorption av ultraviolett ljus (UV-ljus), med ett absorptionsmaximum vid våglängden 254 nm. Instrumentet levererar data i ppb som sedan omvandlas till massa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), se Tabell 3. Omräkningen från ppb till $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sker på mätstationen och konverteringsfaktorn lagras i en parameterfil som finns på stationens dator.

Ozon är reaktivt och längden på mätslangen skall anpassas så att provluftens uppehållstid totalt genom mätslang och instrument inte överstiger 5 sekunder. Mätslangen skyddas från nedsmutsning med ett partikelfilter av teflon vid mätpunkten. Även instrumentet i sig skyddas med partikelfilter av teflon. Värdet från instrumentet sparas normalt som 15-minutersmedelvärden.

Service och underhåll av instrumentet sköts enligt tillverkarens rekommendationer.

Svaveldioxid, SO₂

Halterna av svaveldioxid i regionen har mätts sedan 1982 och ligger sedan många år tillbaka under den nedre utvärderingströskeln. Mätningarna av svaveldioxid utförs därför med passiva diffusionsprovtagare sedan år 2005. Idag finns mätningar i urban bakgrund på taket av Torkel Knutssonsgatan i Stockholm som ger månadsvisa medelvärden. Mätresultaten används som underlag till den objektiva skattningen som görs för att kontrollera halterna av svaveldioxid.

Bens(a)pyren

Halterna av bens(a)pyren inom Luftvårdsförbundets samverkansområden kontrolleras genom planerade mätkampanjer som genomförs för att säkerställa att halterna är under miljökvalitetsnormen för årsmedelvärde, även på platser där halterna riskerar att vara höga. Det finns även ett nationellt målvärde för årsmedelvärde, vilket man från hälsosynpunkt bör understiga. Bens(a)pyren tillhör gruppen polyaromatiska kolväten (PAH) och brukar användas som indikator för den totala halten av PAH.

SLB-analys mätningar baseras på principen att ämnen i partikelfas uppsamlas på ett filter av kvartsfiber. Analysen av filtren för polycykliska aromatiska kolväten (PAH), inklusive bens(a)pyren, gjordes i de senaste mätningarna enligt IVL Svenska Miljöinstitutets metod ”A20 Vätskekromatografisk bestämning av PAH” där luften provtas med ett luftvolymflöde på 1 kubikmeter per timme (16,7 liter/minut). Resultaten från mätningarna ger det underlag som används till den objektiva skattningen som görs för att kontrollera halterna av bens(a)pyren.

Bensen

SLB-analys mäter bensen med diffusionsprovtagare (passiva provtagare) med efterföljande termisk desorption och gaskromatografi. Resultaten från mätningarna ger det underlag som används till den objektiva skattningen som görs för att kontrollera halterna av bensen.

Bly, arsenik, kadmium och nickel

SLB-analys gör mätningar av tungmetaller med oregelbundna intervall. Halterna av tungmetaller har visat sig vara så låga att kontinuerlig övervakning inte är nödvändig. I Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) anges miljökvalitetsnormer för bly, arsenik, kadmium och nickel till skydd för människors hälsa.

Den senaste mätningen av arsenik, kadmium och nickel utfördes i Stockholm under 2003–2004. Mätmetoden som användes var ansamling av partiklar med diameter mindre än 10 µm (PM10) på filter med så kallad Gent provtagare [11].

Datainsamling – insamlingssystem (QA)

Mätdata hämtas regelbundet in från mätstationerna av luftövervakningssystemet Airviro och förs över till en central server där de lagras i en och samma databas. Airviro skapar god tillgänglighet för kvalitetsgranskning, information, grafisk presentation, rapportering och statistisk analys av lagrade mätserier.

Alla mätstationers insamlingssystem kan nås via fjärrskrivbord vilket gör att stationen kan styras på distans och fel kan därmed snabbt avhjälpas.

Insamling av data

Insamling av data från mätstationerna sker via dataloggrar eller windowsdatorer med olika typer av insamlings/styrprogram, varav merparten är applikationer skapade i det grafiska programmet Labview. Dokumentation av program och manualer finns digitalt på SLB-analys intranät.

På SLB-analys intranät finns en samlad översikt över alla aktiva/vilande/avaktiverade mätstationer. Där finns all stationsinformation samlad; typ av insamlingsprogram, web- och routeradress, adress till fjärrskrivbord, information om stationen inte svarar vid inhämtning av data, länk till karta, länk till fil med loggrar för tillfällena då datorn startats om automatiskt av ett så kallat Watchdogprogram (läs mer nedan), användarlogg och noteringslogg samt filer med inställningsparametrar för stationen.

Labview-datorens (internt kallad SMIL) logg- och datorns programinställningsfiler sparas på en server hos SLB som en säkerhetskopia om en dator på fältet skulle krascha eller om man bytt dator och glömt föra över den tidigare datorns logg- och programinställningsfiler. En rutin körs en gång per dygn för varje SMIL-station och skapar Insamling av data från mätstationerna sker via dataloggrar eller windowsdatorer med olika typer av insamlings/styrprogram, varav merparten är applikationer skapade i det grafiska programmet Labview. Dokumentation av program och manualer finns digitalt på SLB-analys intranät.

mapp lagras mapparna "Settings" och "Log" vilka innehåller de filer som kopierats från loggern innevarande dag. På detta vis sparas en säkerhetskopia för en månads uppsättning av de aktuella filerna.

Aktuella inställningar och de åtgärder som utförs på stationerna dokumenteras i loggfiler. Till Airvirodatabasen finns även en eventdatabas kopplad där det i fri text per mätparameter/station skrivs in allt som sker i databasen, text korrigeringsparametrar, gränser för tillåtna värden osv.

Rutiner och program för att förhindra databortfall i insamlingskedet (QA)

Alla stationsdatorer är inställda för att startas upp automatiskt klockan 01.00 varje natt för att förhindra databortfall, i de fall datorn inte startat om automatiskt efter tex. ett strömavbrott. Om Airviro-systemet misslyckas att få in data för en station skickas ett e-postmeddelande till en specifik e-postadress (vidarebefordras till instrument- och systemansvarig person) med en rapport om vilken station det gäller, hur många försök som gjorts mm. samt en länk som visar aktuell stationsstatus med problemstationerna först i listan.

Programmet "Watchdog" finns installerat på samtliga stationer med SMIL och i några fall även på stationer med programvara för de optiska Grimm-instrumenten som mäter partiklar (internt kallat OPC). Programmets syfte är att vid behov starta om mätstationsdatorerna eller själva programmet. För att minimera längre dataavbrott har Watchdog-programmet skapats vars syfte är att kontrollera om datafiler skapats eller modifierats varje kvart. Om datafiler inte skapas/modifierats i SMIL startas datorn om och för OPC startas programmet om. Det skickas (om den har internetförbindelse) en rapport om detta via e-post till en specifik e-postadress (vidarebefordras till instrument- och systemansvariga). En rutin körs en gång per timme som kollar samtliga tidsstämpningsfiler från Watchdog-programmet. Om någon av dessa är äldre än fem minuter skickas e-post där stationen identifieras och den aktuella filen visas.

En rutin har skapats som kontrollerar om de meteorologiska stationerna förlorat nätspänningen och går på batteri. I detta fall skickas e-post till specifik e-postadress som vidarebefordras till instrument- och systemansvarig person.

Kalibrering och underhåll av instrument (QA)

Regelbunden kontroll av de automatiska mätinstrumenten för PM10, PM2.5, NO_x, CO och O₃ sker med fasta rutiner för personal inom SLB-analys och följer Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9). Genom den dagliga kontrollen av mätdata kan eventuella avvikelser hos mätinstrumenten snabbt åtgärdas. Normalt åtgärdas avvikelser eller fel under innevarande eller kommande arbetsdag. Under helger och röda dagar finns alltid minst en person som är utsedd jouransvarig.

