

# *Miljöanpassad hastighet på E18 Norrtäljevägen - Mätrapport 2009*



Christer Johansson, Michael Norman, Billy Sjövall, Lars Törnquist,  
Magnus Brydolf, Börje Norberg, Peter Strömberg, Lars Burman

SLB-analys  
Miljöförvaltningen  
Stockholm

*genomfört på uppdrag av*

## Förord

Denna rapport är framtagen av SLB-analys på uppdrag Vägverket (Lars-Olof Landerfors). Den innehåller en sammanställning av mätningarna av luftföroreningar, meteorologi och trafik vid E18 Norrtäljevägen under våren 2009. Detaljerad analys av resultaten presenteras i rapporten ”Miljöanpassad hastighet på E18 Norrtäljevägen – utvärderingsrapport 2009 (SLB 7:2009).

Mätningarna har utförts av Billy Sjövall (mätansvarig), Michael Norman, Magnus Brydolf, Börje Norberg och Peter Strömberg (datakommunikation). Mätdataansvarig har varit Lars Törnquist. Projektledare har varit Christer Johansson.

Stockholm juni 2009,

Christer Johansson

# Innehåll

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Sammanfattning .....                   | 4  |
| 2   | Bakgrund .....                         | 4  |
| 3   | Beskrivning av mätuppdraget.....       | 8  |
| 4   | Försökssträckan och utrustningen ..... | 8  |
| 5   | Mätmetoder och mätperioder .....       | 10 |
| 5.1 | Kvalitetssäkring, kalibrering .....    | 12 |
| 6   | Dataöverföring och datalagring.....    | 13 |
| 6.1 | Dataöverföring .....                   | 13 |
| 6.2 | Datalagring .....                      | 13 |
| 7   | Sopning av E18 .....                   | 13 |
| 8   | Dubbandelar .....                      | 13 |
| 9   | Mätresultat.....                       | 14 |
| 9.1 | Trafikdata .....                       | 14 |
| 9.2 | Meteorologi .....                      | 18 |
| 9.3 | Luftföroreningshalter .....            | 19 |
| 10  | Fortsatta analyser.....                | 24 |
| 11  | Referenser.....                        | 24 |
| 12  | AVROPSAVTAL.....                       | 25 |

## 1 Sammanfattning

Tidigare utredningar har visat att en tänkbar åtgärd för att minska halterna av inandningsbara partiklar, PM<sub>10</sub>, längs vägarna skulle kunna vara att sänka tillåtna hastigheter på infarterna mot Stockholm. I denna rapport presenteras mätningar av trafikflöden, fordons hastigheter, partikelhalter och kväveoxider längs E18 Norrtäljevägen, där variabla hastigheter använts sedan 2007. Mätningarna ska utgöra underlag för utvärdering om möjligheten att kunna reglera hastigheterna i syfte att minska PM<sub>10</sub>-halterna.

Mätningarna visar tydliga regelbundna variationer i trafikflödena med en utpräglad topp under rusningstrafiken på vardagar in mot Stockholm. Vid denna tid sjunker också medelhastigheterna drastiskt, från ca 90 km/h ner till 40 km/h i höjd med Danderyds sjukhus. Partikelhalterna intill vägen påverkas kraftigt av utsläppen från trafiken. För PM<sub>10</sub> är det främst den grova partikelfraktion (partiklar med diametrar mellan 2,5 och 10 µm) som bidrar, vilket beror på att vägbaneslitaget dominerar påverkan på halterna. Men trots att hastigheterna sjunker under morgonrusningen, ökar partikelhalterna under samma period. Detta beror på att fordonsflödet under samma period ökar, vilket leder till ökade emissioner – d.v.s. minskningen i emissionerna från varje fordon tack vare lägre hastigheter äts upp av ökningen av emissionerna på grund av flera fordonspassager.

Innan de slutliga analyserna av resultaten genomförs kommer kvaliteten i mätdata att säkerställas, bland annat genom jämförelser av de olika mätinstrumenten på samma plats under samma tidsperiod. En manuell kontroll av fordonsklassningen i trafikmätningen bör också genomföras, eftersom antalet registrerade bussar som passerar vid t.ex. Mörby centrum avviker kraftigt från förväntat antal baserat på tidtabellerna.

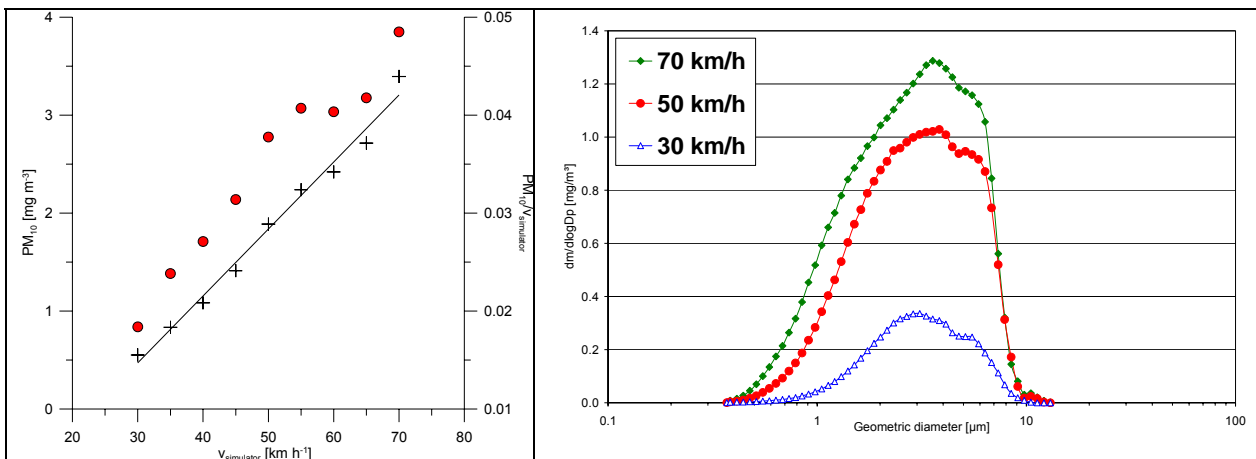
I SLB-rapport 7:2009 (september 2009) presenteras detaljerade analyser som tar hänsyn till förändringarna i både fordonsflöde och hastighet i syfte att ta fram algoritmer som grund för ”miljöanpassad” hastighetsutmärkning och vad en sådan åtgärd skulle kunna betyda för möjligheten att klara miljö kvalitetsnormen för PM<sub>10</sub>.

## 2 Bakgrund

Undersökningar av VTI (Linköping) visar att vägbaneslitaget ökar när fordons hastigheten ökar (se Gustafsson et al., 2006 och flera referenser i den). Slitaget beror förutom hastigheten på typen av vägbeläggning, dubbdäcksanvändningen samt huruvida vägbanan är torr eller fuktig och om den har sandats. Slitaget av vägarna har minskat successivt tack vare övergången till lättviktsdubbar (max 1,2 g jämfört med 1,8 g för de äldre ståldubbarna). Slitaget av vägbanan vid användning av dubbdäck är avhängigt av ”slagstyrkan” från dubbarna, vilket bland annat påverkas av bilens hastighet. Fordonens hastighet har också stor betydelse för omfattningen av turbulensen som fordonen ger upphov till vilket påverkar uppvirvlingen av partiklar. Högre hastighet innebär kraftigare turbulens. Likaså påverkas turbulensen av storleken på och utformningen av fordonen. Lastbilar och bussar ger upphov till betydligt kraftigare turbulens jämfört med personbilar. Tidigare studier längs motorvägen mellan Stockholm och Arlanda har dock visat att sopning av vägbanan och spolning av vägrenen har marginell betydelse för PM<sub>10</sub>-halten intill vägen (Johansson et al., 2004).

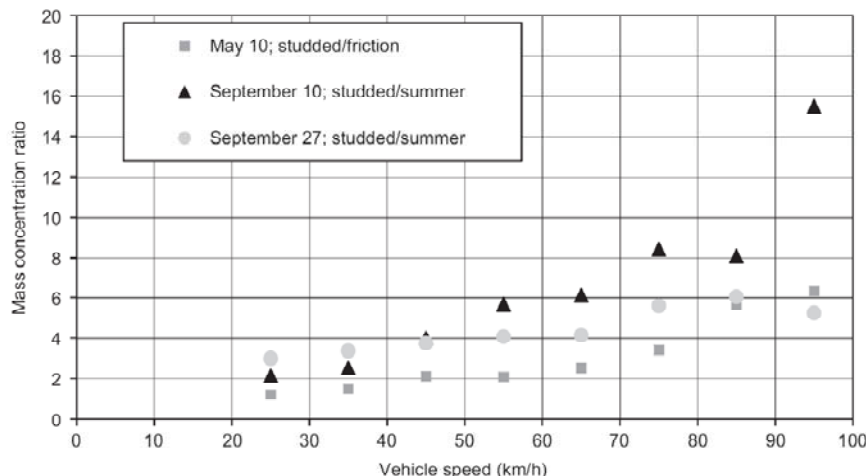
I en studie i Oslo mättes  $PM_{10}$ -halterna före och efter en sänkning av tillåten hastighet längs en landsväg (Hagen et al., 2005). Hastigheten sänktes på riksväg 4 i Oslo från 80 km/h år 2003/2004 till 60 km/h år 2004/2005. Detta resulterade i en minskad medelhastighet från 77 km/h till 67 km/h. Dubbdäcksandelen var något lägre 2004/2005 ca 24 % jämfört med 27 % år 2003/2004. De uppmätta  $PM_{10}$ -halterna var lägre under 2004/2005 jämfört med 2003/2004. I rapporten redovisas både påverkan på de totala halterna och påverkan på de lokala haltbidragen. Speciellt de största partiklarna (grova partikelfraktion; partiklar med en diameter mellan 10 och 2.5  $\mu\text{m}$ ), som till största delen beror på vägbaneslitaget, var ca 39 % lägre medan den genomsnittliga reduktionen för alla partiklar mindre än 10  $\mu\text{m}$  ( $PM_{10}$ ), uppskattades till ca 36 %. De totala  $PM_{10}$ -halterna, som också påverkas av andra källors bidrag såsom vedeldning, sjönk också men inte så mycket (ca 20 %).

Resultat från mätningar inom Weartox-projektet (mätningar av  $PM_{10}$ -halter rum med i provvägsmaskin) antyder att  $PM_{10}$ -emissionerna ökar med en faktor 3,6 när hastigheten ökar från 30 till 50 km/h och med en faktor 1,3 om hastigheten ökar från 50 till 70 km/h (Gustafsson, m fl., 2005). Dessa värden gäller för dubbdäck på en kvartsitbeläggning under torra, osandade förhållanden. Mätningarna visade också att det är den grova partikelfractionen av  $PM_{10}$  som påverkas av hastigheten då dubbdäck används (Figur 1). Enligt mätningarna i laboratorium med vägprovsmaskinen är sambandet mellan hastigheten och  $PM_{10}$ -bildning linjärt (Figur 1). Motsvarande mätningar med odubbade däck tyder också på ganska stora skillnader i emissionerna beroende på hastigheten;  $PM_{10}$ -emissionen ökade med en faktor 1,6 då hastigheten ökade från 30 till 50 km/h och med 1,8 då hastigheten ökade från 50 till 70 km/h. Emissionerna är dock betydligt lägre med odubbade däck jämfört med dubbdäcke (dubbade däck ger en faktor 30 till 70 gånger högre emissioner i laboratoriestudien).



