



Utvärdering av PM_{10} - mätningar i några olika nordiska trafikmiljöer

Gunnar Omstedt

Utvärdering av PM_{10} - mätningar i några olika nordiska trafikmiljöer

Gunnar Omstedt

Rapportsammanfattning

Issuing Agency/Utgivare		Report number/Publikation	
Swedish Meteorological and Hydrological Institute S-601 76 NORRKÖPING Sweden		Meteorologi nr 120	
		Report date/Utgivningsdatum	
		Januari 2006	
Author (s)/Författare			
Gunnar Omstedt			
Title (and Subtitle)/Titel			
Utvärdering av PM ₁₀ -mätningar i några olika nordiska trafikmiljöer			
Abstract/Sammandrag			
I denna rapport undersöks halterna av PM₁₀ för några olika trafikmiljöer i Norden, nämligen Hornsgatan i Stockholm, Jagtvej i Köpenhamn och Runebergsgatan i Helsingfors. Alla tre är slutna gaturum där relationen hushöjd/gatubredd är nära ett. Resultaten av undersökningen kan sammanfattas på följande sätt: • Skillnaderna i PM₁₀-halterna mellan Hornsgatan och Jagtvej är betydande. Det lokala haltbidraget, räknat som 90-percentil, är ca fyra gånger större vid Hornsgatan. Orsaken är främst att dubbdäck och sand används vid Hornsgatan men ej vid Jagtvej, vilket kraftigt ökar vägslitage. • SMHIs emissionsmodell (Omstedt et al., 2005) ger god överensstämmelse med mätdata för Hornsgatan för såväl år 2000 som år 2004. • För Jagtvej finns det en stark korrelation mellan lokala PM₁₀- och lokala NO_x-halter. De lokala PM₁₀-halterna beror därför främst på trafiken och inte så mycket på vägbans egenskaper. Modelleringen kan därigenom förenklas genom att använda en konstant emissionsfaktor. • PM₁₀-halterna vid Hornsgatan och Runebergsgatan liknar varandra med starka årstidsvariationer och höga halter under senvinter/vår, som är typiska för nordiska trafikmiljöer där dubbdäck används. • För Runebergsgatan beskriver SMHIs emissionsmodell relativt väl det generella halt mönstret. Dock överskattas emissionerna vid snösmältning. En naturlig förbättring är därför att inkludera snösmältning i modellen, vilket föreslås göras i en kommande studie.			
Key words/sök-, nyckelord			
PM ₁₀ , vägdam, vägslitage, luftkvalitet, grova partiklar			
Supplementary notes/Tillägg		Number of pages/Antal sidor	Language/Språk
		17	Svenska
ISSN and title/ISSN och titel			
0283-7730 SMHI Meteorologi			
Report available from/Rapporten kan köpas från:			
SMHI S-601 76 NORRKÖPING Sweden			

* Omslaget visar Jagtvej (överst till vänster), Runebergsgatan (överst till höger) och Hornsgatan (nederst).

Innehållsförteckning

Förord	3
1. Bakgrund	4
2. Syfte	4
3. Metod	4
3.1 Mätplatser och data	4
3.2 Modell	6
4. Några typiska variationer i PM ₁₀ -halter	6
5. Resultat.....	10
5.1 Hornsgatan	10
5.2 Jagtvej.....	10
5.3 Runebergsgatan	14
6. Slutsatser	16
7. Referenser.....	17

Förord

Denna studie har finansierats av Vägverket på uppdrag av Martin Juneholm (Dnr:AL90 B 2005:21:21485). I rapporten används mätdata från det Nordiska Forsknings Nätverket NORPAC (<http://NORPAC.dmu.dk>). Författaren vill tacka Christer Johansson från SLB analys, Matthias Ketzel och Ruwim Berkowicz från National Environmental Research Institute i Danmark, Mervi Haakana och Tarja Koskentalo från det Finska Meteorologiska Institutet och Lars Gidhagen från SMHI som gjort dessa data tillgängliga. Författaren vill också tacka Valentin Foltescu som bidragit med värdefulla synpunkter.

1. Bakgrund

I projektet ”Utveckling och validering av modell för beräkning av PM_{10} i urban miljö”, finansierat av Vägverket, har en ny modell för beräkningar emissioner från vägslitage utvecklats (1,3). Modellen har därefter implementerats i två modellsystem för luftkvalitet, dels för Stockholmsområdet (<http://www.slb.nu/>) och dels nationellt via SIMAIR (<http://www.luftkvalitet.se>). SIMAIR är ett modellsystem utvecklat av Vägverket och SMHI för beräkning av luftkvalitet i vägars närområde (2).

Den nya modellen har testats mot mätdata i två trafikmiljöer, dels från Hornsgatan för år 2000 och dels från ca tre månaders mätningar vid E4:an norr om Stockholm. Modellen innehåller flera empiriska parametrar, som kan vara platsberoende och behöver därför testas på andra gator och vägar där trafiken och meteorologin är annorlunda. Detta har också uppmärksammats av Vägverket som genomfört mätningar i Malmö under våren 2005. Data från Malmö kommer att användas i ett senare projekt för utvärdering av SIMAIR. I en förstudie för utvärdering av SIMAIR (4) har emissionsmodellen testats mot PM_{10} data från Kungsgatan i Uppsala med gott resultat.

Inom NORPAC (<http://NORPAC.dmu.dk>), som är ett projekt stött av Nordiska Ministerrådet, pågår samarbete om frågeställningar som har att göra med partiklar i atmosfären. En databas har tagits fram med mätdata för utveckling och tester av spridningsmodeller (5). Med hjälp av data från denna databas har en översiktlig jämförelse gjorts mellan olika metoder för beräkning av slitagepartiklar från vägtrafiken (6). Ett arbetsmöte med namnet ”Workshop on modeling of PM emission in different Nordic traffic environments” har hållits på SMHI 4-5 oktober, 2005. Nya data har tagits fram, dels från Hornsgatan/Stockholm för år 2004 men också från Jagtvej i Köpenhamn och Runebergsgatan i Helsingfors. Det är dessa data som är utgångspunkt för denna rapport.

2. Syfte

Syftet med projekt är att analysera nya PM_{10} -data och testa SMHIs emissionsmodell med hjälp av dessa data för att undersöka modellens giltighet och bättre förstå processerna bakom bildandet av höga halter av partiklar i luften. Därigenom kan också modellen förbättras. De data som är aktuella är från Hornsgatan år 2004, från Jagtvej i Köpenhamn och från Runebergsgatan i Helsingfors. Modellen har tidigare testats med hjälp av data från Hornsgatan år 2000. Data från Jagtvej är intressanta eftersom varken dubbdäck eller sand används där vintertid.

3. Metod

Tester görs av beräknade och uppmätta lokala halter av PM_{10} .

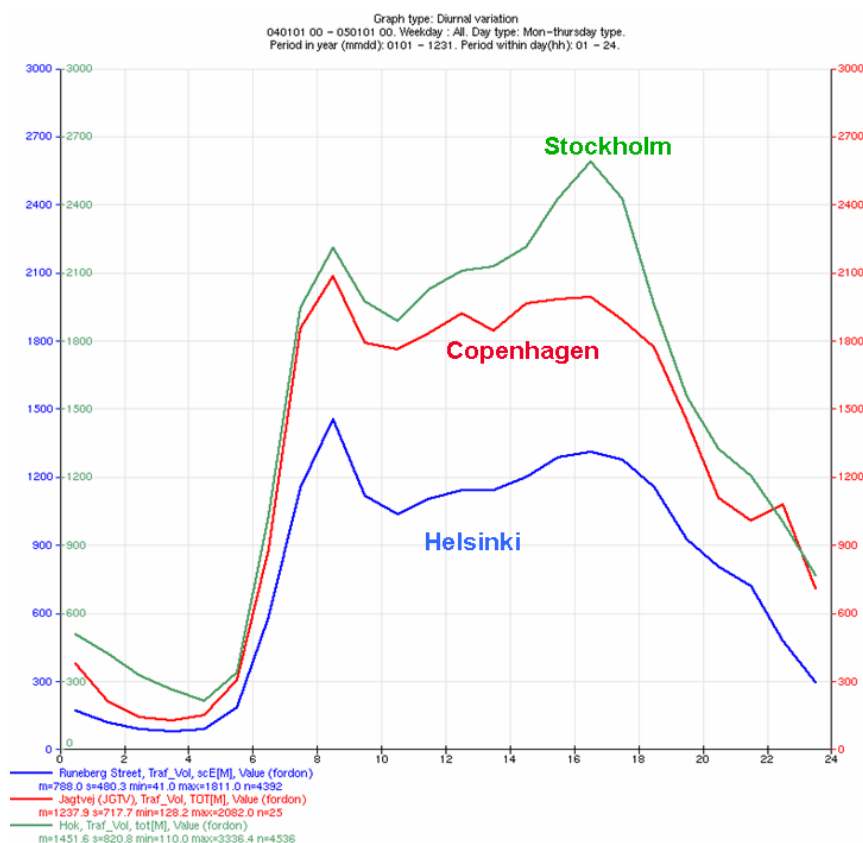
3.1 Mätplatser och data

Hornsgatan, Jagtvej och Runebergsgatan är alla tre slutna gaturum där relationen hushöjd/gatubredd alla är nära 1. I tabell 1 och figur 1 har en del jämförande data sammanställts. Hornsgatan och Jagtvej är mest lika, med något mer trafik på Hornsgatan jämfört med Jagtvej.