Dokumentation av besök och utförda åtgärder bokförs i en digital loggbok på varje station, se under rubriken "Datainsamling -insamlingssystem (QA)".

PM10 Thermo Scientific TEOM 1400AB

Dagligen kontrolleras rimligheten i mätdata, att brussignalen inte visar för högt värde samt tryckfallet över samplingsfiltret. Dessutom kontrolleras att mätskåpet håller rätt temperatur. Varje vecka kontrolleras statusen på mätinstrumentet från distans. Vid den veckovisa kontrollen verifieras att flödet in i instrumentet är korrekt, att samtliga statussignaler är i normalt läge och att instrumentet registrerar utomhustemperatur och tryck.

Byte av filter och DFU-filter i instrumentet görs efter behov vilket varierar med koncentrationen vid mätplatsen. Varje kvartal byts partikelavskiljare vid insuget för mätluften till ett rent.

En gång per år tas instrumentet in till verkstad för årlig översyn. Instrumentet ses över i enlighet med instrumenttillverkarens rekommendation. Det innebär bland annat att vakuumpumpen byts, samtliga flöden i instrumentet kontrolleras och justeras och det sker en kalibrering av mätenhet och elektroniska in- och utgångar. SLB-analys innehar alltid minst ett instrument i utbyte som sätts i drift vid mätstationen vid ett eventuellt instrumenthaveri och i samband med att årlig service. Detta medför att tidstäckningen av mätdata kan maximeras.

Tabell 4 visar kvalitetsparametrar för mätinstrument TEOM 1400AB.

Tabell 4. Kvalitetsparametrar för mätinstrument TEOM 1400AB.

Parameter	Kommentar	Accepterat kriterium
Mätosäkerhet	6,7 % ACES rapport 4, Equivalence of PM10 Instruments at a Road Traffic Site. A Study in Stockholm Spring 2012	25 % *
Mätområde	I samverkansområdet förekommer halter i utomhusluften 0,5 - 500 µg/m ³ (timmedelvärden)	0–1500 µg/m ³
Omgivningstemperatur	Kontrolleras dagligen (timdata till databasen)	+10 - +30 °C
Detektionsgräns	± 6 µg/m ³ för kvartsdata ± 3 µg/m ³ för timdata ± 0,6 µg/m ³ för dygn (0,01 µg/m ³ enligt tillverkaren)	
Noise (brus)	Kontrolleras dagligen (kvartsdata till databasen).	<0,1
Filtertryck/byte filter	Kontrolleras dagligen (kvartsdata till databasen), byte vid behov.	<95 %
Flöde	Instrumentet larmar vid för stor flödesavvikelse.	Sample: 3 l/min Main: 13,67 l/min
Temperatur	Instrumentet larmar vid för stora avvikelser.	+50 °C
Registrering tryck/utomhustemp	Kontrolleras dagligen.	Giltiga data
Byte DFU-filter	Varierande bytesintervall.	
Byte/rengöring partikelavskiljare	Utförs varje kvartal eller oftare vid behov.	
Årlig service	Utförs varje år.	

* Kvalitetsmål för data enligt NFS 2019:9, bilaga 1.

PM10 och PM2.5, Grimm EDM 180 och 180-MC

Dagligen kontrolleras rimligheten i inkommande mätdata samt att instrumentets självtester inte levererar något larm. Var 3:e månad utförs nolltest, läckagetest och flödestest. Varje halvår eller vid behov rengörs instrumentets insugssystem. Årligen tas instrumentet in till vår verkstad för översyn och rengöring. Med två års intervall skickas instrumentet till tillverkaren GRIMM i Tyskland för service och kalibrering. SLB-analys förfogar över ersättningsinstrument för eventuellt instrumenthaveri eller vid avbrott för service.

Tabell 5 visar kvalitetsparametrar för mätinstrument GRIMM EDM 180 och 180-MC.

Tabell 5. Kvalitetsparametrar för mätinstrument GRIMM EDM 180 och 180-MC.

Parameter	Kommentar	Accepterat kriterium
Mätosäkerhet	PM10: 18,8 % ACES rapport 4, Equivalence of PM10 Instruments at a Road Traffic Site. A Study in Stockholm Spring 2012 PM2.5: 7,5 % ACES rapport Ref-m 2017:1 "Löpande kontroll av likvärdiga partikelinstrument, Mätprogram 2014–2015"	25 % *
Mätområde	I samverkansområdet förekommer halter i utomhusluften 0,5 - 500 µg/m ³ (timmedelvärden).	0–6000 µg/m ³
Detektionsgräns	Minsta detekterbara partikelstorleken är 0,25 µm.	Partiklar > 0,25 µm
Omgivningstemperatur	Kontrolleras dagligen (timdata till databasen).	+4 - +40 °C
Rengöring mätlufsintag	Beroende på omgivningsmiljön.	
Flöde	1,2 l/min	Flöde inom ± 5 %
Statussignaler	Kontrolleras dagligen. Instrument larmar om avvikelser är för stora.	
Rengöring insugsfilter	Utförs varje halvår.	
Verkstadsservice	Årligen	
Service hos tillverkaren/kalibrering	Görs med två års intervall.	

* Kvalitetsmål för data enligt NFS 2019:9, bilaga 1.

PM10 och PM2.5, PALAS Fidas 200 och 200E

Dagligen kontrolleras rimligheten i inkommande mätdata samt att instrumentets självtester inte levererar något larm. Var 3:e månad utförs nolltest, läckagetest och flödestest. Varje halvår eller vid behov rengörs instrumentets insugssystem. Årligen tas instrumentet in till vår verkstad för översyn, rengöring och kalibrering. Vid behov skickas instrumentet till den svenska återförsäljaren för service och kalibrering. Vid behov kan instrumentet även skickas till PALAS i Tyskland för service och kalibrering.

Tabell 6 visar kvalitetsparametrar för mätinstrument PALAS Fidas 200 och 200E.

Tabell 6. Kvalitetsparametrar för mätinstrument PALAS Fidas 200 och 200E.

Parameter	Kommentar	Accepterat kriterium
Mätosäkerhet	PM10: 20,3 % Senaste PM10 mätningen parallellt med provtagare som utfördes i Sundsvall 2020. https://www.aces.su.se/reflab/wp-content/uploads/Ref-m-rapport-2020_2.pdf	25 % *
Mätområde	PM2.5: 10,0 % Mätosäkerhet från typtestning, TUV Confirmation of Product Conformity, Number 0000040212.	
Mätområde	I samverkansområdet förekommer halter i utomhusluften 0,5 - 500 µg/m ³ (timmedelvärden).	0–10000 µg/m ³
Detektionsgräns	Minsta detekterbara partikelstorleken är 0 µm.	Partiklar >0,18 µm
Omgivningstemperatur	Kontrolleras dagligen (timdata till databasen).	+5 - +40 °C
Rengöring mätlufsintag	Beroende på omgivningsmiljön.	
Flöde	4,8 l/min	Flöde inom ± 5 %
Statussignaler	Kontrolleras dagligen. Instrument larmar om avvikelser är för stora.	
Rengöring inlet filter	Utförs varje halvår.	
Verkstadsservice	Årligen	
Service hos tillverkaren/kalibrering	Vid behov.	

* Kvalitetsmål för data enligt NFS 2019:9, bilaga 1.

