

Vad dubbdäcks- förbudet på Horns- gatan har betytt för luftkvaliteten



Christer Johansson, Michael Norman, Lars Burman

Förord

Denna utredning är genomförd på uppdrag av Trafikkontoret (Stockholms stad), Johanna Salén.

Analyserna av dubbdäcksförbudet på Hornsgatan baseras på mätningar av partikelhalterna i innerstaden och längs Essingeleden, dubbdäcks- och trafikräkningar på flera platser, trafikdata från trängselskatteportalerna och beräkningar med emissionsmodeller och spridningsmodeller. Uppgifter om sandning m m har tillhandahållits av Tord Larsson på Trafikkontoret. Trafikkontoret har även svarat för mätningarna av trafikflödena på flera av gatorna på Södermalm.

Flera personer på SLB-analys har medverkat i arbetet: Billy Sjövall, Magnus Brydolf, Lars Burman och Michael Norman. Rapporten har sammanställts av Christer Johansson, Lars Burman och Michael Norman.

För att isolera effekten av dubbdäckens inverkan på PM10-halterna har vi använt en beräkningsmodell som har utvecklats inom ramen för ett Nordiskt samarbetsprojekt (NORTRIP) och som har finansierats av Nordiska Ministerrådet. Vi vill rikta ett stort tack till Bruce Denby vid NILU (Norge) som har ansvarat för programmeringen och är upphovsman till beräkningsmetoderna. Han har på ett avgörande sätt bistått till analyserna i denna del av rapporten.

Stockholm i juni 2011

Christer Johansson

Innehåll

Slutsatser.....	5
Lägre uppmätta PM10-halter 2010 och 2011 jämfört med tidigare år	5
Trafiken minskade på Hornsgatan.....	5
Lägre dubbdäcksandelar - inte bara på Hornsgatan	5
Ökad användning av sand och salt 2010 och 2011 jämfört med tidigare år p g a kalla vintrar	6
Inverkan av vädret på PM10	6
Effekten av den minskade användningen av dubbdäck för PM10-halterna på Hornsgatan	6
Vilken dubbdäcksandel krävs för att klara normerna?	6
Påverkan av förbudet på hela befolkningens exponering	6
Conclusions	8
Lower PM10 concentrations recorded for 2010 and 2011 as compared to earlier years	8
Reduced traffic on Hornsgatan.....	8
Decreased use of studded tires – not only on Hornsgatan.....	8
Increased use of sand and salt as gritting material due to cold and snowy weather	9
The importance of the weather for PM10	9
Effect on particle generation and concentrations of PM10 of reduced studded tire shares on Hornsgatan	9
What is the maximum possible share of studded tires to avoid limit value exceedances?	9
Effect on population exposure.....	9
Bakgrund	10
Syfte.....	10
Rapportens upplägg.....	11
Redovisning av uppmätta PM10-halter.....	11
Jämförelse med miljö kvalitetsnormerna	11
Uppmätt variation av PM10-halterna under olika år	12
Meteorologiska förhållanden; fuktiga vägbanor och låga vindhastigheter	15
Hur påverkades fordonsflödena?.....	17
Minskade trafikmängder på Hornsgatan	17
Oförändrade trafikmängder på närliggande gator till Hornsgatan.....	18
Oförändrade trafikmängder på Essingeleden	19
Oförändrad trafik till och från innerstaden enligt trängselskatteportaler.....	20
Hur påverkades dubbdäcksanvändningen?	20
Minskade dubbdäcksandelar i innerstaden och på infartsleder	20
Färre fordon med dubbdäck på Hornsgatan	22
Ökad användning av sand, salt och flis	23
Hur påverkades PM10 av minskad dubbdäcksanvändning?	24

Vilken dubbdäcksandel krävs för att klara normerna?	29
Hur har totala utsläppen och befolkningens exponering för PM10 påverkats av dubbdäcksförbudet på Hornsgatan?	30
Utsläppsberäkningar och emissionsfaktorer.....	31
Emissionsfaktorer.....	32
Beräknade PM10-halter och befolkningsexponering	32
Referenser.....	34

Slutsatser

Dubbdäcksförbud i syfte att förbättra luftkvaliteten avseende halter av partiklar, PM10, infördes på Hornsgatan i Stockholms innerstad 1 januari 2010. I tillägg till förbudet beslutade regeringen att förkorta perioden då dubbdäck är tillåtet med 2 veckor till 15 april. Avsikten med denna rapport är att beskriva vad förbudet hittills (t o m maj 2011), har betytt för dubbdäcksanvändningen, emissionerna och halterna av partiklar (PM10).

Sammantaget har dubbdäcksförbudet och den förkortade dubbdäckssäsongen...

- minskat dubbdäcksanvändningen på Hornsgatan från ca 60-70 % vintertid (lätta fordon) till ca 30 % och till ca 50 % på andra gator i innerstaden samt från ca 70 % till ca 60 % längs infarterna
- minskat trafikmängden på Hornsgatan med ca 15 % på årsbasis och halverat utsläppen av PM10. Minskningen består främst av minskat vägbaneslitage, men även minskat slitage från bromsar och däck samt mindre avgasutsläpp av PM10
- medfört att de totala utsläppen av partiklar för hela innerstaden har minskat med ca 45 ton per år eller ca 20 % i jämförelse med ett nollalternativ utan förbud
- inneburit minskad bildning av PM10 och därmed lägre luftföroreningshalter, men inte tillräckligt för att klara miljökvalitetsnormerna
- medfört lägre befolkningsexponering av partiklar för Stockholmarna (i ungefär i samma storleksordning som trängselskatten) och därmed minskat risken för att befolkningen ska besväras och drabbas av ökad sjuklighet och förtida dödlighet.

Nedan följer mer detaljerade slutsatser.

Lägre uppmätta PM10-halter 2010 och 2011 jämfört med tidigare år

Halterna av partiklar PM10 vid mätstationen på Hornsgatan har sjunkit under de senaste 10 åren och har varit bland de lägsta under 2010 och 2011, även om miljökvalitetsnormerna överskrids. Normerna klarades däremot vid mätstationerna på Norrlandsgatan och Sveavägen 2009 och 2010. Hittills i år, 2011, överskrids normerna vid alla mätstationer i innerstaden förutom på Norrlandsgatan. I rapporten analyseras alla faktorer som påverkar emissionerna och halterna av partiklar för att klargöra betydelsen av dubbdäcksförbudet för PM10-halterna 2010 och 2011.

Trafiken minskade på Hornsgatan

Antalet fordon på Hornsgatan minskade påtagligt när förbudet infördes 1 januari 2010. Under årets tre första månader var minskningen ca 25 % (ca 6 500 fordon per dygn) i jämförelse med samma period året före. På våren när dubbdäckssäsongen var över ökade trafiken till en mer normal nivå. För hela året 2010 var det ca 4 000 färre fordon per dygn jämfört med 2009 och 2008 (motsvarar en sänkning med 15 %). Mätningarna hittills under år 2011 (jan t o m maj) visar att dubbdäcksförbudets trafikminskning håller i sig eller är något större jämfört med 2010 (ca 500 färre fordon per dygn). På omkringliggande gator till Hornsgatan noterades initialt en del trafikökningar på ca 100-500 fordon per dygn, på Högbergsgatan, S:t Paulsgatan, Hornsbruksgatan och Lundagatan. Efterföljande mätningar under hösten 2010 och våren 2011 visar att trafikmängderna har närmast sig nivåerna som mättes upp före förbudet.

Trafiken på Essingeleden (vid Lilla Essingen) har sedan 2008 legat på ungefär samma nivå sett som årsmedelvärde, ca 130 000 fordon per medeldygn. Likaså har trafiken som registreras till och från innerstaden vid stadens trängsel-skatteportaler visat små förändringar åren 2008-2011. Registreringarna av trafiken på Essingeleden och vid trängsel-skatteportalerna indikerar att de senaste vintrarnas stora snömängder och kalla väder endast har påverkat trafiken i staden marginellt.

Lägre dubbdäcksandelar - inte bara på Hornsgatan

Under början av år 2010 var andelen dubbdäck bland lätta fordon, som till största delen utgörs av personbilar, ca 40 % jämfört med 65 % till drygt 70 % tidigare år. Under våren 2010 minskade andelen betydligt tidigare än normalt, sannolikt beroende på att perioden då dubbdäck är tillåtet hade förkortats. Uppgången av dubbdäcksandelen under hösten år 2010 var inte lika snabb som tidigare år och i slutet av 2010 var andelen ca 35 %. I absoluta tal innebär det en minskning från ca 16 000 fordon med dubbdäck per dygn under vintern, till ca 6 000. Det motsvarar en minsk-

ning av antalet ”dubbfordon” med ca 60 %. Trafiken minskade kraftigt, ca 18 % för perioden januari – maj 2010 jämfört med 2009.

Under första månaderna av 2011 har andelen fordon med dubbdäck på Hornsgatan fortsatt att minska. Andelen har legat på ca 30 %, vilket är ungefär 10 procentenheter lägre än samma period 2010 och mer än en halvering i jämförelse med åren 2003-2007. Fortfarande trafikeras dock Hornsgatan av ca 6 000 fordon per dygn med dubbdäck, som alltså trotsar förbudet vintertid. Dessa utgör ungefär 30 % av trafiken. Även på andra gator i innerstaden som inte har förbud och längs infarterna har dubbdäcksanvändningen minskat. På Sveavägen, Folkungagatan och Lundagatan är minskningen ungefär 5 procentenheter mellan vintern 2009/10 och vintern 2010/11. Det innebär en innevarande dubbdäcksandel på ca 50 %.

Ökad användning av sand och salt 2010 och 2011 jämfört med tidigare år på gator och kalla vintrar

År 2010 och 2011 var ovanligt kalla och snörika, vilket gjorde att en betydligt större mängd sand och salt har lagts ut på gator och trottoarer på Södermalm jämfört med tidigare år. Detta kan bidra till ökade PM10-halter, vilket motverkar effekten av den minskade användningen av dubbdäck. Sanden kan bidra till PM10 genom att den i sig innehåller mycket små partiklar som suspenderas då vägbanorna torkar upp. Större sandkorn i sanden kan också malas ner av dubbdäcken till fint material som bidrar till PM10.

Inverkan av vädret på PM10

Vädret har stor betydelse för luftföroreningshalterna. När det gäller partiklar, PM10, påverkas halterna på två sätt. Dels av att luftens omblandning varierar, t.ex. att mer blåstigt väder ger lägre halter när partiklarna späds ut, dels av att blött, snöigt och kallt väder gör att mindre mängder vägdamm suspenderas från vägbanorna. Vintrarna 2009/2010 och 2010/2011 var båda ovanligt kalla och snörika. Detta gjorde att vägbanorna var isiga eller slaskiga vilket minskade mängden vägdamm som suspenderades. Samtidigt var luften kall och stabil, vilket gjorde att luftomblandningen var mindre än vanligt. Detta medverkar till att luftföroreningshalterna ökar eftersom utsläppen inte späds ut lika effektivt. Vädret har alltså både varit gynnsamt och ogynnsamt ur luftföroreningsperspektiv, men den effekt som främst påverkat PM10-halterna är de isiga/våta vägbanornas effekt på suspensionen av partiklar från vägbanorna.

Effekten av den minskade användningen av dubbdäck för PM10-halterna på Hornsgatan

För att kunna separera effekten av dubbdäcken för PM10-halterna på Hornsgatan analyserades de uppmätta halterna med hjälp av en nyutvecklad beräkningsmodell som tar hänsyn till dubbdäcksslitaget och de faktorer som påverkar suspensionen av partiklar från vägbanan. Med hjälp av modellen studerades också betydelsen av förkortad period då dubbdäck tillåts och betydelsen av beslutet att minska antalet dubbar per däck.

För 2010 och 2011 beräknas PM10-halterna under 1 januari till 31 maj vara 6,7 respektive 13,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lägre tack vare införandet av dubbdäckförbudet samt förkortad dubbdäckssäsong jämfört med utan förbud och kortare säsong. Det motsvarar en total haltminskning på 14 % för 2010 och 25 % för 2011 och en minskning av PM10 som vägdamm med 25 % respektive 39 %. Effekten av enbart kortare dubbdäckssäsong är beräknad till 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive 2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för 2010 och 2011.

Beräkningarna visar alltså på betydligt större effekt under 2011 jämfört med 2010. Bidragande orsaker har varit att dubbdäckförbudet började gälla 1 januari 2010 och att hela höstsäsongen 2009 hade både högre dubbdäcksandel och trafik än hösten 2010. Dessutom sjönk dubbdäcksanvändningen något från vintern/våren 2010 till vintern/våren 2011 vilket också har bidragit.

Vilken dubbdäcksandel krävs för att klara normerna?

Resultaten visar att de nationella reglerna med två veckor kortare dubbdäckssäsong samt färre antal dubbar per däck inte är tillräckligt för att klara normen. För 2008 skulle det dessutom ha krävts en dubbdäcksandel under 20 % för att klara normen. För 2009 skulle det ha krävts en dubbdäcksandel under 10 %. Variationerna mellan åren beror på den stora betydelsen av meteorologin. Om trafikminskningen som observerats på Hornsgatan efter dubbdäcksförbudet skulle bli permanent skulle en något högre dubbdäcksandel kunna tolereras för att klara normen.

Påverkan av förbudet på hela befolkningens exponering

Att klara miljö kvalitetsnormerna är inte tillräckligt för att helt eliminera riskerna för påverkan på besvär, sjuklighet och dödlighet bland befolkningen i Stockholmsregionen. Befolkningens exponering för partiklar, PM10, har beräk-

nats med hjälp av modeller som tar hänsyn till emissionerna av partiklar från alla gator i regionen tack vare den minskade dubbdäcksanvändningen och den minskade trafikmängden på Hornsgatan.

Beräkningarna som avser genomsnittet för ett helt år med 2011 års dubbdäcksandelar och normala typiska väderförhållanden för de senaste 15 åren (d v s inte förhållandena år 2011), visar att årsmedelvärdet av PM10-halterna förväntas sjunka med som mest ca $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i den urbana bakgrundsluften¹ över centrala Stockholm. Minskningarna är väsentligt större längs de mest trafikerade gatorna. Den beräknade minskningen för centrala Södermalm (i taknivå) är $0,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket motsvarar 4,4 % av den total uppmätta halten under 2010 ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Denna minskning av PM10-halterna är i samma storleksordning som minskningen i samband med att trängselskatten infördes. En utökning av förbudet (eller avgifter) för hela innerstaden eller annat område skulle kunna leda till betydligt större minskningar av PM10-halterna och därmed ytterligare minska hälsoriskerna med exponeringen.

¹ Med urban bakgrund menas halten i taknivå eller i parker en bit från trafikerade vägar.

Conclusions

With the purpose of improving air quality with respect to particles, PM10, a ban of studded tires on Hornsgatan, a densely trafficked street in the inner city of Stockholm, was introduced from January 1, 2010. In addition, the period during which the use of studded tires everywhere is allowed, was shortened by two weeks from end of April to April 15. The purpose of this report is to describe the impact on the emissions and concentrations of particulate matter (PM10) of the ban on Hornsgatan so far (until May 2011).

Shortly, the ban on Hornsgatan have ...

- reduced the maximum share of studded tires from 60% -70% of the light duty vehicles on Hornsgatan to 30%. On other streets in the inner city the share was reduced to ca 50% and along access and bypass roads from 70% to ca 60%.
- reduced the traffic on Hornsgatan with 15% as yearly average
- reduced annual emissions of PM10 on Hornsgatan by ca 50% mainly due to reduced road wear, but also to minor extent due to reduced brake, tire and exhaust emissions
- led to reduced emissions of PM10 due to studded tire use, in the whole inner city of around 20% as compared to a situation without the ban
- led to reduced population exposure to PM10, approximately of the same order of magnitude as the congestion tax toll system, and thereby led to reduced risks for annoyance, mortality and morbidity among the population.

Below follows more detailed conclusions and the effect of different factors other than the ban on PM10 concentrations and emissions.

Lower PM10 concentrations recorded for 2010 and 2011 as compared to earlier years

The concentrations of PM10 on Hornsgatan have decreased during the last 10 years with lowest concentrations ever measured during 2010 and 2011, but still concentrations exceed the limit values. The limit value was however not exceeded on Norrlandsgatan and Sveavägen 2010. Already now, June 2011, it can be concluded that concentrations are exceeding the limit values (i.e. more of the days than 35 have mean levels higher than $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on almost all streets in the inner city, where measurements are being made.

Reduced traffic on Hornsgatan

The number of vehicles on Hornsgatan decreased when the studded tire ban was introduced. During the first 3 months the reduction was ca 25% (ca 6 500 vehicles per day) compared to the year before. During the late spring, 2010 when the use of studded tires diminished, the number of vehicles returned to the same level as the year before. Over the whole year 2010 there was around 4 000 fewer vehicles per day (15 %) compared to 2009 and 2008. The measurements during January-May 2011 show that the traffic reduction was about the same or even slightly higher than 2010. Along streets surrounding Hornsgatan there was initially an increased traffic of 100 -500 vehicles per day but measurements during spring 2011 show only small changes in traffic on these streets compared to before the ban.