Runebergsgatan liknar Hornsgatan och Jagtvej men med lägre trafik dock med större andel tung trafik.

Tabell 1. Gaturums- och trafikinformation för de tre undersökta trafikmiljöerna.

	hushöjd (m)	gatubredd (m)	orientering i förhållande till norr (grader)	antal fordon (fordon/dag)	andelar tung trafik (%)
Hornsgatan, Stockholm	24	24	80	32 000	5
Jagtvej, Köpenhamn	18	25	20	27 641	3.5
Runebergsgatan, Helsingfors	23	24	15	17 500	11



Figur 1. Medeltrafikflöden under arbetsdagar (fordon/timme) för de trafikmiljöer och år som undersökts i denna rapport.

Meteorologiskt skiljer sig de olika platserna något åt. Vindhastigheten är något högre i Köpenhamn än i Stockholm och Helsingfors. Nederbörden är också högre i Köpenhamn (618 mm, år 2003) jämfört med Stockholm (441 mm/år, år 2004). Andra viktiga skillnader är andelar dubbdäck och halkbekämpningsmetoder, se tabell 2. I Köpenhamn använder man varken dubbdäck eller sand vid halkbekämpning. Dubbdäcksandelen är något större i Helsingfors jämfört med Stockholm. I Helsingfors används det dock mindre sand. Runebergsgatan saltas men sand används för trottoarer och för spårvagnsspåren mitt i gatan.

Tabell 2. Metod för halkbekämpning och andelar dubbdäck.

	<i>halkbekämpning</i>	<i>personbilar med dubbdäck(%)</i>
Hornsgatan	sand	70
Jagtvej	salt	0
Runebergsgatan	salt/sand	84

3.2 Modell

Utgångspunkt är den emissionsmodell som presenterats av Omstedt et al., 2005. Modellen beskriver relativt väl typiska variationer i PM₁₀-halter för svenska förhållanden: höga lokala haltbidrag under senvinter/vår och kraftiga variationer beroende på om vägbanan är torr eller fuktig. För andra gator/vägar där variationerna inte är så kraftiga, som t.ex. i Danmark och Tyskland, har Ketzel et al. (2004) föreslagit att beräkningar kan göras enklare med hjälp av en konstant emissionsfaktor (6). Denna metod kommer också prövas.

Tidigare har vi verifierat emissionsmodellen genom att beräkna halter med hjälp av spridningsmodeller. Skillnaderna mellan uppmätta och beräknade PM₁₀-halter beror då dels på brister i emissionsmodellen men också brister i spridningsmodellen. För att undvika det senare görs jämförelsen i denna rapport direkt mot uppmätta NO_x halter och på följande sätt. Låt c beteckna halten av en luftförorening i ett gaturum. Då gäller att:

$$c = Q * dispersion + c^{bakgrund} \quad (1)$$

där Q anger emissionen, $dispersion$ anger en funktion som beskriver spridningen av föroreningen och $c^{bakgrund}$ bakgrundshalten av ämnet. Med hjälp av ekvation (1) kan spridningen skrivas

$$dispersion = (c - c^{bakgrund}) / Q \quad (2)$$

Emissionen, Q , beror på emissionsfaktorn, e_f , och trafikflödet, F ,

$$Q = F * e_f \quad (3)$$

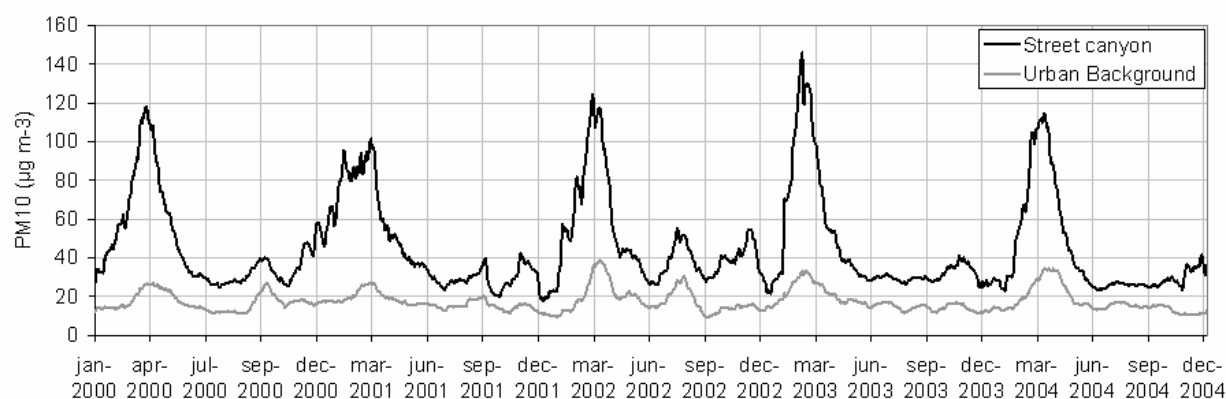
varför

$$c_{PM10} = \frac{e_f^{PM10}}{e_f^{NOx}} * (c_{NOx} - c_{NOx}^{bakgrund}) + c_{PM10}^{bakgrund} \quad (4)$$

Det är med hjälp av denna ekvation testerna av emissionsmodellen görs mot uppmätta PM₁₀ halter. Från de tre platserna som undersöks finns uppmätta PM₁₀- och NO_x-halter såväl i gatu- som taknivå. Emissionsfaktorer för NO_x har uppskattats med hjälp av emissionsmodeller från respektive land.

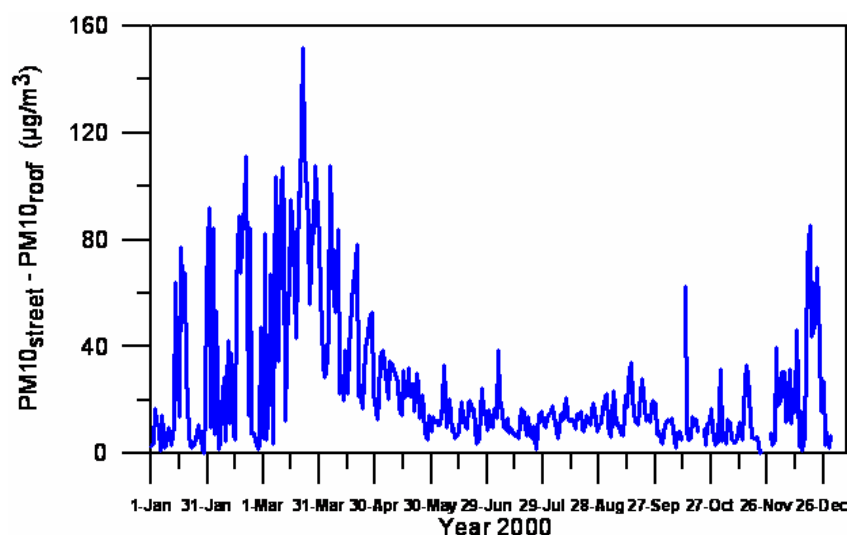
4. Några typiska variationer i PM₁₀-halter

Låt oss först börja med att studera PM₁₀-data från Hornsgatan. I figur 2 visas hur halterna varierar under fem år. Det som är typiskt för dessa data är den starka årstidsvariationen med kraftiga maxvärden under senvinter/tidig vår.