Kväveoxider, NO_x, Environnement AC31M, AC32M och AC32E

Med 10–20 dagars intervall görs manuell kalibrering på plats. Vid manuell kalibrering kontrolleras instrumentets nollnivå med hjälp av filtrerad luft. Kalibrering av instrumentet görs med en referensgas med känd NO-koncentration som motsvarar cirka 80 % (cirka 800 ppb) av instrumentets mätområde. Vid avvikelse större än 5 % från den kända gaskoncentrationen korrigeras insamlade mätdata sedan senaste kalibrering. I anslutning till besöken görs även byte av partikelfilter vid mätpunkten.

Vid placering av instrumentet i mätvagn eller i större utrymme i byggnader kan den manuella kalibreringen kompletteras med en dygnsvis automatisk kalibrering eller check. Detta görs i dagsläget vid två av SLB-analys stationer. Automatkalibreringar/checker görs i tre steg (nollnivå,spannivå samt gastitreringsfas) med 24-timmars intervall. Spanngasen består av cirka 80 % av instrumentets mätområde.

Halvårsvis görs en kontroll av hela mätkedjan från insamlingspunkt till mätinstrumentet inklusive partikelfilter och mätslang. Detta sker genom att tillsätta spanngas med 70–80 % av instrumentets mätområde vid mätpunkten. Samtidigt görs även ett läckagetest av mätslangen. Vid avvikelser från kalibreringen eller tecken på läckage felsöks insamlingssystemet och åtgärdas eller byts ut. Årligen tas mätinstrumentet in till verkstad för periodisk översyn. Vid denna årliga översyn görs en noggrann genomgång av instrumentet i enlighet med instrumenttillverkarens rekommendationer. SLB-analys innehar alltid minst ett instrument i utbyte som sätts i drift vid mätstationen vid ett eventuellt instrumenthaveri och i samband med att ett mätinstrument tas in för årlig service. Detta medför att tidstäckningen av mätdata maximeras vid stationen.

Tabell 7 och Tabell 8 visar kvalitetsparametrar för mätinstrument Environnement AC31M respektive Environnement AC32M och AC32E.

Tabell 7. Kvalitetsparametrar för mätinstrument Environnement AC31M.

Parameter	Kommentar	Accepterat kriterium
Mätosäkerhet	11,5 % Värden från typtestning enligt Reflab - mätningars excellfiler. Spårbarhet till den nationella standarden som tillhandahålls av Reflab - mätningar.	15 % *
Mätområde	I samverkansområdet förekommer halter 0–3000 µg/m ³ .	Instrumentet klarar 0–20 000 µg/m ³ .
Detektionsgräns	0,35 ppb (0,67 µg/m ³)	
Omgivningstemperatur	Kontrolleras dagligen.	+ 10 - + 35 °C
Automatkalibrering	Skjer varje natt, kontrolleras dagligen.	
Manuell kalibrering	Utförs var 14:e dag.	<5 % avvikelser
Byte partikelfilter	Utförs var 14:e dag (beroende på miljön).	
Tryck mätpunkter	Kontrolleras dagligen (indikerar täthet i systemet).	Konstant
Flöde	Daglig kontroll via instrumentets statussignaler.	0,57 l/minut
Konvertereffektivitet	Kontrolleras dygnsvis vida automatiska kalibreringar.	Byte årligen
Växling mätpunkter	Kontrolleras dagligen mot vindriktning och haltnivå.	Differens mellan tak och gata beroende på vindriktning.
Kontroll och läckagetest av slangar	2 ggr/år eller vid behov.	
Byte vakuumpump	Vid behov.	
Årlig service	Utförs i verkstad/lab.	

* Kvalitetsmål för data enligt NFS 2019:9, bilaga 1.

Tabell 8. Kvalitetsparametrar för mätinstrument Environnement AC32M och AC32E.

Parameter	Kommentar	Accepterat kriterium
Mätosäkerhet	AC32M: 11,5 % Värden från typtestning enligt Reflab - mätningars excelfiler. Spårbarhet till den nationella standarden som tillhandahålls av Reflab - mätningar. AC32E: 12,1 % Värden från typtestning enligt Reflab - mätningars excelfiler. Spårbarhet till den nationella standarden som tillhandahålls av Reflab - mätningar.	15 % *
Mätområde	I samverkansområdet förekommer halter 0–3000 µg/m ³ .	Instrumentet klarar 0–95 500 µg/m ³
Detektionsgräns	AC32M: 0,4 ppb (0,76 µg/m ³) AC32E: 0,2 ppb (0,38 µg/m ³)	
Omgivningstemperatur	Kontrolleras dagligen.	+5 - +40 °C
Automatkalibrering	Skär varje natt, kontrolleras dagligen.	
Manuell kalibrering	Utförs var 14:e dag.	<5 % avvikelse
Byte partikelfilter	Utförs var 14:e dag, (beroende på miljön).	
Tryck mätpunkter	Kontrolleras dagligen (indikerar täthet i systemet).	Konstant
Flöde	Daglig kontroll via instrumentets statussignaler.	0,66 l/minut
Konvertereffektivitet	Kontrolleras dygnsvis vid automatiska kalibreringar.	Byte årligen
Växling mätpunkter	Kontrolleras dagligen mot vindriktning och haltnivå.	Differens mellan tak och gata beroende på vindriktning.
Kontroll och läckagetest av slangar	2 ggr/år eller vid behov.	
Byte vakuumpump	Vid behov.	
Årlig service	Utförs i verkstad/lab.	

* Kvalitetsmål för data enligt NFS 2019:9, bilaga 1.

Kolmonoxid, CO, Environment CO12M

Instrumentets funktion är mycket god även i de låga nivåerna (0–1 ppm) som är vanligast förekommande inom Stockholm. Manuella kalibreringar utförs i två steg (nollnivå och spannivå), utöver detta utförs en ”kontroll” av nollnivån och spannet var tredje dag. Spanngasen innehåller en koncentration av CO på cirka 80 % (21 ppm) av instrumentets förinställda mätområde (25 ppm). Nollnivån kontrolleras genom att instrumentet matas med en gas innehållande 100 % kvävgas, även kallat nollgas. Både nollnivån och spannivån gäller tills nästa kalibrering sker.

Då CO-mätningarna utförs på samma platser som NO₂-mätningarna genomförs ett byte av partikelfilter vid mätpunkten var 10:e dag samt månadsvis kontroll av hela mätkedjan från insamlingspunkt till mätinstrument med bland annat läckagetest av mätslangen. Vakuumpumpen byts vid behov samt en vakuumpumpkontroll görs i samband med årlig service. En gång per år tas instrumentet in till verkstad för årlig översyn. Vid den årliga översynen görs en noggrann genomgång av instrumentet i enlighet med instrumenttillverkarens rekommendationer.

Tabell 9 visar kvalitetsparametrar för mätinstrumentet Environnement CO12M.

Tabell 9. Kvalitetsparametrar för mätinstrument Environnement CO12M.

Parameter	Kommentar	Accepterat kriterium
Mätosäkerhet	CO12M 11,1 % (enl. Reflab 2020, fälttest)	15 % *
Mätområde	Nivå inom samverkansområdet 0–25 ppm.	Instrumentet klarar 0–200 ppm.
Detektionsgräns	0,05 ppm (0,06 mg/m ³)	
Automatkalibrering	Var 7:e dag samt kontroll var 3:e dag.	
Byte partikelfilter	Utförs var 15:e dag (beroende på miljö).	
Tryck mätpunkter	Kontrolleras dagligen (timdata till databasen)	Konstant
Flöde	Automatiskt larm vid för lågt flöde, <1,3 l/min.	
Statussignaler	Automatiska larm vid fel på statussignaler.	
Växling mätpunkter	Kontrolleras dagligen (timdata till databasen).	
Kontroll och läckagetest av slangar	2 gånger per år	
Byte/kontroll vakuumpump	Var 6:e månad	
Verkstadsservice	1 gång per år	

* Kvalitetsmål för data enligt NFS 2019:9, bilaga 1.