Traffic on the bypass Essingeleden has been about the same since 2008, around 130 000 vehicles per day (including both weekdays and weekends). Furthermore the traffic passing in and out of Stockholm via the congestion tax toll stations have shown minor changes during 2008-2011. Traffic registrations on the Essingeleden bypass and the congestion tax toll stations indicate that the large amount of snow and cold weather during the last two winters have had marginal effect on the total traffic volume in the city.

Decreased use of studded tires – not only on Hornsgatan

During the beginning of 2010, the share of studded tires among the light duty cars, was ca 40%, as compared to 65% to 70% earlier years. During the spring 2010 the use of studded tires decreased more rapidly than previous years, likely due to the general law stating a shorter period allowed to use studded tires. The increase during the autumn 2010 was not as rapid as earlier years and it stayed at 35% at the end of the year, which is lower than earlier. In absolute numbers this means a decrease from 16 000 vehicles to 6 000 vehicles with studded tires per day on Hornsgatan. This corresponds to a 60% decrease of the number of studded tire vehicles. Total traffic during January to May 2010 was about 18% lower compared to 2009.

During the first months of 2011 the studded tire share has been around 30%, i.e. even lower than 2010 and a reduction by a factor of 2 since 2003-2007. But still, there are 6 000 vehicles per day travelling on Hornsgatan, despite the ban. These vehicles are about 30% of the total traffic on Hornsgatan. Also other streets in the city center have had lower shares of studded tires during 2011 compared to 2010.

Increased use of sand and salt as gritting material due to cold and snowy weather

Since winters 2010 and 2011 were unusually cold and rich in snow, much more sand and salt was applied on the streets to minimize slippery roads. This could have contributed to higher emissions of PM10 compared to earlier. This is due both to the PM10 contained in the sand and to the so called “sand paper effect”, i.e. increased road wear due to studded tires grinding stone material in the asphalt as well as grinding the sand to finer materials. The PM10 formed may be suspended during dry road conditions.

The importance of the weather for PM10

The weather is very important for air pollution levels in general. For PM10, concentrations are affected both due to the dilution by turbulence which depends on wind speed and stability, and through the impact of dry and wet road surfaces on suspension of PM10. As the last two winters were very cold with more snow than earlier, roads were icy or wet making suspensions of PM10 being much lower than earlier years. It has also been shown that wet roads increase wear rates if studded tires are being used. The atmospheric mixing was more stable due to low wind speeds and cold weather, leading to reduced dilution of emitted PM10. In summary weather has been both favorable and unfavorable for air quality.

Effect on particle generation and concentrations of PM10 of reduced studded tire shares on Hornsgatan

In order to separate the effect of reduced studded tire share on PM10 at Hornsgatan, from all other influencing factors such as road wetness and other effects of meteorology, a recently developed road wear model was applied. The model includes parameterizations of PM10 formation and emission due to tire road interactions depending on road conditions. The reduced use of studded tires and shorter period allowed to use studded tires is estimated to have reduced the PM10 concentrations by 6.7 and 13.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, for the period 1 Jan to 31 May 2010 and 2011, respectively. This corresponds to a reduction of 14% (2010) and 25% (2011) of the total PM10 concentrations. The sole effect of shorter period is estimated to have reduced PM10 concentrations by 1.9 and 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for 2010 and 2011, respectively. The larger effect on 2011 compared 2010 is due to less studded tires during the winter and spring. Another reason is that the ban was in force during the autumn 2011, with less studded tires and reduced production of wear particles, but not for autumn 2010.

What is the maximum possible share of studded tires to avoid limit value exceedances?

The analyses have shown that the maximum share of studded tires allowed to avoid exceedances of the limit value for PM10, depend strongly on the weather conditions. For 2008, the share of studded tires had to be lower than 20% and fewer studs per tire¹ according to the regulation decided by the national government. For 2009 not more than 10% studded tire share and fewer studs per tire would have been needed. These estimates are made for normal traffic amounts. With the reduced traffic, as observed 2010 and 2011, a somewhat higher studded tire share could have been allowed without exceeding the limit values.

Effect on population exposure

To achieve the limit value is not enough to fully reduce the risk of increased annoyance, morbidity and premature mortality due to PM10 emissions from the use of studded tires. The impact of the ban of studded tires on Hornsgatan on the population exposure to PM10, have been calculated using an emission database and Gaussian dispersion model. The emissions correspond to the conditions for 2011, including the effects of the reduced PM10 along all streets in the city and on the larger access and bypass roads, which also had reduced shares of studded tires. A climatology representing weather conditions of the last 15 years was used as input to the dispersion model. Calculations showed that urban background annual mean PM10 concentrations would decrease by at most 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in central Stockholm. The decrease at the urban background station was calculated to be 0.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, corresponding to a decrease of 4.4% of the measured total PM10 concentration. The population weighted mean PM10 concentration was estimated to be reduced by 0.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The reduction is of the same order as the estimate for the impact of the congestions tax. Extending the ban to more streets or introducing fees for use of studded tires would further significantly reduce PM10 emissions and thereby population exposures. This is expected to have important beneficial effects on annoyance, morbidity and mortality of the population.

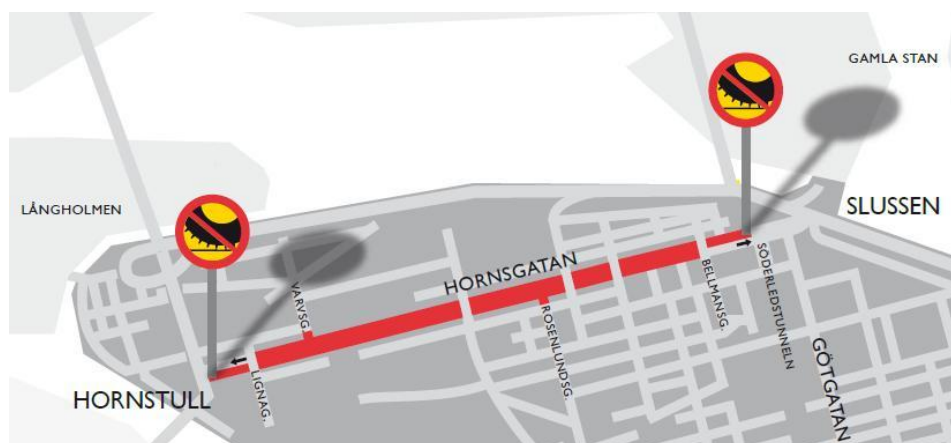
¹ The government has also decided to regulate the total number of studs allowed per tire. From July 1, 2013, a tire may have maximum 50 studs per meter circumference.

Bakgrund

Miljökvalitetsnormerna och EU:s gränsvärden för partikelhalter, PM10, överskrids längs de mest trafikerade gatorna i Stockholm. Det mest effektiva sättet att minska PM10-halterna är att minska andelen dubbdäck, eftersom de står för den största delen av den lokala trafikens bidrag till halterna (Johansson, 2006; Johansson et al., 2008). Både mängden grova partiklar (mellan 2.5 och 10 µm i diameter) och antalet ultrafina och nanopartiklar (<0,1µm) ökar då dubbdäck används (Gustafsson et al., 2009). Dubbdäcken orsakar dessutom en rad andra problem såsom högre bullernivåer och ökat slitage av vägbanorna jämfört med odubbade vinterdäck. Vägbaneslitaget bidrar till nedsmutsning och ökade utsläpp av andra miljöpåverkande föroreningar än luftburna partiklar. De grova partiklarna som bildas och bidrar till förhöjda PM10 halter i luften, har påvisats ge upphov till ökad sjuklighet och dödlighet bland befolkningen (Meister et al., 2011).

Under hösten 2009 beslutade regeringen att ge kommunerna möjlighet att på viss väg eller vägsträcka meddela förbud mot fordonstrafik med dubbdäck. Trafik- och renhållningsnämnden i Stockholm beslutade att införa ett förbud mot fordonstrafik med dubbdäck på Hornsgatan i Stockholms innerstad från och med den 1 januari 2010. Förbudet gäller på Hornsgatan österut mellan Långholmsgatan – Bellmansgatan och västerut från Söderledstunneln till Lignagatan. (Figur 1). Förbud mot dubbdäck gäller också på sträckorna Rosenlundsgatan mellan Krukmakargatan och Hornsgatan och Varvsgatan mellan Hornsgatan och Hornsbruksgatan. Här införs förbudet för att minska risken för backande eller vändande trafik och i stället skapa en trafiksäker miljö vid korsningarna. Hornsgatan får korsas med dubbdäck. I tillägg till förbudet beslutade regeringen att korta perioden då dubbdäck är tillåtet med 2 veckor till 15 april. För däcktillverkade efter den 1 juli 2013 genomförs också en begränsning av antalet tillåtna dubbar i dubbdäck till 50 stycken per meter rullomkrets. Detta ger på sikt en minskning av antalet dubbar med ca 15 % och eventuellt en motsvarande minskning av vägslitage och partikelemissioner (Vägverket, 2008).

Under hösten 2009 pågick också omfattande informationskampanjer om dubbdäcksförbudet på Hornsgatan. I november fanns annonser om förbudet ute i media. Informationen kopplades till budskapet att förbudet infördes för att förbättra luftkvaliteten. Informationsskyltar om förbudet på Hornsgatan sattes upp vid infarterna på Huddingevägen, Södertäljevägen, Nynäsvägen och Londonviadukten. Pressmeddelanden gick ut under hösten och vintern och förbudet debatterades livligt i media. Parallellt med informationen om förbudet på Hornsgatan har ”attitydförändrande kommunikation” ägt rum. Budskapet har varit ”Dra in klorna i vintertrafiken. Välj dubbfria vinterdäck för bättre miljö i Stockholm”.



Figur 1. Dubbdäcksförbudets omfattning på Hornsgatan i Stockholms innerstad, Södermalm.

Syfte

Avsikten med denna rapport är att kortfattat belysa vad dubbdäcksförbudet hittills (år 2010 och jan-maj 2011) har betytt för dubbdäcksanvändningen, emissionerna, halterna av partiklar (PM10) och för befolkningens exponering och hälsa.

Rapportens upplägg

För att belysa vilken betydelse den minskade användningen av dubbdäck haft för PM10 krävs att hänsyn tas till hur andra faktorer kan ha påverkat halterna och bildningen av PM10. Flera faktorer påverkar PM10-halterna (Johansson et al., 2010):

- Dubbdäckens slitage av vägbanorna bidrar till ökad bildning av PM10
- Utlagd sand och stenflis kan bidra till PM10 direkt genom att materialet innehåller PM10, dels genom att större stenmaterial mals ner till PM10 och/eller indirekt genom att slitaget av vägbanor och däck ökar
- Partiklar från däck- och bromsslitage kan ge visst bidrag
- Vägbanornas fuktighet påverkar vägbaneslitaget (slitaget är större på våta vägbanor än torra) och har en avgörande betydelse för mängden vägdamm som suspenderas (virvlas upp) till luften (främst genom fordons turbulens)
- Snö och isiga vägbanor minskar suspensionen av vägdamm
- Trafikmängden - mer trafik ökar avgas- och slitageemissionerna
- Fordonshastigheten – högre hastighet ökar vägbaneslitaget då dubbdäck används och suspensionen av vägdamm från torra vägbanor. Högre hastighet ökar också utspädningen via ökad turbulens, vilket minskar halterna
- Vindhastighet, temperatur och solinstrålning påverkar utspädningen, upptorkningen och suspensionen av vägdamm, vilket kan både öka och minska partikelhalterna och partikelemissionerna.

Kopplingen mellan de meteorologiska faktorerna och trafikförhållandena gör att det är speciellt komplicerat att kvantifiera hur en enskild faktor påverkar PM10-emissionerna.

I denna rapport presenteras först mätningarna av PM10-halterna på olika gator i förhållande till normerna och hur halterna varierat under olika år beroende på alla faktorer ovan. Därefter går vi igenom hur de viktigaste faktorerna har varierat under de senaste vintersäsongerna och hur detta påverkat PM10-halterna. Med hjälp av en nyligen utvecklad modell uppskattas betydelsen av den förkortade säsongen och den minskade dubbdäcksandelen för PM10 bildningen och halterna. Slutligen presenteras en beräkning av vad dubbdäcksförbudet betytt för den totala befolkningens genomsnittliga exponering för PM10 med hänsyn till den minskade dubbdäcksandelen på innerstadsgatorna och infartslederna.

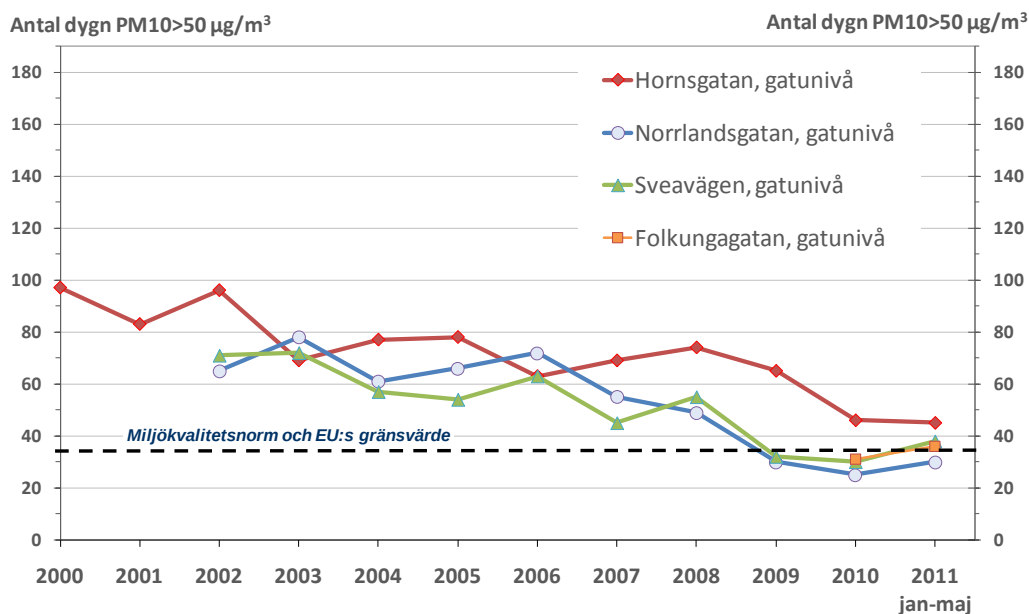
För information om mätprogram och mätmetoder hänvisas till årsrapporter på SLB:s hemsida.

Redovisning av uppmätta PM10-halter

Jämförelse med miljö kvalitetsnormerna

Till skydd för människors hälsa får dygnsmedelvärdet för koncentrationen av partiklar, PM10 i luften inte överskrida $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mikrogram per kubikmeter) mer än 35 gånger per kalenderår. Vid mätstationen på Hornsgatan, väster om Ringvägen, överskreds dygnsmedelvärdet 46 gånger under år 2010 (Figur 2). Hittills under 2011 (jan t o m maj) är antalet överskridanden 45 (Tabell 1). De höga halterna innebär att svensk miljö kvalitetsnorm och EU:s gränsvärde inte följs. Under år 2009 och 2010 klarades normen för partiklar, PM10 vid mätstationerna på Sveavägen och Norrlandsgatan. Även på Folkungagatan klarades normen år 2010, däremot har den redan överskridits under 2011 liksom på Sveavägen.

Men generellt var halterna betydligt lägre 2010 och 2011 jämfört med tidigare år. Förklaringen till de lägre halterna under året var främst den snörika och blöta vintern som förhindrade uppvirvling av partiklar, men att dubbdäcksandelarna har minskat bidrog också (diskuteras längre fram i rapporten). En mer detaljerad redovisning av halterna i förhållande till normer och direktiv presenteras i årsrapporterna på <http://www.slb.nu/lvf>.



Figur 2. Antal dygn med PM10-halter högre än 50 µg/m³ under 2000-2011 på Hornsgatan, Sveavägen, Norrlandsgatan och Folkungagatan i Stockholms innerstad. (För 2011 är endast dagar 1 januari till 31 maj medräknade.)

Tabell 1. Sammanställning av PM10-halterna i relation till miljö kvalitetsnormerna hittills i år (januari – maj 2011).