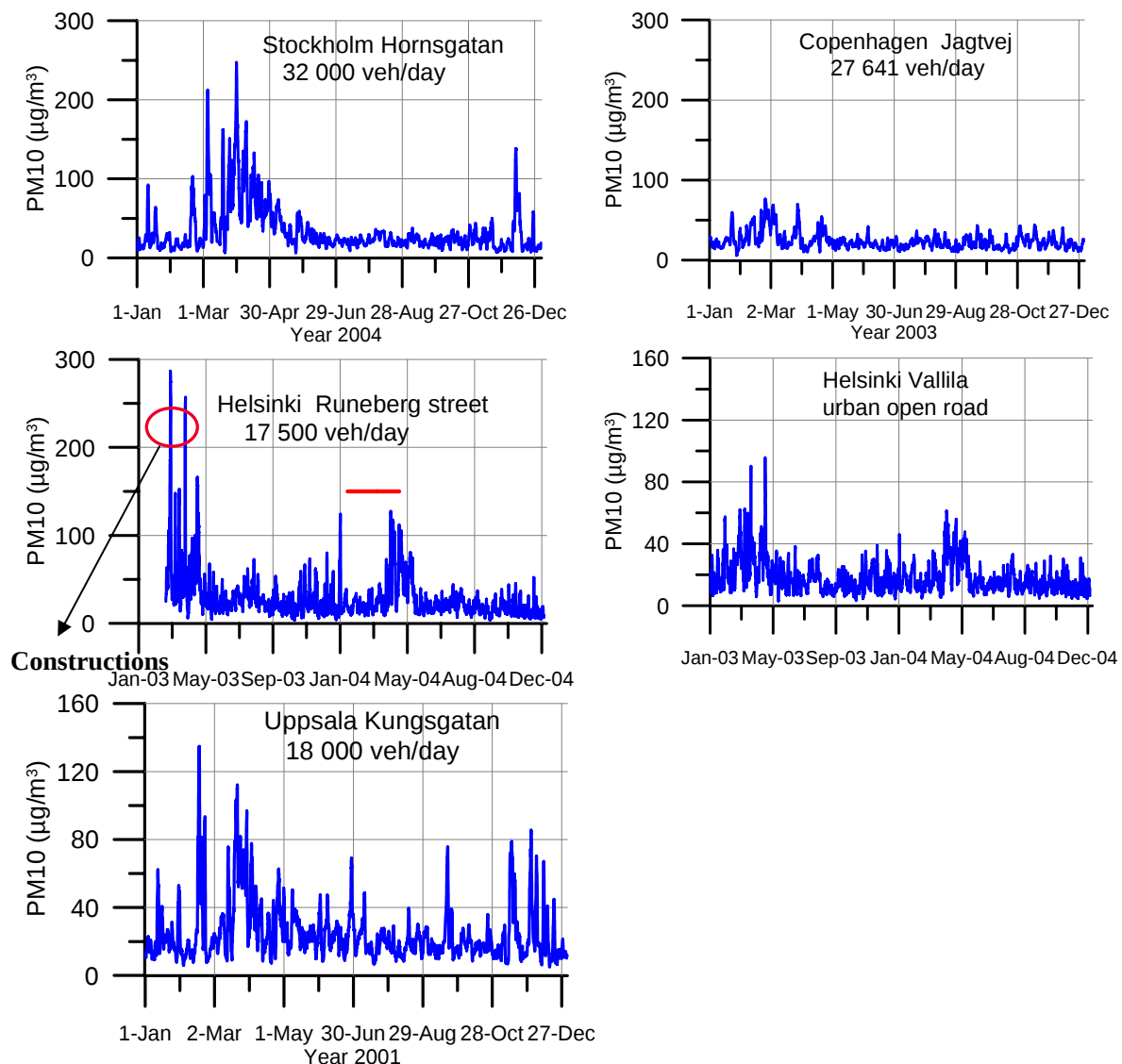
Figur 2. Uppmätta halter av PM_{10} i gatunivå (Hornsgatan) och i taknivå (Rosenlundsgatan) presenterade som löpande månadsmedelvärden.

Ett annat typiskt mönster är PM_{10} -halternas kraftiga variation på tidsskalan vecka, som har att göra med variationer i nederbörd, avdunstning och upptorkning av gatan, se figur 3.



Figur 3. PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid Hornsgatan presenterade som löpande dygnsmedelvärden.

I figur 4 visas också PM_{10} -halter för några andra platser. Samma typiska haltvariationer som diskuterats ovan finns i data för Helsingfors och Uppsala men inte för Köpenhamn. Skillnaderna visas mer i detalj i figur 5.

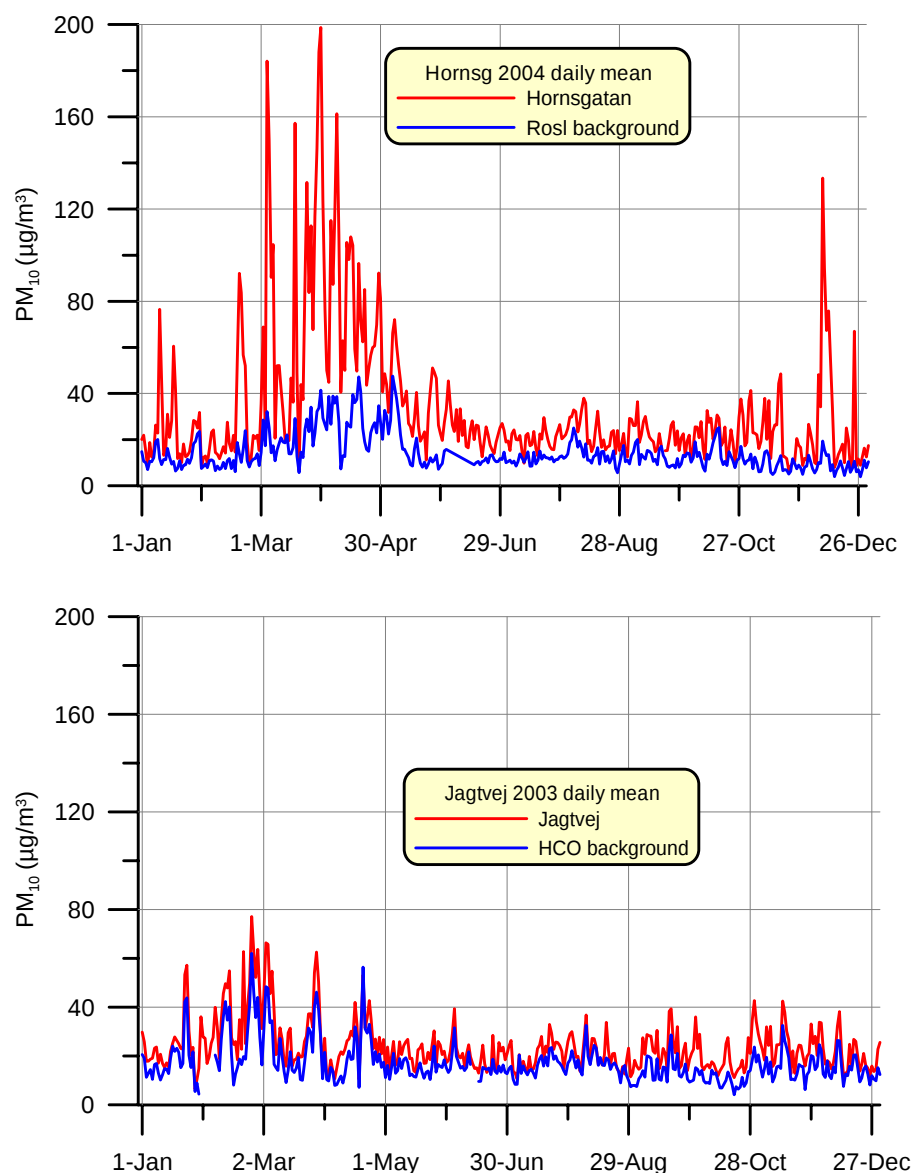


Figur 4. PM_{10} -halter presenterade som löpande dygnsmedelvärden för Stockholm/Hornsgatan år 2004, Helsingfors/Runebergsgatan och Vallila åren 2003-2004, Köpenhamn/ Jagtvej år 2003 och för Uppsala/Kungsgatan år 2001. Det röda strecket i figuren för Runebergsgatan anger för vilken tidsperioden som beräkningar har gjorts i denna studie.

I figur 5 jämförs halter av PM_{10} från Hornsgatan/Stockholm och Jagtvej/Köpenhamn. Såväl halter i gaturum som för bakgrundstationer visas. Skillnaderna mellan dem anger det lokala haltbidraget. Som framgår av figuren är det väsentliga skillnader mellan halterna vid Hornsgatan och Jagtvej trots att gaturummen är snarlika. Halterna är betydligt högre vid Hornsgatan, se också tabell 3. Bakgrundshalterna är snarlika dock med något högre värden för Jagtvej. Det lokala tillskottet räknat som 90-percentil är ca fyra gånger större vid Hornsgatan jämfört med Jagtvej. Antal dagar som överskrider $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ är 61 för Hornsgatan år 2004 och 15 för Jagtvej år 2003. Enligt miljökvalitetsnormen får bara 35 dagar överskrida detta värde. Detta är en anmärkningsvärd stor skillnad som beror på betydligt kraftigare slitage av vägbanan orsakad av dubbdäck och sand vid Hornsgatan jämfört med Jagtvej.