Ozon, O₃, Environnement S.A modell O342M och O342E

En gång per år tas instrumenten in för årlig service och översyn, där de testas mot en så kallad transfer standard för ozon, Teledyne T703, T703U Photometric O₃ cirkalibrator. Detta är ett instrument som kan både generera ozon i olika halter samt mäta ozon med samma metod som instrumenten som används i daglig drift ute på mätstationerna. Transfer standard instrumentet skickas en gång per år till Referenslaboratoriet för luftkvalitet – mätningar, enligt NIST-SRP11, National Institute of Standards and testing, USA, för kalibrering mot en primär standard. Ett kalibreringscertifikat utfärdas för det ozoninstrument (transfer standard) som genomgår den årliga kalibreringen på ovan nämnda sätt. De övriga ozoninstrumenten i SLB-analys drift jämförs och kalibreras sedan mot transfer standard instrumentet i SLB-analys labb.

Tabell 10 visar kvalitetsparametrar för mätinstrument Environnement S.A modell O342M och O342E.

Tabell 10. Kvalitetsparametrar för mätinstrument Environnement S.A modell O342M och O342E.

Parameter	Kommentar	Accepterat kriterium
Mätosäkerhet	O342M 10,0 % (enl. Reflab 2020) O342E 12,3 % (enl. Reflab 2020)	Kvalitetsmål saknas.
Mätområde	0–1 ppm	Instrumentet klarar 0–1 ppm.
Detektionsgräns	O342M 0,4 ppb (0,8 µg/m ³) O342E 0,2 ppb (0,4 µg/m ³)	
Noise (brus)	O342M 0,2 ppb (0,4 µg/m ³) O342E 0,1 ppb (0,2 µg/m ³)	0,0005 ppm (1 µg/m ³)
Zero drift	<0,5 ppb per 24h, <1 ppb per 7 dygn	<1 ppb per 7 dygn
Span drift	<0,5 % per 24h, <1 % per 7 dygn	<1 % per 7 dygn
Byte teflonfilter	Bytes vid behov, bör ej bytas för ofta.	
Flöde	1 l/min	Cirka 1 l/min
Statussignaler	Alarm display: temp, flöde, elektroniska parametrar, värde över inställda tröskelparametrar.	
Kalibrering	1 gång per år mot ozon transfer standard instrument Teledyne Model T703, photometric O ₃ cirkalibrator.	
Kalibrering av ozon transfer standard	1 gång per år av Referenslaboratoriet för luftkvalitet – mätningar, enligt NIST-SRP11, National Institute of Standards and testing, USA.	

Lagring av mätdata - rådatahantering (QA)

Lagring av mätdata samt automatisk kvalitetscheck

SLB-analys lagrar all mätdata i systemet Airviro. Systemet innehåller bl.a. funktioner för datainsamling, validering av data, funktioner för analys, lagring och presentation. En säkerhetskopia av databasen sparas varje dygn.

Data från mätstationerna hämtas automatiskt var 15:e minut alternativt varje timme.

I databasen finns en första automatisk kvalitetskontroll där data som inte klarar vissa uppställda kvalitetsmål märks ut med en unik dataflagg, se Tabell 11. Detta kan tex. vara data under en fastställd detektionsgräns, att mätdata ligger utanför instrumentets mätområde eller att samma värde kommer in under flera timmar i sträck. All aktivitet i databasen kan spåras och rådata sparas, se under rubriken "Datainsamling - insamlingssystem (QA)".

Tabell 11. Dataflaggor i Airviro.

Flagga	Förklaring	Gränsvärde
0	Data saknas	
4	Värde under detektionsgränsen	Se Tabell 4–10 "detektionsgräns"
5	Värde över mätområdets maxvärde	Se Tabell 4–10 "mätområde"

Omvandlingsformler i databasen

Omräkning av partikeldata från mätningar med mätinstrument TEOM 1400AB ska, enligt instruktioner från Referenslaboratoriet för luftkvalitet, räknas om med specifika omräkningsfaktorer för korrigerings av tryck och temperatur samt förluster av volatila ämnen som avdunstar under mätprocessen (VCM-korrigerings). Korrigeringsen för VCM görs enligt Referenslaboratoriets rekommendation för godkännandet av TEOM.

Kvalitetsgranskning av data (QC)

Mätdata granskas i flera steg av minst tre olika personer för att säkerställa kvaliteten. Vid semestertider upprättas ett speciellt dokument med tydligt personalansvar och de rutiner som ska följas för att säkerställa att data kvalitetsgranskas på samma sätt oavsett tid på året. I Tabell 12 beskrivs planerade och systematiska aktiviteter samt åtgärder som genomförs av SLB-analys för att kvalitetssäkra mätdata och säkerställa att datakvalitetsmålen uppnås.

Tabell 12. Schema för kvalitetsgranskning av data.

Aktivitet	Syfte	Tidsintervall	Dokumentation utanför databasen	Dokumentation i Airviro mätdatabas
1. Instrumentansvarig utför kontroll av datakommunikation, instrumentstatus och inkommande data. Mätdata granskas tillsammans med instrumentparametrar för att upptäcka eventuella avvikelser.	Kontrollera att datainsamling fungerar. Upptäcka eventuella instrumentfel. Kontrollera att realtidsdata ser OK ut.	Dagligen under vardagar av mätansvarig.	Protokoll	Dataflagg skapas beroende på aktivitet.
2. Två personer ansvarar för att kontrollera instrumentstatus och inkommande data. Mätvärdena jämförs systematiskt med meteorologiska förhållanden och andra mätstationer, för att upptäcka ev. avvikelser och felaktigheter.	Kontrollera avvikelser i enskilda mätvärden eller trender.	Veckovis av två personer med mångårig erfarenhet av att utvärdera mätdata.	Protokoll	Felaktiga/ogiltiga värden redigeras/tas bort. Dataflagg skapas beroende på aktivitet.
3. Samtliga mätdata kontrolleras sammantaget i en slutlig kvalitetskontroll där tidigare ev. tveksamma värden har utretts.	Producera slutligt kvalitetssäkrat dataset.	Månadsvis av instrumentansvarig.	Slutredigeringslista för varje mätparameter och mätstation fylls i.	Ev. tidigare tveksamma värden som utretts flaggas.
4. Sammanställning i rapport / Rapportering till datavärd.	Avrapportering till beställare eller datavärd.	Årligen eller enligt avtal med beställaren.	Årsrapport eller rapport enligt beställarens önskemål.	

Kvalitetskontroll mätdata realtid

All realtidsdata kontrolleras dagligen av en instrumentansvarig. Felaktiga data som kan kopplas till kända servicebesök, kalibrering eller kända yttre faktorer flaggas om. Vidare kontrolleras enskilda parametrar och enskilda stationer genom att stationer jämförs mot varandra och samvarierande ämnen mot varandra. På så vis upptäcks avvikande och onormala mätvärden snabbt och orsaken till avvikelsen dokumenteras (se avsnitt Datainsamling – insamlingssystem (QA)).

Avvikande värden som bedöms som ogiltiga flaggas om i databasen, se Tabell 13. I de flesta fall sker detta inom ett dygn.

Tabell 13. Dataflaggor i Airviro vid manuell datakontroll.

Flagga	Förklaring
2	Data manuellt borttagen.
14	Data kontrollerad – OK.
15	Data manuellt ändrad.

Kvalitetskontroll mätdata eftervalidering

Validering av data sker som nämnts ovan i flera steg och av olika personer, se Tabell 12.