**Figur 1. Partikelhalter i relation till hastighet vid mätningar med provvägsmaskin i Linköping (från Gustafsson et al., 2005).**

Mätningar av  $PM_{10}$ -emissionerna vid användning av olika typer av däck längs vägar i verklig trafikmiljö, visar också på ett tydligt samband mellan fordonshastigheten och  $PM_{10}$ -bildningen (Figur 2). Figur 2 visar att partikelbildningen ökar med en faktor 2 till 6 med dubbdäck i förhållande till sommardäck då hastigheten ökar från ca 30 km/h till 95 km/h.



Figur 2. Från Hussein et al. (2008).

Under vinterhalvåret 1998/99 genomfördes en omfattande mätkampanj i Söderledstunneln där både partiklar och gaser mättes. Emissionsfaktorerna för  $PM_{10}$  var kraftigt beroende av fordonshastigheten: vid 45 - 70 km/h erhöles 91 mg/fkm och vid 75 - 90 km/h erhöles 329 mg/fkm.

Sammanfattningsvis kan konstateras att fordonshastigheten har stor betydelse för emissionerna av  $PM_{10}$ . I tabell 1 har de mest relevanta studierna sammanställts. Den enda studie som gjorts under verkliga vägförhållanden är den norska studien av Hagen et al. (2005). Den visar på en genomsnittlig minskning av emissionerna av  $PM_{10}$  med ca 35 % då hastigheten sänktes från 76 km/h till 66 km/h, vid en dubbandel på 24 %. Studien i Söderledstunneln och Weartox studien i provvägsmaskinen ger betydligt kraftigare beroende av hastigheten, men dessa gäller för torra förhållanden och betydligt högre dubbandel (ca 70 % i tunneln och motsvarande 100 % i Weartox) än den norska studien. Hur stor påverkan blir på totala  $PM_{10}$ -halten längs vägarna är naturligtvis beroende av vägbaneförhållandena (fuktigheten, förekomsten av sand, vägmaterialet etc.) och av betydelsen av bidragen till halterna från andra källor och bakgrundshalterna. Den norska studien visade att hastighetssänkningen ledde till en sänkning av de totala  $PM_{10}$ -halterna med ca 20 %. Antalet överskridanden av EG-direktivet minskade men totalt under året var antalet fler än vad direktivet föreskriver. Hastighetsreduktionen var alltså inte tillräcklig åtgärd för att klara kraven i direktivet.

I september 2007 startade försöken med variabla hastigheter på sträckan E18 Norrtäljevägen, i södergående riktning, mellan Viggbyholm och Danderyds sjukhus. SLB-analys har tidigare på uppdrag av Vägverket bedömt skillnader i luftföroreningshalt längs denna stäcka vid hastigheterna 70, 90 och 110 km/h (Lövenheim & Johansson, 2008). Beräkningarna visade att om medelhastigheten skulle sänkas från 90 km/h till 70 km/h skulle luftkvaliteten förbättras och det skulle finnas möjlighet att klara miljökvalitetsnormen för  $PM_{10}$ . Beräkningarna är behäftade med ganska stor osäkerhet på grund av att sambanden mellan hastigheten och emissionerna av slitagepartiklar bygger på magert underlag. För att klargöra detta krävs mätningar av  $PM_{10}$  längs sträckan.

**Tabell 1. Sammanfattning av studierna angående hastighetens betydelse för PM<sub>10</sub>-emissionerna då dubbdäck används.**

| Typ av mätning                  | Dubbandel | Hastighets-<br>förändring<br>Km/h  | Vägbaneförhållanden            | PM10<br>förändring          | Referens  |
|---------------------------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---|
| Provvägsmaskin<br>Laboratorium  | 100%      | 30 till 50                         | Torr, sandfri kvartsit         | Ökning med<br>en faktor 3,6 | Gustafsson<br>et al., 2005                                |
| Provvägsmaskin<br>Laboratorium  | 100%      | 50 till 70                         | Torr, sandfri kvartsit         | Ökning med<br>en faktor 1,3 | Gustafsson<br>et al., 2005                                |
| Söderledstunneln<br>Stockholm   | Ca 70%    | Ökning från<br>ca 72 till ca<br>82 | Mest torr, sandfri<br>Kvartsit | Ökning med<br>en faktor 2   | Johansson<br>et al., 2001;<br>Kristensson<br>et al., 2004 |
| Landsväg (RV 4)<br>Utanför Oslo | 24%       | Sänkning<br>från 77 till 67        | Variabel                       | Minskning<br>med ca 35%     | Hagen et<br>al., 2005                                     |

### 3 Beskrivning av mätuppdraget

Mätuppdraget definieras i ett avropsavtal mellan SLB-analys och Vägverket (framgår av bilaga). Uppdraget består i att ta fram underlag för och att mer noggrant göra kvantitativa beräkningar av vad variabel och periodiskt ändrad hastighetsutmärkning kan betyda för luftföroreningshalterna (partikelhalterna) längs statliga vägar, och att genom mätningar kvantifiera korttidsvariationerna av  $PM_{10}$  och kväveoxider ( $NO_x$ ) längs E18 Norrtäljevägen. Detta innefattar att bidragen till partikelhalterna från trafiken på E18 måste kunna separeras från bidraget till halterna från andra källor än den lokala trafiken. Det lokala bidraget till halterna från vägbaneslitaget beror både av fordonsmängd, fordonstyp, andel dubbdäck, fordonshastighet och av de meteorologiska förhållandena, som i sin tur påverkar t.ex. vägbanfuktighet och utvärdringsförhållanden.

### 4 Försökssträckan och utrustningen

Försökssträckan omfattar väg E18, delen tpl Danderyds sjukhus – tpl Danderyds k:a, i nord- och sydgående köriktningar.

Försöksutrustningen omfattar sex stationer parvis placerade i tre snitt på ömse sidor (öster resp väster) av väg E18

- a) norr Kyrkogårdsvägen, ena med instrument för  $PM_{10}$ ,  $NO_x$  (*innefattar även  $NO_2$* ) och meteorologi samt ena med  $PM_{10}$  och  $NO_x$  (15-minutersmedelvärden).
- b) söder Mörbyleden med instrument för  $PM_{10}$  och partikelstorleksfördelning för den grova partikelfraktionen (*innefattar även  $PM_{2,5}$* ) (5-minuters medelvärden).
- c) norr om gångunderfart under väg E18 norr tpl Danderyds sjukhus med instrument för  $PM_{10}$  och partikelstorleksfördelning för den grova partikelfraktionen (5-minuters medelvärden).

SLB-analys har svarat för montage, installation och skötsel av luftförorenings och meteorologiska mätningar. Placeringen har skett i samråd med Vägverket med hänsyn till lämplig kraftförsörjning, som tillhandahållits genom Vägverket.





**Figur 3. Mätplatser för trafik (röda fyllda cirklar) samt luftföroreningar (bilder). Meteorologiska mätningar genomfördes vid luftföroreningsstationen vid Kyrkskolan (på östra sidan av vägen).**

Trafikflöden och fordonshastigheter har registrerats av Vägverket på de platser som framgår av figuren nedan. Trafikdata för södergående trafik registrerades med mikrovågsdetektorer över resp. körfält. Följande parametrar lagrades:

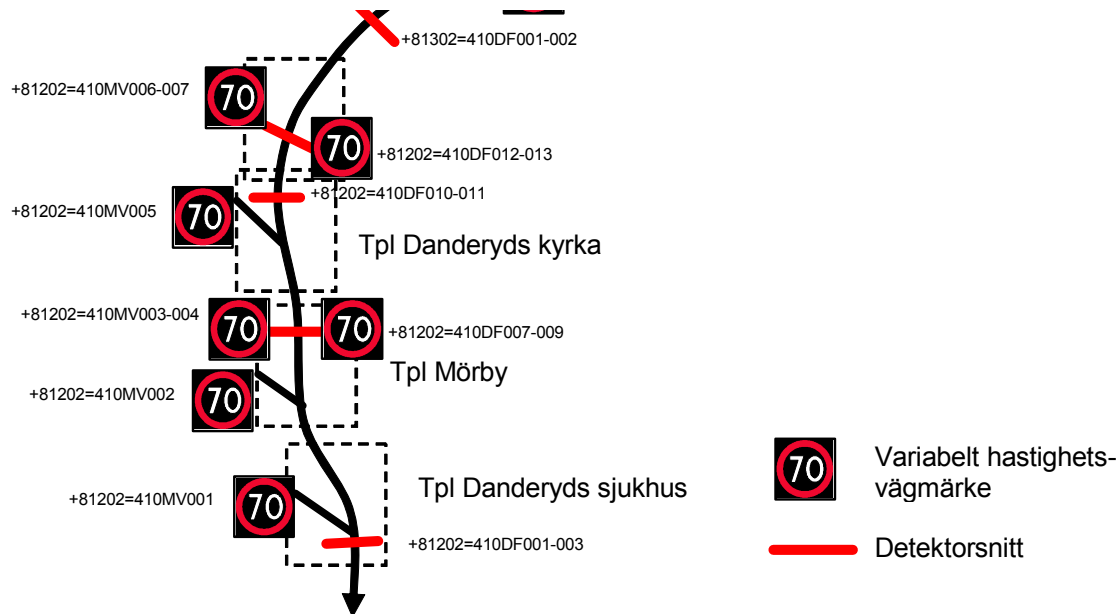
1. Antal fordon:
 

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| Klass 1 | Bil, motorcykel och minibuss |
| Klass 2 | Bil med släp                 |
| Klass 3 | Lastbil                      |
| Klass 4 | Lastbil med släp             |
| Klass 5 | Buss                         |
| Klass 6 | Oidentifierad.               |
2. Medelhastighet för alla fordon.
3. Beläggingsgrad.

För norrgående trafik användes mikrovågsdetektorer vid sidan av vägen. Följande parametrar registrerades:

1. Antal fordon:
 

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| 0 -6 m      | Personbil, MC             |
| 6 – 12,5 m  | Lastbil, minibuss, buss   |
| 12,5 – 24 m | Ledbussar, lastbil m släp |
2. Medelhastighet för alla fordon.



Figur 4. Mätplatser för trafikregistreringar samt variabel hastighetsskyltning.

## 5 Mätmetoder och mätperioder

Mätningarna har omfattat PM<sub>10</sub>, PM<sub>5</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>, PM<sub>0.5</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, partikelantal i olika storleksfraktioner, vindhastighet, vindriktning, temperatur och relativ fuktighet. Samtliga luftföroreningsmätningar var igång den 14:e mars och avslutades 31 maj.