Tabell 3. Jämförelse mellan uppmätta PM_{10} -halter vid Hornsgatan och Jagtvej.

	årsmedelvärde ($\mu g/m^3$)	90-percentil ($\mu g/m^3$)	antal dagar som överstiger 50 ($\mu g/m^3$)
Hornsgatan år 2004	34.0	69.6	61
Rosl background	14.4	26.6	
Hornsg.-Rosl.	19.8	42.2	
Jagtvej år 2003	23.9	36.5	15
HCO background	17.1	29.4	
Jagtvej-HCO	6.9	11.4	

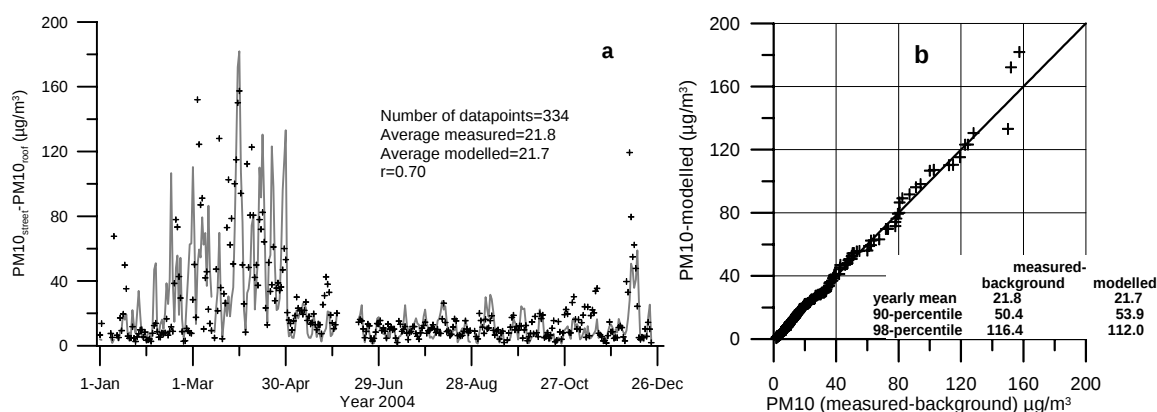


Figur 5. Jämförelse mellan uppmätta PM_{10} -halter i trafikerade gatumiljöer i Stockholm (år 2004) och Köpenhamn (år 2003).

5. Resultat

5.1 Hornsgatan

Jämförelse mellan uppmätta och beräknade halter av PM₁₀ görs med hjälp av data från Hornsgatan och Rosenlundsgatan för år 2004. Beräkningarna har gjorts med samma parametervärden som användes vid beräkningarna för Hornsgatan år 2000 (3). Resultaten visas i figur 6. Överensstämmelserna mellan mätta och beräknade medelvärden och percentiler är goda, för medelvärdet inom 1% och för percentilerna inom 7%. Resultaten är likvärdiga de för Hornsgatan år 2000. Slutsatsen blir därför att modellen är tillräcklig generell så att den också kan användas för andra tidsperioder än år 2000 vid Hornsgatan.



Figur 6. (a) Jämförelse mellan uppmätta (+) och beräknade (heldragen linje) dygnsmedelhalter av PM₁₀ (μg/m³) vid Hornsgatan år 2004. *r* anger korrelationskoefficienten. (b) samma resultat som (a) men sorterade i storleksordning.

5.2 Jagtvej

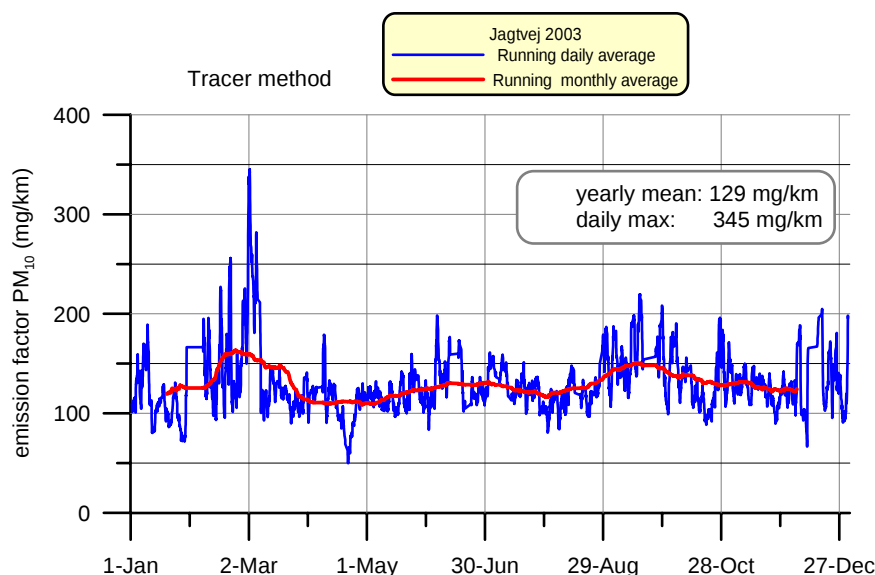
Den första analysen vi gör är att undersöka emissionsfaktorn för PM₁₀ med hjälp av uppmätta halter, skalade enligt den så kallade spårämnesmetoden:

$$e_f^{PM} = e_f^{NOx} * \frac{C_{PM}^{gata} - C_{PM}^{bakgrund}}{C_{NOx}^{gata} - C_{NOx}^{bakgrund}} \quad (5)$$

där e_f^{NOx} anger emissionsfaktorn för NO_x och där C anger halterna i gatunivå respektive bakgrunds nivå av partiklar och NO_x. Resultaten av beräkningarna visas i figur 7. Emissionsfaktorn för NO_x vid Jagtvej uppskattas till 1.53 g/km under arbetsdagar, motsvarande värde för lördagar och söndagar är 1.43 respektive 1.45 g/km (7). Vid beräkningarna har 1.53 g/km använts för alla dagar, vilket medför att emissionsfaktorn för PM₁₀ uppskattad som årsmedelvärde till 129 mg/km är något högre än det värde på 123 mg/km som Ketzler et al.(2004) angivit. Maximala dygnsmedelvärdet uppskattas till 345 mg/km. Angivna värden avser totala emissionsfaktorer. Avgasdelen uppskattas till 66 mg/km enligt (6). Variationerna är mindre än de för Hornsgatan med totala årsmedelvärde på 240 mg/km där avgasdelen uppskattats till 20-30 mg/km och maximalt dygnsmedelvärdet till 1230 mg/km (3), se tabell 4.

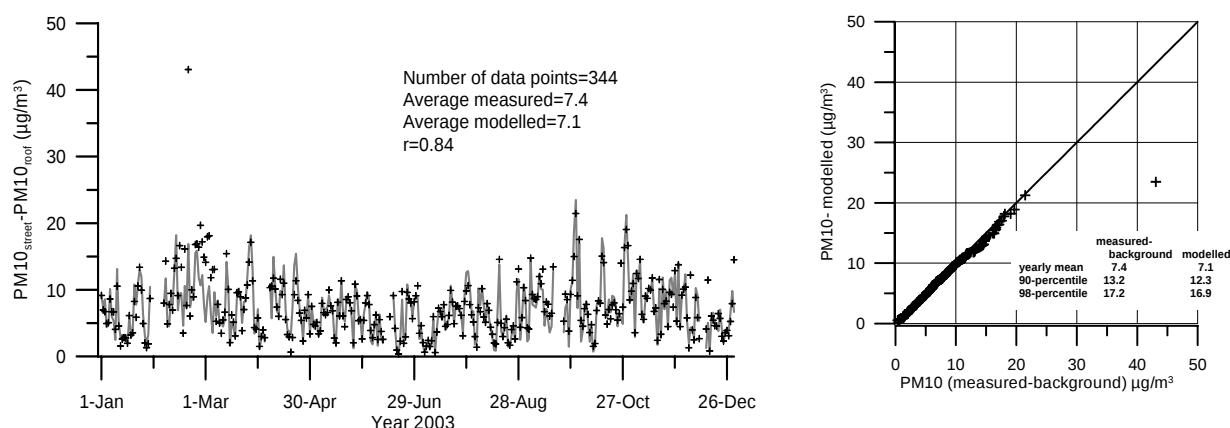
Tabell 4. Jämförelse mellan uppskattade emissionsfaktorer för PM_{10} (mg/km) för Jagtvej/ Köpenhamn och Hornsgatan/Stockholm.