Vid "spikar och dippar" i mätdata kontrolleras alltid först eventuella fel på instrument och datainsamlingsutrustning, innan sådan avvikande data eventuellt kan bedömas som rimlig och därmed godkännas. Instrumentfel och åtgärder dokumenteras kontinuerligt i databasen vilket hjälper till att "känna igen" utseende på mätdata och snabbt kunna åtgärda fel.

Hittas inget fel på instrument mm går vi vidare med att kontrollera rimligheten i mätvärdet. Bedömningen om ett mätvärde är rimligt bygger till stor del på erfarenhet men flera metoder att granska data används inom SLB-analys, se nedan och även Tabell 14.

Jämförelse över tiden med olika parametrar vid samma station

- NO_x och CO brukar samvariera.
- Halter på olika sidor i ett gaturum är beroende av vindriktning - kontrollera att halten är högst på "rätt sida".
- Halter i taknivå bör generellt vara lägre än i gatunivå.
- NO_x, sot och antal partiklar samvarierar.
- PM10 ska vara högre än PM2.5.
- Ozon och NO₂ ska i de flesta fall vara antikorrelerade.
- Jämför med väderparametrar: inversion och låg vindhastighet ger höga halter. Regn ger våta vägbanor och låga PM10-halter, torra vägbanor under och efter dubbdäckssäsong ger höga halter av PM10.
- Jämför dygns- vecko- och årstidsvariationer; höga halter i rusningstid, lägre under natten och på helger.

Jämförelse över tiden mellan mätstationer

- Samvarierar halterna normalt? Ligger nivåer i olika miljöer rätt (tex. urban bakgrund ska vara högre än regional bakgrund)?
- Är det höga värden på flera stationer i regional bakgrund, tex. PM2.5, kan det tyda på en episod och den bör höja värdena även i urban bakgrund och gatumiljö.
- Bilda trendlinjer över en längre period och titta på om halten varierar som den ska över året och jämföra med andra stationer.

Tabell 14. Kvalitetskontroll av data.

Fel	Kontroll	Åtgärd mätvärde
Felaktig kalibrering, felaktig baslinje kring nollvärde, drift.	Jämför med tidserier bakåt i tiden för att hitta "hack" i mätdata där nivån plötsligt dyker/ökar.	Nivå på mätdata justeras om möjligt.
Enstaka värden från mätstation avviker.	Söker felkälla: lokal yttre störning (tex. vägarbete, nyårsfyrvakeri), felmeddelande på logger/instrument, filterbyte, service. Värdet jämförs med mätparametrar från samma station som förväntas samvariera. Värdet jämförs med mätdata från övriga stationer inom samverkansområdet.	Lokal yttre störning känd: värdet behålls, kommentar om källa och orsak till störningen. Felmeddelande instrument: värdet flaggas som ogiltigt alt felaktigt värde pga. service. Om instrumentfel eller yttre störning kan uteslutas tas beslut av instrumentansvarig eller gemensamt bland flera mätansvariga om värdet ska godkännas eller klassas som ogiltigt.
Längre period med värden som avviker från trend på mätstation/liknande station.	Söker felkälla, lokal yttre störning tex vägarbete, instrumentbyte. För kontroll på mätplatsen kan t.ex. läcksökning från provtagningspunkt till instrument göras eller ev. parallellkörning med likvärdigt instrument.	Lokal yttre störning känd: värdet behålls, kommentar om källa och orsak till störningen. Om instrumentfel eller yttre störning kan uteslutas tas beslut av instrumentansvarig eller gemensamt bland flera mätansvariga vilka vidare åtgärder som ska vidtas, t.ex. byte av instrument eller vissa specifika delar av mätutrustningen.

Medelvärdesbildning av mätdata och beräknad mätosäkerhet (QC)

Medelvärdesbindning av mätdata

Medelvärdesbindning sker i enlighet med Bilaga 5 i NFS 2019:9. Om högre upplösning än timme registreras bildas timmedelvärde om 75 % giltiga mätdata finns.

Beräknad mätosäkerhet för kvävedioxid

Mätosäkerheten har beräknats för mätningar med instrumentet Environnement AC31M samt AC32M. Beräkningar av osäkerhet för kvävedioxidmätningar utförs enligt EN 14211. Som hjälp har kalkylark från Referenslaboratoriet för luftkvalitet använts, "ITM_kalkylark NO2 uncertainty.xls" (<http://www.aces.su.se/reflab/kvalitetssakring.html>).

Den mätosäkerhet som rapporteras för instrumentet Environnement AC32E är värden som beräknades vid typtestningen, utförd av TÜV i Tyskland när instrumentet fick sitt godkännande som referensmetod.

System för rapportering och information av mätdata och modellberäkningar

Realtidsrapportering av mätdata till Naturvårdverkets hemsida

Preliminära mätdata från de stationer som mäter mot miljökvalitetsnormen skickas varje timme till Naturvårdverket för presentation av realtidsdata på Naturvårdverkets hemsida.

Årlig rapportering till Naturvårdsverkets datavärd

Kvalitetssäkrade mätdata (se under rubriken Kvalitetsgranskning av data (QA)) rapporteras årligen till Naturvårdsverkets datavärd (SMHI) enligt Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9). SLB-analys sköter rapportering av mätdata för mätningar inom Östra Sveriges Luftvårdsförbund, mätningar inom Stockholms Stad samt mätningar som utförs av SLB-analys på uppdrag av andra kommuner och Trafikverket.

Rapporteringsskyldigheten när det gäller miljökvalitetsnormer omfattar resultat från kontroll av de föroreningar som regleras i Luftkvalitetsförordningen (2010:477) och som ska kontrolleras av kommunerna och rapporteras enligt de krav som finns i 36–38 §§ Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9). Rapporteringen ska göras om kontroll i någon form har genomförts.

Även resultat från modellberäkning och objektiv skattning görs årligen till Naturvårdsverkets datavärd (SMHI). Om kontrollen har skett inom ramen för samverkan (8 § NFS 2019:9) kan rapporteringen göras gemensamt. För samverkansområdena inom Östra Sveriges Luftvårdsförbund ansvarar SLB-analys för denna rapportering och de enskilda kommunerna behöver inte meddela Naturvårdsverket eller datavärden separat.

Underrättelse vid risk för överskridande av miljökvalitetsnorm

Om kontrollen visar att en föroreningsnivå som anges i miljökvalitetsnormerna kan antas komma att överskridas ska berörd kommun enligt 30 § luftkvalitetsförordningen omedelbart underrätta Naturvårdsverket och berörda länsstyrelser. SLB-analys tar fram underlag för underrättelsen men det åligger kommunerna själva att rapportera om överskridanden, även om den berörda kommunen ingår i ett samverkansområde.

Webbsida, information till allmänheten, årsrapporter

På SLB-analys hemsida redovisas bl.a. mätdata i realtid, prognoser för luftföroreningshalter, överskridande av miljökvalitetsnormer, trenddiagram samt modellerade haltkartor över samverkansområdena. Haltkartorna visar modellerade halter från den senaste kartläggningen för de olika länen inom samverkansområdena. Detaljerad metodbeskrivning av varje kartläggning presenteras i form av en rapport som publiceras på hemsidan.

Varje år sammanställs en årsrapport för mätstationer inom Stockholms stad samt en årsrapport för mätningar som sker inom Östra Sveriges Luftvårdsförbunds samverkansområden. I rapporterna redovisas förutom uppmätta halter under året även långsiktiga trender.

