

Trängselavgifter i Stockholm



EFFEKTER PÅ LUFTKVALITET ÅR 2015

Christer Johansson, Lars Burman och Boel Lövenheim
SLB-analys, Miljöförvaltningen, Stockholm
samt
Bo Segerstedt
Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Umeå
universitet

Innehållsförteckning

1. Förord	1
2. Sammanfattning	2
3. Inledning	3
4. Projektbeskrivning – Syfte	3
5. Metoder och genomförande	4
5.1. Beräkningsfall	
5.2. Trafikflöden och utsläpp	
5.3. Geografisk upplösning	
5.4. Beräkningsmodeller	
5.5. Bakgrundshalter	
5.6. Befolkningsdata & befolkningsviktning	
6. Påverkan på halter och befolkningsexponering	14
6.1. NO _x och NO ₂	
6.2. Partiklar	
7. Jämförelse med åtgärder för att minska luftföroreningar från vägtrafiken	21
8. Referenser	22

1. Förord

Detta är den första delrapporten av två om effekterna av införande av trängselavgifter i Stockholm. Delrapporten behandlar effekterna på luftkvaliteten och arbetet har genomförts av Christer Johansson, Lars Burman och Boel Lövenheim vid SLB analys, Miljöförvaltningen, Stockholm. Beräkningarna grundar sig på trafikuppgifter som erhållits från Transek AB. Utredningen är genomförd på uppdrag av Naturvårdsverket och Statens Folkhälsoinstitut. Viktiga synpunkter på en tidigare version av denna rapport har kommit fram vid

seminarier och detaljerade synpunkter har lämnats av Tula Ekengren vid Naturvårdsverket.

I den andra delen av projektet genomförs beräkningar av hälsovinsterna utifrån de beräknade effekterna på luftkvaliteten. Dessa beräkningar genomförs av Bertil Forsberg och Bo Segerstedt vid Umeå universitet och redovisas i en separat rapport. Projektet har bekostats av Naturvårdsverket och Statens folkhälsoinstitut.

Stockholm, september 2003



Miljöförvaltningen i Stockholm
Box 38024
100 64 Stockholm
www.slb.nu

2. Sammanfattning

I denna rapport presenteras beräkningar av hur ett införande av trängselavgifter i Stockholmsregionen kan påverka halterna av luftföroreningar i Stockholm. Beräkningarna avser situationen år 2015 med en avgiftsnivå på 4 kr per km i innerstaden och 1 kr per km i ytterstaden under högtrafik (prisnivå för år 2000). Trafikprognoserna bygger på en tidigare utredning av Transek AB. Förslaget beräknas medföra att trafiken i innerstaden minskar med ca 20 %. Under högtrafik uppgår minskningen till ca 35 %. Även i ytterstaden skulle trafiken minska.

Vid beräkningarna av hur halterna förändras har Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbunds länstäckande emissionsdatabas använts. I den finns detaljerade beskrivningar av utsläpp från bl a vägtrafiken, energisektorn, industrin och sjöfarten. Vägtrafiken är beskriven med emissionsfaktorer från Vägverket för fordonsparken år 2015.

I rapporten redovisas beräkningar av utsläpp och halter för kväveoxider samt för partiklar. I redovisade totalhalter ingår både den bakgrundshalt som lokala utsläppskällor i Stockholms och Uppsala län orsakar samt bidraget utanför länen.

Beräkningarna avser årsmedelvärden och har delats upp på dag och natt för att erhålla förändringar av befolkningens exponering på arbetsplats respektive i bostad. Utifrån dessa haltberäkningar har Umeå universitet i en separat rapport skattat förväntade hälsovinsten i form av minskat antal drabbade av luftföroreningar vid införande av trängselavgifter i Stockholm.

Luftmiljövinster av trängselavgifter beror främst av minskat trafikarbete, men även på minskade köutsläpp genom att trafiken flyter bättre. För innerstaden väntas utsläppsminskningar av kväveoxider och partiklar från avgaser på ca 25 %. Under högtrafiktid väntas utsläppen minska med ca 40 %.

Halten kvävedioxid (NO₂) beräknas minska med i genomsnitt ca 11 % i innerstaden. Inom innerstaden varierar minskningen från 5 % till 16 %, med högsta

värdena på Norrmalm. Utanför innerstaden är effekten mindre.

Halten av inandningsbara partiklar (PM₁₀) beräknas minska med ca 8 % i innerstaden. Som mest beräknas PM₁₀ halten minska med ca 13 %. Förändringen beror främst av minskat trafikarbete. Vid PM₁₀-beräkningarna har inte hänsyn tagits till effekter av ökad hastighet, vilket ökar slitaget av vägbanorna och kan därmed bidra till att öka partikelhalterna. Utanför innerstaden blir påverkan på PM₁₀ halterna mycket liten – någon enstaka procents minskade halter. Relativt hög PM₁₀ halt i bakgrundsluften, gör att den lokala trafikens bidrag till årmedelvärdena av halterna blir litet.

En mycket liten del av partikelfractionen PM₁₀ består av avgaspartiklar. Beräkningarna visar att halten avgaspartiklar minskar med mellan 9% och 25% i innerstaden. För avgaspartiklar är den lokala trafikens påverkan större än för PM₁₀.

Beräkningarna i rapporten pekar på en jämförelsevis stor potential för trängselavgifter som en åtgärd för att minska luftföroreningarna från vägtrafiken. Med det förslag till trängselavgifter (miljöavgifter) som kommer att införas på försök i Stockholm vid årsskiftet 2004/2005, blir förmodligen effekterna på föroreningshalterna ungefär lika stora. Preliminära beräkningar av Transek visar att trafiken i innerstaden år 2006 minskar med ca 16 %. I stora drag motsvarar det en haltminskning av NO₂ och PM₁₀ på knappt 10%, vilket således är ungefär lika stor effekt år 2006 jämfört med det alternativ för år 2015 som ligger till grund för beräkningarna i denna rapport. Förslaget till trängselavgifter förväntas underlätta ett uppfyllande av miljö kvalitetsnormer för NO₂ och PM₁₀. Men det krävs ytterligare åtgärder om normen för NO₂ skall klaras den 1 januari 2006 och detta gäller i ännu högre grad om normen för PM₁₀ skall klaras 1 januari 2005.

3. Inledning

Under de senaste 30 åren har trängseln på vägarna i Stockholmsregionen ökat med ca 50 % trots att den totala väglängden har ökat (Transek, 2002). Den omfattande trängseln inverkar negativt på miljön, tillgängligheten och ekonomin i Stockholmsregionen genom ökade avgasutsläpp, längre restider samt högre transportkostnader.

Den största belastningen på Stockholmsregionens vägnät sker under för- och eftermiddagarnas rusningstrafik. Genom att införa avgifter under denna tid kan en del av vägtransporterna styras till andra transportslag eller till tidpunkter med mindre trängsel på vägarna. Effekten blir att fordonstrafiken flyter bättre och att det befintliga vägnätet utnyttjas mer effektivt. De samhällsekonomiska vinsterna är mycket stora, dels genom billigare transporter, dels genom att satsningarna på nya motorvägar genom värdefulla natur- och kulturmiljöer kan minskas.

Vid kökörning ökar bränsleförbrukningen uppemot 3 gånger jämfört med vad den skulle vara

om trafiken flöt i normal hastighet. Det medför att koldioxidutsläppen ökar med ca 200 % och att utsläppen av flyktiga organiska föreningar och kväveoxider ökar med ca 250 % (Transek, 2002). I Stockholms län beräknas ca 40 % av rusningstrafiken ske vid hastigheter under 50 km/tim (Transek, 2002).

Vägavgifter i tätorter finns sedan många år i Singapore samt i Oslo, Bergen och Trondheim. London har nyligen infört avgifter i de centrala delarna. Där ska det kosta motsvarande 70 kronor om dagen (kl. 07-18.30). Många andra städer i Europa, t ex Edinburgh och Rom, och resten av världen har långt framskridna planer på olika slags avgifter på trafiken i tätorter.