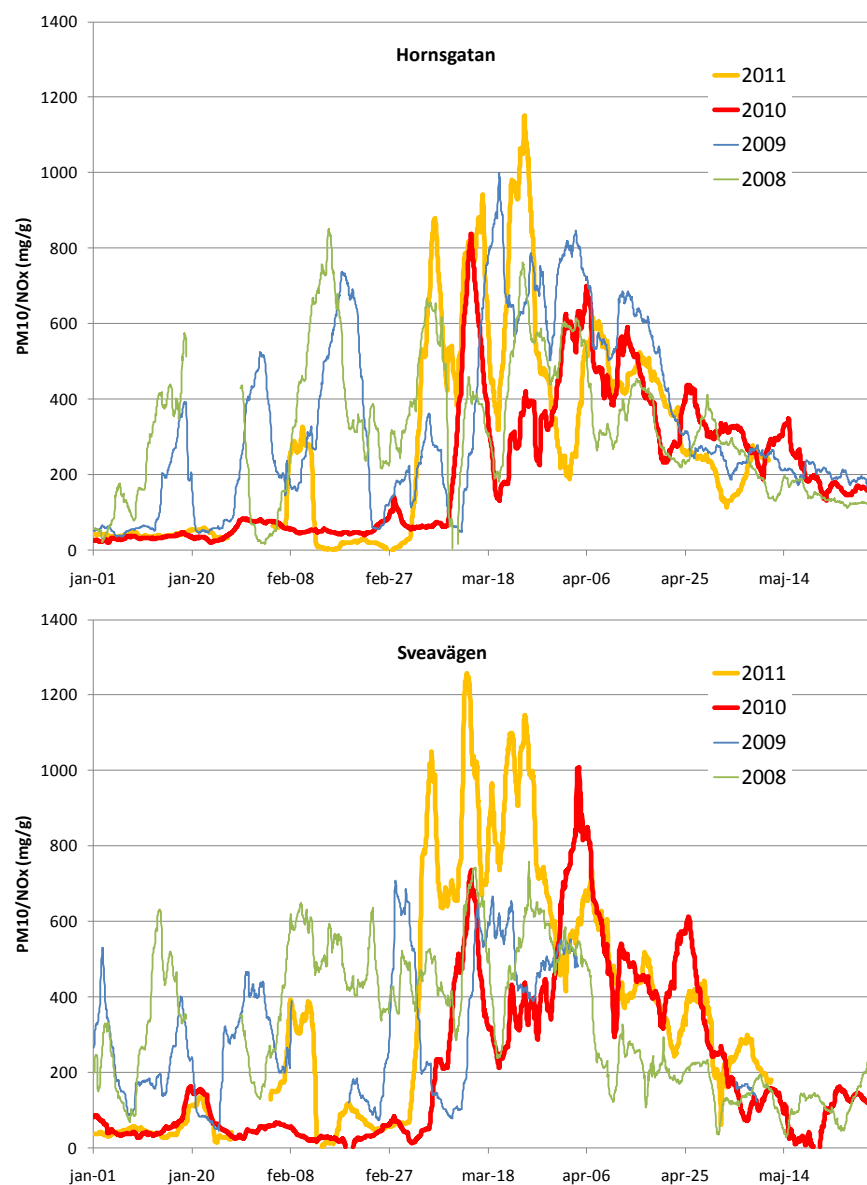
År 2011, jan t.o.m. maj	Antal dygnsmedelvärden >50 µg/m³ (max 35 dygn per år enl. norm)	Periodmedel, µg/m³ (max 40 µg/m³ per år enl. norm)
Hornsgatan	45	38
Sveavägen	38	37
Norrlandsgatan	30	31
Folkungagatan	36	35

Uppmätt variation av PM10-halterna under olika år

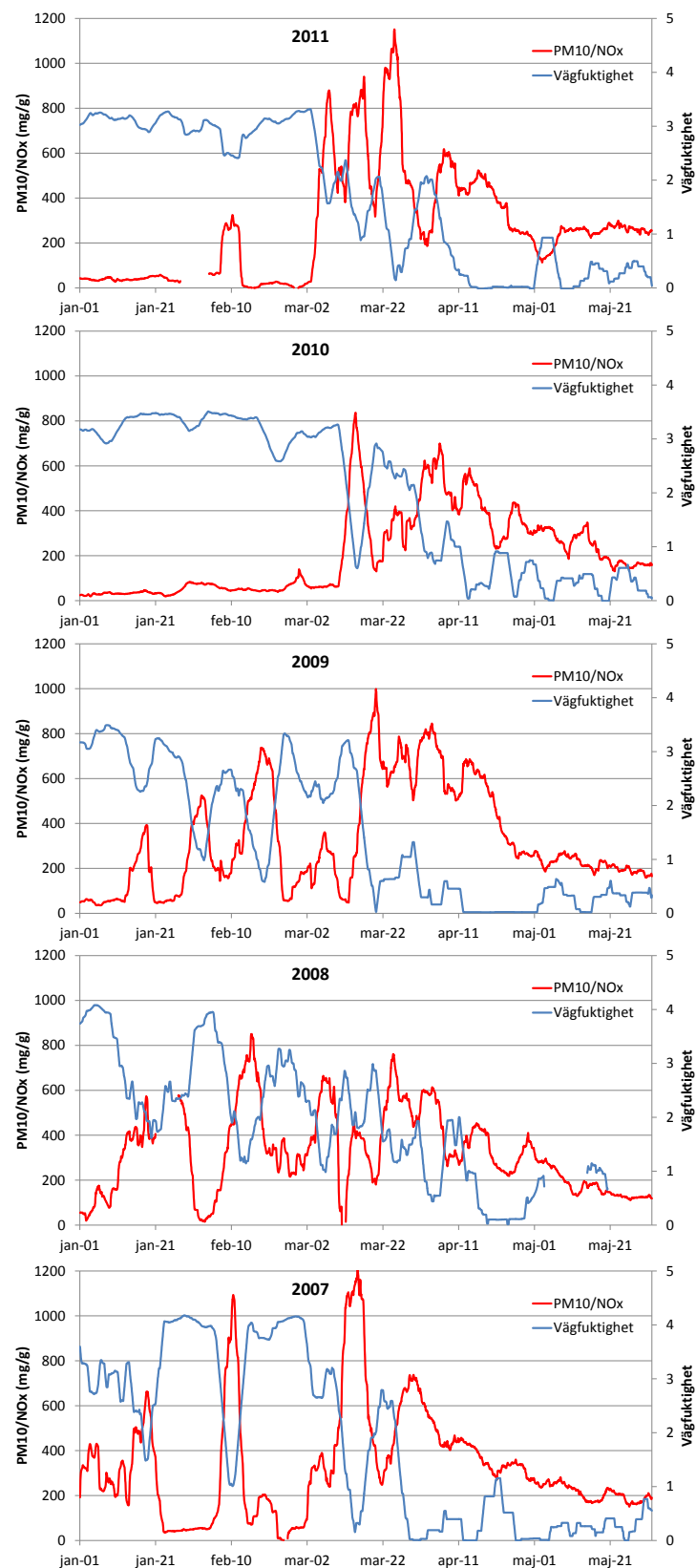
Av Figur 3 framgår att de uppmätta haltbidragen¹ till PM10 från trafiken på Hornsgatan och Sveavägen varierar mycket kraftigt under perioden januari – maj och att variationen ser helt olika ut för olika år. Samma variationer noteras för andra innerstadsgator och på Essingeleden. Typiskt för alla platser är att haltbidragen under början av åren 2010 och 2011 var betydligt lägre än under tidigare år. Det kan också noteras att haltbidragen under april-maj 2010 möjligen är något lägre än tidigare år, speciellt på Hornsgatan, vilket kan bero på den lägre dubbdäcksandelen.

En mycket viktig orsak till de låga haltbidragen under början av 2010 och 2011 är vägbaneförhållandena. På Hornsgatan mäts sedan flera år vägbanans fuktighet. Figur 4 visar att PM10-bidragen och vägbanefuktigheten är perfekt antikorrelerade, d v s när vägen är fuktig är haltbidragen låga och tvärtom då vägbanan är torr. År 2010 och 2011 karakteriserades av ovanligt fuktiga vägbanor vilket bidrog till låga PM10-bidrag.

¹ Den lokala trafikens bidrag till de totala halterna uppskattas genom att beräkna skillnaden mellan halten som mäts upp i gatunivå och halten i taknivå. Denna haltskillnad beror främst på den lokala trafikens emissioner och inte på bidrag från andra källor såsom intransport av partiklar från andra länder.



Figur 3. Jämförelse av trafikens lokala bidrag till PM10-halterna längs Hornsgatan och Sveavägen. För båda platserna visas rullande veckomedelvärden för perioden januari-maj under de senaste fyra åren (2008, 2009, 2010 och 2011).

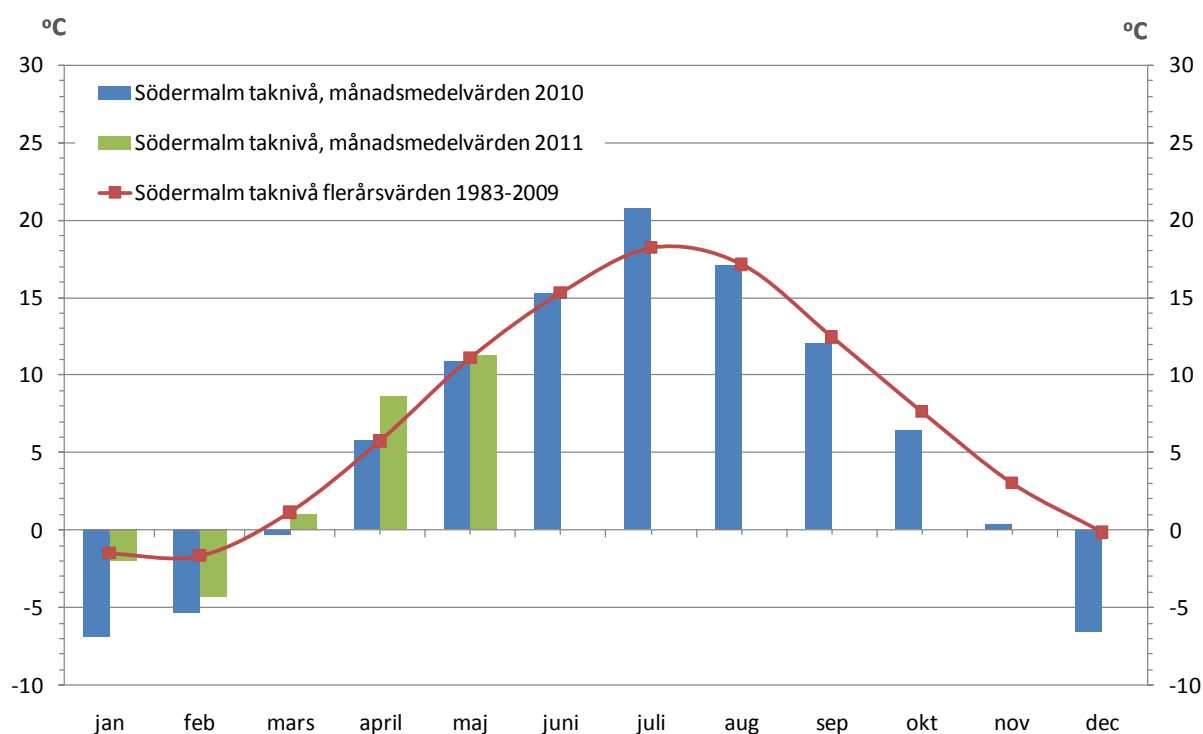


Figur 4. Variationerna i bidragen till PM10-halterna från trafiken på Hornsgatan samt vägbansans fuktighet under jan-maj 2011, 2010, 2009, 2008 och 2007. Haltbidraget beräknas som mellan skillnaden i PM10-halten på Hornsgatan minus halten i taknivå på Torkel Knutssonsgatan dividerat med motsvarande haltskillnad för NOx.

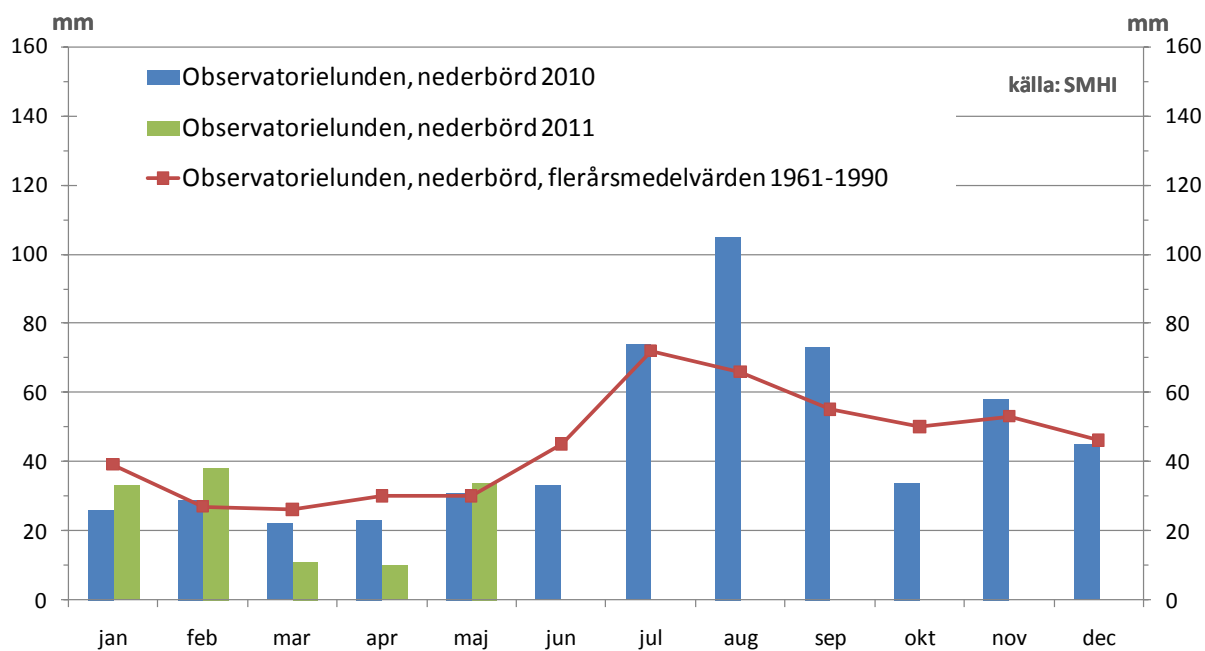
Meteorologiska förhållanden; fuktiga vägbanor och låga vindhastigheter

Partikelemissionerna från vägbanorna påverkas mycket kraftigt av vägbanans fuktighet (Norman et al., 2006). De partiklar som bildas genom dubbdäckens slitage på körbanorna bidrar kraftigt till partikelhalterna i luften vid torra vägbanor. Då vägbanorna är våta sliter dubbarna ännu mera på asfalten än vid torra vägbanor, men partiklarna blir delvis kvar på vägen (ackumuleras) tills vägen torkar upp. Detta gör att partikelhalterna oftast är låga vid fuktiga och isiga förhållanden och kan vara mycket höga då vägbanorna torkar upp efter en lång period med fuktiga vägbanor. De högsta halterna inträffar ofta under senvintern och våren, i slutet av dubbdäckssäsongen. Under hösten och vintern är halterna generellt lägre på grund av våta och isiga vägbanor. Vägbanans fuktighet påverkas av mängden och typen av nederbörd, men också av hur mycket solstrålning som når vägytan samt av den relativa fuktigheten i luften samt till viss del även av mängden salt på vägytan. Utförligare beskrivning av vädret i Stockholm under 2010 finns i Luften i Stockholm 2010 (SLB-rapport 1:2011).