SLB-analys upprättar årligen ett program för samordnad kontroll inom Östra Sveriges Luftvårdsförbunds två samverkansområden. Programmet innehåller bl.a. information om de största källorna till olika luftföroreningar inom Luftvårdsförbundets verksamhetsområde samt beskrivning av trenderna för dessa ämnen, en detaljerad sammanvägd bedömning (utifrån gränser för miljökvalitetsnormer och utvecklingströsklar) av luftkvaliteten inom samverkansområde 1 (ABCDX-län) samt samverkansområde 2 (EI-län), hur luftkvalitetskontrollen ska bedrivas de kommande två åren (långsiktig mät- och modellstrategi), detaljerade beskrivningar av mätstationerna inom Luftvårdsförbundet samt ett kvalitetssäkringsprogram för mätdata och modellberäkningar.

Larm vid överskridande av tröskelvärde för kvävedioxid, svaveldioxid och ozon

I luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) finns tröskelvärde för larm om kvävedioxidhalten överstiger 400 mikrogram kvävedioxid per kubikmeter luft som ett medelvärde under tre på varandra följande timmar. För svaveldioxid gäller 350 mikrogram svaveldioxid per kubikmeter luft som ett medelvärde under tre på varandra följande timmar. Detta ska ske i ett område som är representativt för luftkvaliteten och minst 100 kvadratkilometer stort eller i en tätbebyggelse.

Enligt 43 § ska kommunen omedelbart informera allmänheten, Naturvårdsverket, berörda länsstyrelser och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap om tröskelvärdet för larm om kvävedioxid eller svaveldioxid överskrids eller kan antas komma att överskridas,

Halten kvävedioxid har inte överskridit värdet för larm sedan Luftkvalitetsförordningen trädde i laga kraft och halterna av svaveldioxid är numera på så låga nivåer att mätningar enbart sker med månadsupplösning. SLB-analys har utarbetat kontakt med Naturvårdsverket om gränsvärdet för kvävedioxid skulle överskridas.

Om tröskelvärdet för information eller larm om ozon överskrids eller kan antas komma att överskridas, åligger det Naturvårdsverket att omedelbart informera allmänheten, hälso- och sjukvårdsinstitutioner samt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

Modellberäkningar

SLB-analys använder modellberäkningar som ett komplement till mätningar för att beskriva halterna över ett större geografiskt område. SLB-rapport 50:2021 ”Luftkvalitetsberäkningar för kontroll av miljökvalitetsnormer – Modeller, emissionsdata, osäkerheter och jämförelser med mätningar” [19] beskriver i detalj beräkningsmetodiken som SLB-analys använder i olika utredningar om påverkan på luftkvaliteten i miljökonsekvensutredningar, tillståndsärenden, kartläggningar, mm. I rapporten finns en detaljerad genomgång av hur kvaliteten i beräkningarna säkerställs och en beskrivning av osäkerheter som föreligger i olika delmoment.

SLB-analys har på uppdrag av Östra Sveriges Luftvårdsförbund utfört kartläggningar av luftföroreningshalter inom Luftvårdsförbundets verksamhetsområden. Luftvårdsförbundet har initierat kartläggningar allt eftersom miljökvalitetsnormer införts för olika ämnen. Den senaste kartläggningen avser partiklar (PM10) och kvävedioxid år 2020 (Stockholms län, Södermanlands län, Uppsala län och Gävleborgs län) samt år 2022 (Östergötlands län och Gotlands län). Haltkartor samt de rapporter som skrivits i samband med de olika kartläggningarna finns tillgängliga på SLB-analys hemsida, <http://slb.nu/slbanalys/>.

SLB-analys har tillgång till flera olika modeller för olika skalor. Nedan presenteras modellerna som används.

Airviro vindmodell

Luftföroreningar påverkas av olika meteorologiska processer. Vindar transporterar föroreningar, turbulensen blandar och späder dem. Airviro använder en förenklad vindfältmodell baserad på Danard, 1977, [7] för att beräkna de vindfält som används av spridningsmodellerna.

Vindfältberäkningarna bygger på principen att småskaliga vindar kan ses som en lokal anpassning av storskaliga vindar (vindar i fria atmosfären) beroende på lokala flöden av rörelsemängd och värme från mark- eller havsytan. Alla olinjära interaktioner mellan skalorna bortses från. Det antas också att anpassningsprocessen är mycket snabb och att horisontella processer kan beskrivas genom icke-linjära ekvationer medan vertikala processer kan beskrivas med linjära funktioner [25].

Halten av luftföroreningar kan variera mellan olika år beroende på variationer i meteorologiska faktorer och intransport av långväga luftföroreningar. När luftföroreningshalter jämförs med miljökvalitetsnormer ska halterna vara representativa för ett normalår. Som indata till Airviro vindmodell används därför en klimatologi baserad på meteorologiska mätdata under en flerårsperiod. De meteorologiska mätningarna har hämtats från någon av Luftvårdsförbundets meteorologiska master för beräkningar i Stockholms- eller Uppsala län och inkluderar horisontell och vertikal vindhastighet, vindriktning, temperatur, temperaturdifferensen samt solinstrålning. I övriga län används modellerad meteorologi från SMHI:s modell MESAN i så kallade virtuella master. Vindmodellen tar även hänsyn till variationerna i lokala topografiska förhållanden. Upplösningen på topografi och markanvändningsdata i vindmodellen är 250 meter.

Airviro gaussmodell

I atmosfären sprids föroreningar genom spädning och transport. Spridningen beror bl.a. på vilken höjd på vilken föroreningar släpps ut tex. i marknivå eller från en hög skorsten. Även rökgasers temperatur är av betydelse. En varm gas kommer att stiga uppåt och ge en högre effektiv utsläppsnivå.

Gaussmodellen används för att beräkna halter av föroreningar ovan mark (öppet landskap) eller tak (bebyggelse). Beräkningshöjden är satt till 2 m som standardvärde, men användaren kan specificera andra värden. Spridningen från varje enskild källa beskrivs i modellen med hjälp av en Gaussisk plymmodell [4].

För gridstorlek, dvs. storleken på beräkningsrutorna används oftast ett variabelt beräkningsgrid. Gridrutornas storlek varierar vanligtvis mellan 25 och 500 meter, med de minsta gridrutorna längs med trafikerade vägar och intill stora punkt- och areautsläpp. Haltbidragen från källor utanför länen erhålls genom mätningar.

Airviro-OSPM och Open Road

I tätbebyggda områden beskriver gaussmodellen halter av luftföroreningar i taknivå. För att beräkna halten nere i gaturum kompletteras därför gauss-beräkningarna med beräkningar med gaturumsmodellen Airviro-OSPM (Operational Street Pollution Model) och längs öppna vägar med hastighet över 70 km/h används linjemodellen Open Road [15].

I smala gaturum kan halterna av föroreningar variera stort från ena sidan till den andra. Detta beror på virvelbildningar från de omkringliggande husen. Gaturummens utformning har stor betydelse för ventilation och utspädning av luftföroreningar. Smala gator är sämre än breda och gator med hög bebyggelse är sämre än gator med låg eller ingen bebyggelse. Just bebyggelsefaktorn, dvs. om gaturummet är slutet samt dess dimensioner, spelar stor roll för gatuventilationen och därmed för haltnivåerna. OSPM-modellen användas för att beräkna halterna vid enkelsidig eller dubbelsidig bebyggelse.

CFD-modeller

Tredimensionella CFD-modeller (Computational Fluid Dynamics) är avancerade modellverktyg som kan användas för att detaljerat beräkna luftföroreningshalter i miljöer med komplicerad geometri som tex. stadsbebyggelse, vägbroar eller tunnelmynningar. Modellen kan liknas vid en numerisk vindtunnel som tar hänsyn till det turbulenta flödet av luft kring enskilda byggnadsstrukturer. Tekniken har länge använts vid aerodynamisk utformning av bilar och flygplan, samt inom en rad andra industritillämpningar. CFD-beräkningar används av SLB-analys som ett komplement till mer traditionella modellberäkningar, såsom t.ex. gaussmodeller, i de fall då geometrin hos bebyggelsen bedöms påverka halterna av luftföroreningar på ett sätt som enklare modeller inte till fullo kan ta hänsyn till.