I Stockholm kommer ett försök med trängselavgifter (miljöavgifter) att påbörjas vid årsskiftet 2004/2005 och pågå i 1½ år (Transek, 2003). Därefter ska invånarna i Stockholms stad ta ställning till ett permanent införande i en folkomröstning i samband med valet 2006.

4. Projektbeskrivning – Syfte

År 2001 och 2002 genomförde Transek AB på uppdrag av Naturvårdsverket studier och beräkningar avseende trängselsavgifter i Stockholm (Naturvårdsverket, 2001; Transek, 2002). Syftet var att belysa om trängselavgifter kunde minska köerna och öka framkomligheten i Stockholmsregionens vägtransportssystem. Slutsatsen var att en relativt låg avgiftsnivå i rusningstid i kombination med förbättrad kollektivtrafik i princip löste trängselproblemen i Stockholmsregionen år 2015, trots att den totala trafiken beräknades öka med 30 % jämfört med idag.

Transeks beräkningar visade på relativt stora utsläppsminskningar av kväveoxider, kolväten, partiklar och koldioxid med trängselavgifter. Dessa miljövinster hade uppstått både p g a minskat trafikarbete samt minskade köutsläpp genom att trafiken flöt bättre.

Syftet med denna utredning är att utifrån Transeks beräkningar för trafikarbete och utsläpp år 2015 beräkna motsvarande förändringar av luftföroreningshalterna i Storstockholm. Vid beräkningarna har Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbunds länstäckande emissionsdatabas använts (Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund, 1999). I emissionsdatabasen, som uppdateras årligen, finns detaljerade beskrivningar av utsläpp från bl a vägtrafiken, energisektorn, industrin

och sjöfarten. Vägtrafiken är beskriven med emissionsfaktorer för olika fordons- och vägtyper enligt Vägverkets EVA-modell 2.2 (Vägverket, 2000). Sammansättningen avseende fordonsparkens avgasreningsgrad har beräknats utifrån förhållandena år 2015, vilket innebär att hänsyn har tagits till framtida minskade avgasutsläpp p g a idag beslutade avgaskrav.

Beräkningar redovisas för kväveoxider (NO_x och NO₂) samt för partiklar (PM₁₀). Beräkningar för kvävedioxid görs för årsmedelvärden under år 2015. I beräknade totalhalter i rapporten ingår både den bakgrundshalt som lokala utsläppskällor i Stockholms och Uppsala län orsakar samt bidraget utanför länen. Beräkningarna har delats upp på dag och natt så att beräknad befolkningsexponering tar hänsyn till exponeringen på arbetsplatser respektive vid bostadsadresser.

Umeå universitet kommer i ett senare projektskede att utifrån lokala data över t ex antalet sjukhusinläggningar och relevanta s k dos-respons samband, skatta förväntade hälsovinster i form av minskat antal drabbade av avgaseffekter vid införande av trängselavgifter i Stockholm.

5. Metoder och genomförande

5.1. Beräkningsfall

Emissionsdatabaser, utsläpps-, halt- och exponeringsberäkningar har beaktat två olika fall för år 2015:

- *Jämförelsealternativ – utan trängselavgifter*
- *Avgiftsalternativ – med trängselavgifter*

Jämförelsealternativet avser situationen enligt Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbunds emissionsdatabas med prognosår 2015 för vägtrafiken.

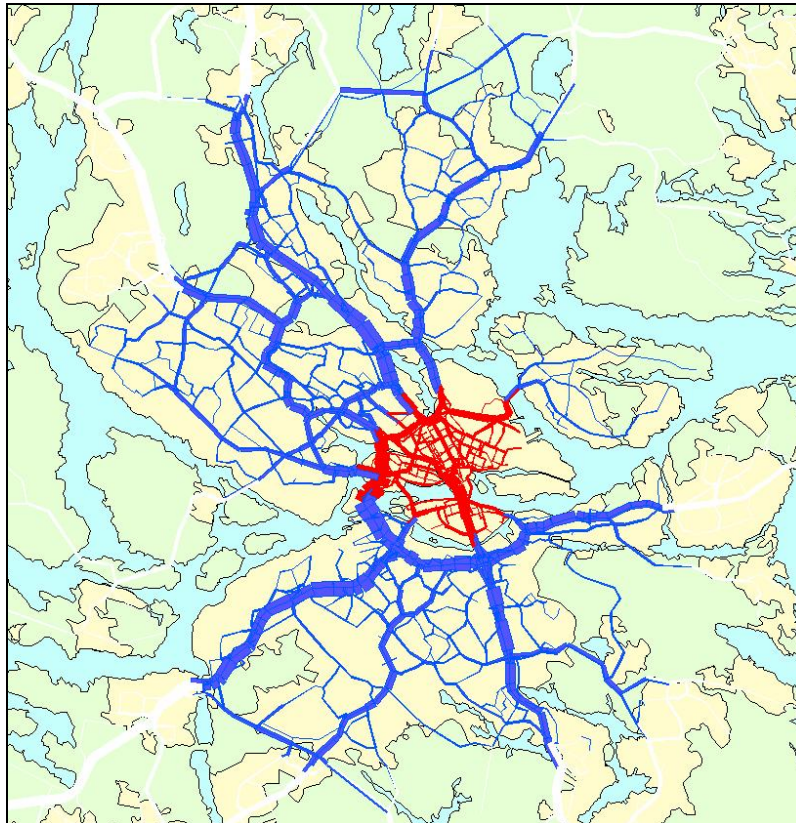
Transekts beräkningar baserar sig på *tre* olika avgiftsalternativ beroende på var och när man framför sitt fordon. Denna studie omfattar Transekts alternativ 1. Avgiften där varierar för tre tidsperioder och tre områden enligt Tabell 1. Med Ytterstad avses den centrala delen av Stockholms tätort (exklusive Innerstaden). Området omfattar Stockholm, Sundbyberg, Solna, Lidingö, Danderyd samt delar av Huddinge, Sollentuna och Täby kommun. Innerstaden avgränsas av Södermalm, Kungsholmen och Norrmalm. Den del av Essingeleden som går över Kungsholmen tillhör Innerstaden medan övriga delar tillhör Ytterstaden.

Det är viktigt att påpeka att det trängselavgiftssystem som vi räknat på i denna utredning skiljer sig från det förslag till trängselavgifter (miljöavgifter) som nu skall införas på försök i Stockholm vid årsskiftet 2004/2005. Det förslag som kommer att provas innebär att en avgift tas ut under vardagar, dels i högtrafik (7.30-8.30 och 16-17.30) och dels i mellantrafik (7-7.30, 17.30-18.30 och 8.30-16). Förslaget omfattar två avgiftszoner i Stockholms innerstad: 20 kronor tas ut för passage av innerstadszonen och 10 kronor för passage över Saltsjö-Mälarsnittet i högtrafik. Mellantrafikavgiften uppgår till 10 kronor för passage över innerstadszonen. För övrig tid är passagerna gratis.

Det finns alltså två viktiga skillnader. För det första omfattar det nya förslaget inte avgifter i ytterstaden. För det andra tas avgift ut endast vid passage av en zongräns.

Tabell 1. Studerat alternativ för trängselavgifter, kr per km, prisnivå 2000 (Transek, 2002).

	Innerstaden	Ytterstaden	Övriga delar i länet
Högtrafik (vardagar kl.7-9 och kl.16-18)	4 kr	1 kr	Ingen kostnad
Lågtrafik (vardagar kl.9-16)	2 kr	Ingen kostnad	Ingen kostnad
Övrig tid (vardag kl.18-7)	Ingen kostnad	Ingen kostnad	Ingen kostnad



Figur 1. Områdesavgränsning för det förslag till trängselavgifter som ligger till grund för beräkningarna i denna rapport. Vägar i Innerstaden är röda och vägar i Ytterstaden är blå. Vägarnas bredd är proportionell mot trafikvolymen på vägen (Transek, 2002).