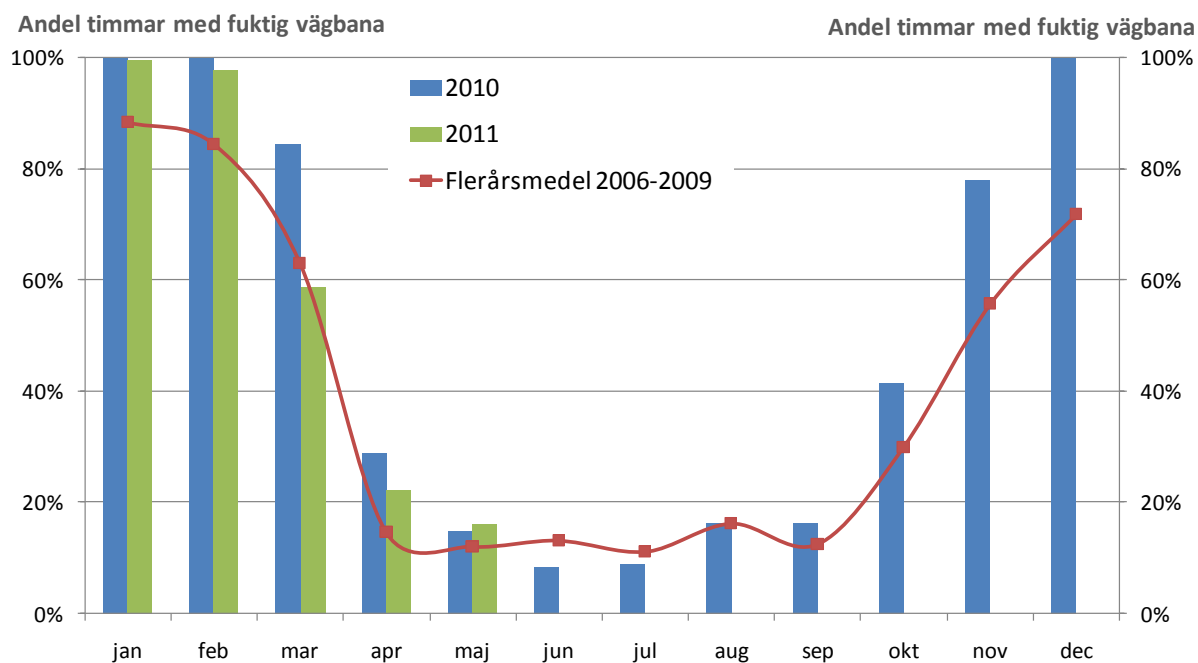
Inledningen av 2010 var ovanligt kall med temperaturer under flerårsgenomsnittet. Även inledningen på 2011 var kallare än vanligt, men inte lika kall som 2010, Figur 5. Nederbörden under inledningen av både 2010 och 2011 var i de flesta fall lägre än snittet för tidigare år, Figur 6. Trots den något lägre nederbörden präglades vintern både 2010 och 2011 av långvariga snötäcken p g a av att temperaturen höll sig under noll grader. Det långvariga snötäcket ledde i sin tur till att vägbanorna var ovanligt fuktiga vilket visas i Figur 7. I princip torkade vägbanor aldrig upp under hela januari och februari båda åren. När temperaturen sedan steg under mars smälte snön undan och vägbanorna torkade upp. Under både mars och april 2011 var temperaturen högre än under 2010. Detta i kombination med mindre nederbörd under 2011 jämfört med 2010 gjorde att vägbanorna var oftare torra under 2011 jämfört med 2010. För mars 2011 var även vägbanorna torrare än genomsnittet för de tidigare åren 2006-2009, vilket har haft stor påverkan på de höga partikelhalterna under mars 2011.



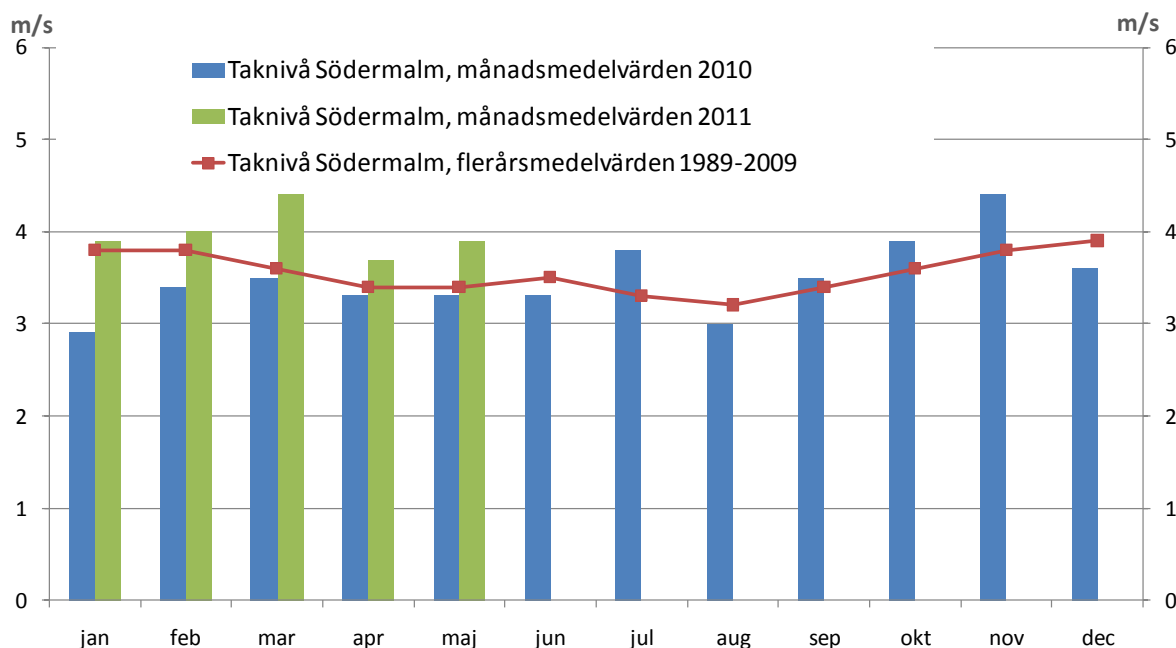
Figur 5. Månadsmedeltemperaturen på Södermalm under 2010 och inledningen på 2011 jämfört med flerårsmedelvärden.



Figur 6. Månadsnederbörden i Stockholm för 2010 och inledningen av 2011 jämfört med flerårsmedelvärden.



Figur 7. Andelen timmar per månad med fuktig vägbana på Hornsgatan under 2010 och inledningen av 2011 jämfört med flerårsmedelvärden.



Figur 8. Månadsmedelvärde för vindhastigheten i Stockholm under 2010 och inledningen på 2011 jämfört med flerårsmedelvärden.

Även vindhastigheten påverkar halterna av luftföroreningar genom utvädringen av gaturummet. Januari till mars 2010 hade ovanligt låga vindhastigheter i Stockholm, Figur 8. Tillsammans med att inversion var vanligt förekommande så var halterna av kvävedioxid tydligt förhöjda under inledningen av 2010 jämfört med andra år. Däremot påverkade den låga vindhastigheten inte partikelhalterna då det under samma period var fuktiga vägbanor (Figur 7) vilket förhindrade partiklarna från vägbanan att suspenderas upp i luften och halterna av PM10 var låga, (Figur 3). Mer om kvävedioxidhalterna för 2010 finns i SLB-rapport 1:2011. För inledningen av 2011 var vindhastigheten ungefär som flerårsgenomsnittet förutom för mars som var blåsigare.

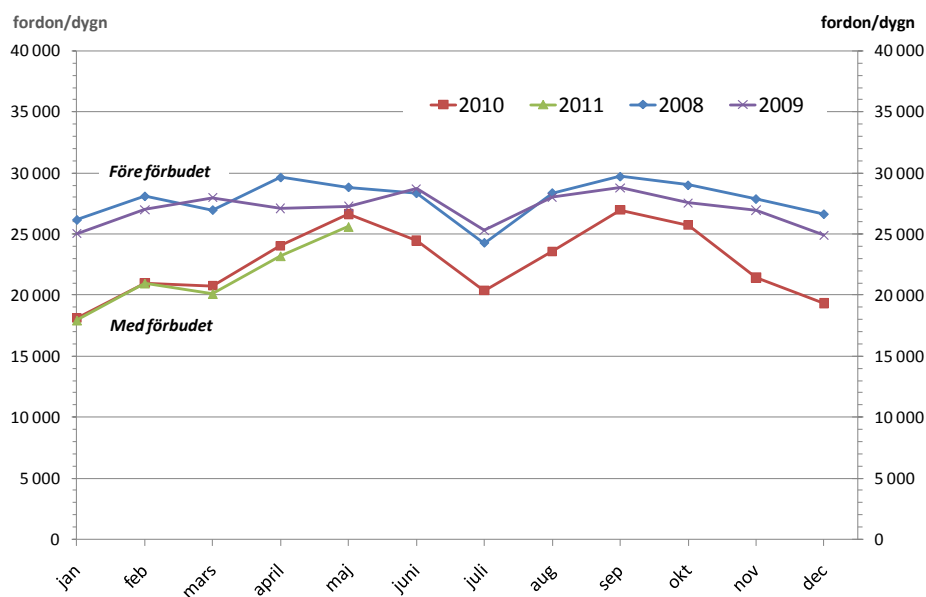
Hur påverkades fordonsflödena?

Minskade trafikmängder på Hornsgatan

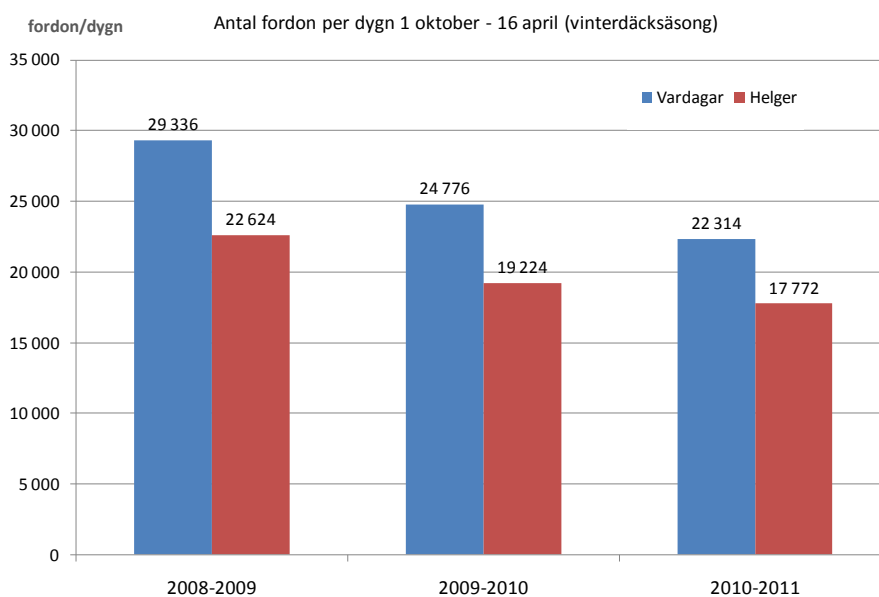
Antalet fordon som passerar på Hornsgatan, strax väster om Ringvägen, mäts kontinuerligt hela året. Fordonsmängden minskade påtagligt när förbudet infördes 1 januari 2010. Under årets tre första månader var minskningen ca 25 % (ca 6 500 fordon per dygn) i jämförelse med samma period året före. På våren när dubbdäcksäsongen var över ökade trafiken till en mer normal nivå. För hela året 2010 var det ändå ca 4 000 färre fordon per dygn jämfört med 2009 och 2008 (15 %). Att trafikmängderna aldrig återgick till nivåerna före förbudet kan bero på att ändrade resvanor p g a förbudet har blivit bestående. Gatuarbeten i samband med upprustning av trottoarer och trädplanteringar på Hornsgatan kan också ha påverkat trafiken.

Mätningarna hittills under år 2011 (jan t.o.m. maj) visar att dubbdäcksförbudets trafikminskning håller i sig eller är något större jämfört med 2010 (ca 500 färre fordon per dygn) (Figur 9). Minskningen av den totala trafiken på Hornsgatan är större under vardagar (ca 7 000 fordon/dygn) än under helger (ca 5 000 fordon/dygn), se Figur 10. Trafikminskningen på Hornsgatan skulle kunna bero på de senaste årens snörika vintrar men trafikdata från Essingeleden och trängselskatteportalerna visar endast på små förändringar av antalet fordonspassager.

Den minskade trafikmängden på Hornsgatan påverkar bidraget till partikelhalterna från alla lokala trafikällor (avgaser, broms- och däckslitage, slitage av vägbana, uppvirvling av sand och salt under torra dagar).



Figur 9. Total trafikmängd på Hornsgatan, 2008-2011 sett som månadsmedelvärden. Dubbdäcksförbudet infördes 1 januari 2010.

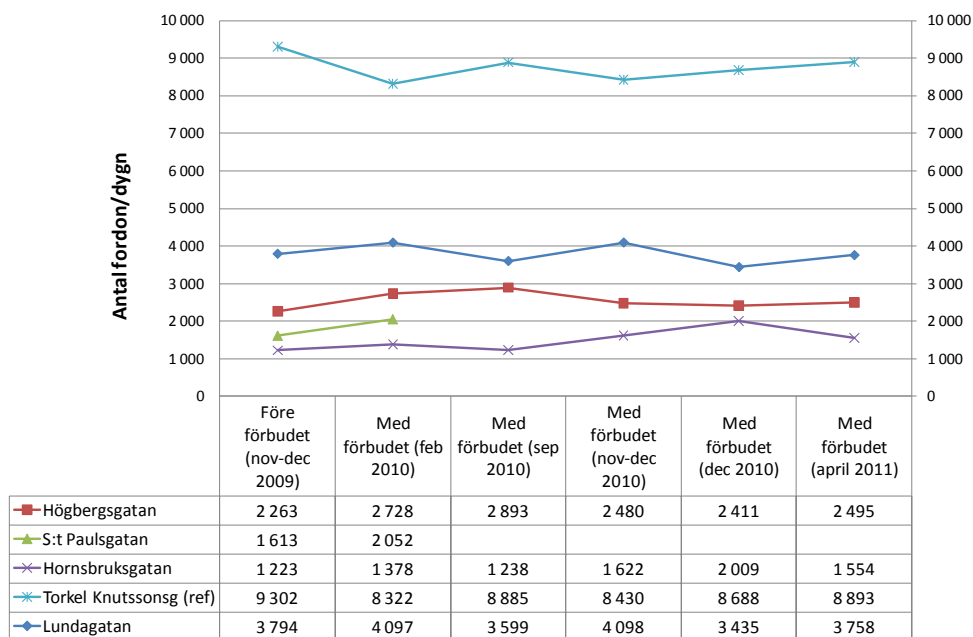


Figur 10. Total trafikmängd på Hornsgatan under vardagar och helger under vinterdäcksäsong (1 okt-16 april), 2008-2011. Dubbdäcksförbudet infördes 1 januari 2010.

Oförändrade trafikmängder på närliggande gator till Hornsgatan

Dubbdäcksförbudet på Hornsgatan innebar initialt att en del biltrafik flyttades till närliggande (parallella) gator. Trafikkontorets mätningar i februari 2010 i jämförelse med november-december 2009 visade på öknings på ca 100-500 fordon per dygn på Högbergsgatan, S:t Paulsgatan, Hornsbruksgatan och Lundagatan. Efterföljande mätningar under hösten 2010 och våren 2011 visar att trafikmängderna har närmast sig nivåerna som mättes upp före förbudet. En del av skillnaderna mellan olika mätperioder beror dock på naturliga säsongsvariationer (Figur 11).

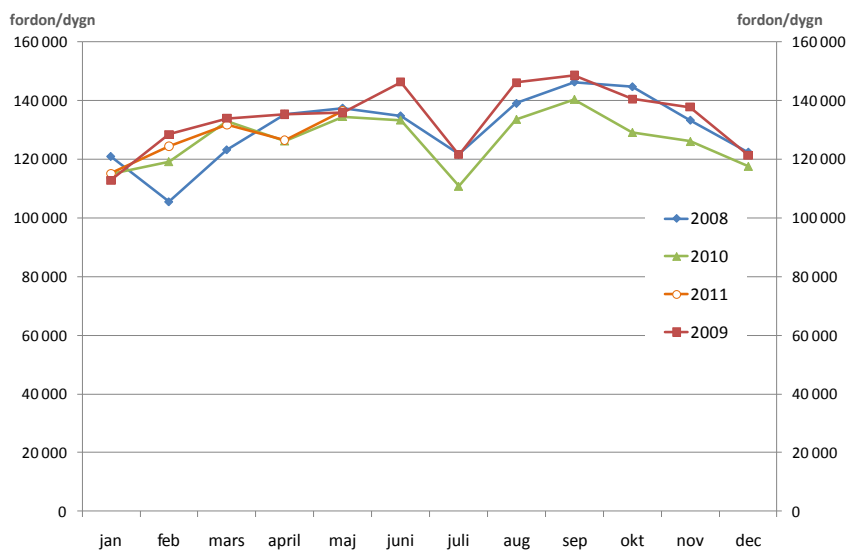
På Torkel Knutssonsgatan, som inte är en parallellgata till Hornsgatan utan referenssträcka, minskade trafiken initialt med ca 1 000 fordon per dygn, men har sedan dess ökat något. En stor andel av trafiken där kommer från Hornsgatan. Resultaten av trafikmätningarna redovisas i Figur 11.



Figur 11. Uppmätta trafikmängder på närliggande gator till Hornsgatan, olika veckor 2009-2011. Dubbdäcksförbudet på Hornsgatan infördes 1 januari 2010.

Oförändrade trafikmängder på Essingeleden

Trafiken på Essingeleden (vid Lilla Essingen) har sedan 2008 legat på ungefär samma nivå sett som årsmedelvärde, ca 130 000 fordon per medeldygn (Figur 12). De fyra första månaderna 2011 följer ungefär trafikflödena från 2010 och 2009, se tabell 2.