Trafikdata för södergående trafik har erhållits från och med 1 april. Trafikmätningarna i norrgående riktning startade senare och har ännu inte levererats till SLB (5 juni 2009).

Tabell 2. Mätmetoder för luftföroreningar.

| Mätplats   | Mätparametrar  | Instrument  | Mätprincip  |
|--|--|---|---|
| I höjd med Kyrkskolan på västra och östra sidan                                      | PM10   | Thermo SCIENTIFIC TEOM (Series 1400ab)              | Gravimetrisk metod där man i TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance) – instrumentet avskiljer partiklarna på ett filter placerat på toppen av en oscillerande glaskropp. Frekvensen hos den ihåliga glaskroppen förändras proportionellt med massförändringen på filtret.   |
|  | NO och NO2   | Environnement S.A (AC31M-LCD)                       | Kemiluminescensmetoden<br>Utnyttjar den snabba reaktionen mellan NO och ozon (O3), vilket sker under kemiluminescens. Ljumsängden är proportionell mot NO-halten och kan mätas med stor noggrannhet.  |
| Mörby centrum, västra och östra sidan samt Danderyds sjukhus, västra och östra sidan | PM10   | TSI DUSTTRAK Model 8520                             | Optiskmetod där instrumentets avkänningsmekanism utgörs av en laserdiod som är riktad in i aerosolströmmen. Ljuset som splittras av partiklarna samlas upp med en fotodetektor placerad 90° mot ljuskällan. Det spridda ljusets intensitet är en funktion av partikelmasskoncentrationen. Mätaren kan registrera partiklar i storleksintervallet 0.1-10 µm och är kalibrerad mot ett standarddam. |
|  | Antal partiklar i 6 fraktioner <sup>1</sup> :<br>0.3-0.5 µm<br>0.5 – 1.0 µm<br>1.0 – 2.5 µm<br>2.5 – 5.0 µm<br>5.0 – 10 µm<br>10µm-TSP | Lighthouse Worldwide Solutions<br>HANDHELD 3016 IAQ | Optiskmetod där instrumentet använder en laserdiodkälla för optisk detektion av partiklar. Partiklarna sprider ljuset från laserdioden olika mycket beroende på partikelstorlek. Ljuset samlas in och fokuseras optiskt på en fotodiod som konverterar skuren av ljus till elektriska pulser. Pulserna räknas (antal partiklar) och dess amplitud är ett mått på partikelstorleken.               |
|  | PM0.5 <sup>1</sup><br>PM1.0 <sup>1</sup><br>PM2.5<br>PM5.0 <sup>1</sup><br>PM10<br>TPM <sup>1</sup>                                    | Lighthouse Worldwide Solutions<br>HANDHELD 3016 IAQ | Optiskmetod där instrumentet använder en laserkälla för optisk detektion av partiklar (se ovan). För att räkna ut masskoncentrationen antas en partikeldensitet och genom summering av masskoncentrationen för alla fraktioner mindre än den angivna fraktionen erhålls masskoncentrationen av fraktionen.  |

<sup>1</sup> Ingår inte i uppdraget att mäta dessa parametrar.

Tabell 3. Mätmetoder för meteorologi.

| Mätplats                  | Mätparametrar                     | Instrument  | Mätprincip   |
|---------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Kyrskolan,<br>östra sidan | Vindhastighet<br>och vindriktning | Gill Instrument<br>Limited<br>WindSonic<br>SDI-12 | Ultraljudsmetod där instrumentet består av ett sensorhuvud med fyra ultrasonic transduktorer i två par, orienterade i N-S och i W-O axelriktning. Tiden mäts för en ultraljudspuls att färdas mellan N och S transduktorn som jämförs med tiden det tar i motsatt riktning. En likadan jämförelse görs i den andra axelriktningen. Vindhastigheten och vindriktningen kan sedan beräknas med hjälp av tidsskillnaderna i varje axelriktning. |
|                           | Temperatur                        | Rotronic AG<br>Hygroclip R3                       | Elektronisk mätmetod (Pt 100 RTD, Platina Resistans Temperatur Detektor) där den elektriska resistansen hos platina ändras linjärt med temperaturen.   |
|                           | Relativ<br>Luftfuktighet          | Rotronic AG<br>Hygroclip R3                       | Elektronisk kapacitiv mätmetod där ett icke ledande substrat hos en kondensator absorberar eller avger vatten proportionellt mot den relativa luftfuktigheten. Kapacitiviteten hos kondensatorn ändras då som i sin tur registreras av en elektronisk krets.   |

### 5.1 Kvalitetssäkring, kalibrering

Varje dag genomfördes en visuell (grafisk) inspektion av inkomna mätvärden från samtliga mätstationer. Vid denna kontroll jämfördes mätningarna från alla platser för att identifiera eventuella avvikelser mot förväntade värden samt eventuella avbrott i mätningarna. Tidstäckningen har varit större än xx % för samtliga variabler. Partikelinstrumenten kontrolleras regelbundet genom att ett filter placeras på luftinsuget för att registrera nollan och genom parallellmätningar efter att de placerats i exakt samma luftinsug. NOx-instrumenten kalibrerades med en gascylinder innehållande en känd blandning av kväveoxid i luft samt med en ozontitreringsteknik för att erhålla konverteringsgraden för konverteren som reducerar kvävedioxid till kväveoxid.

**OBS att data som presenteras nedan kan komma att justeras efter att parallellmätningar av partikelinstrumenten genomförts. Misstanke finns också att vindhastigheterna som registrerats är för låga – en kalibrering kommer att genomföras. Vad gäller fordonsklassificeringen bör manuell kontroll genomföras (diskuteras nedan).**

## 6 Dataöverföring och datalagring

### 6.1 Dataöverföring

I de fyra mätskåpen användes en laptop med ett datainsamlingsprogram specialprogrammerat i LabView<sup>®</sup> och tillhörande samt trådlös router för fjärrkommunikation och för överföring av mätdata. I de två mätvagnarna användes en PC med ett specialskrivet mätdataprogram för kommunikation med instrumenten samt ett faxmodem för överföring av data till den centrala servern och för fjärrkommunikation med instrumenten.

### 6.2 Datalagring

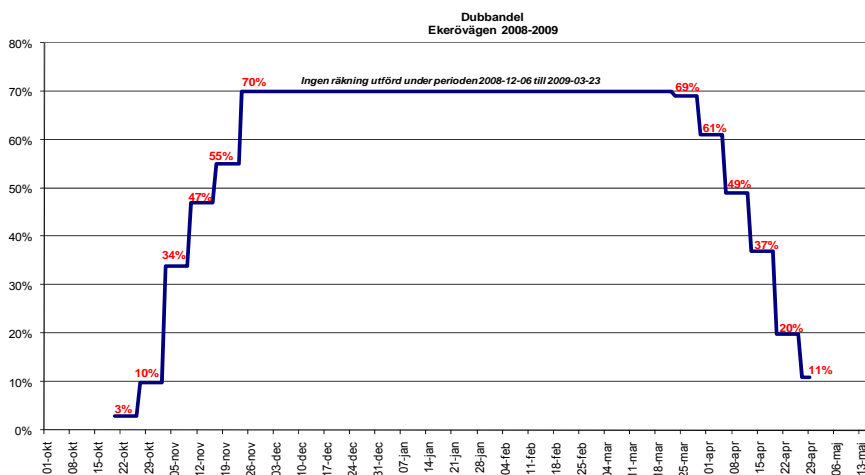
Data gällande luftföroreningar, meteorologi och trafik lagras i tidsseriedatabaser med olika upplösningen. För detta projekt lagras data som medelvärden under 1 minut, 5 minuter samt 15 minuter. Automatisk medelvärdesbildning eller summering gör att data för samtliga parametrar hamnar i upplösningen 15 min där jämförelser kan göras. I samma databas lagras alla data från trafikräkningar, luftföroreningmätningar och meteorologiska mätningar inom ramen för verksamheten i Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund. Databasen säkerhetslagras efter varje arbetsdag på två olika system, det ena på tape och det andra på disk samt på tape en gång per månad. I samma system som databasen ligger i, finns olika analysverktyg och grafiska presentationsmöjligheter.

## 7 Sopning av E18

Vägverket rapporterade att E18 vid Mörby sopades 13/5 kl.00.50, 03.00, 04.30.

## 8 Dubbandelar

Varje vecka genomför SLB kontroll av andelen personbilar som har dubbdäck. Räkningarna vid Ekerövägen framgår av Figur 5. Andelen sjönk successivt under april månad från ca 60 % till 11 % i slutet av månaden. Under maj fortsatte minskningen och var sannolikt under 1 % i slutet av maj.

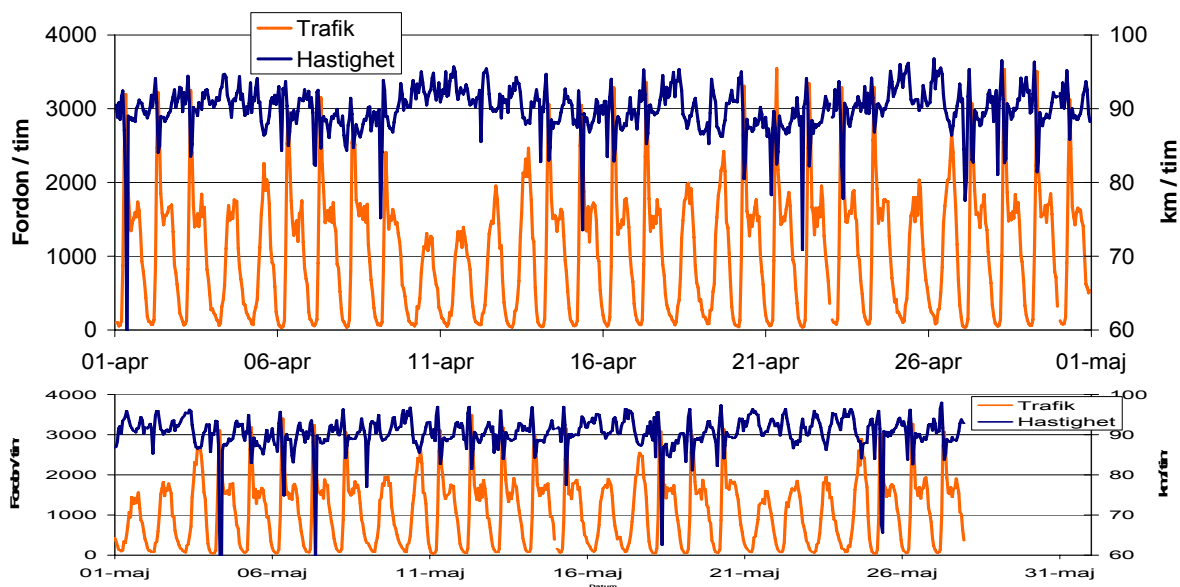


Figur 5. Dubbandelar vid Ekerövägen 2009.