5.2. Trafikflöden och utsläpp

Det av Transek analyserade vägnätet omfattar Stockholms län samt hela eller delar av omkringliggande län i Mälardalen. För varje enskild större väglänk i området har trafikarbete (antal fordonskilometer), körförlopp och avgasutsläpp beräknats. Modellkörningarna har gjorts med effektmodellen SAMKALK/EVA. Effekterna på avgasutsläpp har förutom förändring i trafikarbete beräknats utifrån hur utsläppen förändras av minskad trängsel då

trafiken flyter jämnare istället för att stanna och starta i kökörning. Som kösituation har definierats tillfällen då hastigheten understiger 20 km/tim under maxtimtrafik. Emissionsfaktorer för kökörning är framtagna inom TOSCA projektet (Vägverket, 1994).

Vägnätet för Storstockholm respektive Innerstaden har SLB-analys tagit fram utifrån Transeks datakörningar. Erhållna trafik- och utsläppsminskningar redovisas i Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 2. Beräknade trafik- och utsläppsminskningar med trängselavgifter (Transeks alt 1) i jämförelse med ett jämförelsealternativ utan avgifter år 2015 .

	Trafikarbete	Kväveoxider	Avgaspartiklar	PM10
Stockholms län	7,6 %	8,2 %	8,0 %	7,6 %
Storstockholm	10 %	11 %	11 %	10 %
Innerstaden	19 %	26 %	25 %	19 %

De största trafik- och utsläppsminskningarna erhålls i innerstaden, vilket är naturligt med tanke på att avgifterna är högst där (4 kr per km i högtrafik). Reduceringen av utsläppen av kväveoxider och avgaspartiklar beror både på trafikminskningen samt på minskade köutsläpp. För utsläppsminskningen av

kväveoxider och avgaspartiklar i innerstaden beräknas ca 1/4 bero på mindre köutsläpp och resten på minskad trafik. Motsvarande ”köandel” för Storstockholm och Stockholms län är ca 10 % respektive ca 5 %. Reduceringen av PM10-utsläpp beror helt och hållet på den minskade trafiken,

eftersom avgaspartiklar endast utgör en mindre del av fraktionen. Emission av PM10, som till största del består av slitagepartiklar, beror också av fordonens hastighet, andelen tung trafik, dubbdäcksandelen och väghållningen. Vi har i denna utredning antagit att alla dessa faktorer kommer att vara desamma med trängselavgifter.

Tabell 2 avser minskningen under ett helår eller för ett medeldygn 2015. Eftersom avgiften är större under högtrafik (vardagar) kommer trafiken och utsläppen minska mer under dessa tidpunkter. Detta framgår av Tabell 3.

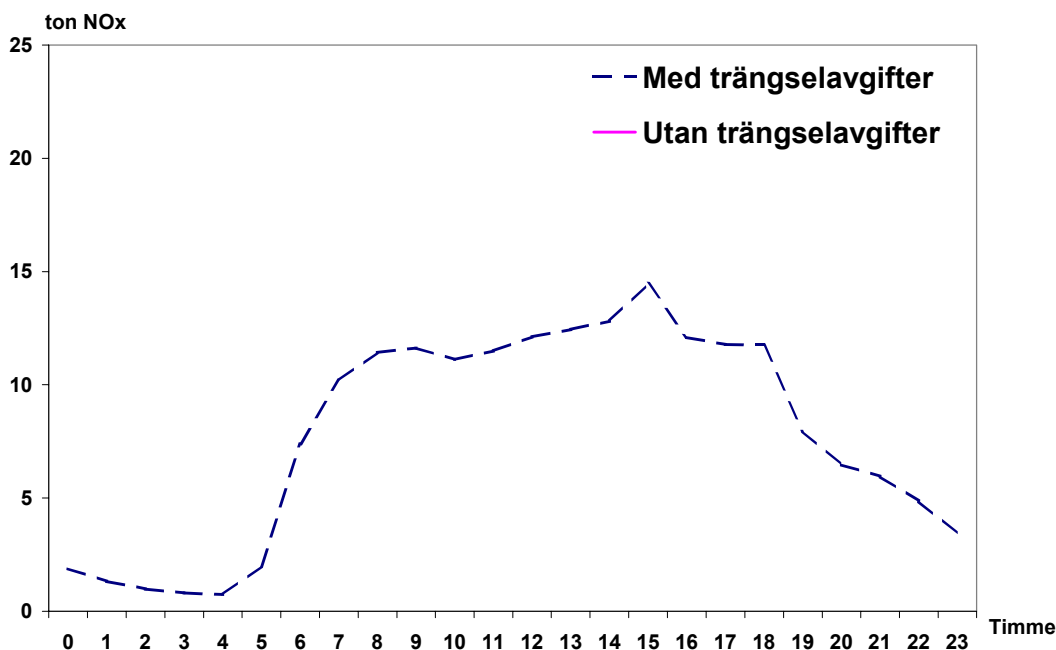
Tabell 3. Beräknade trafik- och utsläppsminskningar under högtrafik (vardagar) med trängselavgifter (Transeks alt 1) i jämförelse med ett jämförelsealternativ utan avgifter år 2015.

	Trafikarbete	Kväveoxider	Avgaspartiklar	PM10
Ytterstaden	22 %	24 %	23 %	22%
Innerstaden	35 %	39 %	39 %	35%

De emissionsdatabaser som har skapats för att beräkna luftföroreningshalter har beaktat både den totala minskningen enligt Tabell 2 samt minskningen under högtrafik enligt Tabell 3. Den senare har lagts in för de vägtyper (tidsvariationer) som omfattas av trängselavgifter i Ytterstaden respektive Innerstaden. I Figur 2 redovisas erhållna utsläpp av kväveoxider i Innerstaden med respektive utan trängselavgifter under en vardag 2015.

Innerstadens beräknade trafikminskning på 35 % under högtrafik ovan är relativt stor i jämförelse med London där trafiken har minskat med 15% - 20 %

sedan man införde trängselavgifter där (Transek, 2003). Preliminära beräkningar för år 2006 för det förslag som kommer att prövas i Stockholm visar att trafiken i innerstaden minskar med ca 16 %. I ytterstaden (som inte omfattas av avgifter) blir effekten drygt 2 % (Jonas Eliasson, Transek AB, september 2003). Trafikminskningen blir således ungefär lika så stor i innerstaden men lägre utanför innerstaden.



Figur 2. Emissioner av kväveoxider för vägnätet i Innerstaden under vardagar med respektive utan trängselavgifter.

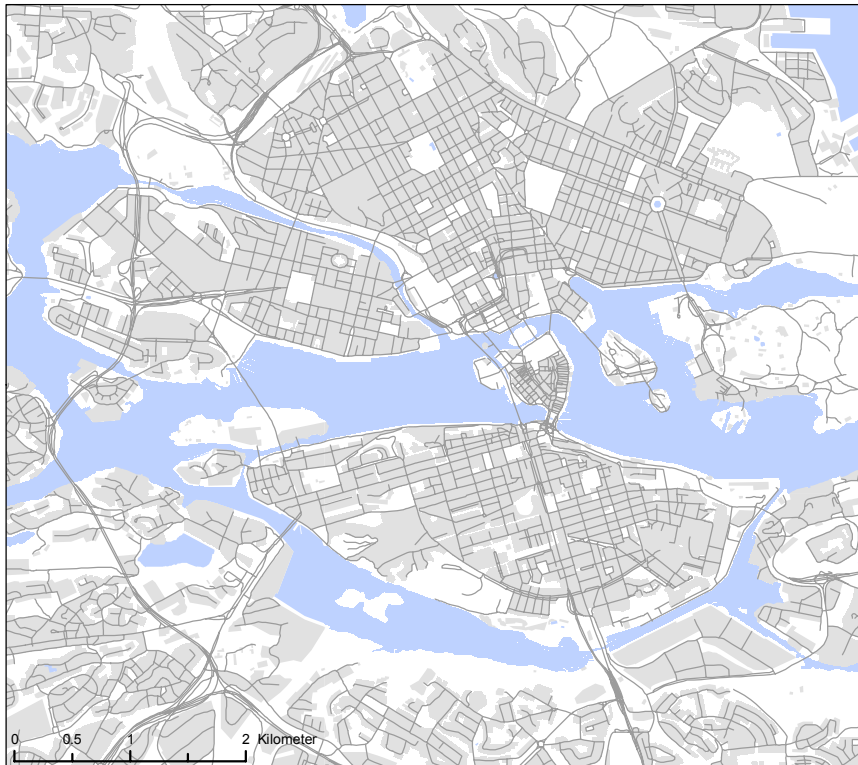
5.3. Geografisk upplösning

Beräkningarna av föroreningshalterna har genomförts för 2 områden. Dels för ett område som innefattar Stockholms stad och många kranskommuner (nedan kallat Storstockholm, se Figur 4). Dels för ett mindre område som endast täcker Stockholm innerstad (nedan kallt innerstaden, se Figur 3). Beräkningarna för innerstaden har en rumslig upplösning på 100 x 100 meter och för Storstockholm är upplösningen 500 x 500 meter. För att få med påverkan på halterna från ytterområdena i innerstaden görs beräkningarna i tre steg:

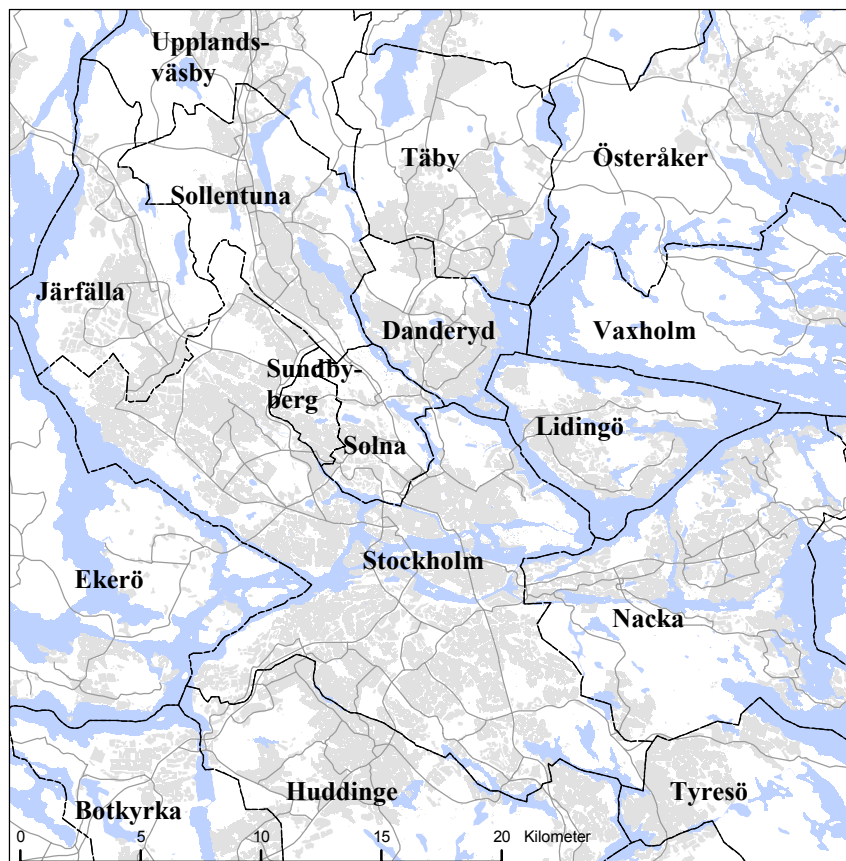
1. Halterna beräknas i ytterområdet med 500 meters upplösning

2. Bidraget till halterna i ytterområdet från innerstaden beräknas med 500 meters upplösning

Bidraget från ytterområdet till halterna i innerstaden erhålls som skillnaden mellan 1 och 2. Genom att dessutom addera bakgrundsbidraget utifrån uppmätta halter i bakgrundsluft som inte påverkats av utsläppen i Stockholmsregionen, erhålls de totala halterna i innerstaden.



Figur 3. Beräkningsområdet Innerstaden (100 meters upplösning i beräkningarna). Området innefattar endast Stockholms stad.



Figur 4. Beräkningsområdet Storstockholm (500 meters upplösning i beräkningarna).

5.4. Beräkningsmodeller

Halterna har beräknats med hjälp av en Gaussisk spridningsmodell. En vindmodell används för att generera ett representativt vindfält över hela beräkningsområdet. Indata till modellen är en klimatologi som baserats på en 50 m hög mast i Högdalen i Stockholm under perioden 1990-99. Mätningarna inkluderar horisontell och vertikal vindhastighet, vindriktning, temperatur, temperatur-differensen mellan tre olika nivåer och solinstrålning. En dagklimatologi och en nattklimatologi har beräknats genom att välja ut väderdata under natt (kl. 17 – 08) respektive dag (kl. 08 – 17).

Vindmodellen tar hänsyn till variationerna i lokala topografiska förhållanden. Den gaussiska spridningsmodellen har använts för att beräkna halternas fördelning över beräkningsområdet. Halterna har beräknats två meter ovan öppen mark.

Vad gäller kvävedioxid så genererar spridningsmodellerna endast halterna av kväveoxider, NO_x , d v s summan av kvävemoxid, NO , och kvävedioxid, NO_2 . Utsläppen av NO_x sker till största delen i form av NO . Andelen NO_2 av den totala NO_x -halten varierar olinjärt med NO_x -halten. I luften oxideras NO till NO_2 vid reaktionen med framför allt markozon. Denna reaktion tar några minuter beroende på ozonhalt. NO_2 sönderdelas i sin tur till NO p g a solljusets inverkan. Även denna process är relativt snabb och kan ske inom loppet av några minuter beroende på solinstrålningen. Med hjälp av data från instrumentmätningar under 90-talet på olika utsläppsbelastade platser kan halterna av NO_x konverteras till halter av NO_2 .

5.5. Bakgrundshalter

Bakgrundshalter har erhållits från mätningar i Stockholms och Uppsala län. För år 2015 har halterna uppskattats utifrån förväntad utveckling avseende utsläppen. Utsläppen av partiklar via avgaser från fordon kan antas sjunka inom EU mellan 2000 och 2015 tack vare renare bränslen och förnyad fordonspark. Men den största delen av PM10 halterna beror på slitagepartiklar som virvlas upp längs vägarna. Om inga åtgärder vidtas kan man inte förvänta sig någon minskning i PM10 utsläppen. Halter av partiklar som transporteras in över länet förväntas minska tack vare minskade utsläpp i Europa men scenarier gällande bakgrundshalter av partiklar på längre sikt saknas. Någon förändring av bakgrundshalten för partiklar jämfört med nuläget är

därför inte antagen. Halterna som genereras av energisektorn och industrin antas oförändrade från och med år 2000 eftersom det inte finns tillgängliga prognoser på utsläppsförändringar.

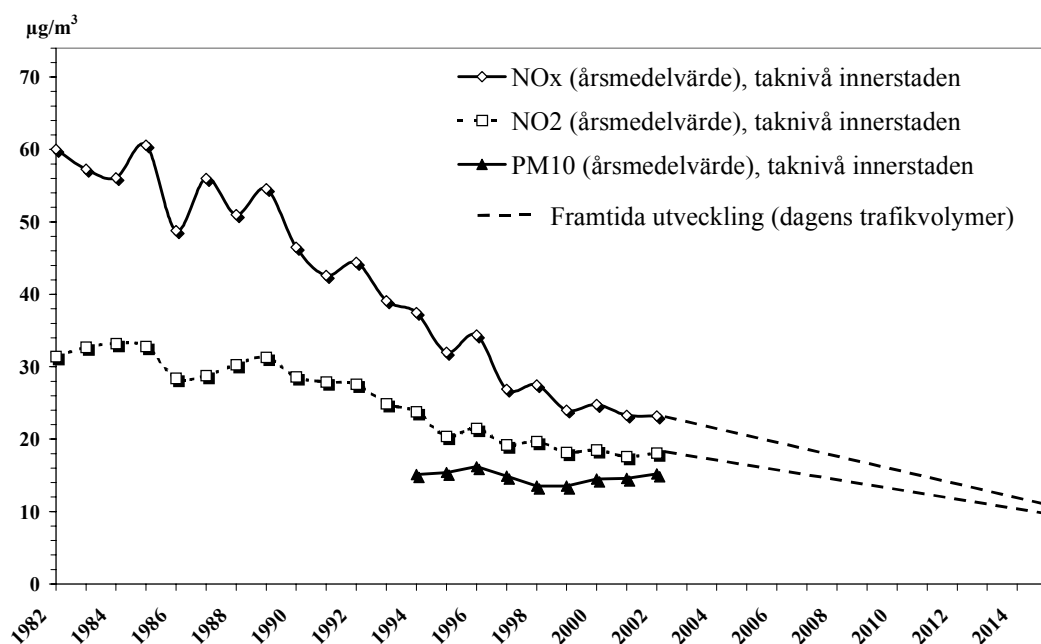
NOx halterna bör sjunka tack vare minskade utsläpp från vägtrafiken. Osäkerheterna hänger samman med den tunga trafikens utveckling och utvecklingen av dieselfordon. Utsläppen år 2015 utgörs till största delen av tunga fordon. Vi har valt att i denna utredning anta samma regionala bakgrundshalt 2000 och 2015. Detta medför eventuellt viss överskattning av halterna 2015 men det påverkar inte skillnaderna i halter mellan med respektive utan trängselavgifter.