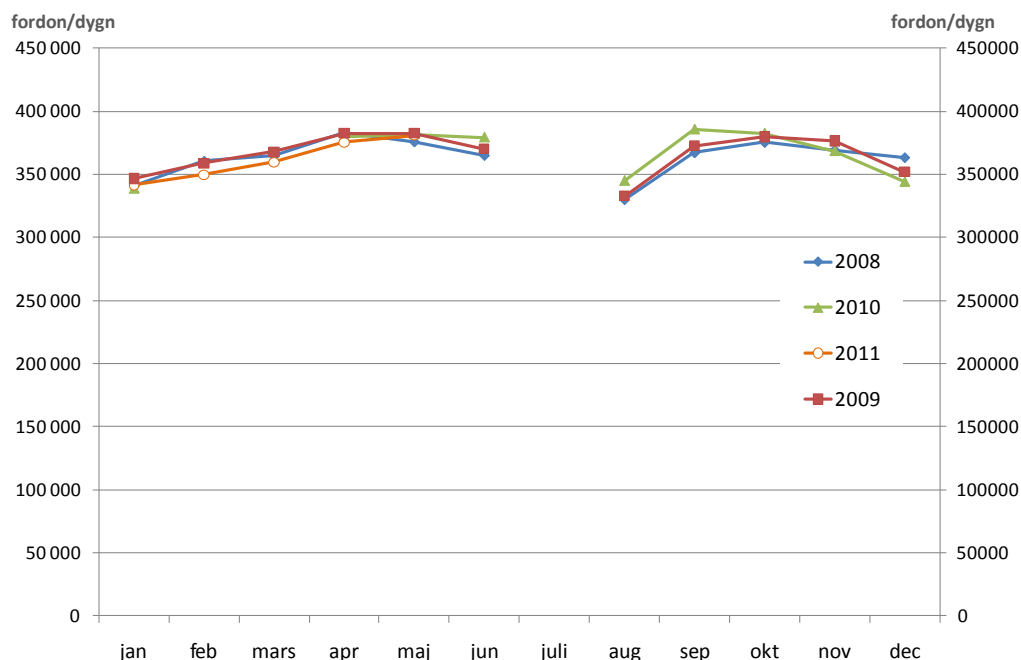
Figur 12. Uppmätta trafikmängder på Essingeleden vid Lilla Essingen, 2008-2011 sett som månadsmedelvärden. Dubbdäcksförbudet på Hornsgatan infördes 1 januari 2010.

Tabell 2. Uppmätta trafikmängder på Essingeleden vid Lilla Essingen, jan t o m maj, 2008-2011.

Essingeleden vid Lilla Essingen	Jan – maj 2008	Jan – maj 2009	Jan – maj 2010	Jan – maj 2011
Periodmedelvärde, fordon per dygn	124 720	129 280	126 510	126 170

Oförändrad trafik till och från innerstaden enligt trängselskatteportaler

Även trafiken som registreras till och från innerstaden vid stadens trängselskatteportaler (18 st.) uppvisar små förändringar åren 2008-2011. Under perioden har den totala trafiken till och från innerstaden i stort sett varit oförändrad (Figur 13). Om man för perioden januari t.o.m. maj jämför den totala trafiken före dubbdäcksförbudet på Hornsgatan (2008-2009) med den efter (2010-2011) är minskningen ca 1 %. Personbilstrafiken har minskat med ca 2 %, medan lastbilstrafiken har ökat något (Tabell 3). Trafikminskningen på de senaste årens snörika vintrar är således marginell.



Figur 13. Fordonspassager vid stadens trängselskatteportaler, 2008-2011 sett som månadsmedelvärden. Vardagar kl. 06.30-18.30. Dubbdäcksförbudet på Hornsgatan infördes 1 januari 2010.

Tabell 3. Fordonspassager vid trängselskatteportaler, januari t.o.m. maj, 2008-2011.

Trängselskatteportaler, vardagar 06.30-18.30	Jan – maj 2008	Jan – maj 2009	Jan – maj 2010	Jan – maj 2011
Total trafik, fordon/dygn	364 858	367 655	366 608	361 340
Personbilar, fordon/dygn	285 209	287 795	282 413	277 039
Lastbilar, fordon/dygn	64 366	63 744	65 165	65 842
Bussar, fordon/dygn	6 992	7 132	6 944	7 084

Hur påverkades dubbdäcksanvändningen?

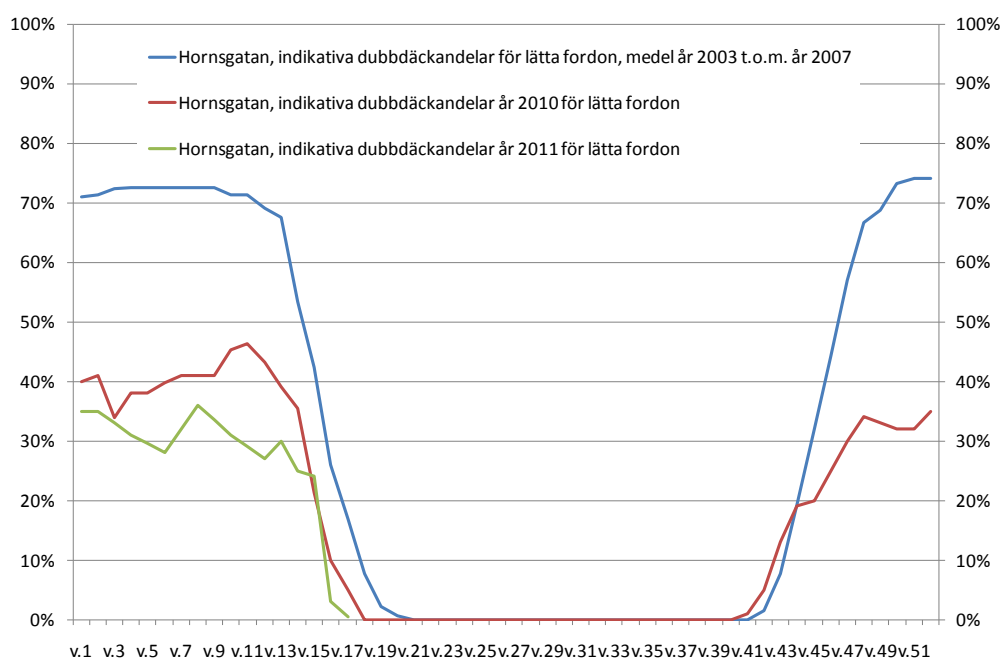
Minskade dubbdäcksandelar i innerstaden och på infartsleder

Användningen av dubbdäck kartläggs genom att fordon med dubbdäck räknas manuellt på ett antal platser i innerstaden och på infartsleder. Räkningarna genomförs under oktober till maj, mer frekvent under hösten och våren för att kontrollera hur snabbt andelen dubbdäck ökar respektive minskar i början och slutet av vinterdäcksäsongen. Registreringar av dubbdäcksandelar på personbilar och lätta lastbilar (totalvikt under 3,5 ton) i Stockholms infartstrafik har gjorts sedan hösten 2003. Resultaten redovisas i SLB-analys årsrapporter.

Andelen dubbdäck bland bilarna (lätta fordon) i infartstrafiken i Stockholm uppgick tidigare under 2000-talet till 70-80 % under vintertid. I slutet av 2009 var andelen lägre och nådde inte över 70 %. Det berodde troligen på omfattande informationskampanjer för att minska dubbdäcksanvändningen, den milda hösten och på att staden flaggade för dubbdäcksförbud på Hornsgatan fr.o.m. 2010. Även under vintern 2008-2009 var dubbandelen lägre än tidigare år.

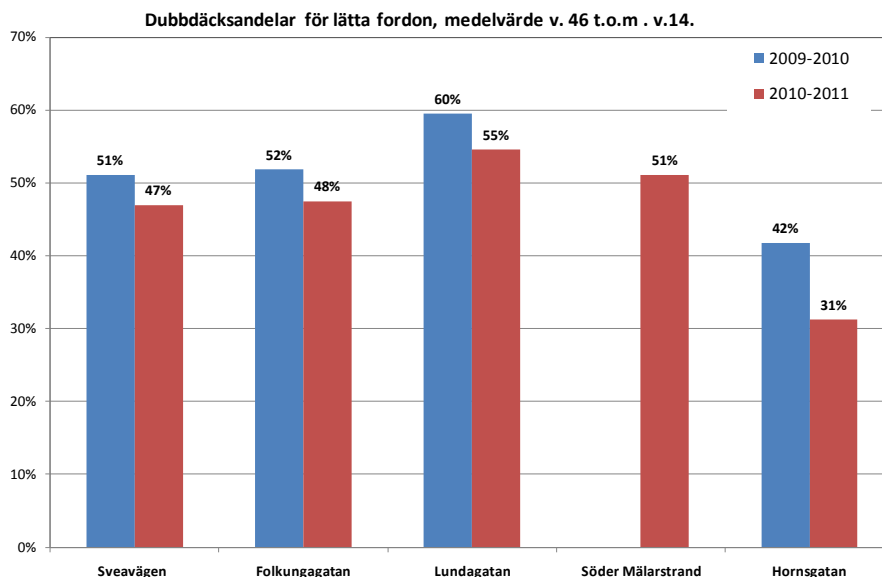
En sammanställning av räkningarna på Hornsgatan 2010 och 2011 i jämförelse med situationen tidigare år (2003-2007), presenteras i Figur 14. Under början av 2010 var andelen dubbdäck bland de lätta fordonen, som till största delen utgörs av personbilar, ca 40 %. Tidigare år har andelen legat på drygt 70 %, vilket är en uppskattning som baseras på relationen mellan andelen på infarterna och på Hornsgatan. Under våren 2010 minskade andelen betydligt tidigare i jämförelse med tidigare år, sannolikt beroende på att perioden då dubbdäck är tillåtet hade förkortats med 2 veckor. Uppgången av dubbdäcksandelen under hösten var inte heller lika snabb som tidigare år och andelen i slutet av 2010 var ca 35 % (drygt 70 % tidigare år).

Under första månaderna av 2011 har andelen fordon med dubbdäck på Hornsgatan fortsatt att minska. Andelen har legat på ca 30 %, vilket är ungefär 10 procentenheter lägre än samma period 2010 och mer än en halvering i jämförelse med referensperioden 2003-2007. Trots att påsken låg sent 2011 kan man även se att den säsongsmässiga utfasningen av dubbdäck började tidigt. Under vecka 16 (påskveckan) då generellt dubbdäcksförbud rådde uppmättes endast 3 % fordon med dubbdäck på Hornsgatan. Vecka 16 året före som låg efter påsken var dubbandelen 10 %.



Figur 14. Andelen fordon med dubbdäck på Hornsgatan bland lätta fordon. År 2010 och 2011 med dubbdäcksförbud i jämförelse med tidigare år (2003-2007) utan dubbdäcksförbud.

Kontroller av dubbdäcksandelarna utförs även på andra innerstadsgator. I jämförelse med tidigare år (2003-2007) så har dubbdäcksandelarna minskat. Mellan vintern 2009/10 och 2010/11 har dubbdäcksandelarna minskat med ungefär 5 procentenheter på Sveavägen, Folkungagatan och Lundagatan. Det kan jämföras med Hornsgatan som hade ungefär 10 procentenheter lägre dubbandel senaste vintern. Det innebär en innevarande dubbdäcksandel på Hornsgatan på ca 30 % och på övriga innerstadsgator ca 50 %. På Lundagatan ser man de högsta andelarna, förmodligen beroende på att en del "dubbfordon" från Hornsgatan kör runt på denna gata.

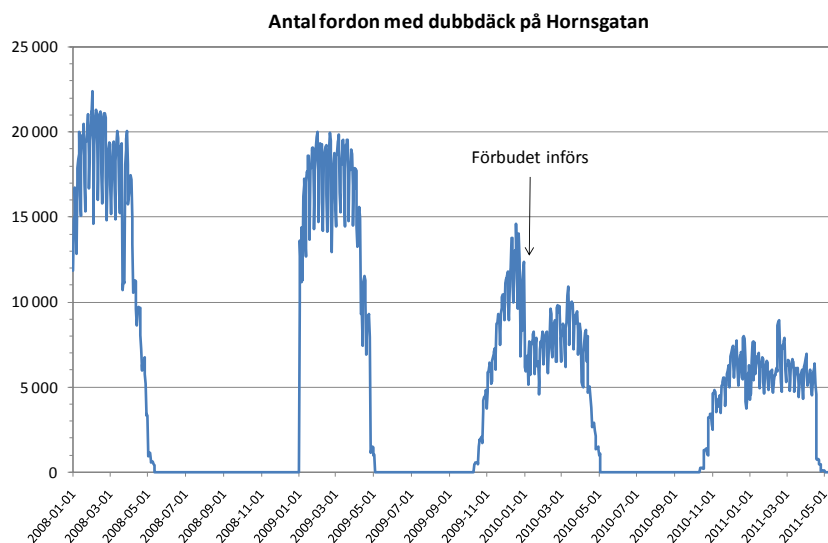


Figur 15. Andelen fordon med dubbdäck bland lätta fordon på Sveavägen, Folkungagatan, Lundagatan och Söder Mälarstrand bland lätta fordon under vinterdäcksäsongerna 2009/10 och 2010/11 (v.46 t.o.m. v.14). Jämförelse görs med Hornsgatan där dubbdäcksförbud infördes 1 jan 2010.

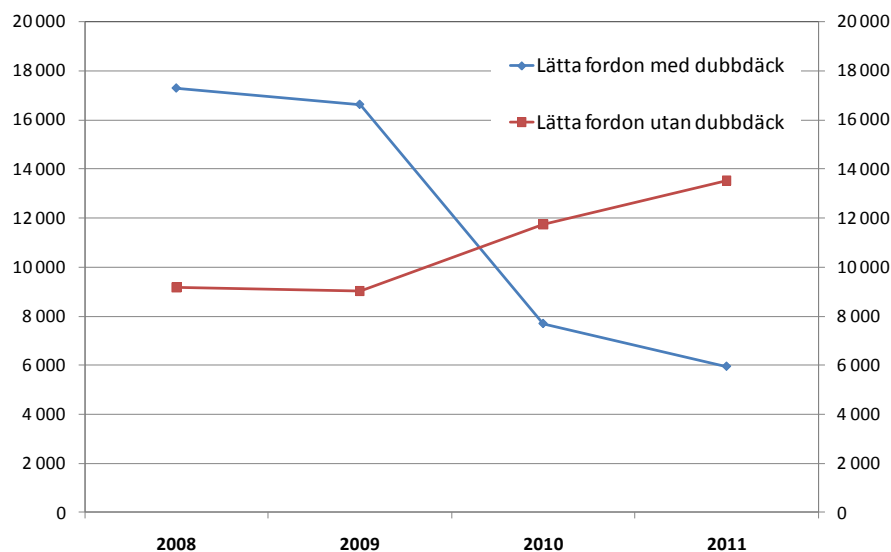
Färre fordon med dubbdäck på Hornsgatan

Kontinuerliga trafikmätningar på Hornsgatan tillsammans med de manuella registreringarna av dubbdäcksandelar ger information om utvecklingen av antalet fordon med dubbdäck på Hornsgatan (Figur 16). Under 2008 och 2009 (före förbudet) trafikerades Hornsgatan med i genomsnitt ca 17 000 fordon med dubbdäck varje dygn under säsong, se Figur 17. Detta minskade till drygt 7 000 fordon 2010 och till ca 6 000 fordon år 2011 (januari - april). Detta innebär att antalet dubbfordon har minskat med ca 65 % på två år. Fortfarande trafikeras dock Hornsgatan av ca 6 000 fordon per dygn med dubbdäck, som alltså trotsar förbudet vintertid. Dessa utgör ungefär 30 % av trafiken.

Antal fordon med dubbfria vinterdäck har ökat från ca 9 000 per dygn år 2008 och 2009 till drygt 13 000 per dygn år 2011. Det motsvarar en ökning med ca 40 %.