## 9 Mätresultat

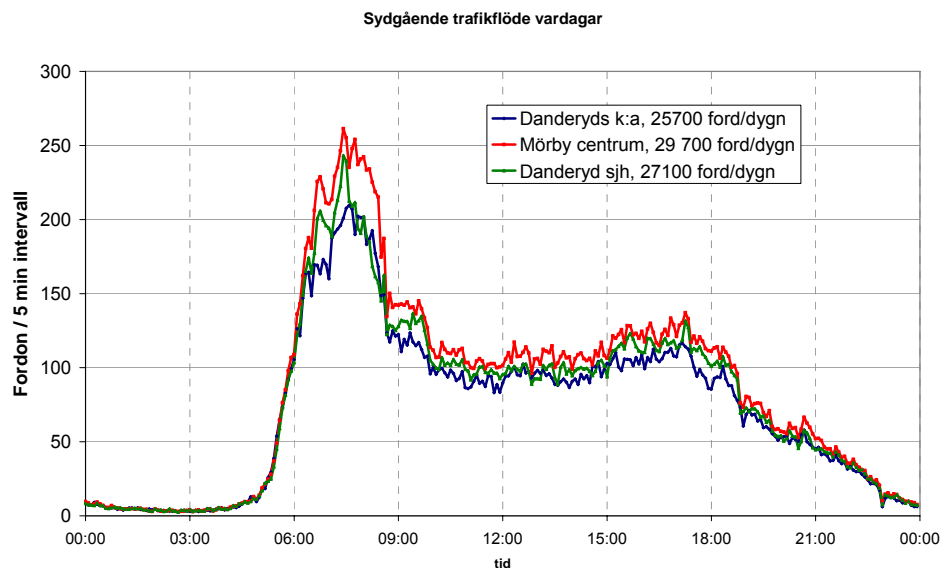
### 9.1 Trafikdata

Nedan redovisas trafikmätningar för södergående trafik. Trafikflödet varierade mycket regelbundet under veckodagarna, med lägsta flödena under helgerna (Figur 6). I stort sett samma fordonsflöden noteras under april och maj. Endast under några få timmar på morgonen under vardagar var sjönk hastigheterna nämnvärt.



Figur 6. Hastighet och trafikflöde för sydgående trafik vid Danderyds kyrka under april och maj 2009.

Figur 7 visar antal fordon som passerar vid Danderyds kyrka, Mörby centrum och Danderyds sjukhus under en 5 minuters period under ett genomsnittligt vardagsdygn. Typiskt är att fordonsflödet når en markant topp omkring klockan åtta på morgonen, med mellan 200 och 250 fordon under fem minuter. Variationerna under dygnet är mycket likartat för de tre platserna. Totala mängden fordon per vardagsdygn för perioden 19 mars – 5 maj är 29 700, 27 100 respektive 25 700 vid Mörby, Danderyds sjukhus respektive Danderyds kyrka.



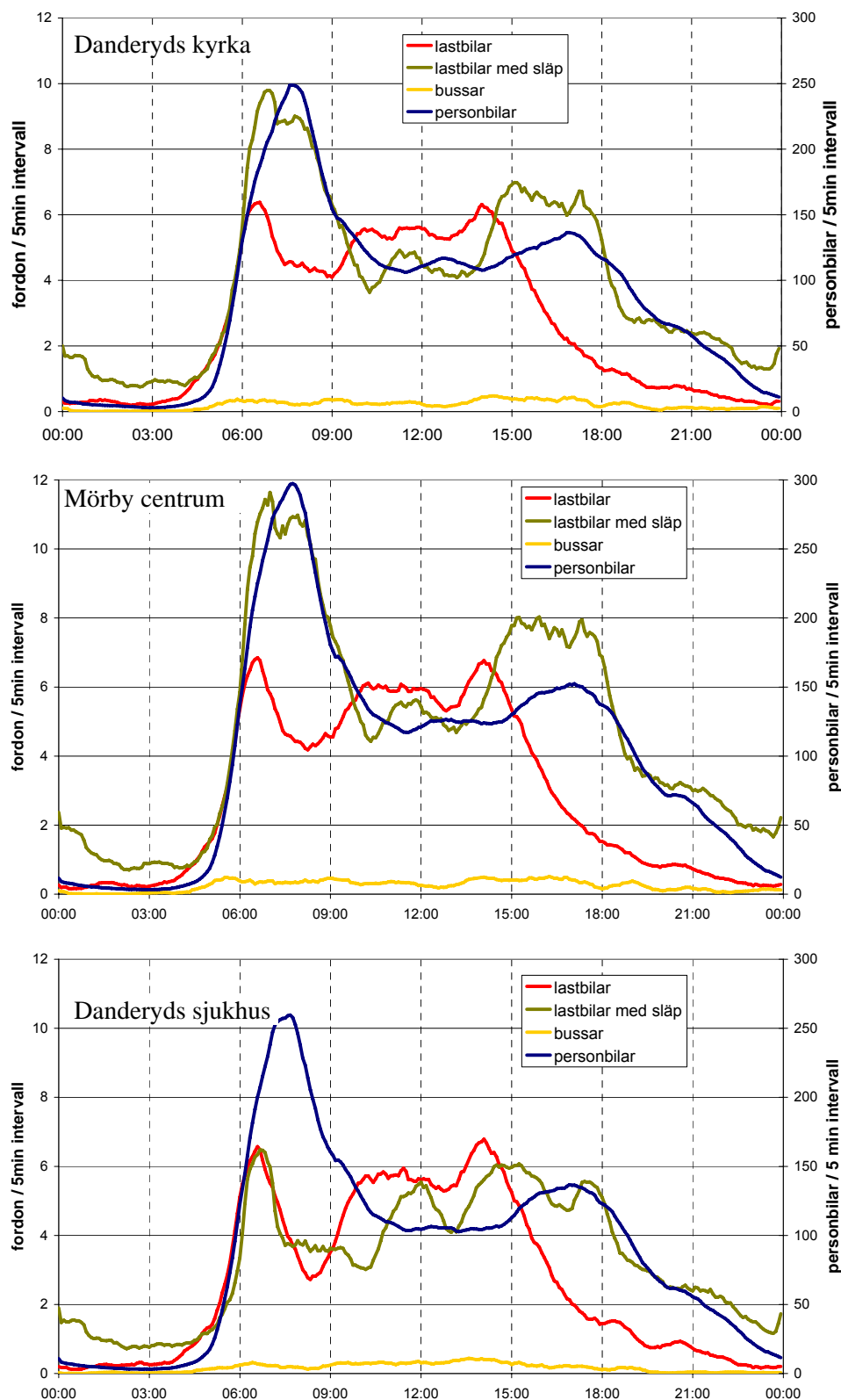
**Figur 7. Genomsnittligt fordonsflöde per 5 minuters intervall under vardagar under perioden 19 mars till 5 maj.**

Fordonsfördelningens variationer (södergående) på de tre mätplatserna framgår av Figur 8 och andelen lastbilar, bussar och oklassificerade fordon framgår av Figur 9. En korrekt fordonsfördelning är viktig att ha kontroll på för att kunna uppskatta avgasemissionerna av partiklar och kväveoxider. Enligt de automatiska räkningarna registreras totalt endast ca 60 bussar per vardagsdygn. Enligt Magnus Nordström på ÅF-Infrastruktur AB passerar 661 SL-bussar per dygn under vardagar NV- och MV- stationerna i södergående riktning. Endast 32 svänger inte av vid Danderyds sjukhus (utan passerar även SV-stationen)<sup>1</sup>. Dessa siffror avviker alltså kraftigt från trafikräkningarna för södergående trafik. Men om man summerar gruppen ”oklassificerade” och ”bussar” får man 653 fordon per dygn, vilket skulle vara i linje med det verkliga antalet bussar.

Vidare kan man ifrågasätta om antalet lastbilar med släp verkligen är större än antalet utan släp och om dygnsvariationerna i antalet lastbilar med släp verkligen stämmer; d.v.s. att antalet lastbilar med släp uppvisar ett markant maximum under morgonrusningen samtidigt som antalet personbilar är som högst. Dygnsvariationen i antalet lastbilar utan släp verkar mera rimlig. En manuell kontroll av de automatiska trafikregistreringarna skulle vara befogat.

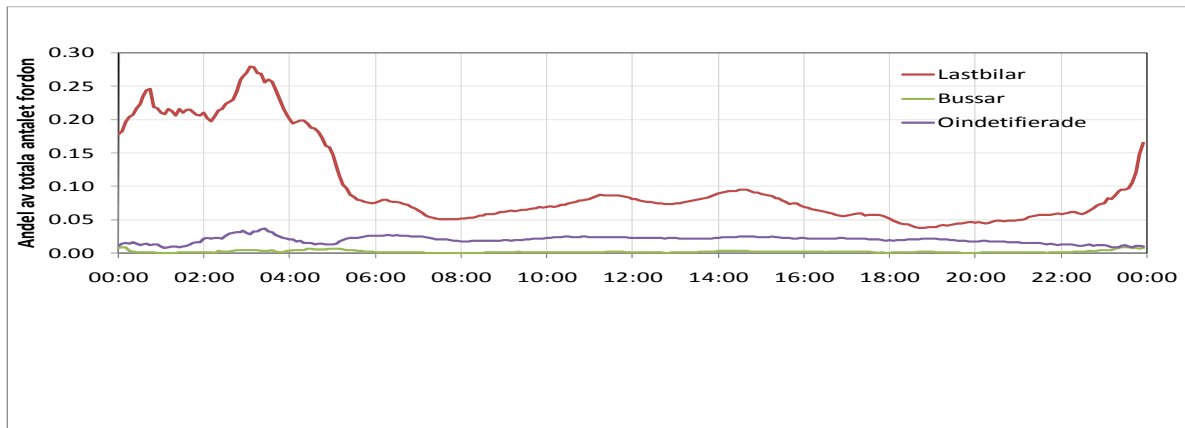
Om man summerar antalet lastbilar, lastbilar med släp, bussar och oklassificerade får man knappt 2500 fordon vilket är ca 9 % av totala antalet fordon, resten är personbilar.

<sup>1</sup> I norrgående riktning passerar 287 bussar SO- och MO-stationerna, 34 av dessa kör inte på påfarten Danderyds sjukhus och 660 bussar kör på efter Mörby C.