Tabell 4. Uppmätta bakgrundshalter (årsmedelvärden) år 2000 och antagna halter år 2015. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ämne	Halter i dag	År 2015
Kvävedioxid	3 ¹⁾	3
PM10	11 ²⁾	11

¹⁾Mätningar vid Norr Malma i Norrtälje.

²⁾Mätningar vid Aspveten (ITM, Stockholms universitet).



Figur 5 Uppmätta halter i taknivå (årsmedelvärden) i Stockholms innerstad samt förväntad utveckling till år 2015 med dagens trafikvolym (utan trängselavgifter).

5.6. Befolkningsdata & befolkningsviktning

Befolkningsdata har inhandlats från SCB (Örebro) och täcker storstockholmsområdet med upplösningen 500 m och innerstaden med upplösningen 100 m. Dagbefolkning och nattbefolkning finns separat i 10 årsklasser.

Data baseras på registerbaserad arbetsmarknadsstatistik för år 2000. Redovisning av dagbefolkning på mindre områden än kommun har stora brister. Fördelningen av de förvärvsarbetande personerna på arbetsställen görs utifrån arbetsställesnumret på kontrolluppgifter från riksskatteverket. Uppgifter om näringsgren (bransch), sektor och geografisk belägenhet hämtas via detta arbetsställesnummer från Företagsregistret. Cirka 8% av alla förvärvsarbetande saknar arbetsställesnummer och kan ej hänföras till ett specifikt arbetsställe utan redovisas som växlande mm inom den kommun där de är bosatta.

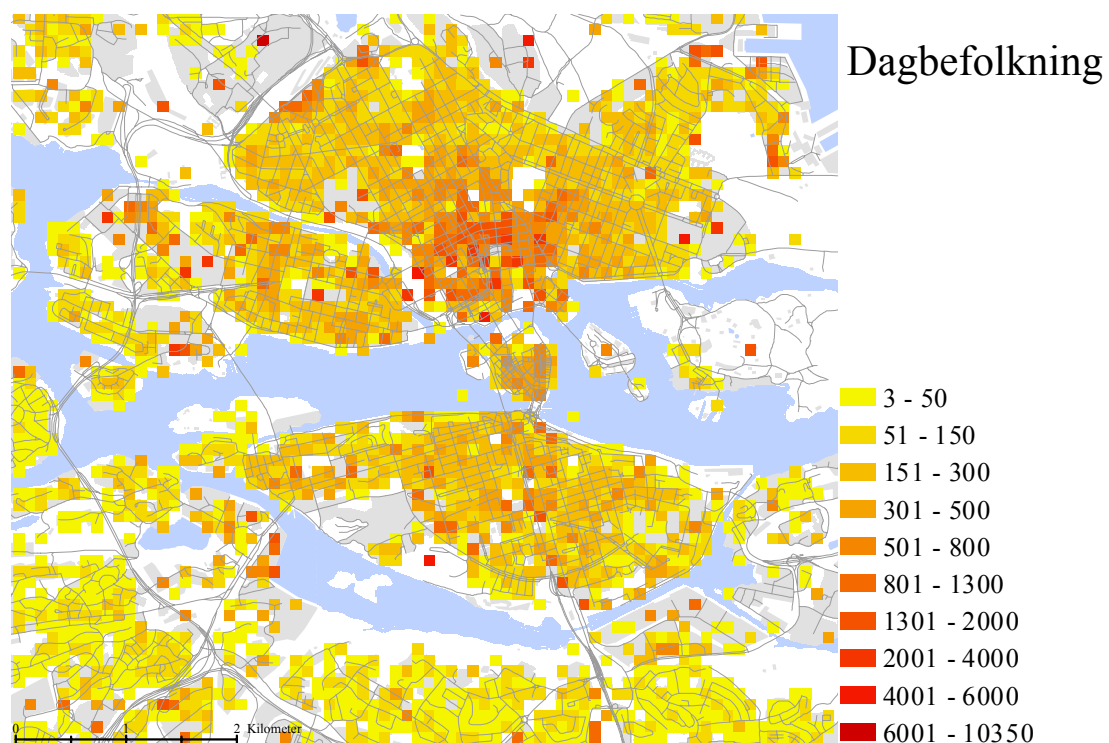
Kvaliteten mellan kommunerna växlar. Under antagandet att för Storstockholmsområdet gäller att dagbefolkningen är lika stor som nattbefolkningen har dagbefolkningen som erhållits från SCB justerats genom att alla personer yngre än 20 år och äldre än 59 år som bor i området ersatt motsvarande åldrar i dagbefolkningen. Dessutom har antalet personer i

innerstaden mellan 20 och 59 år räknats upp med kvoten mellan nattbefolkning och dagbefolkning för respektive åldersklass i Storstockholm.

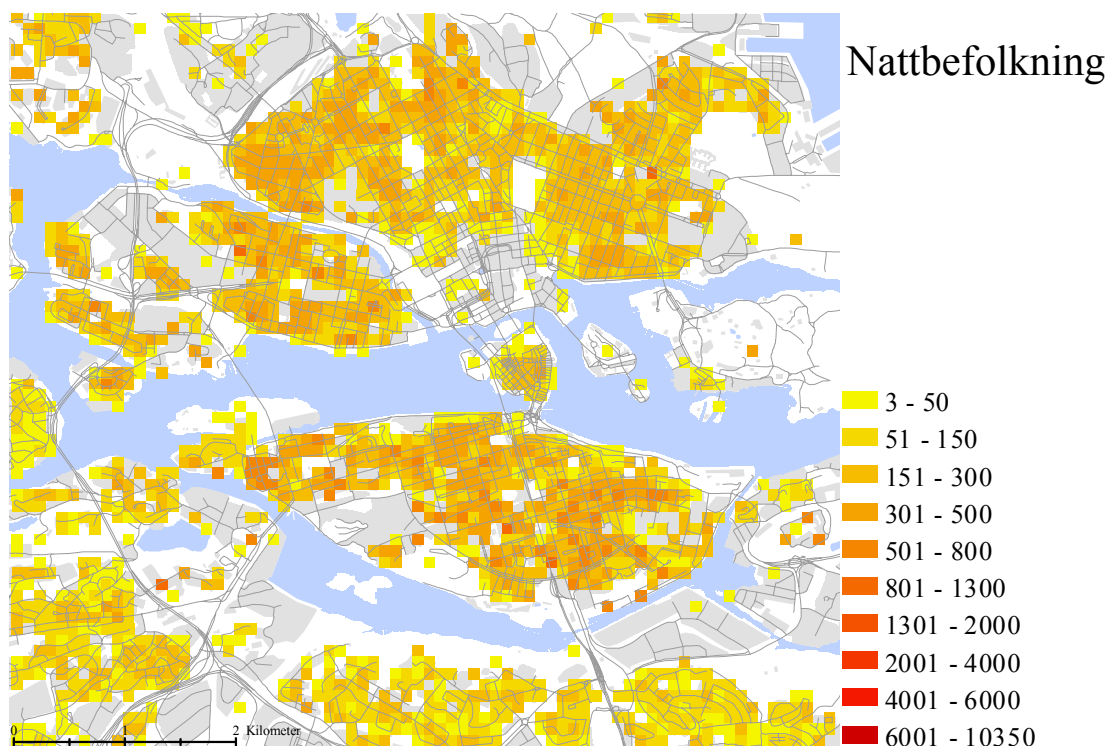
Statistiksekretess är till för att förhindra att enskilda individer kan identifieras i statistiska redovisningar. För tabellceller som innehåller en person sätts värdet till noll och celler som innehåller 2 personer sätts till 3.