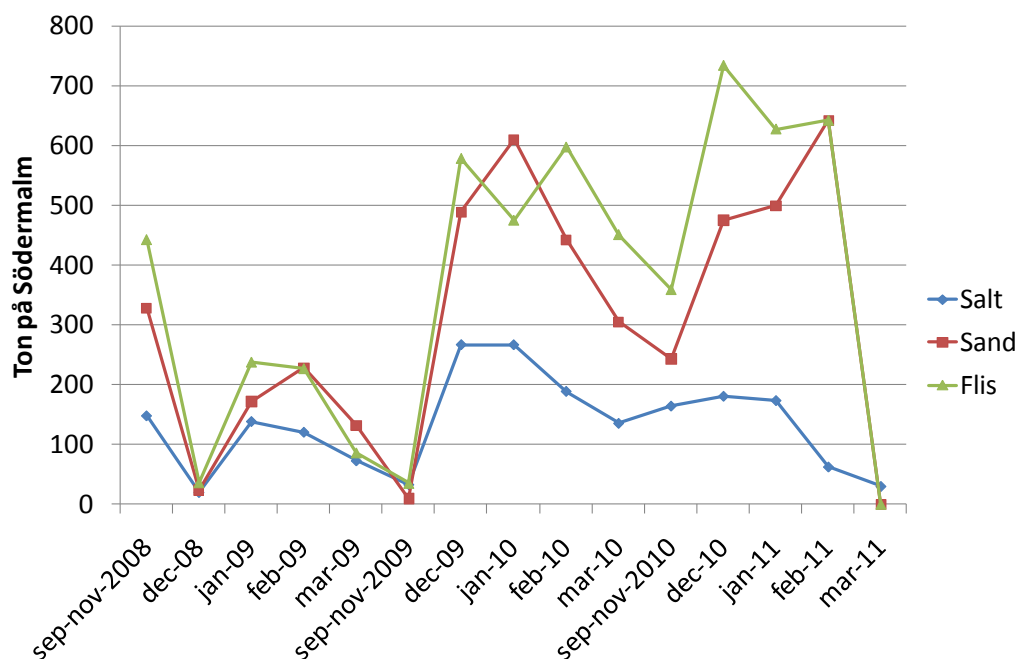
Figur 16. Antalet fordon per dygn med dubbdäck på Hornsgatan bland lätta fordon 2008-2011. Dubbdäcksförbudet på Hornsgatan infördes 1 januari 2010.



Figur 17. Antalet fordon med respektive utan dubbdäck på Hornsgatan, 2008-2011 (1 jan-15 april). Dubbdäcksförbudet på Hornsgatan infördes 1 januari 2010.

Ökad användning av sand, salt och flis

Sandning och saltning på gator och vägar bidrar till att öka mängden partiklar. Dels innehåller sanden en del fina partiklar (PM10) som kan bidra till att halterna ökar. Dels kan sanden malas ner av dubbdäcken till små partiklar. Salt kan också bidra till att partikelhalterna ökar. År 2010 och 2011 var ovanligt kalla och mängden sand och salt som användes var högre än under tidigare år. Uppgifter om den exakta mängden sand, salt och stenflis (2 – 6 mm) som användes på just Hornsgatan finns tyvärr endast för 2011. Däremot finns uppgifter på den totala mängden som applicerades på Södermalm under varje månad. Av Figur 18 framgår att betydligt mer sand, salt och flis användes under säsongerna dec 2009 – mars 2010 och dec 2010 – mars 2011, jämfört med samma period 2008/2009. Senaste vintern, 2010/2011, lades betydande mängder sand och flis ut redan under senhösten i samband med snö och is.



Figur 18. Mängder av sand, salt och stenflis som lagts ut på Södermalm under olika månader 2008 - 2011.

Av Tabell 4 framgår att ungefär dubbla mängden sand har lagts ut under de senaste vintrarna 2009/2010 (1859 ton) och 2010/2011 (1863) jämfört med 2008/2009 (885 ton). Mängden stenflis har varit mer än dubbelt stor; nästan fyra gånger så stor 2010/2011 jämfört med 2008/2009. Även mängden salt har varit betydligt större under de senaste vintrarna jämfört med tidigare.

Tabell 4. Totala mängderna (ton) salt, sand och stenflis som lagts ut på Södermalm under vintersäsongerna 2008/2009, 2009/2010 och 2010/2011.

Säsong	Salt	Sand	Flis
2008/2009	499	885	1030
2009/2010	892	1859	2139
2010/2011	611	1863	2365

Siffrorna ovan gäller totalt för alla gator och trottoarer. Men normalt sandas inte de mest trafikerade huvudgatorna i innerstaden (t ex Hornsgatan och Sveavägen). För huvudgator och bussgator används följande generella regler: Saltet appliceras som lösning eller befuktat salt vid frosthalka eller underkylt regn. Då det är blötsnö eller temperaturer under minus 7°C används saltinblandad sand. Övergång till "saltfri" halkbekämpning med stenflis 2-6 mm eller sand med 1 % salt på buss- och huvudgator kan ske vid enstaka extrema vädersituationer. För att upprätthålla säkra vägbänor kan detta medföra mer frekvent halkbekämpning, vilket alltså skett under de senaste två vintrarna.

Under senaste vintern har halkbekämpningsåtgärder på Hornsgatan noterats av entreprenören i detalj. Sammanställningen visas uppdelat per månad i Tabell 5. Så noggrann notering har inte gjorts tidigare vintrar så någon direkt jämförelse för Hornsgatan bakåt i tiden kan inte göras.

Tabell 5. Sammanställning av halkbekämpningsåtgärder på Hornsgatan under vintern 2010/2011. Vid saltlösning sprids i genomsnitt 10 g/m² och vid sand och saltblandning 200-250 g/m². Källa: Stockholm Entreprenad via Trafikkontoret.

Antal tillfällen	Saltlösnings befuktat salt	Sandning (1/3 sand, 2/3 flis och ca 1 % saltinblandning)
Oktober 2010	2	0
November 2010	15	2
December 2010	10	11
Januari 2011	16	10
Februari 2011	15	9
Mars 2011	10	1
Totalt	68	33

Hur påverkades PM10 av minskad dubbdäcksanvändning?

Av presentationen fram till detta avsnitt framgår att många faktorer som påverkar PM10-emissionerna och halterna var annorlunda under 2010 och 2011 jämfört med tidigare år. Detta gör att det inte är trivialt att utvärdera exakt vad enbart den minskade dubbdäcksanvändningen betytt för PM10 emissionerna och halterna av PM10. Fuktigare vägbänor leder till lägre halter, stabilare meteorologiska förhållanden till högre halter, mer sand kan bidra till högre emissioner av partiklar och därmed till högre halter, mindre trafik minskar utsläppen och ger lägre halter osv. Syftet med detta avsnitt är att visa på vad den minskade dubbdäcksanvändningen betytt för bildningen av PM10 och hur det påverkat halterna i luften.

En nyutvecklad beräkningsmodell har använts för att beräkna halterna vid mätstationen på Hornsgatan. Modellen är utvecklad inom ramen för att Nordiskt forskningsprojekt NORTRIP¹ (Johansson et al., 2010; Denby et al., 2011). Modellen beräknar halterna av lokalt producerat PM10 vid mätstationen på Hornsgatan. Som indata används den observerade meteorologin inklusive vägbanans fuktighet, det uppmätta trafikflödet uppdelat i olika fordonsklasser, den uppmätta medelhastigheten för trafiken samt NOx-halterna.

Som påpekats ovan har vägbanans fuktighet mycket stor betydelse för emissionerna av vägdammspartiklar. Modellen kan antingen beräkna fuktigheten utifrån meteorologiska mätningar såsom temperatur, relativ fuktighet, solinstrålning och vindhastighet. Hänsyn tas också till att byggnaderna minskar solinstrålningen under vissa timmar på dygnet. I denna studie används dock observerade vägbanefuktigheten istället för den beräknade för att bäst efterlikna de uppmätta halterna.

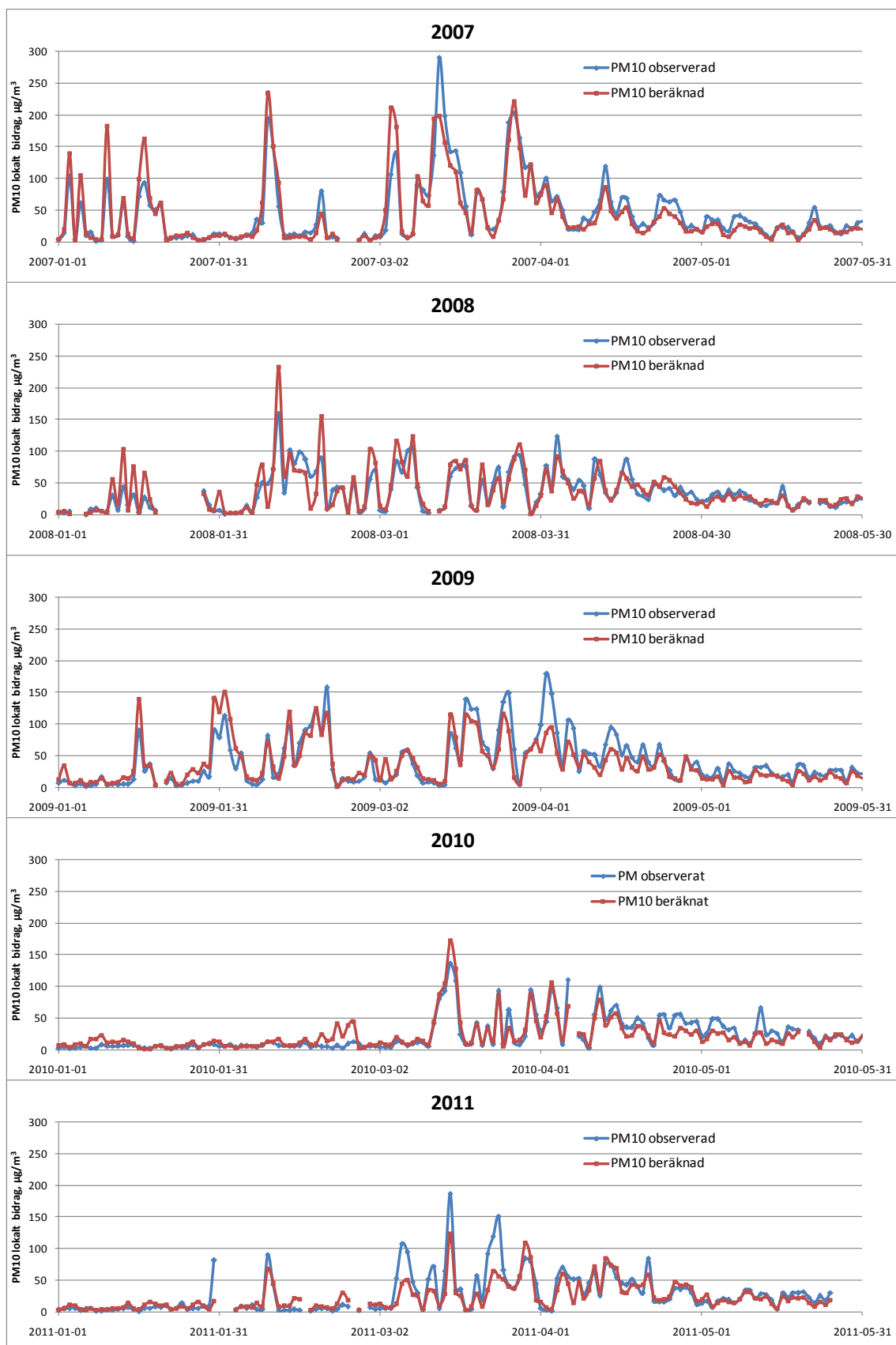
Ett värde för halterna av PM10 i luften från trafiken på Hornsgatan beräknas fram för varje timme och kan jämföras med den observerade halten vid mätstationen. Halten vid mätstationen har korrigerats för bidrag från andra källor än den lokala trafiken genom att den uppmätta halten i taknivå har dragits ifrån. Varje beräkning startas 1 juli under föregående år för att bygga upp depån av vägdamm under hösten som bildas av framförallt dubbdäckens slitage på vägbanan. I rapporten redovisas dock endast resultat från 1 januari. Jämförelsen mellan beräknade och observerade halter görs endast för de timmar då både beräknade och observerade värden existerar. Orsaken till att data saknas för vissa timmar från beräkningarna är det saknas indata för någon av de viktigaste parametrarna till beräkningarna i modellen. De uppmätta värdena som redovisas här kan därför skilja sig från de verkligt uppmätta halterna som redovisas i andra sammanhang i denna rapport.

I Figur 19 visas jämförelsen mellan beräknade och observerade PM10-halter vid mätstationen på Hornsgatan för 1 januari till 31 maj under åren 2007-2011. De observerade halterna är PM10-halten på Hornsgatan subtraherad med PM10-halten i taknivå vid Torkel Knutssongatan och de beräknade är från trafiken på Hornsgatan. De beräknade halterna stämmer bra överens med de observerade, men för vissa enskilda dygn finns skillnader.

De beräknade halterna tar hänsyn till förändringarna i dubbdäcksanvändningen, den förkortade dubbdäckssäsongen samt även förändringarna i fordonsmängden till följd av dubbdäckförbudet under 2010 och 2011. Jämförelsen visar alltså att modellen på ett bra sätt beräknar halterna med hänsyn till variationerna i trafik och dubbdäcksanvändning.

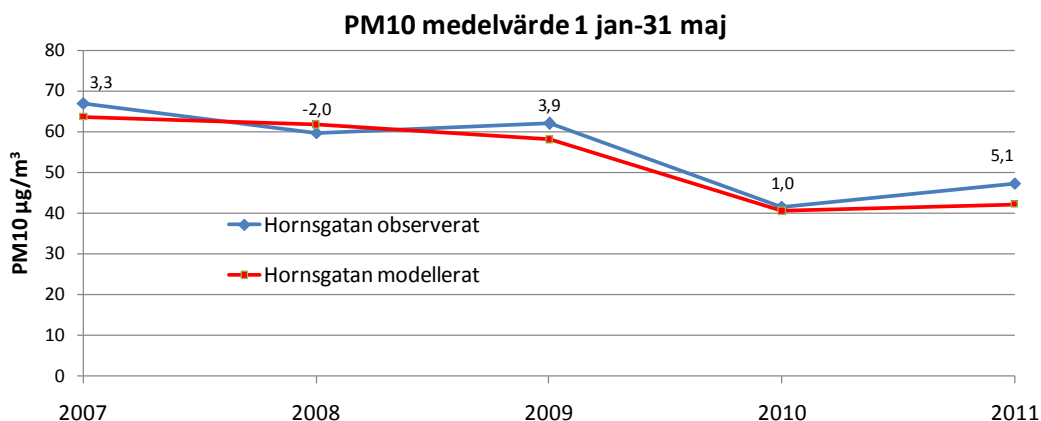
Genom att använda den observerade meteorologin på Hornsgatan så lyckas modellen återskapa de stora variationerna som uppkommer på grund av vägbanans fuktighet; låga halter vid fuktiga vägbanor och höga halter vid torra vägbanor. Beräkningarna visar också på god överensstämmelse mellan de beräknade och observerade halterna efter längre perioder av fuktiga vägbanor, t ex februari 2007 och mars 2010. Det tyder på att uppbyggnaden av depån av vägdamm under längre perioder med fuktig vägbana på grund av dubbdäcksslitage är beskriven på ett kvantitativt realistiskt sätt.

¹ NORTRIP = Non-exhaust road traffic induced particle emissions - Development of tools for assessing the effect on air quality and exposure. Ett Nordiskt samarbetsprojekt finansierat av Nordisk ministerrådet. I projektet medverkar 9 olika forskningsorganisationer från Sverige, Norge, Finland och Danmark. SLB analys medverkar i projektet, som koordineras av Christer Johansson vid SLB och ITM, Stockholms universitet.



Figur 19. Jämförelser mellan dygnsmedelvärden av beräknade och uppmätta halter vid mätstationen på Hornsgatan. De beräknade halterna är endast partiklar emitterade från trafiken på Hornsgatan och de observerade halterna är de på Hornsgatan subtraherat med halterna i urban bakgrund (från taket på Torkel Knutssongatan).

Den verkligt uppmätta PM10-halten vid mätstationen fås om den urbana bakgrundshalten adderas till de beräknade värdena som redovisas i Figur 19. Periodmedelvärdena för 1 januari till 31 maj redovisas i Figur 20 och jämförs med den observerade halten av PM10 vid mätstationen. Endast timmar då både beräknade och observerade halter tas i medelvärdet. Trenden med sjunkande halter fångas av modellen och den tydliga nedgången mellan 2009 och 2010 syns tydligt både för beräknade och observerade halter. För alla år utom 2008 är de observerade halterna något högre än de beräknade. Den största skillnaden observerades för 2011 med drygt $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (drygt 10 %). Skillnaden kan bero på flera faktorer såsom t ex att modellen inte tar hänsyn till eventuellt bidrag från sandning och samverkan mellan dubbdäcksslitage och sand på vägbanan. Modellen kommer att utvecklas ytterligare. Men noggrannheten är mer än tillfredsställande för att utvärdera dubbdäcksförbudets inverkan på PM10 bildningen och halterna.