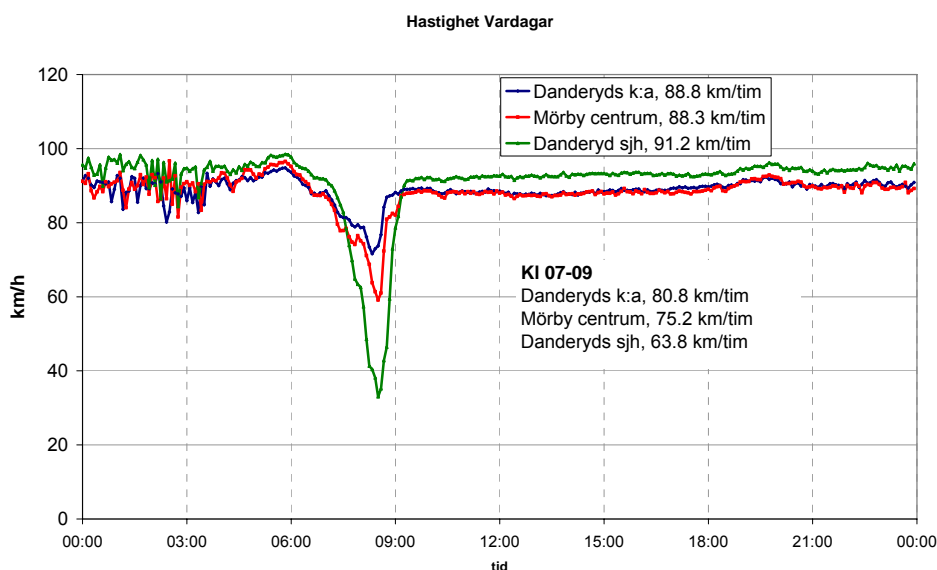
Figur 8. Genomsnittligt fordonsslöde söderut vid Danderyds kyrka, Mörby och Danderyds sjukhus (rullande timmedelvärde per 5 minuters intervall) under vardagar under april. Observera att skalorna är olika; högra skalans avser personbilar, vänstra övriga fordon.





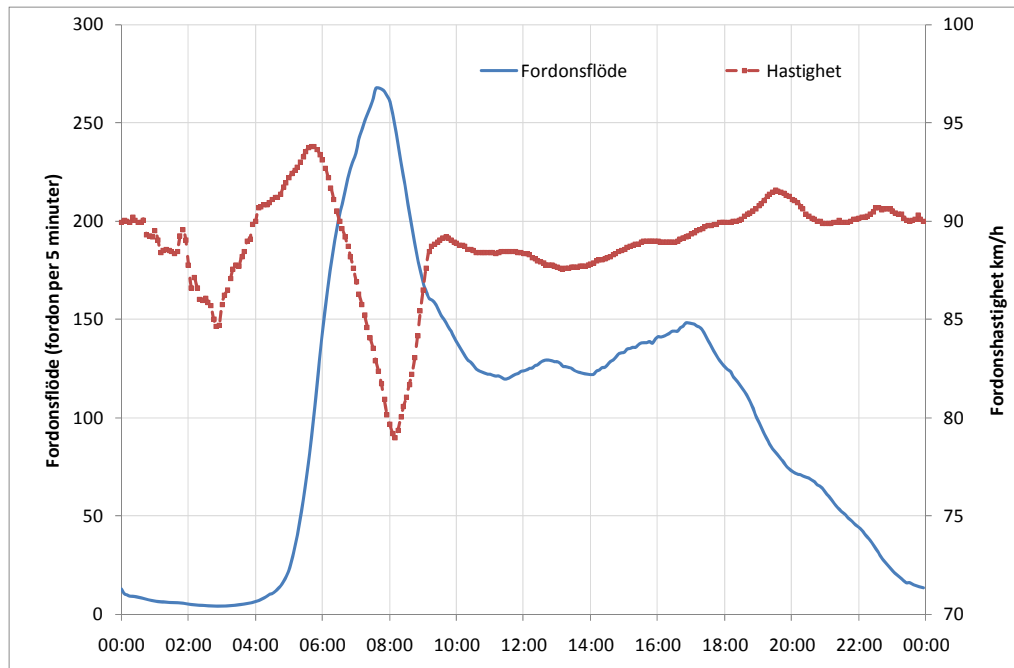
Figur 9. Genomsnittlig andel lastbilar, bussar och oidentifierade (oklassificerade) fordon vid Danderyds kyrka under vardagar i april 2009.

Figur 10 visar genomsnittliga 5-minutersmedelvärden för fordonshastigheterna i södergående riktning under alla vardagsdygn vid de tre trafikstationerna. En markant minskning av hastigheterna noteras under morgonrusningen, med ett minimum ca kl. 8. Lägst hastighet noteras vid Danderyds sjukhus där köerna börjar, men samtidigt noteras också något högre medelhastigheten under dygnet på den platsen jämfört med vid Mörby centrum och Danderyds kyrka, vilket sannolikt beror på nedförslutningen av vägen in mot staden.



Figur 10. Genomsnittlig hastighet under vardagsdygn under perioden 19 mars till 5 maj.

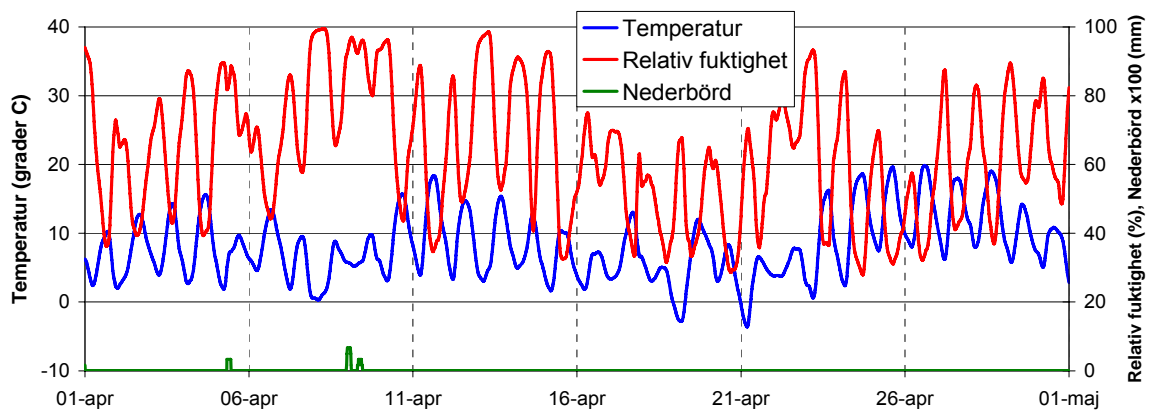
I de fortsatta analyserna av hastighetens betydelse för partikelhalten måste hänsyn tas till både trafikflödesförändringar och hastighetsförändringar. Som exempel visas i Figur 11 att samtidigt som hastigheten sjunker med ca 15 % (från 93 km/h till 79 km/h vid Danderyds kyrka under vardagar) så ökar antalet fordonspassager med drygt 40 % (från 150 till 260 fordon per 5-minutersperiod). Eftersom emissionerna från trafiken längs E18 i stort sett är proportionella mot fordonsmängden så innebär detta att haltbidraget från trafiken har ökat trots att hastigheten har sjunkit.



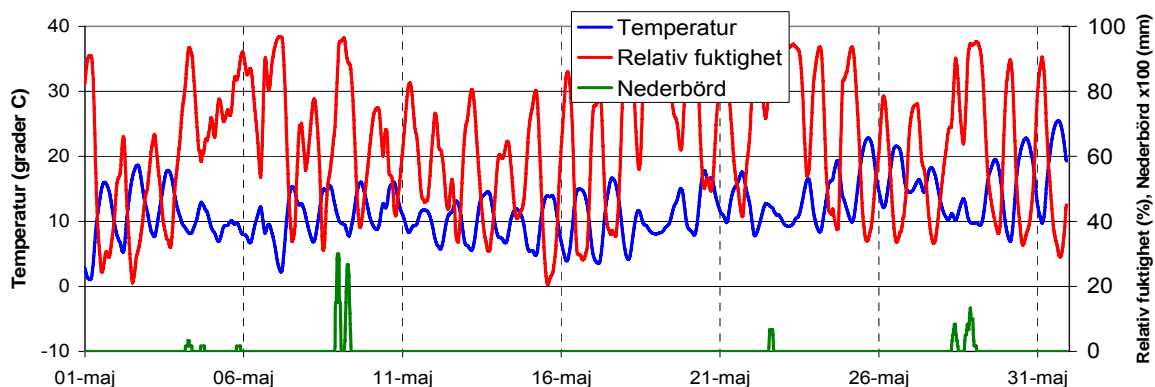
Figur 11. Genomsnittliga fordonsflöden och hastigheter vid Danderyds kyrka (5-minutersmedelvärden under vardagar i april 2009).

## 9.2 Meteorologi

Av Figur 12 och Figur 13 framgår tidsvariationerna i temperatur, relativ fuktighet och nederbörd (från Torkel). Maj månad var något torrare och varmare än april.

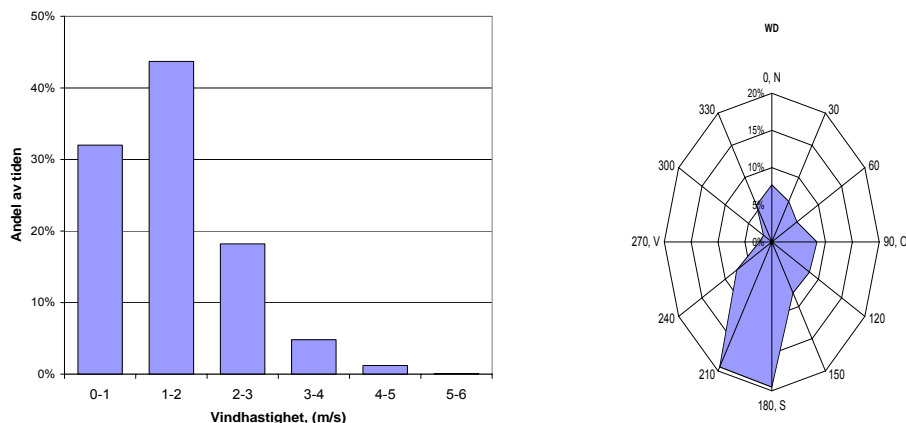


Figur 12. Temperatur, relativ fuktighet och nederbörd under april månad. Rullande medelvärden.



**Figur 13. Temperatur, relativ fuktighet och nederbörd under maj månad.**

Figurerna nedan visar fördelningen av vindhastigheten i olika vindriktningar. Största delen av tiden var vinden sydlig till sydvästlig mellan 0 och 2 m/s. Värdena är mycket låga och kan komma att justeras efter en kalibrering av vindgivaren.

**Figur 14. Fördelning av vindhastighet och vindriktning under april och maj.**

### 9.3 Luftföroreningshalter

Preliminära genomsnittliga halter av NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub> under perioden april t.o.m. maj 2009 redovisas i Tabell 4. Halterna är något lägre än vid Hornsgatan. PM<sub>10</sub> halterna vid Mörby och Danderyds sjukhus är kommer sannolikt att justeras neråt efter att jämförande mätningar genomförts.