	Emissionsfaktorer för PM_{10} (mg/km)		
	totala årsmedelvärden	totala högsta dygnsmedelvärden	avgasdelen (årsmedelvärden)
Jagtvej år 2003	129	345	66
Hornsgatan år 2000	240	1230	20-30



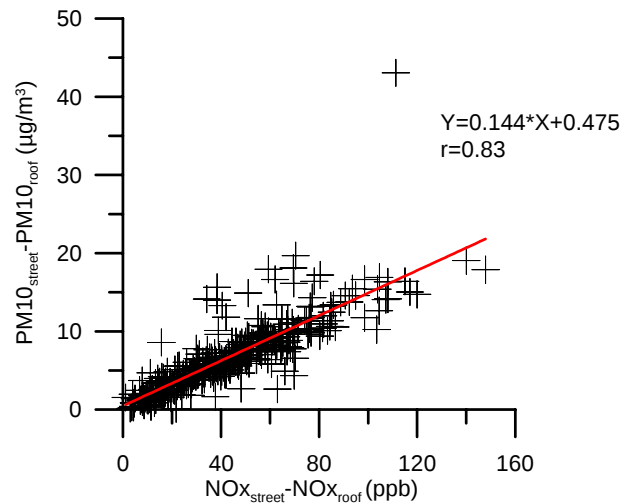
Figur 7. Beräknade emissionsfaktorer för PM_{10} för Jagtvej år 2003 enligt spårämnesmetoden. Vid beräkningarna har en genomsnittlig emissionsfaktor för NO_x om 1.53 g/km använts.

Vi kommer nu att presentera några beräkningsexperiment med data från Jagtvej. Det första experimentet avser det enklaste antagandet nämligen att beräkningar kan göras med en konstant emissionsfaktor. Resultatet visas i figur 8. Överensstämmelsen mellan mätta och beräknade halter är mycket bra.



Figur 8. Jämförelse mellan uppmätta(+) och beräknade (grå linje) dygnsmedelhalter av PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) för Jagtvej/ Köpenhamn år 2003. Beräkningarna har gjorts med en konstant emissionsfaktor för PM_{10} på 129 mg/km. r anger korrelationskoefficienten. Den högra figuren visar samma resultat som den vänstra men sorterad i storleksordning.

Det finns en avvikelse när det gäller det högsta uppmätta värdet, som dock inte påverkar percentiler och medelvärden. Orsaken till denna goda överensstämmelse är att det finns en stark korrelation mellan lokala NO_x-halter och lokala PM₁₀-halter, vilket framgår av figur 9. Det innebär att PM₁₀-halterna vid Jagtvej är främst beroende på trafiken och inte på vägbanans egenskaper, som t.ex. hur fuktig och smutsig gatan är.



Figur 9. Samband mellan lokala NO_x-halter (ppb) och lokala PM₁₀ halter (µg/m³) för Jagtvej/Köpenhamn år 2003. r anger korrelationskoefficienten.

I experiment 2 använder vi SMHIs emissionsmodell (3). Enligt modellen kan den totala emissionsfaktorn beräknas på följande sätt:

$$e_f^{total} = e_f^{direct} + f_q * l * e_f^{ref} \quad (6)$$

där e_f^{direct} anger den direkta delen av emissionerna, f_q anger källstyrkan för uppvirvlingen

p.g.a. vägdammets fukttinnehåll, l mängden damm på gatan och e_f^{ref} referensemissionsfaktorn

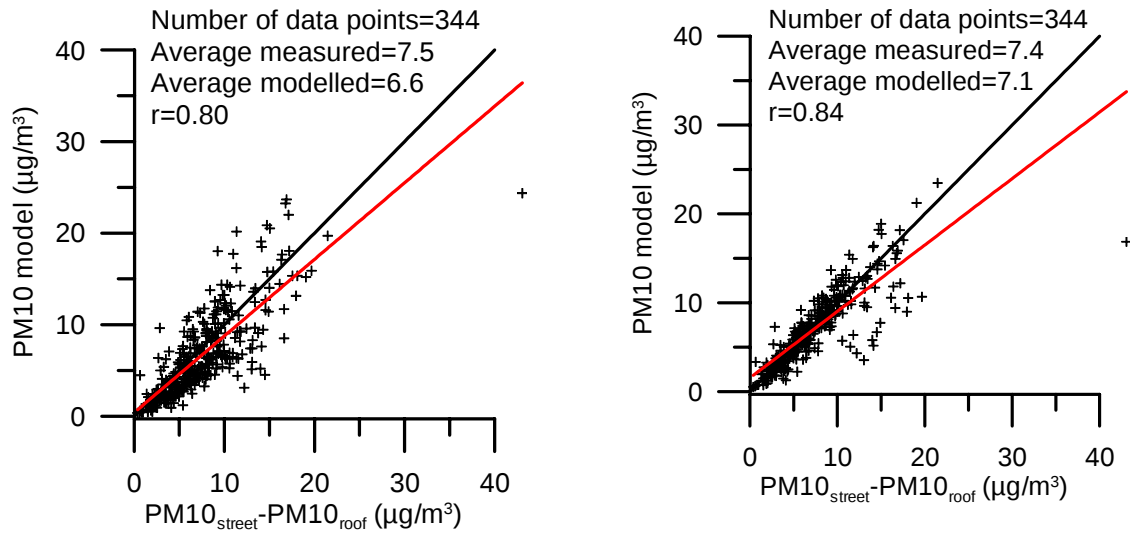
för uppvirvlade partiklar. Den senare beräknas via spårämnesmetoden (ekvation 5) vid maximala uppvirvlingsförhållanden för den trafikmiljö som avses studeras.

För att anpassa modellen till danska förhållanden görs följande förändringar:

- inga dubbdäck
- ingen sandning
- den direkta delen av emissionsfaktorn sätts till 66 mg/km och referensemissionsfaktorn till 279 mg/km (summa 345 mg/km enligt figur 7)
- vägslitaget via däck är lägre än den för dubbdäck

Resultatet av beräkningarna, som också jämförs med resultaten från det första experimentet, visas i figur 10. Som framgår av figuren är överensstämmelsen god. Den förenklade beräkningsmetoden ger dock något bättre resultat.

Det finns andra trafikmiljöer i Köpenhamn som är mer komplicerade, t.ex. H.C. Andersens Boulevard. Korrelationen mellan lokala PM₁₀-halter och lokala NO_x-halter är inte där lika stark som vid Jagtvej, varför denna trafikmiljö är svårare att modellera (7). En hypotes som framförts är att HC Andersens Boulevard är betydligt smutsigare än Jagtvej. Möjligtvis skulle SMHIs emissionsmodell där kunna ge bättre resultat jämfört med beräkningar med konstant emissionsfaktor.



Figur 10. Jämförelse mellan uppmätta och beräknade halter av PM_{10} ($\mu g/m^3$) för Jagtvej/Köpenhamn år 2003. r anger korrelationskoefficienten. Vänstra figuren visar beräkningar med SMHIs emissionsmodell. Högra figuren visar beräkningar med en konstant emissionsfaktor, dvs. samma resultat som i figur 8 (vänster figuren) men presenterat på annat sätt.

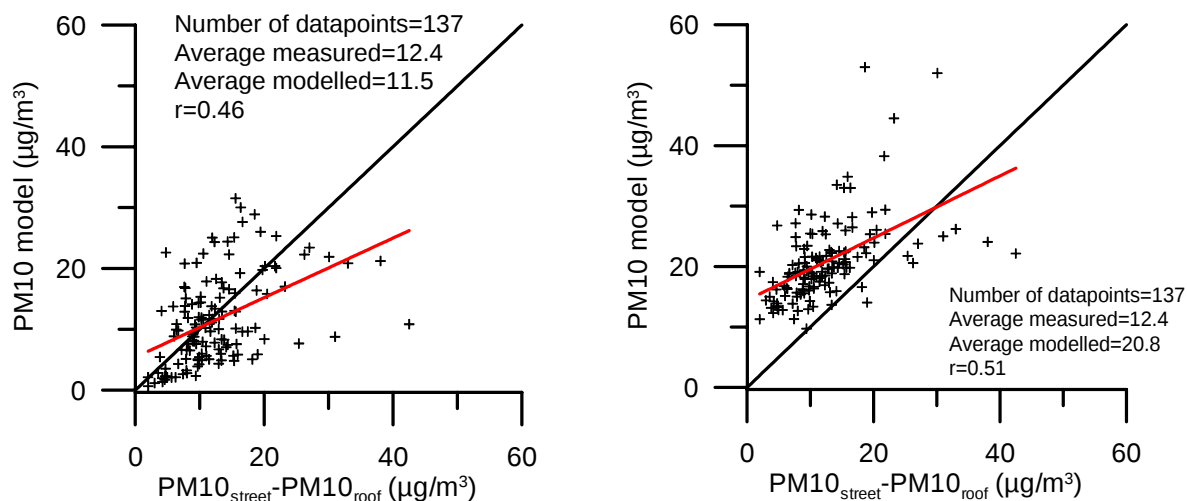
I det tredje experimentet testar vi om sommardelen i SMHIs emissionsmodell kan förenklas genom att ta bort fuktighetsberoendet och bara utnyttja en konstant emissionsfaktor. Testen görs på mätdata för Hornsgatan år 2004 och på följande sätt. Sommardelen i modell kan skrivas:

$$e_f^{total} = e_f^{direkt} + f_q * e_{f,PM}^{ref summer} \quad (7)$$

där den direkta delen har uppskattats till 25 mg/km och $e_{f,PM}^{ref summer}$ till 200 mg/km (3). Den nya formuleringen skulle då vara:

$$e_f^{total} = e_f^{direkt} + e_f^{dust} \quad (8)$$

där den direkta delen är samma som ovan nämligen 25 mg/km och e_f^{dust} uppskattad enligt Ketzler et al. (2004) till 57 mg/km (6). Resultaten visas i figur 11.