CFD beräkningar utförs av SLB-analys med hjälp av modellerna MISKAM (Mikroskaliges Strömungs- und AubreitungsModell) [13] och OpenFOAM (Open source Field Operation And Manipulation) [14].

CFD-beräkningar utförs vanligtvis för ett begränsat område, men med mycket hög upplösning. Avståndet mellan två beräkningsrutor är typiskt 1–2 meter vilket gör att det går att fånga spridningen av luftföroreningar med hög detaljrikedom, och dessutom hur

denna spridning påverkas av den turbulens som skapas av omgivningens beskaffenhet. I konstruerande av beräkningsdomän, val av numerisk metod, val av upplösning och utsträckning, följer SLB-analys så kallade ”Best Practice Guidelines” för högupplösta flödesberäkningar i urban miljö [6].

Hantering av indata till beräkningsmodellerna (QA)

Indata till modellberäkningar utgörs av emissionsdatabaser omfattande Luftvårdsförbundets verksamhetsområden. Databaserna innehåller detaljerade data som möjliggör beräkningar av utsläpp och halter från bl.a. vägtrafiken, energisektorn, industrin och sjöfarten.

Inom Luftvårdsförbundets geografiska område är vägtrafiken den största källan till luftföroreningar. Trafikflöden, hastighet och andel tung trafik på det statliga vägnätet uppdateras årligen baserat på den nationella vägdatan. Uppgifter om kommunala vägar läggs in av SLB-analys och bygger på uppgifter från enskilda medlemskommuner. Fordonsparkens sammansättning vad gäller olika fordonstyper och bränslen bygger på fordondata från vägtrafikregistret och registreringar som görs vid betalstationerna för trängselskatt i Stockholm. Vägtrafikens utsläpp av olika luftföroreningar är beskrivna med emissionsfaktorer för olika fordon- och vägtyper enligt HBEFA-modellen [10]. Emissionsfaktorer för slitagepartiklar utifrån olika dubbdäcksandelar baseras på NORTRIP-modellen [8, 9]. Andelen dubbdäck baseras på manuella räkningar och underlag från Trafikverket.

Energianläggningar, panncentraler och industrier är inlagda som koordinatsatta punktkällor med uppgifter om skorstenshöjder, rökgashastigheter, rökgastemperaturer mm. Utsläppen baseras på årlig miljörapportering av antingen förbrukad mängd bränsle eller verkligt utsläpp av t ex NO_x, PM10 och SO₂. Dessa källor uppdateras årligen av en person från varje medlemskommun. Utsläpp från sjöfarten baseras på griddade emissionsdata från SMED (Svenska MiljöEmissionsData) [26] med en geografisk upplösning på 1 km x 1 km. Enskild uppvärmning är inlagt med schablonemissioner framtagna i enlighet med en metod från SMHI [27]. Kortfattat går metoden ut på att ta fram schablonemissioner utifrån områden där detaljerad kännedom om fördelningen av uppvärmningskällor finns (pannor och eldstäder eldade med olja, pellets och ved) för enskilda fastigheter, samt parametrarna nyttjandegrad, verkningsgrad, tidsvariation, energibehov per småhus, emissionsfaktorer samt statistik om energiförbrukning och fördelning av småhus. Där detaljerad kännedom om fördelningen av uppvärmningskällor inte finns tillgängligt har schablonfördelningar använts, baserade på den kända fördelningen.

Utöver uppdatering av källornas utsläpp så uppdaterar SLB-analys kontinuerligt även underordnade databaser såsom emissionsfaktorer med mera.

Omfattande kvalitetskontroller av emissionsdatabaserna utförs efter varje årlig uppdatering. Kvalitetskontrollen består i att jämföra utsläpp med tidigare inrapporterade data, säkerställa att statiska data såsom skorstensinformation finns med. Säkerställa att korrekta kopplingar till underordnande databaser utförts. Slutligen genomförs även haltberäkningar för att se om emissionsdatabasen genererar rimliga haltvärd. Därefter fastställs ny emissionsdatabas.

Kvalitetskontroll av beräkningsmodellerna (QC)

Modellberäkningar av luftföroreningshalter innehåller osäkerheter. Systematiska fel uppkommer när modellen inte på ett korrekt sätt förmår ta hänsyn till alla faktorer som kan påverka halterna. Kvaliteten på indata är en annan parameter som påverkar hur väl resultatet speglar verkligheten. För att få en uppfattning om den totala noggrannheten i hela beräkningsgången dvs. emissionsberäkningar, vind- och stabilitetsberäkningar samt spridningsberäkningar har modellberäkningarna jämförts med mätningar av både luftföroreningar och meteorologiska parametrar på en rad platser [19, 20].

Avvikelser mellan beräknade och uppmätta luftföroreningshalter används för att kalibrera modellen. De beräknade haltnivåerna korrigeras med en konstant faktor för att optimera överensstämmelsen med mätningarna. För att omvandla beräknade halter av NO_x till NO₂ används ett icke-linjärt statistiskt samband, NO₂ = f(NO_x). Detta förhållande baseras på mätningar från stationer i gatunivå och taknivå samt i regional bakgrundsmiljö under den senaste femårsperioden. Uppmätta halter av PM10 och NO₂ de senaste tre-fem åren används även till att omvandla beräknade årsmedelhalter till percentiler av dygnsmedelvärden.

Enligt Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9) ska avvikelser i beräknade årsmedelvärden för NO₂ vara mindre än 30 % och för dygnsmedelvärden ska den vara mindre än 50 %. För PM10 ska avvikelserna vara mindre än 50 % för årsmedelvärden (krav för dygnsmedelvärden saknas).

I SLB-rapport 50:2021 [19] visade jämförelsen mellan beräknade och uppmätta halter att kvalitetskraven på beräkningar enligt Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9) uppfylls med god marginal. För beräknade gaturumshalter av NO₂ var den genomsnittliga avvikelserna om man inkluderar alla mätvärden en underskattning på cirka 4 % i Stockholm och Uppsala län och den högsta avvikelserna för en enskild mätstation 35 %. För PM10 var den genomsnittliga avvikelserna en underskattning på cirka 4 % och den maximala avvikelserna för en enskild mätstation 31 %. För bakgrundshalter (urbana och regionala) av NO₂ var den genomsnittliga avvikelserna en överskattning på cirka 3 % och för dygns- respektive timmedelvärden var den genomsnittliga avvikelserna 6 % och 9 %. För PM10 var den genomsnittliga avvikelserna om man inkluderar alla mätvärden en underskattning på cirka 2 % för årsmedelvärden och en överskattning på cirka 4 % för dygnsmedelvärden.

Även för Södermanlands län och Gävleborgs län görs jämförelser mellan beräknade och uppmätta halter, i dessa län är dock antalet mätstationer begränsat. För de urbana bakgrundsstationerna i Eskilstuna och Gävle ligger värdena väl inom gränserna för 30 respektive 50 % avvikelser. För årsmedelvärdena av NO₂ ligger Södra Kungsgatan i Gävle utanför gränsen för 30 % avvikelser. Detta gäller även vid en äldre station i Nyköping. Vid Södra Kungsgatan i Gävle beräknar modellen 32 % högre årsmedelhalter för NO₂ jämfört med uppmätt halt 2017 - 2019. Värt att notera är att om jämförelsen istället görs med mätningar från 2018 - 2019 så är avvikelserna 18 %, väl inom gränsen på 30 %. Modellen överskattar även dygnsmedelvärdet (det 36:e högsta dygnet) samt timmedelvärdet (den 176:e högsta timmen) jämfört med uppmätta halter, men dessa ligger inom gränsen för acceptabla avvikelser.