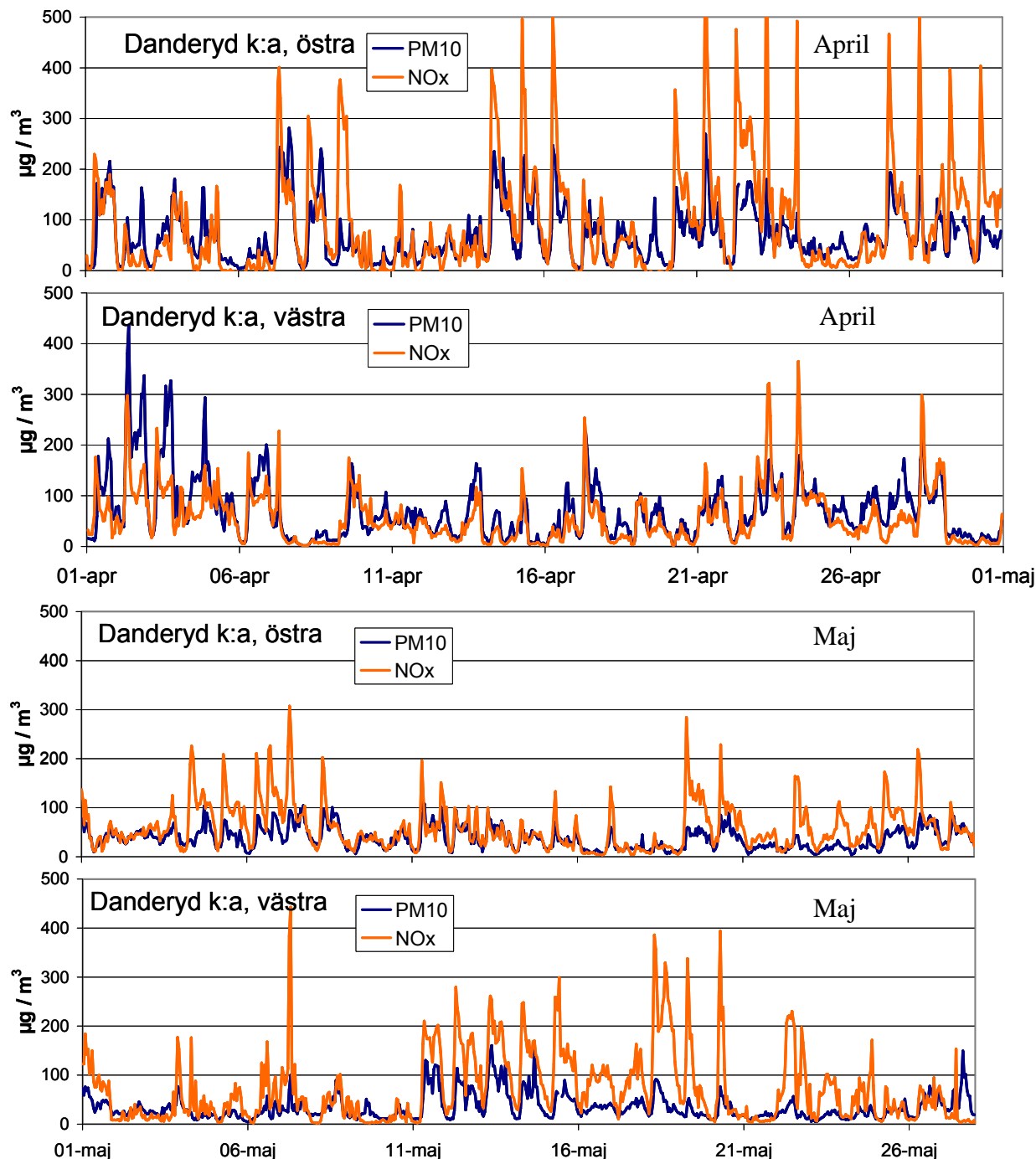
Vid Kyrkskolan noterades 25 dygn med halter över 50 µg/m<sup>3</sup> under perioden april – maj (enligt miljökvalitetsnormen, MKN, tillåts högst 35 dygn under ett helt kalenderår). Sannolikt överskreds MKN intill E18. Hornsgatan i centrala Stockholm hade 30 dygn med halter över 50 µg/m<sup>3</sup> under samma period.

**Tabell 4. Genomsnittliga halter vid E18 under april och maj 2009. Som jämförelse redovisas halterna vid Hornsgatan under samma period. Enhet: µg/m<sup>3</sup>. OBS värdena kan komma att ändras efter kalibrering.**

| Parameter         | Kyrkskolan<br>östra | Kyrkskolan<br>västra | Mörby<br>östra | Mörby<br>västra | Danderyds<br>sjh östra | Danderyds<br>sjh västra | Hornsgatan |
|-------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------------|-------------------------|------------|
| NO <sub>2</sub>   | 30                  | 36                   |                |                 |                        |                         | 48         |
| NO <sub>x</sub>   | 57                  | 84                   |                |                 |                        |                         | 95         |
| PM <sub>10</sub>  | 52                  | 52                   | 60             | 68              | 68                     | 61                      | 58         |
| PM <sub>2.5</sub> |                     |                      | 9.2            | 8.0             | 11                     | 10                      | 16         |

Generellt samvarierade PM<sub>10</sub>- och NO<sub>x</sub>-halterna mycket väl, vilket sannolikt beror på att vägbanorna var torra under hela perioden. Tidigare analyser har visat att skillnaderna i NO<sub>x</sub>- och PM<sub>10</sub>-halternas variationer kan vara betydande beroende på vägbanans fuktighet (fuktiga vägbanor ger låga PM<sub>10</sub>-emissioner, men i fallet med E18 kan man också anta att vägbanorna torkar upp snabbt beroende på det höga fordonsflödet och de höga hastigheterna).

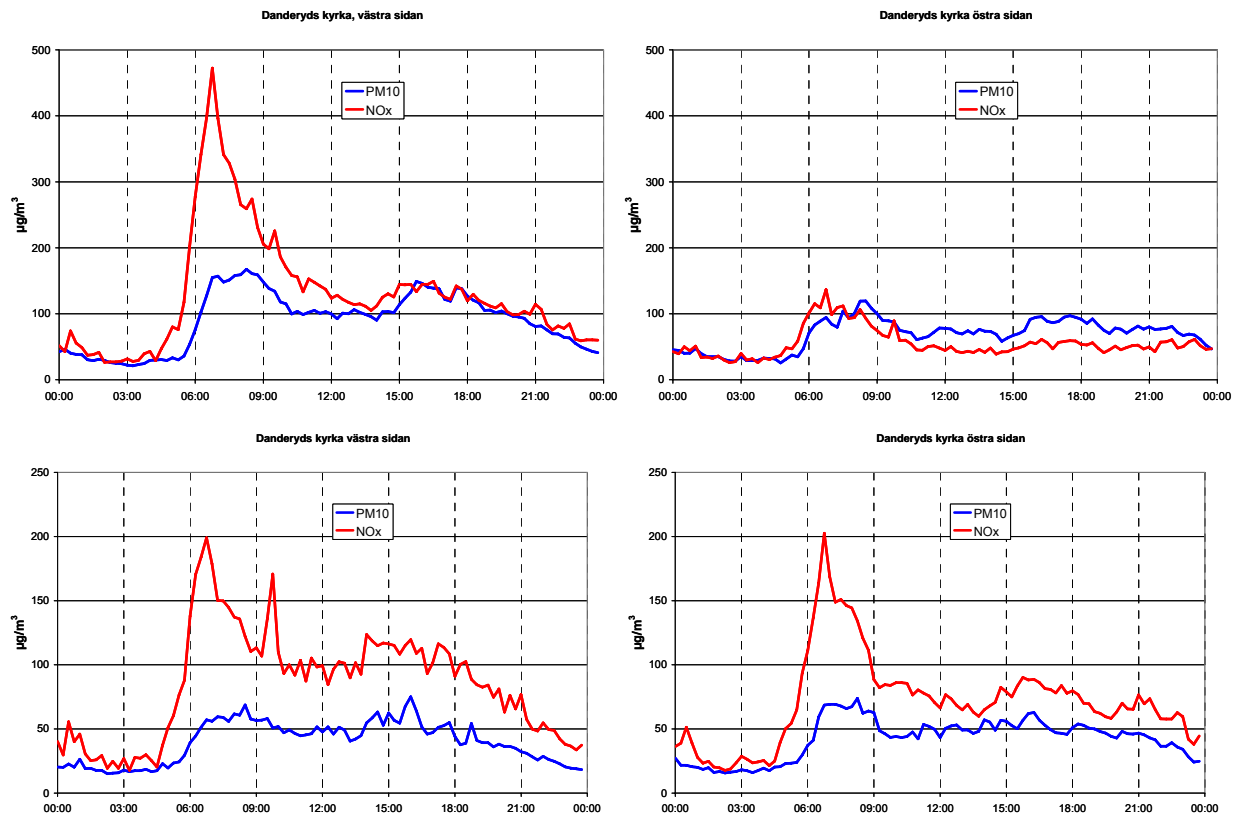
PM<sub>10</sub>-halterna är generellt lägre under maj jämfört med april.



Figur 15. PM<sub>10</sub> och NO<sub>x</sub> halter vid Danderyd kyrka under april och maj 2009.

Figur 16 visar medeldygnsvariationen av PM<sub>10</sub>- och NO<sub>x</sub>-halterna (15-minutersmedelvärden) vid station NV och NO (Danderyds kyrka/Kyrkskolan), för april och maj månad. NO<sub>x</sub> halterna är ungefär desamma i april och maj, medan PM<sub>10</sub> halterna sjunkit kraftigt från april till maj. Minskningen i PM<sub>10</sub> halter beror på minskad dubbdäcksandel.