Enligt den statistik som använts här arbetar och vistas 525 000 personer i innerstaden under dagtid. Antalet boende är 331 000 personer (nattbefolkning). I Storstockholm bor det 1 418 000 personer.

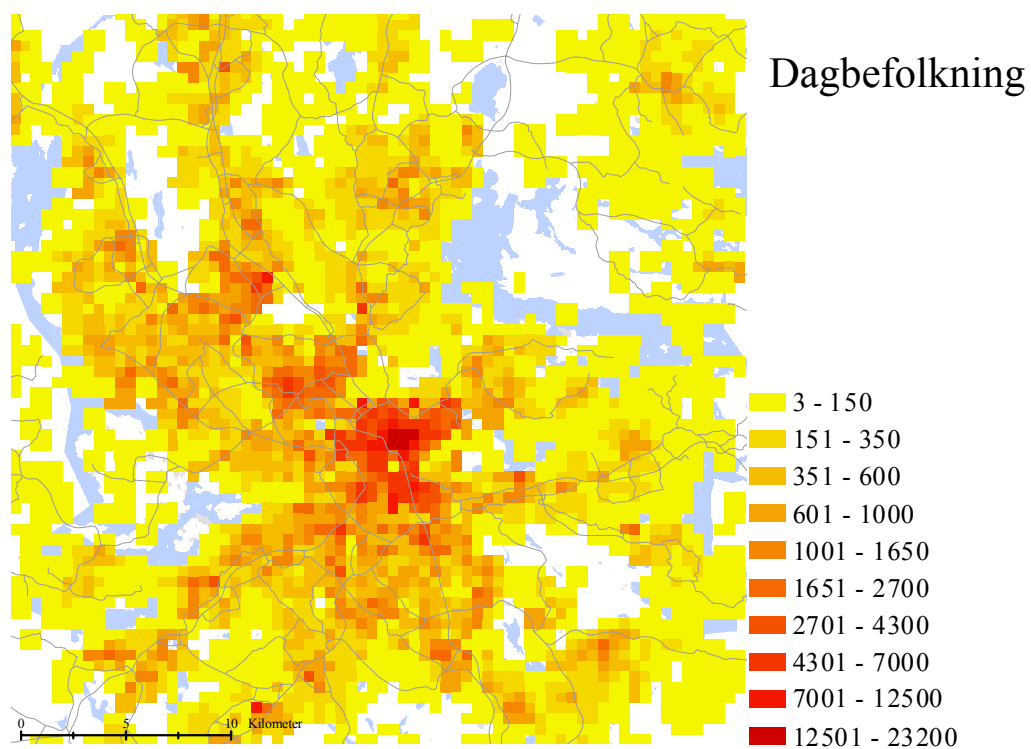
Den geografiska fördelningen av dag- och nattbefolkningen i innerstaden (100 meters rutor) framgår av Figur 6 och Figur 7. Den mest markanta skillnaden syns på Norrmalm i city. Här är befolkningstätheten betydligt större under dagtid eftersom området domineras av arbetsplatser. Vidare framgår att befolkningstätheten utanför tullarna är betydligt större under nattetid eftersom det finns färre arbetsplatser i dessa områden. Figur 8 och Figur 9 visar motsvarande fördelning för Storstockholm, där upplösningen är 500 meter.



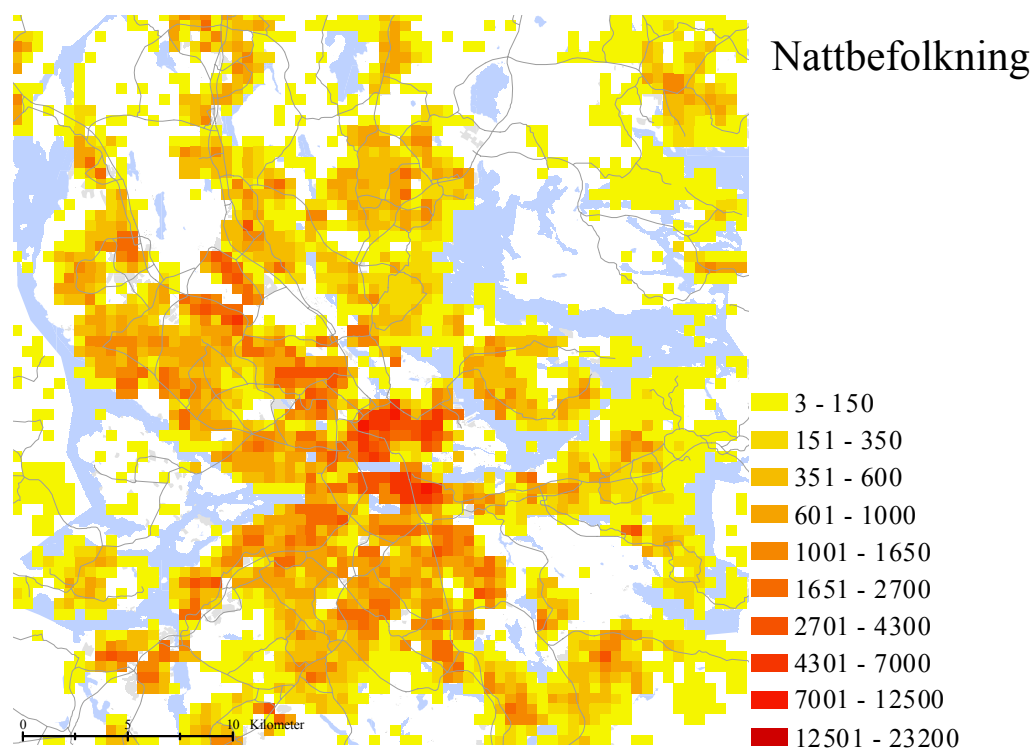
Figur 6. Geografisk fördelning av dagbefolkning i innerstaden år 2000. Varje cell är 100x100 m.



Figur 7. Geografisk fördelning av nattbefolkning (boende) i innerstaden år 2000. Varje cell är 100x100 m.



Figur 8. Fördelning av dagbefolkning i Storstockholm år 2000 (500 meters upplösning).



Figur 9. Fördelning av befolkning på bostadsadresser år 2000 (nattbefolkning; 500 meters upplösning).

Åldersfördelningen i dag och nattbefolkningen i Stockholms innerstad redovisas i Figur 10. I båda fallen är flest personer mellan 30 och 39 år. Dessa utgör 20% av nattbefolkningen (boende) och 24% av dagbefolkningen (arbetande och boende) i området. Andelen mellan 20 och 60 år ökar dagtid p g a det stora antalet arbetsplatser i innerstaden. Tjugoen procent av de boende är äldre än 60 år och 14% är yngre än 20 år. För Storstockholm är åldersfördelningen densamma för dag- och nattbefolkningen.