Figur 20. Jämförelsen mellan observerat och beräknat periodmedelvärde för 1 januari till 31 maj. Den uppmätta urbana bakgrundshalten har adderat till de beräknade värdena. Endast timmar så både beräknat och observerat värde finns är med i medelvärdet. Etiketerna anger skillnaden mellan observerad och beräknad halt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

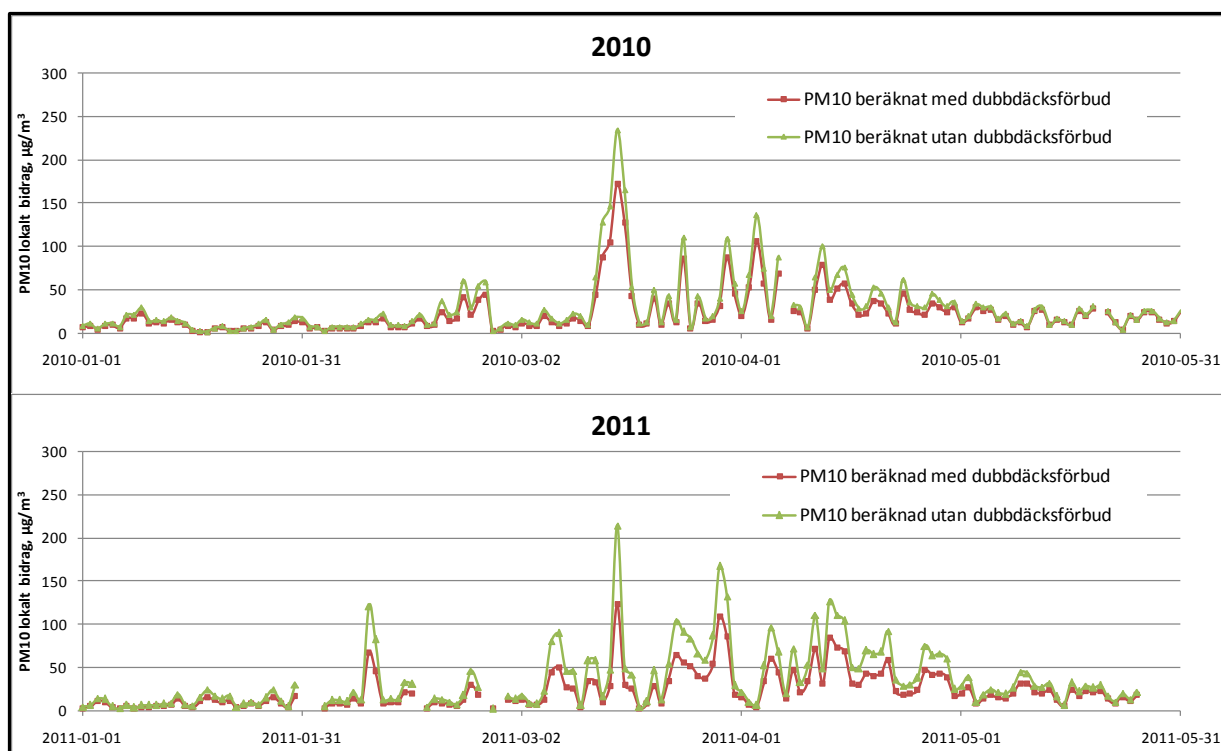
Då modellen så pass bra kan återspegla de uppmätta halterna under samtliga år med hänsyn till dubbdäcksanvändningen, trafikflödet och meteorologin använder vi den även för utvärdering av dubbdäcksförbudet. För de två åren då dubbdäcksförbudet har gällt, d v s 2010 och 2011 har beräkningar gjorts med modifierade indata:

- Samma dubbdäcksandelar som säsongen 2008/2009, d v s en maximal dubbdäckandel på 70 %. Två olika körningar, en med dubbdäcksäsong till sista april och en med dubbdäcksäsong till 15 april.
- Samma meteorologi som för 2009/2010 och 2010/2011, d v s mycket snö och kallt.

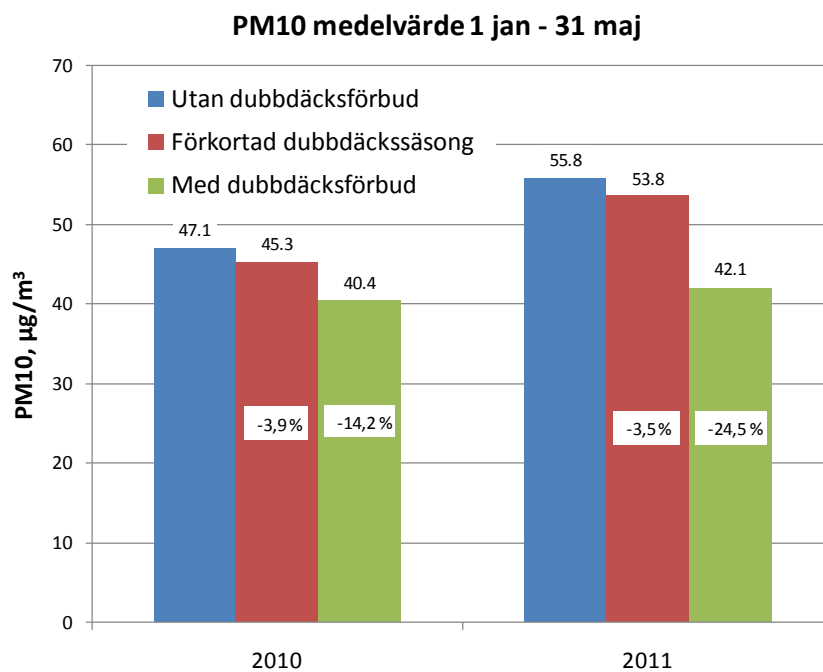
Av Figur 21 framgår de beräknade halterna för januari – maj dels med aktuella dubbdäcksandelar för 2009/2010 och 2010/2011, dels med de som motsvarar 2008/2009. Figuren visar att under perioder med torr vägbanan är de beräknade halterna med 70 % dubbdäckandel betydligt högre än för fallet med den verkliga dubbdäcksanvändningen.

En sammanställning av periodmedelvärdet för januari till maj för de olika scenarierna presenteras i Figur 22. Med en dubbandel från 2008/2009 skulle de genomsnittliga PM10 halterna varit $47,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under 2010 och $55,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under 2011. Detta motsvarar alltså halterna om dubbdäcksförbudet inte hade införts. För 2010 är de beräknade PM10-halterna under 1 januari till 31 maj $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lägre tack vare införandet av dubbdäcksförbudet samt förkortad dubbdäckssäsong jämfört med utan förbud och kortad säsong. Det motsvarar en haltninskning med 14 % och en minskning av PM10 som vägdamm med 25 %. Effekten enbart av förkortad dubbdäckssäsong är beräknad till $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vilket motsvarar en sänkning av PM10 som vägdamm med 4 %. Effekten är betydligt större för 2011 med en sänkning av PM10-halterna med $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tack vare förbud och förkortad säsong vilket motsvarar en haltninskning med 25 % och en minskning av mängden PM10 som vägdamm på Hornsgatan med 39 %. För enbart förkortad dubbdäckssäsong var minskningen $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3,5 %) för 2011.

Beräkningarna visar på en betydligt större effekt under 2011 jämfört med 2010. Bidragande orsaker har varit att dubbdäcksförbudet började gälla 1 januari 2010 och att hela höstsäsongen 2009 hade både högre dubbdäcksandel och högre trafik än hösten 2010, vilket bidrog till en större uppbyggnad av depån av vägdamm. Dessutom sjönk dubbdäcksanvändningen något från vintern/våren 2010 till vintern/våren 2011 vilket också har bidragit. En starkt bidragande orsak är även skillnaden i meteorologi mellan de olika åren.



Figur 21. Jämförelser mellan dygnsmedelvärden av beräknade PM10-halter utan dubbdäcksförbud (dubbdäckandelar som för 2008/2009, max 70 %) och med dubbdäcksförbud (observerad dubbdäckandel för respektive år).



Figur 22. Beräknade periodmedelvärden för PM10 under januari till maj för 2010 och 2011 utan dubbdäcksförbud, med förkortad dubbdäckssäsong och med dubbdäcksförbud (inklusive förkortad dubbdäckssäsong).

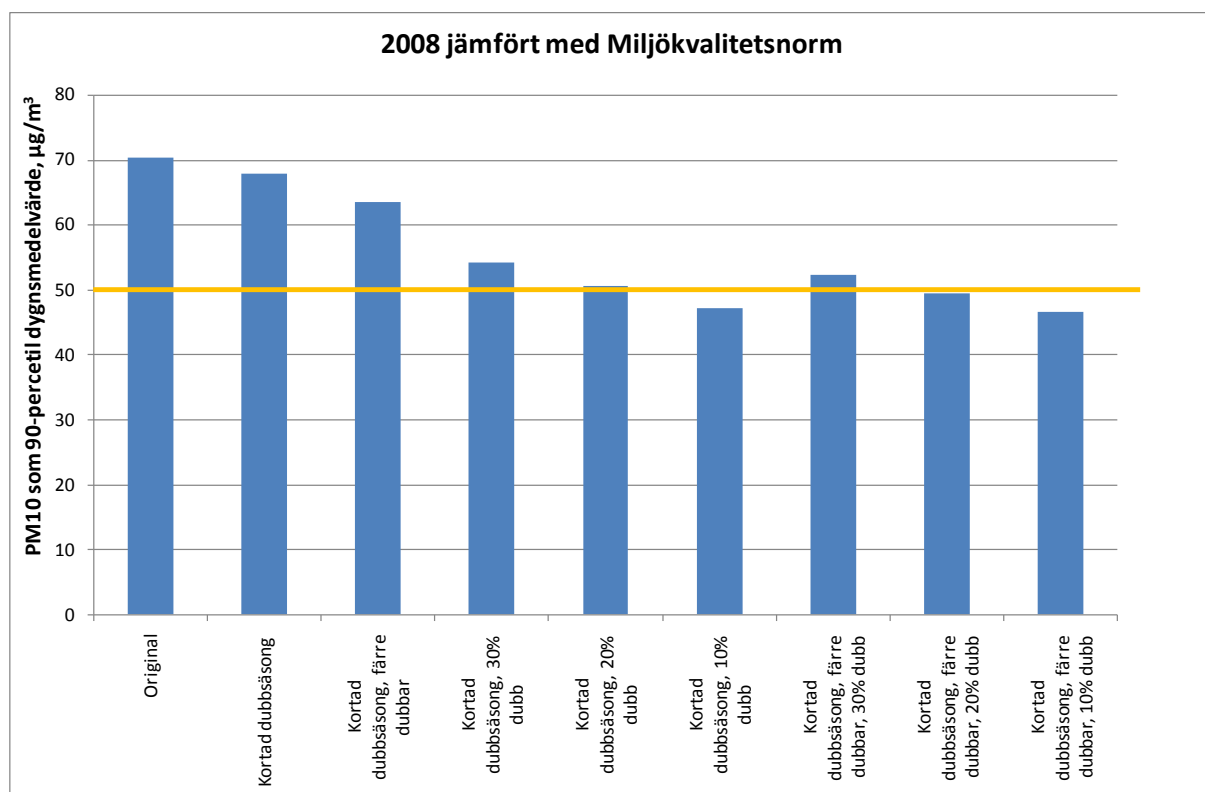
Vilken dubbdäcksandel krävs för att klara normerna?

Som presenterats tidigare i rapporten gjorde vädret att det var betydligt vanligare med fuktiga vägbanorna under både våren 2010 och 2011 än tidigare år, vilket gjorde att halterna av PM10 var ovanligt låga under januari och februari (se även Figur 19). För att jämföra de beräknade halterna på Hornsgatan mot miljökvalitetsnormen har vi valt att studera 2008 och 2009 som var mer normala med avseende på fuktigheten på vägbanorna. För båda åren har utöver original beräkningen (med observerad trafik, hastighet och dubbdäcksanvändning) även olika åtgärder lagts in. De olika alternativen beskrivs i tabellen nedan. För samtliga alternativ används observerad meteorologi och observerat trafikflöde och hastighet.

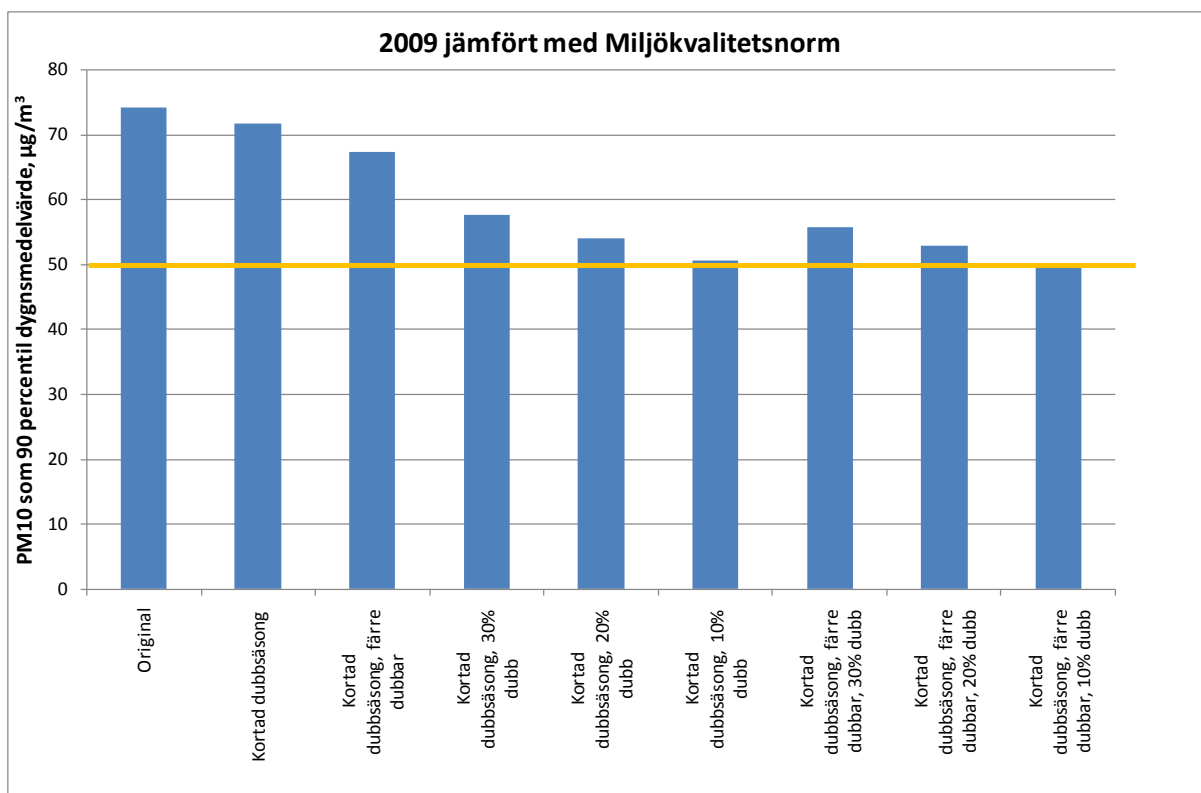
Tabell 6. Olika scenarier använda i NORTRIP-modellen för att utvärdera PM10-halterna mot miljökvalitetsnormen.

Benämning	Beskrivning
Original	Verklig observerad dubbdäcksanvändning
Kortad dubbsäsong	Anpassat till den nya vinterdäckslagen. Dubbdäcksanvändningen minskas successivt från maximal andel 31 mars till att vara 0 % den 16 april
Färre dubbar	Emissionsfaktorn för vägslitage av dubbdäck har minskats med 15 % (i enlighet med Vägverket, 2008)
% dubb	Anger den maximala dubbandelen under vinterperioden

För originalfallet har de beräknade halterna korrigerats för att exakt stämma överens med de observerade halterna för det aktuella året. Samma justering har sedan gjorts för samtliga beräkningar för samma år. Från beräkningarna har 90 percentil dygnsvärde räknats fram vilket motsvarar miljökvalitetsnormen på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som inte får överskridas under fler än 35 dygn. Resultatet från beräkningarna visas för 2008 i Figur 23 och för 2009 i Figur 24.



Figur 23. PM10-halter under 2008 som 90 percentil dygnsvärde för olika beräkningsalternativ jämfört med miljökvalitetsnormen på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 24. PM10-halter under 2008 som 90 percentil dygnsvärde för olika beräkningsalternativ jämfört med miljökvalitetsnormen på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Resultaten visar att inte för något av åren räcker det med de nationella reglerna med kortare dubbdäckssäsong samt färre antal dubbar per däck för att klara normen. Det gäller även om de kombineras. Inte heller om dubbdäcksandelen sänks till 30 %, vilket är ungefär där dubbdäckanvändningen på Hornsgatan ligger idag så klaras normen. För 2008 krävs en dubbdäckandel under 20 % samt färre antal dubb per däck för att normen ska klaras. Under 2009 var halterna generellt högre och miljökvalitetsnormen är svårare att klara. Det krävs en dubbdäckandel under 10 % i kombination med färre dubbar per däck för att halterna ska hamna under miljökvalitetsnormen för 2009. Variationerna mellan åren visar återigen på den stora betydelsen av meteorologin. Om trafikminskningen som har observerats på Hornsgatan efter dubbdäcksförbudet skulle bli permanent genom ändrade resvanor hos bilisterna skulle en något högre dubbdäcksandel kunna tolereras för att klara normen.