Figur 11. Jämförelse mellan två metoder för beräkning av emissioner av PM_{10} -halter (dygnsmedelvärden) under sommarförhållanden. Vid beräkningarna har data från Hornsgatan år 2004 använts. Den vänstra figuren visar resultat då hänsyn tagits till vägbansens fuktighet enligt SMHIs modell och den högra figuren visar resultat då en konstant emissionsfaktor används.

Som framgår av figur 11 tenderar metoden som använder konstant emissionsfaktor att överskatta de lägsta halterna. SMHIs modell, som minskar emissionerna då vägbanan är fuktig, ger därför bättre resultat för dessa data.

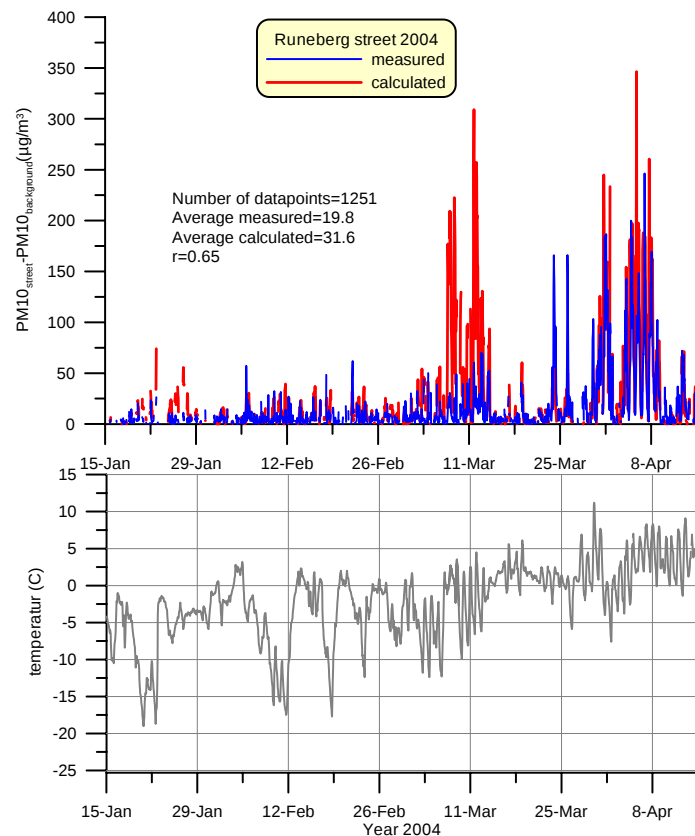
5.3 Runebergsgatan

För Runebergsgatan i Helsingfors finns mätdata av PM_{10} under en relativ lång tidsperiod, se figur 4. Tyvärr finns bara bakgrundshalter för en kortare period, nämligen 2004-01 till 2004-04. Beräkningar har därför bara gjorts för denna period. Perioden är dock intressant eftersom den innehåller den mest kritiska perioden under 2004, då halterna går från låga värden under vintern till höga värden under våren. De höga PM_{10} -halter som uppmätts vid årsskiftet 2003/2004 beror på nyårsfirande och har inte tagits med i beräkningarna. I tabell 5 sammanställs de data som använts vid beräkningarna.

Tabell 5. Data för beräkningen av PM_{10} -halter vid Runebergsgatan i Helsingfors.

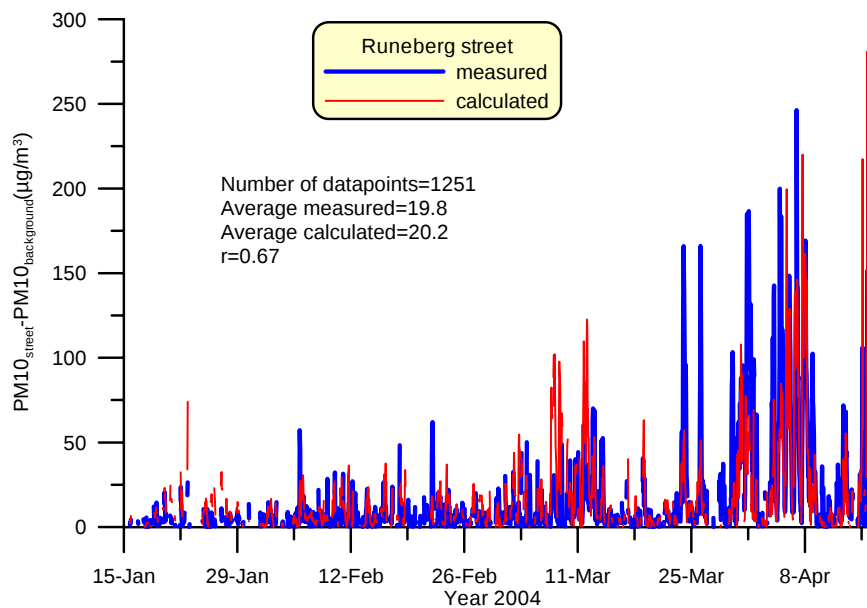
Station	Parameter
Runeberg street (street canyon)	PM_{10} , NO_x , windspeed, winddirection
Kaisaniemi (urban background)	PM_{10} , NO_x
Kaisaniemi (meteorological station)	temp, global radiation, precipitation, humidity, total cloud cover

Beräkningarna görs med SMHIs emissionsmodell (3) med samma parameteruppsättning som beskrivs av Omstedt et al.(2005) men med maximal dubbdäcksandel på 84 %. Resultatet visas i figur 12 tillsammans med mätdata för temperaturen under perioden.



Figur 12. Jämförelse mellan uppmätta och beräknade timmedelhalter av PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid Runebergsgatan/Helsingfors. Undre figuren visar temperaturen under mätperioden.

Som framgår av figuren beskriver modellen relativt väl det generella mönstret dock överskattar modellen halterna kraftigt runt 11 mars. Enligt information från Finska Meteorologiska Institutet var det kallt med snö på marken före denna period. Snösmältning startar först i samband med denna period. Snösmältning innebär att upptorkningen av vägbanan fördröjs, dvs. vägbanan är fuktig under en längre period än om nederbörden sker som regn. Denna effekt finns inte med i SMHIs modell eftersom all nederbörd behandlas som regn. Modellen tenderar därför att torka upp vägbanan för snabbt och därigenom skapa för torra vägbanor, som medför för höga emissioner. För att testa denna hypotes inför vi ett enkelt kriterium för avdunstningen, nämligen att den är noll då temperaturen är under noll grader. Resultatet av beräkningarna med denna förändring i modellen visas i figur 13. Som framgår av figuren förbättras resultaten. Det bör dock betonas att detta kriterium är för grovt för att beskriva förhållandena vid snösmältning. Det kan också medföra att alltför låga emissioner beräknas vid andra tillfällen, varför inga förändringar i modellen görs innan detta har undersökts i mer detalj.



Figur 13. Som figur 12 men då avdunstningen antas försumbar vid temperaturer under 0 °C.