Eftersom luftföroreningshalterna i innerstaden är väsentligt högre under dagtid måndag till fredag samtidigt som antalet personer i innerstaden är högre under denna period kan det vara mycket viktigt att ta hänsyn till detta vid beräkning av medelkoncentrationerna som befolkningen exponeras för. Exempelvis visar mätningar på Södermalm (i taknivå) att NO_x halterna i genomsnitt är dubbelt så

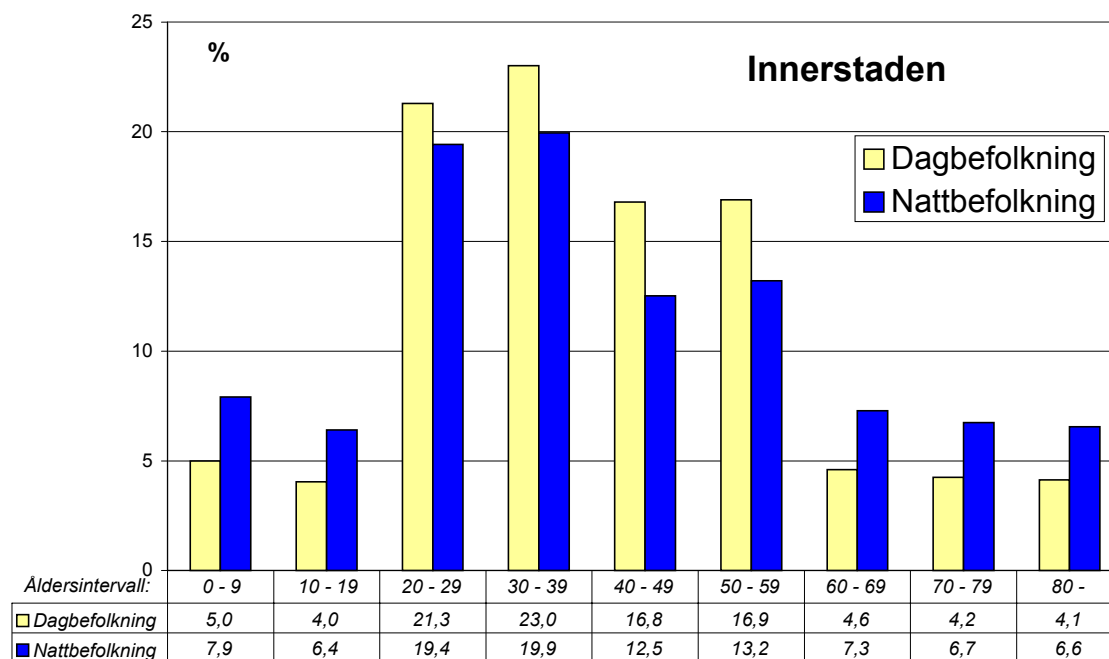
höga vardagar 7 – 18 jämfört med medelvärdet för motsvarande nätter och alla helger.

Befolkningsviktade koncentrationer har beräknats som:

$$C_{viktat} = \frac{\sum (C_{dag} N_{dag} T_{var dag}^{dag} + C_{natt} N_{natt} T_{övrig tid}^{natt})}{N_{dag} T_{var dag}^{dag} + N_{natt} T_{övrig tid}^{natt}}$$

där C är koncentrationen, N är befolkningsantalet för dag respektive natt och T är antalet timmar som dag- respektive nattbefolkningen utsätts för dag respektive nattkoncentrationerna.

Dagkoncentrationen avser endast dagtid under vardagar 8 – 17 och nattkoncentrationen avser nätter på vardagar och hela dygnet under helgdagar. Hänsyn har inte tagits till befolkningens eventuella avvikande exponering p g a vistelse utanför regionen.



Figur 10. Åldersfördelningen av dag och nattbefolkningen i Stockholms innerstad (år 2000; Modifierat från SCB statistik).

6. Påverkan på halter och befolkningsexponering

6.1. NO_x och NO₂

I Tabell 5 redovisas de befolkningsviktade årsmedelvärdena av NO_x koncentrationerna för fallet med och utan avgifter. Motsvarande värden för NO₂ framgår av Tabell 6.

Årsmedelvärdet av NO_x sjunker med ca 12 %, från 12.2 µg/m³ till 10.7 µg/m³. På vissa platser blir skillnaderna betydligt större, som mest erhålls en minskning av årsmedelvärdet med 6.8 µg/m³ motsvarande 20%.

För NO₂ blir effekterna mindre. Detta beror på att trafikavgaserna innehåller mestadels NO som måste oxideras i luften för att NO₂ skall bildas. Vid riktigt höga NO halter i trafiknära områden begränsas oxidationen av tillgången på ozon och endast en mindre del av NO bildar NO₂.

Procentuellt sett sjunker årsmedelvärdet av NO₂ med 11 %, från 11.1 µg/m³ utan avgifter till 9.9 µg/m³ med avgifter. Som mest erhålls en minskad NO₂ halt med 3.7 µg/m³ eller 16%.

Tabell 5. Befolkningsviktade halter av **NO_x** i innerstaden med respektive utan trängselavgifter 2015. I tabellen redovisas årsmedelvärden.

Scenario	Befolkningsviktat värde (µg/m ³)	Skillnad (µg/m ³)	Procentuell minskning
Utan avgifter	12.2	1.6 (0.3 – 6.8) ¹⁾	12% (5%- 20%) ¹⁾
Med avgifter	10.7		

¹⁾ Intervall avseende minsta och största värde som erhållits för innerstaden.

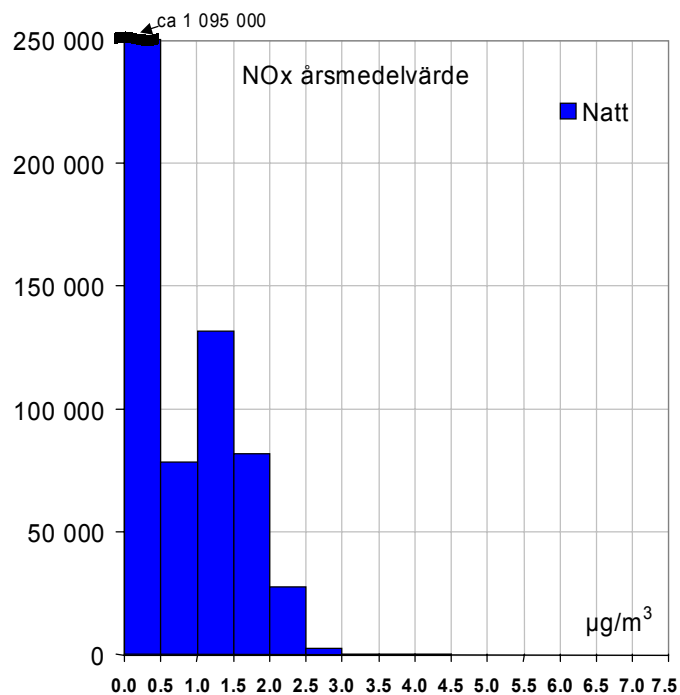
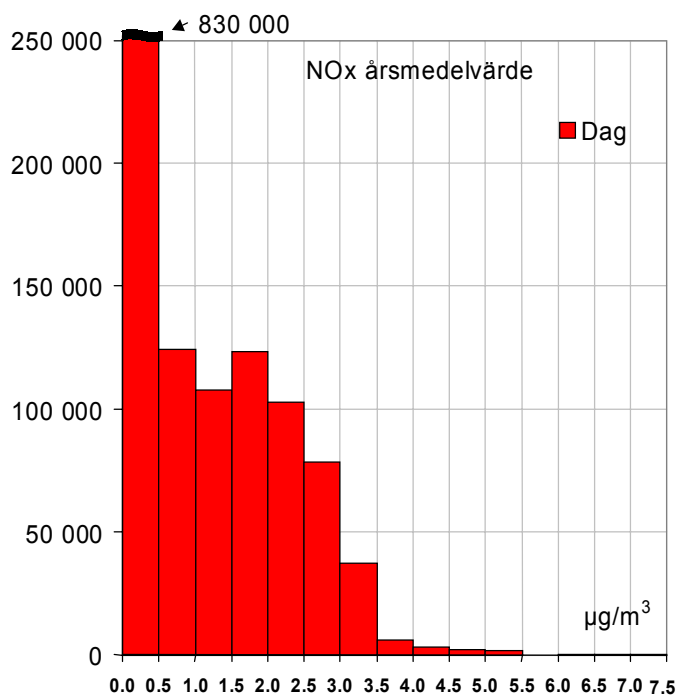
Tabell 6. Befolkningsviktade halter av **NO₂** i innerstaden med respektive utan trängselavgifter 2015. I tabellen redovisas årsmedelvärden.