Även i Östergötlands- och Gotlands län är antalet mätstationer för jämförelse mellan beräknade och uppmätta halter begränsat, men jämförelser har gjorts för de data som finns. För samtliga urbana gaturums- och bakgrundsstationer i Östergötland och på Gotland ligger värden väl inom gränserna för 30 respektive 50 % osäkerhet.

För de regionala bakgrundsstationerna ligger de beräknade halterna av NO₂ långt utanför för 30 respektive 50 % avvikelse, men då handlar det om små absoluta skillnader i halt. Det ska också noteras att mätningarna vid dessa stationer utgörs av dygns- respektive månadsprover gjorda med mätmetoder som inte räknas som godkända för kontinuerliga mätningar enligt Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9). De beräknade halterna av PM10 ligger inom 50 % avvikelse jämfört med uppmätt halt i regional bakgrundsluft vid Aspvreten (år 2018 flyttades mätningarna till Norunda, cirka 30 km norr om Uppsala).

EU:s expertgrupp för modellberäkningar, FAIRMODE, arbetar med integrering och kvalitetssäkring av mätningar, emissioner och modellering [28]. SLB-analys har deltagit i FAIRMODE:s arbete sedan 2014. SLB-analys har bl.a. bidragit med arbete kring kvalitetssäkring av emissionsinventeringar på urban nivå och metoder för att uppskatta representativiteten för mätstationer [12]. 2017 startade en ny aktivitet inom FAIRMODE där olika pilotstäder/regioner deltar för att testa och utvärdera samtliga verktyg som har utvecklats inom FAIRMODE (modeller, emissioner, källfördelning samt planering). SLB-analys deltar och representerar Stockholmsregionen. För att validera modellberäkningar mot mätdata har FAIRMODE utvecklat DELTA-verktyget. Inom ramen för pilotprojektet har SLB-analys använt DELTA för att validera modellberäkningar med Airviro-Gauss och Airviro-OSPM mot uppmätta halter vid bakgrunds- respektive gaturumsstationer i Stockholm. Modellresultaten visade godkända resultat med avseende på de prestandakriterier som är uppsatta i verktyget [16].

Uppfyllande av kvalitetsmål (QC)

Mätdata

Genom de kontinuerliga kontroller som utförs enligt kvalitetssäkringsprogrammet klarar SLB-analys att uppfylla de krav som ställs i Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet enligt bilaga 1 i NFS 2019:9 "Kvalitetsmål för data".

I de fall datafångsten inte uppfyller fastställda krav är det yttre omständigheter som har påverkat mätningen, vilka SLB-analys oftast inte har rådighet över, t.ex. vandalism, strömavbrott, renoveringsarbeten/gatuarbeten mm. SLB-analys strävar alltid efter att så snabbt det är möjligt genomföra de åtgärder som behövs för att minimera dataförlusten. Under helger och röda dagar finns alltid en jouransvarig som har kontinuerlig kontroll att mätstationerna fungerar som de ska.

Modellberäkningar

Jämförelser mellan modellberäkningar och mätningar visar att beräknade halter av NO₂ och PM10 väl uppfyller kraven på överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade halter enligt Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9). De genomsnittliga avvikelserna efter justeringar både för beräknade halter av PM10 och NO₂ är mindre än 10 % från uppmätta halter [19].

Referenser

1. SFS 2010:477, Svensk författningssamling, Luftkvalitetförordningen 2010:477.
2. Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet. Naturvårdsverkets författningssamling, NFS 2019:9, 2019.
3. Luftguiden - Naturvårdsverkets Handbok 2019:1, utgåva 1, januari 2019, version 4.
4. Airviro Dispersion, <http://www.smhi.se/airviro/modules/dispersion/dispersion-1.6846>
5. Airviro, <https://www.airviro.com/airviro/>
6. Blocken m fl. Computational Fluid Dynamics for urban physics. Building and Environment, 91, 2015.
7. Danard, M. A simple model for mesoscale effects of surface winds, Mon. Wea. Rev., 105, 572-580, 1977.
8. Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzler, K., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., och Omstedt, G. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling. Atmospheric Environment 77:283-300, 2013.
9. Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzler, K., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Kauhaniemi, M., och Omstedt, G. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 2: Surface moisture and salt impact modelling. Atmospheric Environment 81:485-503, 2013.
10. HBEFA-modellen, <http://www.hbefa.net/e/index.html>
11. Hopke m fl. Characterization of the Gent Stacked Filter Unit PM10 Sampler. Aerosol Sci. Technol., 27, 726-735, 1997.
12. Kracht and m fl. Spatial Representativeness of Air Quality Monitoring Sites. Outcomes of the FAIRMODE/AQUILA Intercomparison Exercise. JRC Technical reports. 2017.
13. MISKAM, <http://www.lohmeyer.de/en/node/195>
14. Openfoam, <https://www.openfoam.com/>
15. Operational Street Pollution Model (OSPM), <http://envs.au.dk/en/knowledge/air/models/ospm/>
16. Pisoni m fl. Supporting the improvement of air quality management practices the "FAIRMODE pilot" activity. Journal of Environmental Management, 245, pp 122-130, Sept 2019.
17. Referenslaboratoriet för luftkvalitet – mätningar. Department of Environmental Science (ACES), Stockholms Universitet, 106 91 Stockholm, <https://www.aces.su.se/reflab>.

18. REF-M rapport 2017:1. Löpande kontroll av likvärdiga partikelinstrument. Mätprogram 2014-2015.
19. SLB-rapport 50:2021. Luftkvalitetsberäkningar för kontroll av miljökvalitetsnormer.
20. SMHI, Meteorologi nr 137, 2009. Andersson, S., och Omstedt, G., Validering av SIMAIR mot mätningar av PM10, NO₂ och bensen. Utvärdering för svenska tätorter och trafikmiljöer avseende år 2004 och 2005.
21. SS-EN 12341:2014, Svensk standard, Utomhusluft – Standardmetod för gravimetrisk bestämning av masskoncentrationen av PM10- eller PM2,5-fraktionen av svävande stoft i luft.
22. SS-EN 14211:2012, Svensk standard, Utomhusluft – Standardmetod för mätning av koncentrationen av kvävedioxid och kvävemonoxid med kemiluminescens.
23. SS-EN 14625:2012, Svensk standard, Utomhusluft – Standardmetod för mätning av koncentrationen av ozon med ultraviolet fotometri
24. SS-EN 14626:2012, Svensk standard, Utomhusluft - Standardmetod för mätning av koncentrationen av kolmonoxid med icke-dispersiv infraröd spektroskopi.
25. Airviro, 2021. Airviro user's reference. Working with the Dispersion module. https://www.airviro.com/airviro/extras/pdf/Files/UserRef_Volume2_Dispersion_v5.00.pdf
26. SMED, 2020. Metod- och kvalitetsbeskrivning för geografiskt fördelade emissioner till luft (submission 2020). SMED (Svenska MiljöEmissionsData). Rapport Nr 9 2020.
27. Andersson, S., Arvelius j., Verbova, M., Omstedt, G. och Torstensson, M., 2015. Identifiering av potentiella riskområden för höga halter av benso(a)pyren. SMHI, Norrköping, Meteorologi, Nr 159.
28. FAIRMODE, <https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>

SLB-analys, Miljöförvaltningen i Stockholm.
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.
Box 8136, 104 20 Stockholm.
www.slb.nu