Slutsatser

- Skillnaderna i PM₁₀-halterna mellan Hornsgatan och Jagtvej är betydande. De lokala haltbidragen, räknat som 90-percentil, är ca fyra gånger större vid Hornsgatan. Orsaken är främst att dubbdäck och sand används vid Hornsgatan men ej vid Jagtvej, vilket kraftigt ökar vägslitage.
- SMHIs emissionsmodell (3) ger god överensstämmelse med mätdata för Hornsgatan för såväl år 2000 som år 2004.
- För Jagtvej finns det en stark korrelation mellan lokala PM₁₀- och lokala NO_x-halter. De lokala PM₁₀-halterna beror därför främst på trafiken och inte så mycket på vägbanans egenskaper. Modelleringen kan därigenom förenklas genom att använda en konstant emissionsfaktor.
- PM₁₀-halterna vid Hornsgatan och Runebergsgatan liknar varandra med starka årstidsvariationer och höga halter under senvinter/vår, som är typiskt för nordiska trafikmiljöer där dubbdäck används.
- För Runebergsgatan beskriver SMHIs emissionsmodell relativt väl det generella halt mönstret dock överskattas emissionerna vid snösmältning. En naturlig förbättring är därför att inkludera snösmältning i modellen, vilket föreslås göras i en kommande studie.

Referenser

- (1) SLB 4:2004. Partiklar i stadsmiljö- källor, halter och olika åtgärders effekter på halterna mätt som PM₁₀. Slutrapport av FOU projekt.
- (2) SIMAIR: Modell för beräkning av luftkvalitet i vägars närområde – slutrapport mars 2005. SMHI rapport 2005 nr 37.
- (3) Omstedt, G., Bringfelt, B., Johansson, C., 2005. A model for vehicle-induced non-tailpipe emissions of particles along Swedish roads. Atmospheric environment 39, 6088-6097.
- (4) Utvärdering av SIMAIR: en förstudie. SMHI rapport maj 2005.
- (5) NORDIC a database for evaluation of dispersion models on the local, urban and regional scale. SMHI, no 116, 2004.
- (6) Ketzel, Matthias, Gunnar Omstedt, Christer Johansson, Ingo Düring, Lars Gidhagen, Achim Lohmeyer, Ruwim Berkowicz, Peter Wåhlin: Estimation and validation of PM_{2.5}/PM₁₀ exhaust and non-exhaust emission factors for street pollution modelling. Presentation at the 5th Internatl. Conf. on Urban Air Quality (UAQ 2005), Valencia, Spain, 29-31 March 2005
- (7) Ruwim Berkowicz, 2005. Diskussioner under arbetsmötet för modellering av PM emissioner i olika nordiska trafikmiljöer. SMHI 4-5 okt.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien METEOROLOGI har tidigare utgivits:

- | | | |
|---|----|---|
| 1985 | 10 | Axelsson, G., Eklind, R. (1985)
Ovädret på Östersjön 23 juli 1985. |
| 1 Hagmarker, A. (1985)
Satellitmeteorologi. | 11 | Laurin, S., Bringfelt, B. (1985)
Spridningsmodell för kväveoxider i
gatumiljö. |
| 2 Fredriksson, U., Persson, Ch., Laurin, S.
(1985)
Helsingborgsluft. | 12 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggning i
Sofielund. |
| 3 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggningar i
Sofielund och Högdalen. | 13 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggning i
Högdalen. |
| 4 Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för SUPRAs
anläggningar i Köping. | 14 | Vedin, H., Andersson, C. (1985)
Extrema köldperioder i Stockholm. |
| 5 Andersson, C., Kwick, T. (1985)
Vindmätningar på tre platser på Gotland.
Utvärdering nr 1. | 15 | Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos
planerade bilfabrik i Uddevalla. |
| 6 Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för Ericsson,
Ingelstafabriken. | 16 | Kindell, S. Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende
industrikombinatet i Nynäshamn
(koncentrations- och luktberäkningar). |
| 7 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för olika plymlyft
vid avfallsvärmeverket Sävenäs. | 17 | Laurin, S., Persson, Ch. (1985)
Beräknad formaldehydspridning och
deposition från SWEDSPANs
spånskivefabrik. |
| 8 Fredriksson, U., Persson, Ch. (1985)
NO _x - och NO ₂ -beräkningar vid
Vasaterminalen i Stockholm. | 18 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industri-
kombinatet i Nynäshamn – depositions- |
| 9 Wern, L. (1985)
Spridningsberäkningar för ASEA
transformers i Ludvika. | | |

- beräkningar av koldamm.
- 19 Fredriksson, U. (1985)
Luktberäkningar för Bofors Plast i Ljungby, II.
 - 20 Wern, L., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - energicentralen.
 - 21 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - kompletterande beräkningar för fabrikerna.
 - 22 Karlsson, K.-G. (1985)
Information från Meteosat - forskningsrön och operationell tillämpning.
 - 23 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för AB Åkerlund & Rausings fabrik i Lund.
 - 24 Färnlöf, S. (1985)
Radarmeteorologi.
 - 25 Ahlström, B., Salomonsson, G. (1985)
Resultat av 5-dygnsprognos till ledning för isbrytarverksamhet vintern 1984-85.
 - 26 Wern, L. (1985)
Avesta stadsmodell.
 - 27 Hultberg, H. (1985)
Statistisk prognos av ytemperatur.
- 1986
- 1 Krieg, R., Johansson, L., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 3/1985.
 - 2 Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)
Air pollution impact assessment for the SABAH timber, pulp and paper complex.
 - 3 Ivarsson, K.-I. (1986)
Resultat av byggväderprognoser - säsongen 1984/85.
 - 4 Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridnings- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning i Skövde.
 - 5 Laurin, S. (1986)
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna.
 - 6 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning vid Ryaverken i Borås.
 - 7 Laurin, S. (1986)
Luften i Avesta - föroreningsbidrag från trafiken.
 - 8 Robertson, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för bromcyan.
 - 9 Wern, L. (1986)
Extrema byvindar i Orrefors.
 - 10 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositionsberäkningar för Halmstads avfallsförbränningsanläggning vid Kristinehed.
 - 11 Törnevik, H., Ugnell (1986)
Belastningsprognoser.
 - 12 Joelsson, R. (1986)
Något om användningen av numeriska prognoser på SMHI (i princip rapporten till ECMWF).
 - 13 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 4/1985.
 - 14 Dahlgren, L. (1986)
Solmätning vid SMHI.
 - 15 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för ett kraftvärmeverk i Sundbyberg.
 - 16 Kindell, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Uddevallas fjärrvärmecentral i Hovhult.
 - 17 Häggkvist, K., Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från ett antal källor inom SSAB Luleå-verken.
 - 18 Krieg, R., Wern, L. (1986)
En klimatstudie för Arlanda stad.
 - 19 Vedin, H. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige.
 - 20 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tibro.
 - 21 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartalsrapport 1/1986.

- 22 Kvik, T. (1986)
Beräkning av vindenergitillgången på några platser i Halland och Bohuslän.
- 23 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartalsrapport 2/1986.
- 24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H. (MISU), De Geer, L.-E. (FOA) (1986)
Tjernobylylyckan - En meteorologisk analys av hur radioaktivitet spreds till Sverige.
- 25 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Spendrups bryggeri, Grängesberg.
- 26 Krieg, R. (1986)
Beräkningar av vindenergitillgången på några platser i Skåne.
- 27 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB.
- 28 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för ny ugn, SSAB II.
- 29 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo Hallsbergverken.
- 30 Fredriksson, U. (1986)
SO₂-halter från Hammarbyverket kring ny arena vid Johanneshov.
- 31 Persson, Ch., Robertson, L., Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB - Luleåverken.
- 32 Kindell, S., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för SAABs planerade bilfabrik i Malmö.
- 33 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för svavelsyrafabrik i Falun.
- 34 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Västhamnsverket HKV1 i Helsingborg.
- 35 Persson, Ch., Wern, L. (1986)
Beräkningar av svaveldepositionen i Stockholmsområdet.
- 36 Joelsson, R. (1986)
USAs månadsprognoser.
- 37 Vakant nr.
- 38 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Utemiljön vid Kvarnberget, Lysekil.
- 39 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar av freon 22 från Ropstens värmepumpverk.
- 40 Fredriksson, U. (1986)
Vindklassificering av en plats på Hemsön.
- 41 Nilsson, S. (1986)
Utvärdering av sommarens (1986) använda konvektionsprognoshjälpmedel.
- 42 Krieg, R., Kvik, T. (1986)
Vindmätningar i höga master.
- 43 Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)
Vindarna över Sverige.
- 44 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanvätehalter.
- 45 Kvik, T., Krieg, R., Robertson, L. (1986)
Vindförhållandena i Sveriges kust- och havsband, rapport nr 2.
- 46 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för en planerad panncentral vid Lindsdal utanför Kalmar.
- 47 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BMs fabrik i Landskrona.
- 48 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för ELMO-CALFs fabrik i Svenljunga.
- 49 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från syrgas- och bensenupplag inom SSAB Luleåverken.
- 50 Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tidaholm.
- 51 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BM ABs anläggning i Braås.