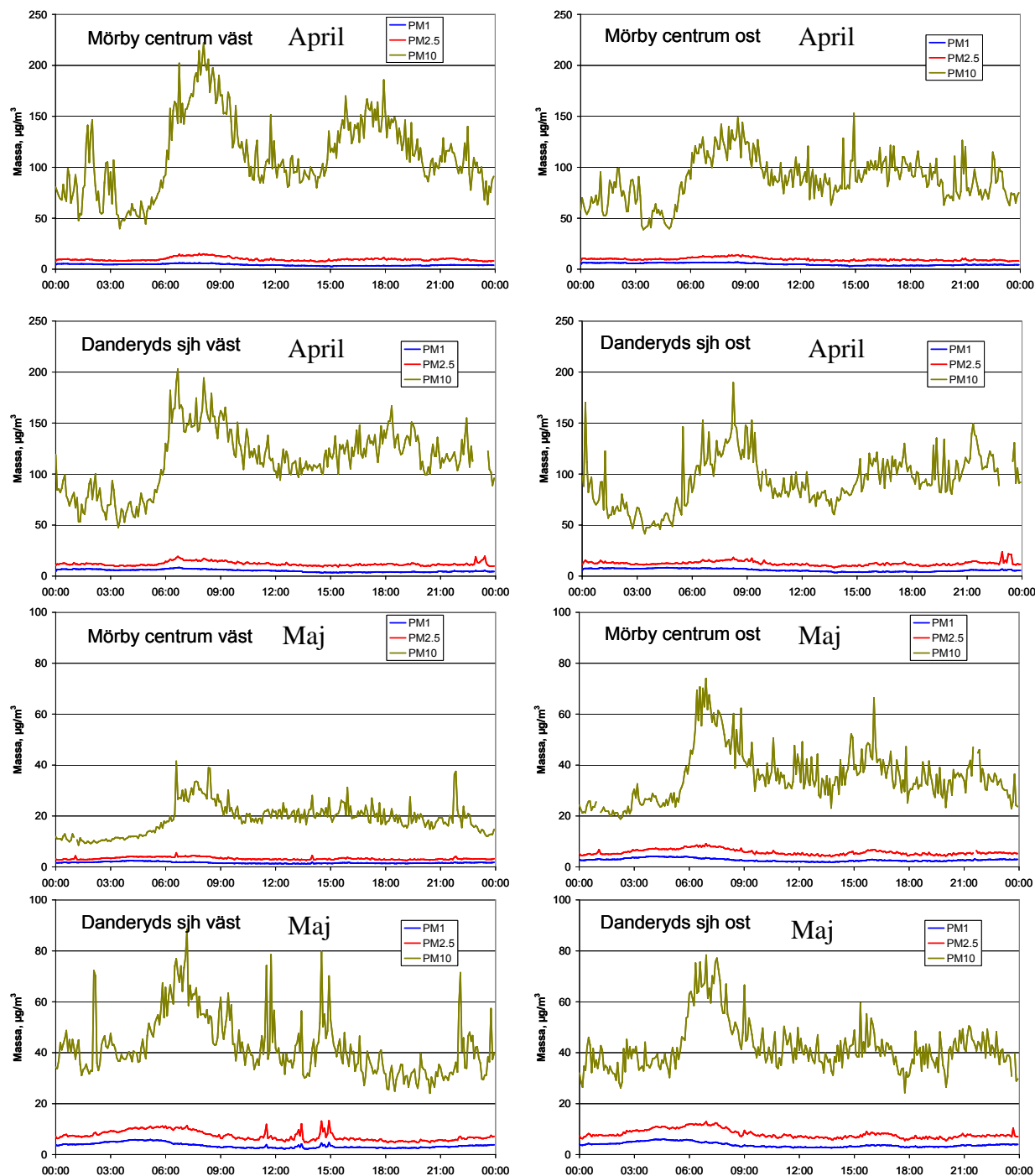
I april noteras markant högre halter av NO<sub>x</sub> på västra sidan under morgonrusningen jämfört med halterna mitt på dagen. För PM<sub>10</sub>-halterna syns ingen topp under morgonrusningen. I maj syns effekten på NO<sub>x</sub>-halterna av morgonrusningen i trafikflödet på både östra och västra sidan; halterna är ca 2 gånger så höga under morgontimmarna jämfört med mitt på dagen.



Figur 16. Genomsnittliga PM<sub>10</sub>- och NO<sub>x</sub>-halter under vardagsdygn under april (överst) och maj månad vid Danderyds kyrka. Vänstra graferna avser västra sidan av vägen.

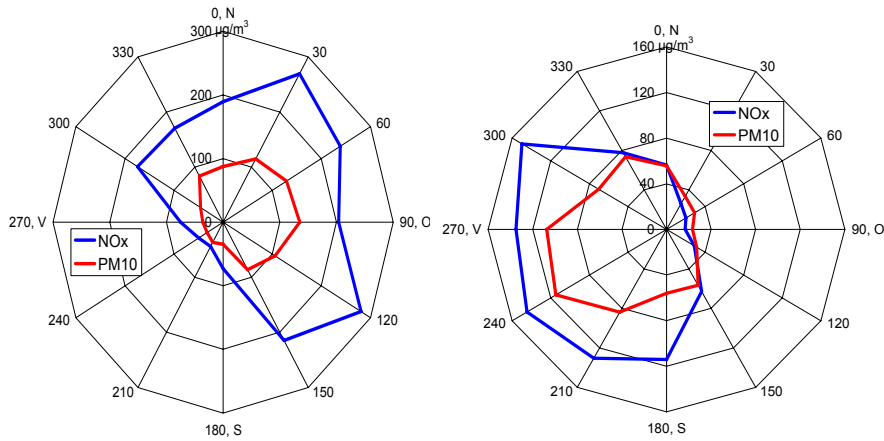
Figur 17 visar de genomsnittliga dygnsvariationerna i 5-minutersmedelvärdena av PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> och PM<sub>1</sub> vid Mörby centrum, Danderyds kyrka och Danderyds sjukhus, för april och maj. Av figurerna framgår att halterna av PM<sub>10</sub> är betydligt lägre i maj jämfört med april. För PM<sub>2.5</sub> och PM<sub>1</sub> noteras små eller inga skillnader mellan maj och april och inte heller syns någon tydlig ökning under morgontimmarna.

Mätningarna av PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> och PM<sub>1</sub> vid Danderyds sjukhus och Mörby centrum kommer eventuellt att justeras i efterhand. De är genomförda med en annan mätmetod än den som använts vid Danderyds Kyrka (Kyrkskolan), och det återstår att kontrollera hur jämförbara dessa metoder är vad gäller PM<sub>10</sub>.

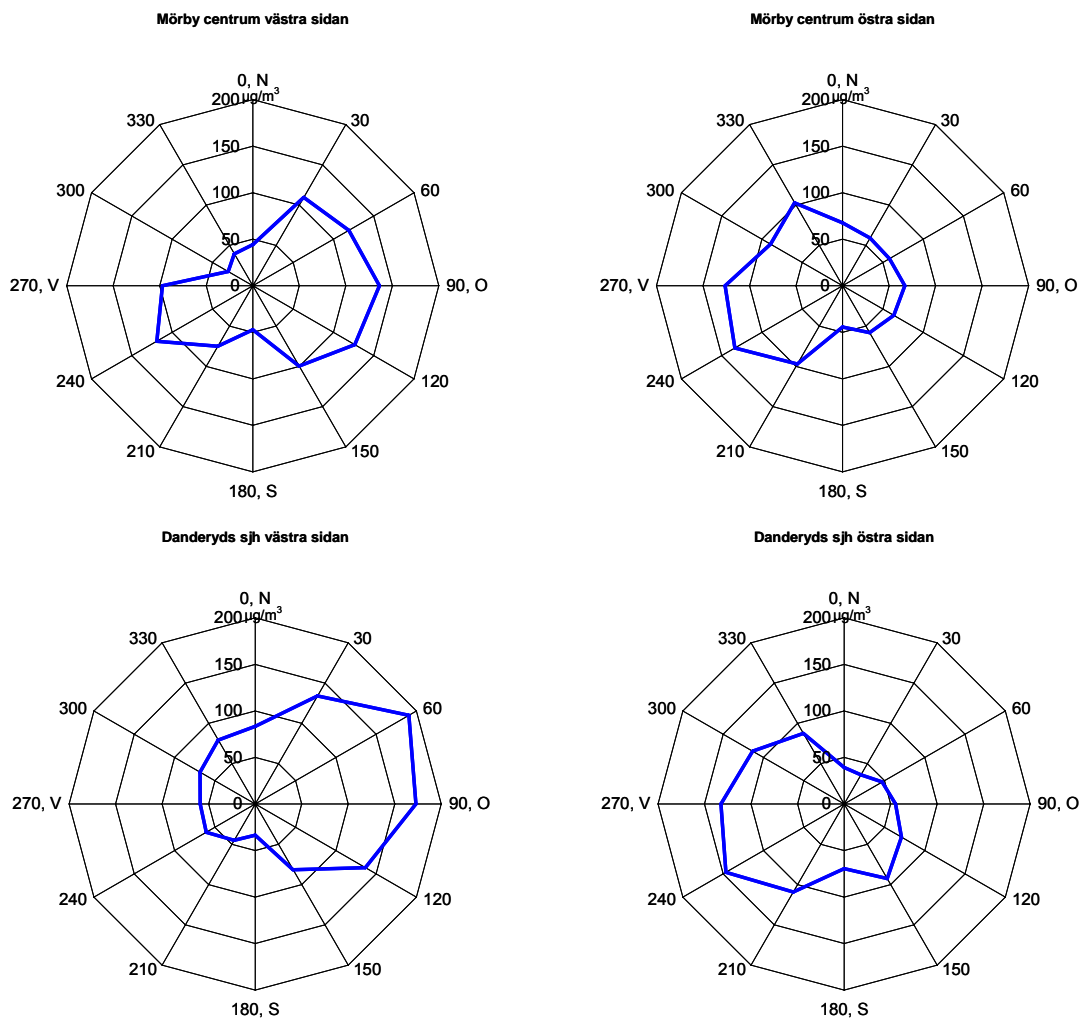


Figur 17. Genomsnittliga PM<sub>1</sub>-, PM<sub>2.5</sub>- och PM<sub>10</sub>-halter under vardagsdygn maj månad.

Precis som man kunde förmoda så visar figurerna nedan tydligt att de högsta halterna inträffar i luftmassorna som kommer från E18 (Figur 18 och Figur 19). För PM<sub>10</sub>-halterna på västra sidan vid Mörby centrum noteras en liten ökning även vid västliga vindar vilket beror på byggnadens påverkan på luftströmningen vid mätplatsen.



Figur 18. Medelhalterna för P- och NOx vid Danderyds kyrka västra (vänstra grafen) och östra sidan som funktion av vindriktningen. Endast vardagar 07-18.



Figur 19. Medelhalterna för PM<sub>10</sub> vid Mörby centrum och Danderyds sjukhus per vindriktning. Endast vardagar 07-18.

## 10 Fortsatta analyser

Det fortsatta arbetet innefattar att genomföra jämförande mätningar av PM<sub>10</sub>-halterna med samtliga instrument och därefter vid behov justera mätdata. Vindhastighetsmätaren skall även kontrolleras.

Syftet med analysen av data är sedan att finna operationella samband mellan fordonshastighet och PM<sub>10</sub>-halter. Detta görs genom att använda mätningarna på de båda sidorna av vägen för att skatta trafikens på E18 bidrag till halterna som funktion av fordonshastigheten. Hänsyn måste då tas till att trafikflödet varierar samtidigt som hastigheten varierar och för detta kommer de samtidiga mätningarna av NO<sub>x</sub> och PM<sub>10</sub> att användas.

## 11 Referenser

Gustafsson, M., Berglund, C.M., Forsberg, B., Forsberg, I., Forward, S., Grudemo, S., Hammarström, U., Hjort, M., Jacobson, T., Johansson, C., Ljungman, A., Nordström, O., Sandberg, U., Wiklund, M., Öberg, G., 2006. Effekter av vinterdäck - En kunskapöversikt. 2006, Väg- och transportforskningsinstitutet, VTI , 543-2006.

Johansson, C., Norman, M., Omstedt, G., Swietlicki, E., 2004. Partiklar i stadsmiljö – källor, halter och olika åtgärders effekt på halterna mätt som PM<sub>10</sub>. SLB analys rapport nr. 4:2004. Miljöförvaltningen, Box 38 024, 10064 Stockholm.  
[http://www.slb.nu/slb/rapporter/pdf/pm10\\_4\\_2004\\_050117.pdf](http://www.slb.nu/slb/rapporter/pdf/pm10_4_2004_050117.pdf).

Johansson, C., Wideqvist, U., Hedberg, E., Vesely, V., Swietlicki, E., Kristensson, A., Westerholm, R., Elswar, L., Johansson, P.Å., Burman, L., Pettersson, M., 2001. Cancerframkallande ämnen – Olika källors betydelse för spridningen och förekomsten i Stockholm. Institutet för tillämpad miljöforskning (ITM), Stockholms universitet, ITM rapport 90, ISSN 1103 341X.