I Johansson et al., 2008 beräknades baserat på mätdata att Hornsgatan för åren 2003-2007 behövde en dubbdäcksandel under $5\% \pm 7\%$ för att klara miljökvalitetsnormen. De nya beräkningarna med NORTRIP-modellen visar att dubbdäcksandelen behöver sänkas till under 10-20 % för att miljökvalitetsnormen ska klaras för åren 2008-2009. En del av skillnaden orsakas av att det är helt skilda beräkningsmetoder, men det viktiga är att trafikflödet på Hornsgatan har minskat sedan 2003.

Hur har totala utsläppen och befolkningens exponering för PM10 påverkats av dubbdäcksförbudet på Hornsgatan?

Befolkningens exponering för partiklar, PM10, har beräknats med hjälp av modeller som tar hänsyn till emissionerna av partiklar från alla gator i regionen. Beräkningarna tar hänsyn till inverkan av den minskade dubbdäcksanvändningen och den minskade trafikmängden på Hornsgatan. Beräkningarna har genomförts med PM10-emissioner, som motsvarar dubbdäcksförbudet och för en situation utan dubbdäcksförbud. För att erhålla befolkningens exponeringshalter i förhållande till antal personer boende på olika platser. Beräkningarna avser årsmedelvärden för ett meteorologiskt normalår.

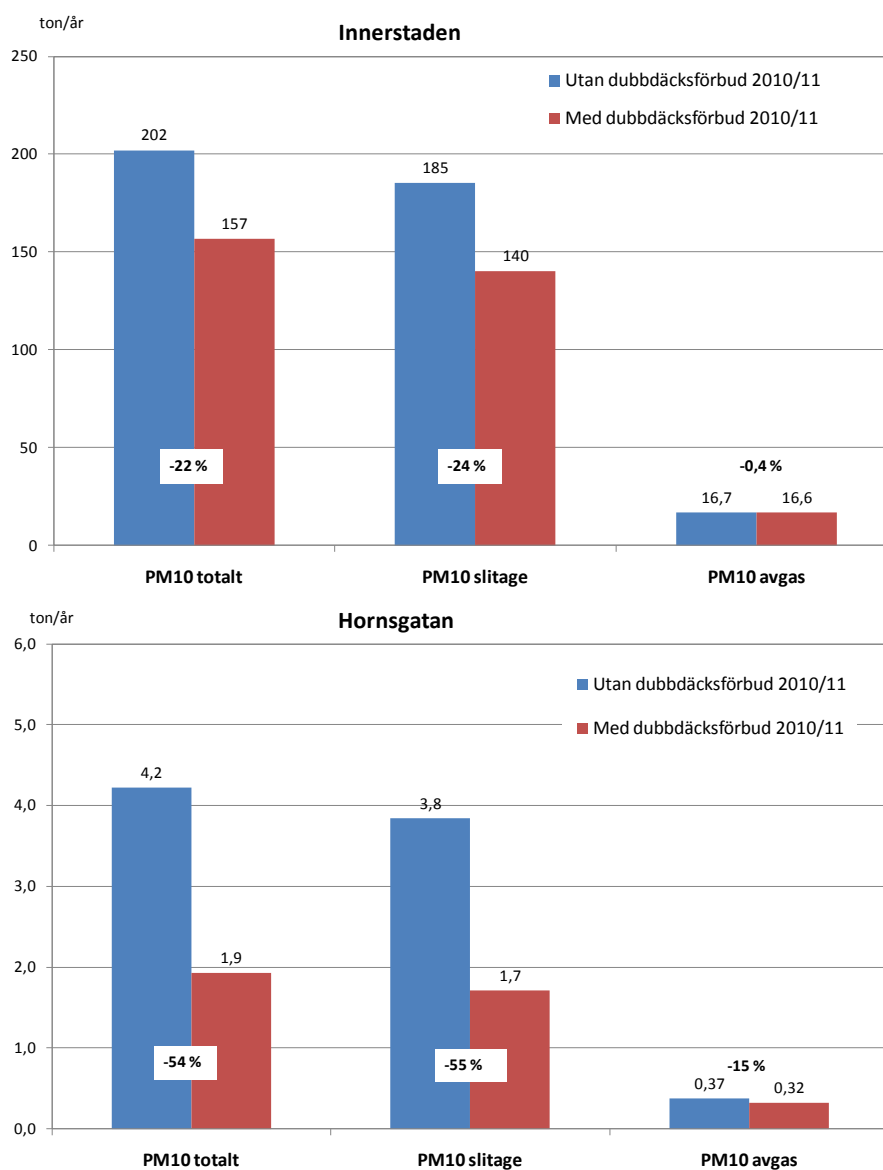
Utsläppsberäkningar och emissionsfaktorer

Utsläppsberäkningar har gjorts för Stockholms innerstad och Hornsgatan. För situationen med respektive utan ett dubbdäcksförbud på Hornsgatan skapades två olika emissionsdatabaser i Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbunds Airviro system:

- Nollalternativ utan dubbdäcksförbud, år 2010/11 med 70 % dubbdäcksandelar för lätta fordon överallt i Stockholm
- Situationen med dubbdäcksförbud, år 2010/11 med 60 % dubbdäcksandelar för lätta fordon på Stockholms infartsleder; 50 % för innerstadsgator förutom Hornsgatans 30 %.

Trafikarbetet antas vara oförändrat förutom på Hornsgatan där mätningar visade att trafiken som årsmedeldygn minskade med ca 15 % sen dubbdäcksförbudet infördes. Minskningen antas bero på dubbdäcksförbudet.

För hela innerstaden beräknas den minskade dubbdäcksandelen ha inneburit att de totala utsläppen av partiklar har minskat med ca 45 ton per år eller ca 20 % i jämförelse med nollalternativet. Detta p.g.a. minskat slitage på vägarna. Avgasutsläppen har påverkats marginellt. För Hornsgatan är motsvarande minskning ca 2,3 ton/år vilket är ungefär en halvering av utsläppen av PM10. Avgasutsläppen på Hornsgatan har minskat med ca 15 %, vilket motsvarar trafikminskningen.

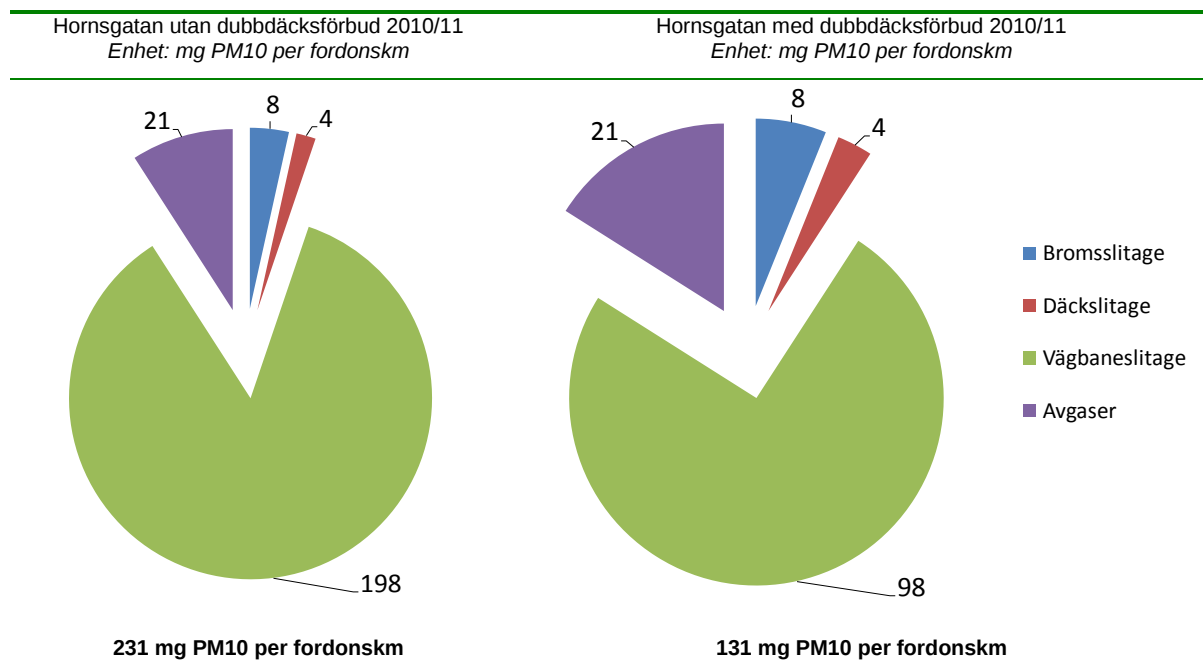


Figur 25. Förändringar i utsläppen av PM10 per år p g a minskad dubbdäcksandel och minskat trafikarbete.

Emissionsfaktorer

Dubbdäcksförbudet har främst påverkat den del av PM10 som orsakas av vägbaneslitaget. Vid en dubbdäcksandel på 70 % innebär detta en emissionsfaktor på 198 mg PM10 per fordonskilometer för fordonen på Hornsgatan (medel för hela året). Med förbudet och en uppmätt dubbdäcksandel på 30 % har emissionsfaktorn för vägbaneslitaget halverats. Det innebär en total emissionsfaktor (där även slitage från bromsar, däck och utsläpp via avgaser ingår) på ca 130 mg per km.

Utsläppsminskningen i ton räknat är större än emissionsfaktorminskningen p g a. att trafikminskningen även har påverkat utsläppen av avgaspartiklar och slitage från bromsar och däck.



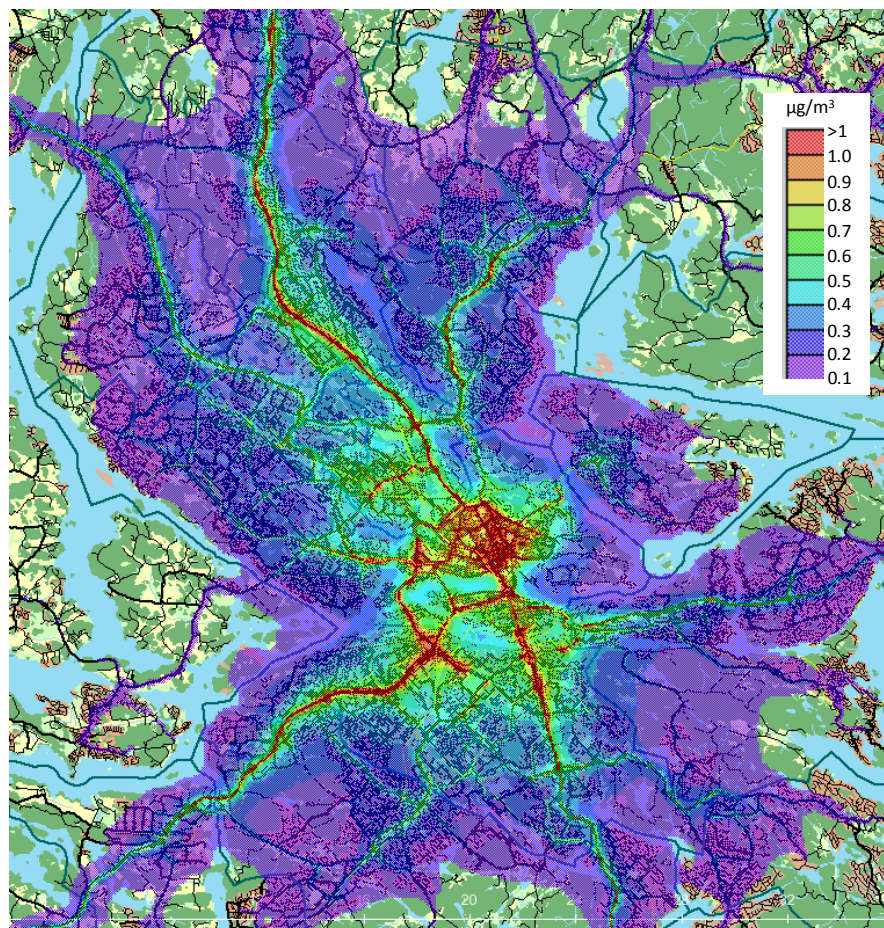
Figur 26. Emissionsfaktorer för fordonstrafiken på Hornsgatan utan och med dubbdäckförbud.

Beräknade PM10-halter och befolkningsexponering

Figur 27 visar de beräknade minskningarna av PM10-halterna i Storstockholmsområdet på grund av minskad dubbdäcksanvändning 2011. Värdena är genomsnitt för hela året och avser normala typiska väderförhållanden för de senaste 15 åren (dvs inte förhållandena år 2011).

Beräkningarna visar att årsmedelvärdet av PM10-halterna förväntas sjunka med som mest ca $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i den urbana bakgrundsluften¹ i centrala Stockholm. Minskningarna är väsentligt större längs de mest trafikerade gatorna. Det befolkningsviktade årsmedelvärdet för Storstockholm beräknas minska med $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta motsvarar ca 3 % av den totala PM10-halten som mätts upp på Södermalm under 2010 ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Denna minskning av PM10-halterna är i samma storleksordning som minskningen i samband med att trängselskatten infördes.

¹ Med urban bakgrund menas halten i taknivå eller parker en bit från trafikerade vägar.



Figur 27. Beräknad minskning av PM10-halten på grund av minskad dubbdäcksanvändning i samband med förbudet på Hornsgatan 2011.

Den minskade dubbdäcksandelen på olika gator är sannolikt inte bara ett resultat av förbudet på Hornsgatan utan också beroende på informationskampanjer och den mediala uppmärksamheten om dubbdäcksfrågan. Den minskade PM10-halten innebär minskad risk för sjuklighet och besvär på grund av exponering för dubbdäcksgenererade partiklar. Likaså minskar risken för förtida dödlighet bland befolkningen i regionen.

En utökning av förbudet (eller avgifter) för hela innerstaden eller annat område skulle kunna leda till betydligt större minskningar av PM10-halterna och minskade hälsorisker.

Referenser

- Burman, L., Norman, M., 2011. Luften i Stockholm. Årsrapport 2010. SLB rapport 1:2011.
http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2011_001.pdf
- Denby, B. Sundvor, I., Johansson, C. Kauhaniemi, M., Härkönen, J., Omstedt, G., Ketzel, M., Pirjola, L., Norman, M., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Bennet, C. Kupiainen, K., 2011. Progress towards traffic induced road dust and salt emission modelling: model development within NORTrip. To be presented at the Harmonisation conference on dispersion modelling for regulatory purposes in Greece, October 2011 (<http://www.harmon14.gr/>).
- Gustafsson, M, et al, 2008, Properties and toxicological effects of particles from the interaction between tyres, road pavement and winter traction material, Sci Total Environ (2008), doi:10.1016/j.scitotenv.2007.12.030.
- Gustafsson, M.; Blomqvist, G.; Brorström-Lundén, E.; Dahl, A.; Gudmundsson, A.; Johansson, C.; Jons-son, P.; Swietlicki, E., 2009. Nanowear - nanopartiklar från däck- och vägbaneslitage? Väg- och transportforskningsinstitutet, VTI, rapport 660.
http://www.vti.se/templates/Report_2796.aspx?reportid=12036
- 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.
- Johansson, C. Denby, B. Sundvor, I., Johansson, C. Kauhaniemi, M., Härkönen, J., Omstedt, G., Ketzel, M., Pirjola, L., Norman, M., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Bennet, C. Kupiainen, K., 2010. NORTrip poster at the international Road dust conference in Stockholm, October, 2010.
- Johansson, C., Norman, M. Genomsnittliga emissionsfaktorer för PM10 i Stockholmsregionen som funktion av dubbdäcksandel och fordonshastighet, 2008. Miljöförvaltningen, SLB rapport 2:2008.
http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2008_002.pdf
- Johansson, C., 2006. Betydelsen av dubbdäck mm för PM10 halterna längs vägarna. ITM report 158. ITM Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, Sweden. ISSN 1103-341X.
http://www.slb.nu/slb/rapporter/pdf/itmrap_158_PM10emissioner_vv_2006_feb2007.pdf
- Meister, K, Johansson, C., Forsberg, B., 2011. Short term effects of coarse particles on daily mortality in Stockholm, Sweden. Inskickad till Environ. Health Perspectives.
- Norman, M. & Johansson, C., 2006. Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia. Atmospheric Environment, 40, 6154-6164.
- Sjödin, Å., Ferm, M., Björk, A., Rahmberg, M., Gudmundsson, A., Swietlicki, E., Johansson, C., Gustafsson, M., Blomqvist, G. WEAREM Wear particles from road traffic - a field, laboratory and modeling study. 2009 report No:IVL Report B1830.
- Vägverket, 2008. Samlad lägesrapport om vinterdäck – Redovisning av ett regeringsuppdrag. Vägverket rapport FO 30 A 2008:68231



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>