- 52 Ericson, K. (1986)
Meteorological measurements performed May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI.
- 53 Wern, L., Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkning för Kockums Plåtteknik, Ronneby.
- 54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperatur-observationer.
- 55 Wern, L., Kindell, S. (1986)
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen.
- 56 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av NO_x inom Fagersta kommun.
- 57 Kindell, S. (1987)
Luften i Nässjö.
- 58 Persson, Ch., Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanväte.
- 59 Bringfelt, B. (1987)
Receptorbaserad partikelmodell för gatumiljömodell för en gata i Nyköping.
- 60 Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar för Varbergs kommun. Bestämning av halter av SO₂, CO, NO_x samt några kolväten.
- 61 Vedin, H., Andersson, C. (1987)
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden.
- 62 Wern, L., Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för Kockums Plåtteknik, Ronneby. 2.
- 63 Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C., Krieg, R. (1987)
Klimatkorrigering för energiförbrukningen i ett eluppvärmt villaområde.
- 64 Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för AB Åtå-Trycks planerade anläggning vid Kungens Kurva.
- 65 Melgarejo, J. (1987)
Mesoskalig modellering vid SMHI.
- 66 Häggkvist, K. (1987)
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand - numeriska beräkningar.
- 67 Persson, Ch. (1987)
Beräkning av lukt och föroreningshalter i luft runt Neste Polyester i Nol.
- 68 Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)
En överskalig klimatstudie för Tornby, Linköping.
- 69 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. Tillämpning på ett energiskogsområde.
- 70 Lindström, Kjell (1987)
Weather and flying briefing aspects.
- 71 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. En koefficientbestämning.
- 72 Liljas, E. (1988)
Förbättrad väderinformation i jordbruket - behov och möjligheter (PROFARM).
- 73 Andersson, Tage (1988)
Isbildning på flygplan.
- 74 Andersson, Tage (1988)
Aeronautic wind shear and turbulence. A review for forecasts.
- 75 Kållberg, P. (1988)
Parameterisering av diabatiska processer i numeriska prognosmodeller.
- 76 Vedin, H., Eriksson, B. (1988)
Extrem arealnederbörd i Sverige 1881 - 1988.
- 77 Eriksson, B., Carlsson, B., Dahlström, B. (1989)
Preliminär handledning för korrektion av nederbördsmängder.
- 78 Liljas, E. (1989)
Torv-väder. Behovsanalys med avseende på väderprognoser och produktion av bränsletorv.
- 79 Hagmarker, A. (1991)
Satellitmeteorologi.
- 80 Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)
Background report on air pollution situation in the Baltic states - a prefeasibility study. IVL Publikation B 1038.

- 81 Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. (1991)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90. Referensnormaler.
- 82 Vedin, H., Alexandersson, H., Persson, M. (1991)
Utnyttjande av persistens i temperatur och nederbörd för vårfloresprognoser.
- 83 Moberg, A. (1992)
Lufttemperaturen i Stockholm 1756 - 1990. Historik, inhomogeniteter och urbaniseringseffekt.
Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet.
- 84 Josefsson, W. (1993)
Normalvärden för perioden 1961-90 av globalstrålning och solskenstid i Sverige.
- 85 Laurin, S., Alexandersson, H. (1994)
Några huvuddrag i det svenska temperatur-klimatet 1961 - 1990.
- 86 Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)
En jämförelse mellan automatiska och manuella fältmätningar av temperatur och nederbörd.
- 87 Alexandersson, H., Eggertsson Karlström, C. och Laurin S. (1997).
Några huvuddrag i det svenska nederbörds-klimatet 1961-1990.
- 88 Mattsson, J., Rummukainen, M. (1998)
Växthuseffekten och klimatet i Norden - en översikt.
- 89 Kindbom, K., Sjöberg, K., Munthe, J., Peterson, K. (IVL)
Persson, C. Roos, E., Bergström, R. (SMHI). (1998)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds-kemi 1996.
- 90 Foltescu, V.L., Häggmark, L (1998)
Jämförelse mellan observationer och fält med griddad klimatologisk information.
- 91 Hultgren, P., Dybbroe, A., Karlsson, K.-G. (1999)
SCANDIA – its accuracy in classifying LOW CLOUDS
- 92 Hyvarinen, O., Karlsson, K.-G., Dybbroe, A. (1999)
Investigations of NOAA AVHRR/3 1.6 μm imagery for snow, cloud and sunglint discrimination
(Nowcasting SAF)
- 93 Bennartz, R., Thoss, A., Dybbroe, A. and Michelson, D. B. (1999)
Precipitation Analysis from AMSU (Nowcasting SAF)
- 94 Appelqvist, Peter och Anders Karlsson (1999)
Nationell emissionsdatabas för utsläpp till luft - Förstudie.
- 95 Persson, Ch., Robertson L. (SMHI)
Thaning, L (LFOA). (2000)
Model for Simulation of Air and Ground Contamination Associated with Nuclear Weapons. An Emergency Preparedness Model.
- 96 Kindbom K., Svensson A., Sjöberg K., (IVL) Persson C., (SMHI) (2001)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds-kemi 1997, 1998 och 1999.
- 97 Diamandi, A., Dybbroe, A. (2001)
Nowcasting SAF
Validation of AVHRR cloud products.
- 98 Foltescu V. L., Persson Ch. (2001)
Beräkningar av moln- och dimdeposition i Sverigemodellen - Resultat för 1997 och 1998.
- 99 Alexandersson, H. och Eggertsson Karlström, C (2001)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990. Referensnormaler - utgåva 2.
- 100 Korpela, A., Dybbroe, A., Thoss, A. (2001)
Nowcasting SAF - Retrieving Cloud Top Temperature and Height in Semi-transparent and Fractional Cloudiness using AVHRR.
- 101 Josefsson, W. (1989)
Computed global radiation using interpolated, gridded cloudiness from the MESA-BETA analysis compared to measured global radiation.
- 102 Foltescu, V., Gidhagen, L., Omstedt, G. (2001)
Nomogram för uppskattning av halter av PM_{10} och NO_2
- 103 Omstedt, G., Gidhagen, L., Langner, J. (2002)
Spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleeldning – analys av $\text{PM}_{2.5}$ data från Lycksele med hjälp av två Gaussiska spridningsmodeller.

- 104 Alexandersson, H. (2002)
Temperatur och nederbörd i Sverige 1860 - 2001
- 105 Persson, Ch. (2002)
Kvaliteten hos nederbördskemiska mätdata som utnyttjas för dataassimilation i MATCH-Sverige modellen".
- 106 Mattsson, J., Karlsson, K-G. (2002)
CM-SAF cloud products feasibility study in the inner Arctic region
Part I: Cloud mask studies during the 2001 Oden Arctic expedition
- 107 Kärner, O., Karlsson, K-G. (2003)
Climate Monitoring SAF - Cloud products feasibility study in the inner Arctic region. Part II: Evaluation of the variability in radiation and cloud data
- 108 Persson, Ch., Magnusson, M. (2003)
Kvaliteten i uppmätta nederbörds mängder inom svenska nederbördskemiska stationsnät
- 109 Omstedt, G., Persson Ch., Skagerström, M (2003)
Vedeldning i småhusområden
- 110 Alexandersson, H., Vedin, H. (2003)
Dimensionerande regn för mycket små avrinningsområden
- 111 Alexandersson, H. (2003)
Korrektion av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik
- 112 Joro, S., Dybbroe, A.(2004)
Nowcasting SAF – IOP
Validating the AVHRR Cloud Top Temperature and Height product using weather radar data
Visiting Scientist report
- 113 Persson, Ch., Ressner, E., Klein, T. (2004)
Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen
Metod- och resultatsammanställning för åren 1999-2002 samt diskussion av osäkerheter, trender och miljömål
- 114 Josefsson, W. (2004)
UV-radiation measured in Norrköping 1983-2003.
- 115 Martin, Judit, 2004
Var tredje timme – Livet som väderobservatör
- 116 Gidhagen, L., Johansson, C., Törnquist, L. (2004)
NORDIC – A database for evaluation of dispersion models on the local, urban and regional scale
- 117 Langner, J., Bergström, R., Klein, T., Skagerström, M. (2004)
Nuläge och scenarier för inverkan på marknära ozon av emissioner från Västra Götalands län – Beräkningar för 1999
- 118 Trolez, M., Tetzlaff, A., Karlsson, K-G. (2005)
CM-SAF Validating the Cloud Top Height product using LIDAR data
- 119 Rummukainen, M. (2005)
Växthuseffekten



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping · Tel 011-495 8000 · Fax 011-495 8001
www.smhi.se