Hagen, L.O.; Larssen, S., Schaug, J., 2005. Speed limit in Oslo effect on air quality of reduced speed on RV4 (Only in Norwegian). NILU OR 41/2005, ISBN 82-425- 1686-3, Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, Norway.

Gustafsson, Mats, Blomqvist, Göran, Dahl, Andreas, Gudmundsson, Anders, Lindbom, John, Ljungman, Anders, Rudell, Bertil, Swietlicki, Erik, 2005. Inandningsbara partiklar från interaktion mellan däck, vägbanor och friktionsmaterial. Slutrapport av WearTox-projektet. VTI 520.

Hussein, T., Johansson, C., Karlsson, H., Hansson, H.-C. 2008. Factors affecting non-tailpipe aerosol particle emissions from paved roads: on road measurements in Stockholm, Sweden. Atmos. Environ. 42 688-702.

Kristensson, A., Johansson, C., Westerholm, R. Swietlicki, E., Gidhagen, L., Wideqvist, U. & Vaclav Vesely, 2004. Real-World Traffic Emission Factors of Gases and Particles Measured in a Road Tunnel in Stockholm, Sweden. Atmospheric Environment, 38, 657-673.

Lövenheim, B., Johansson, C. 2008. Beräkning av PM<sub>10</sub>-halten längs E18 i Danderyd – inverkan av hastighetsbegränsning. Luftvårdsförbundet i Stockholms och Uppsala län report No:LVF report 2008:15



## 12 AVROPSAVTAL

Diarienummer: AL 90B 2009: 6239  
(Ref. Dnr SA80 2005: 2051)

### Leverantör

SLB-analys  
Miljöförvaltningen  
Box 38024  
104 20 STOCKHOLM  
Uppdragskontakt: Christer Johansson  
Tfn 08-508 28 931

### Beställare

Vägverket  
Enheten för Miljöstrategi  
Ombud: L-O Landerfors  
Beställningsdatum: 2009-03-31  
Projektkontakt: Kerstin Gustavsson  
Tfn 0702-27 58 00

## Mätningar av luftkvalitet vid väg E18 mellan tpl Danderyds sjukhus och tpl Danderyds kyrka

I enlighet med mellanvarande ramavtal avseende ”Stöd till miljöfunktionen avseende luftutredningar”, med diarienummer SA80 2005: 2051, daterat 2005-07-04, med förlängning till och med 2009-06-30, avropas följande beställning.

### 1. Uppdraget

Att ta fram underlag för och att mer noggrant göra kvantitativa beräkningar av vad variabel och periodiskt ändrad hastighetsutmärkning kan betyda för luftföroreningshalterna (partikelhalterna) längs statliga vägar, och att genom mätningar kvantifiera korttidsvariationerna av  $PM_{10}$  och kväveoxider ( $NO_x$ ) längs E18 Norrtäljevägen. Detta innefattar att bidragen till partikelhalterna från trafiken på E18 måste kunna separeras från bidraget till halterna från andra källor än den lokala trafiken. Det lokala bidraget till halterna från vägbaneslitaget beror både av fordonsmängd, fordonstyp, andel dubbdäck, fordonshastighet och av de meteorologiska förhållandena, som i sin tur påverkar t ex vägbanefuktighet och utvärdringsförhållanden.

### *Omfattning*

Försökssträckan omfattar väg E18, delen tpl Danderyds sjukhus – tpl Danderyds k:a, i nord- och sydgående köriktningar.

Leverantören ska:

1. Löpande utföra mätningar av  $PM_{10}$ ,  $NO_x$ , vindhastighet, vindriktning, temperatur och relativ fuktighet i de punkter och den utsträckning som framgår nedan under rubrikerna ”försöksutrustning” och ”2 Tider”;
2. Analysera insamlade luftdata enligt ovan med av VV tillhandahållna trafikdata (se Avsnitt 3 Leverans) i syfte att ta fram algoritmer som grund för ”miljöanpassad” hastighetsutmärkning.
3. Redovisa trafik- och meteorologiberoende partikelhalter för delar av dygn (timnivå) samt diskutera vilken betydelse en ”miljöanpassad” hastighetsutmärkning kan ha för  $PM_{10}$  halterna och uppfyllande av miljökvalitetsnormerna längs denna sträcka.

Vägverket genomför under den totala mätperioden ett flertal förändringar i hastighetsutmärkningen. Detta påverkar inte SLB mätförfarande men ligger som grund för utvärdering hur partikelutbredning kan påverkas av hastigheten.

### **Försöksutrustning**

Försöksutrustningen omfattar sex stationer parvis placerade i tre snitt på ömse sidor (öster resp väster) av väg E18

- d) norr Kyrkogårdsvägen, ena med instrument för PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> (*innefattar även NO<sub>2</sub>*) och meteorologi samt ena med PM<sub>10</sub> och NO<sub>x</sub> (15-minutersmedelvärden).
- e) söder Mörbyleden med instrument för PM<sub>10</sub> och partikelstorleksfördelning för den grova partikelfraktion ( *innefattar även PM<sub>2,5</sub>*) (5-minuters medelvärden).
- f) norr om gångunderfart under väg E18 norr tpl Danderyds sjukhus med instrument för PM<sub>10</sub> och partikelstorleksfördelning för den grova partikelfraktion (5-minuters medelvärden).

För montage, installation och skötsel svarar SLB. Parterna överenskommer om placering med hänsyn till lämplig kraftförsörjning, som tillhandahålls genom Vägverket.

## **2. Tider**

SLB genomför kontinuerliga **mätningar** under två perioder, dels från början av mars till mitten/slutet av maj 2009 (2½-3 mån), dels från början/mitten av november 2009 till mitten/slutet av maj 2010 (6-7 mån) i den omfattning som beskrivs ovan. Exakt start och slut av varje mätperiod avgör SLB, beroende på aktuell vädersituation.

Insatser år 2010 är optioner (beroende på utfallet av analys av mätningarna 2009).

Vägverket registrerar kontinuerligt trafikflöde och hastighet – i sydgående riktning sedan 2007 och i nordgående riktning från början av april 2009.

Vägverket och SLB gör varje månad en avstämning hur arbetet fortskrider.

#### 4. Leveranser

| <b>Luftmätning</b>  | <b>Lev.datum</b>                                 |
|---|--|
| 1. Testleverans luft- och väderdata/databas enligt punkt 2  | 20-mar-09  |
| 2. Mättningsrapport för mätperioden <i>våren 2009</i> , med <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Luftkvalitetsdata och meteorologidata enligt avsnitten ”omfattning” resp ”försöksutrustning” ovan (grunddata redovisas i aggregeringsnivå (15 min) och i dataformat att överenskomma)</li> <li>b. Preliminär grafisk redovisning: ”partikelhaltens variationer”...</li> </ul>   | 8-jun-09   |
| 3. Mättningsrapport för mätperioden <i>vintern 2009 (2-3 mån)</i> , med innehåll enligt a och b ovan  | 22-feb-10  |
| 4. Mättningsrapport för mätperioden <i>vintern/våren 2010 (6-7 mån)</i> , med innehåll enligt a och b ovan  | 14-jun-10  |
|   |  |
| <b>Utvärdering</b>  | <b>Lev.datum</b>                                 |
| 5. Preliminär utvärderingsrapport för mätperioden <i>våren 2009</i> , med <ul style="list-style-type: none"> <li>c. Trafik- och meteorologiberoende partikelhalter på ”timnivå”</li> <li>d. Samband mellan luftkvalitetsparametrar, meteorologiska parametrar och trafikparametrar</li> <li>e. Redovisning av E18-trafikens andel av de totala partikelhalterna längs vägen, om möjligt fördelade per körriktning och per fordonsklass</li> <li>f. Diskussion om ”miljöanpassad” hastighetsutmärkning – variabel eller säsongsbunden – och ansats till algoritmer för sådan</li> <li>g. Förslag till detektorplacering för representativa luftkvalitetsdata, att löpande påverka hastighetsutmärkning, samt korrelation till mätvärden på väg E4 i Sollentuna och Lilla Essingen</li> </ul> | 7-sep-09   |
| 6. Godkänd utvärderingsrapport för mätperioden <i>våren 2009</i>  | 30-sep-09  |
| 7. Preliminär utvärderingsrapport för båda mätperioderna – LUFTKVALITETSRAPPORT   | 10-sep-10  |
| 8. Slutlig och godkänd LUFTKVALITETSRAPPORT   | 1-okt-10   |
|   |  |
| <b>Trafikmätning</b>  | <b>Lev.datum</b>                                 |
| 9. Vägverket levererar <b>trafikdata</b> till SLB som underlag för analys och redovisning. Leveransen utgörs av flödes- och hastighetsdata per körriktning i två snitt norrut och tre snitt söderut, som femminutersmedelvärden, med uppdelning i tre fordonsklasser;<br>Vägverket levererar <b>trafikdata</b> från väg E4 Essingeleden och väg E4 Sollentuna (från hösten 2009) – fordonsflöde per körriktning.<br>Parterna överenskommer om leveransformat och tidpunkter;<br>VV åstadkommer testrapport  | Varje vecka<br><br><br><br><br><br><br>10-mar-09 |
|   |  |
| <b>Information</b>  | <b>Lev.datum</b>                                 |
| Vägverket informerar (per e-post) om större underhållsarbete t ex sopning, beläggning, vägarbete, saltning  | När det hänt – på timmen                         |

## 6. Övriga förutsättningar

### *Information*

Försöken med ändrade hastigheter förutsätter en noggrant genomförd kommunikationsplan om varför försöken genomförs, i samarbete med kommunen och de utsatta skolorna, för att få efterlevnad av förändrade hastigheter. Leverantören medverkar enligt beställarens önskemål i några informationsmöten.

### *Nyttjande av projektets resultat och data*

Vägverket har äganderätten till de data som insamlas och förädlas i projektet. Dessa överlämnas under projektets gång eller senast vid dess avslut.

### *Giltighet*

Detta avropsavtal gäller till 2009-12-31 med optioner att fortsätta mätning och utvärdering längst intill 2010-10-31, med villkor enligt detta avtal, optionen att bekräftas av beställaren senast 2009-10-25, beroende på utfallet av utvärdering under 2009.

Stockholm 2009-04-  
SLB-analys

Solna 2009-04-  
Vägverket

---

*Malin Ekman*

---

*Lars-Olof Landerfors*



är en enhet vid Miljöförvaltningen i Stockholm som

- utreder
- mäter
- beräknar
- informerar

avseende kvalitet på utomhusluft. SLB-analys genomför även externa uppdrag vad gäller luftkvalitet.

---

**ISSN 1400-0806**

SLB-analys

Miljöförvaltningen i Stockholm

Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4. Box 8136, 104 20 Stockholm

Tel 08-508 28 800, dir. SLB-analys 08-508 28 880

URL: <http://www.slb.nu>