Scenario	Befolkningsviktat värde (µg/m ³)	Skillnad (µg/m ³)	Procentuell minskning
Utan avgifter	11.1	1.2 (0.3 – 3.7) ¹⁾	11% (5% - 16%) ¹⁾
Med avgifter	9.9		

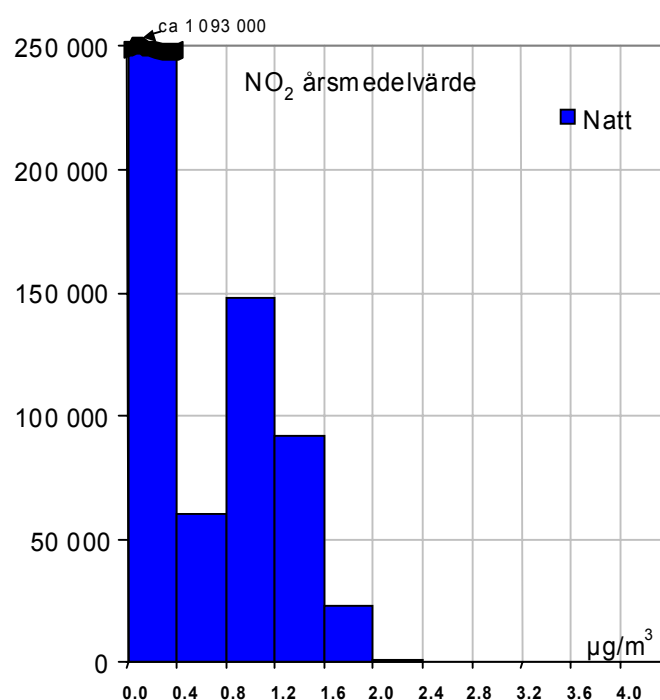
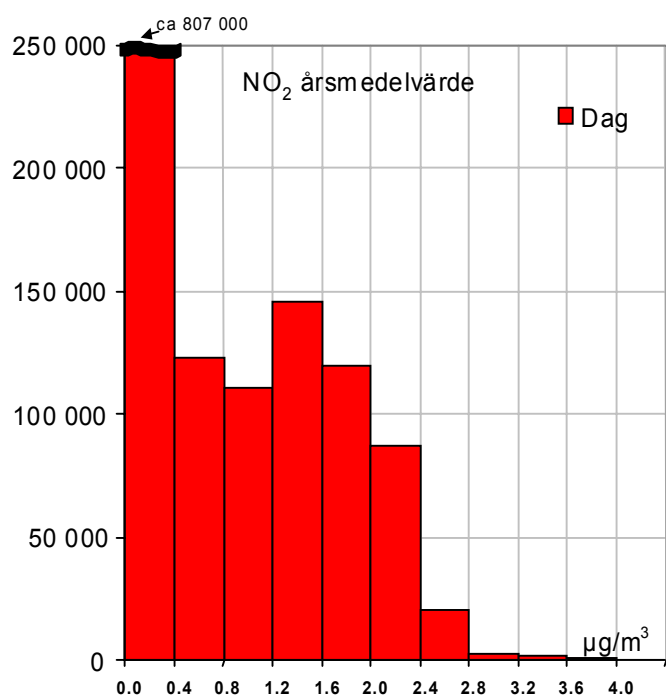
¹⁾ Intervall avseende minsta och största värde som erhållits för innerstaden.

Figur 11 visar antalet personer i dagbefolkningen respektive nattbefolkningen i hela Storstockholm som får viss minskning av koncentrationen NO_x (årsmedelvärde) vid införandet av trängselavgifter (dvs skillnaden i koncentration mellan fallet utan avgifter och fallet med avgifter år 2015). För de flesta, 830 000 personer, i dagbefolkningen minskar NO_x exponeringen med mellan 0 och 0.5 µg/m³, medan exempelvis ca 100 000 personer erhåller en minskad exponering med mellan 2 och 2.5 µg/m³.

De flesta av de 830 000 personerna är lokaliserade utanför innerstaden. Som väntat visar figuren att de största minskningarna i NO_x koncentrationerna inträffar under dagtid då de största utsläppen från trafiken sker. När det gäller nattbefolkningen (boende) är det betydligt färre som erhåller mer än 1 µg/m³ lägre NO_x koncentration. De flesta, drygt en miljon personer, erhåller en minskning med mellan 0 och 0.5 µg/m³. Motsvarande värden för NO₂ redovisas i Figur 12.



Figur 11. Antalet personer i dagbefolkningen respektive nattbefolkningen som får viss minskning av koncentrationen NOx vid införandet av trängselavgifter (dvs skillnaden i koncentration mellan fallet utan avgifter och fallet med avgifter år 2015). Observera att stapeln avseende halterna mellan 0 och 0.5 µg/m³ är betydligt högre än diagrammets y-axel, dvs för dagbefolkningen är det 830 000 och nattbefolkningen 1 095 000 personer som exponeras för mellan 0 och 0.5 µg/m³.

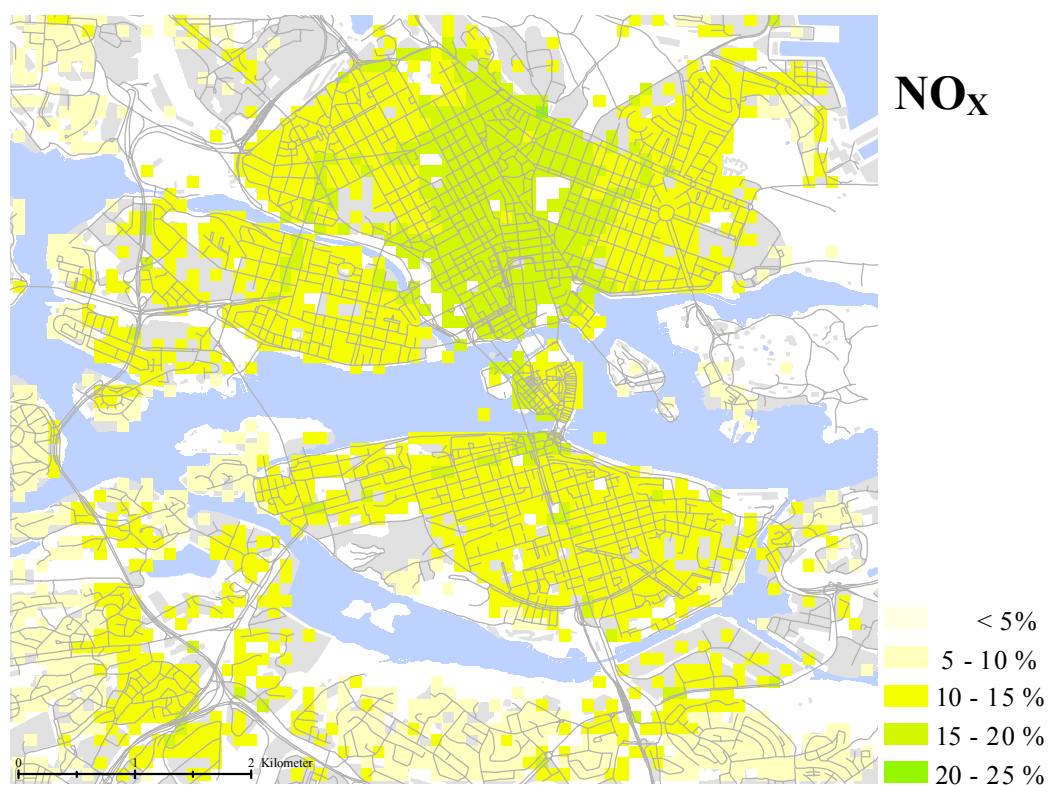


Figur 12. Antalet personer i dagbefolkningen respektive nattbefolkningen som får viss minskning av koncentrationen NO₂ vid införandet av trängselavgifter (dvs skillnaden i koncentration mellan fallet utan avgifter och fallet med avgifter år 2015). Observera att stapeln avseende halterna mellan 0 och 0.4 µg/m³ är betydligt högre än diagrammets y-axel, dvs för dagbefolkningen är det 807 000 och nattbefolkningen 1 093 000 personer som exponeras för mellan 0 och 0.4 µg/m³.

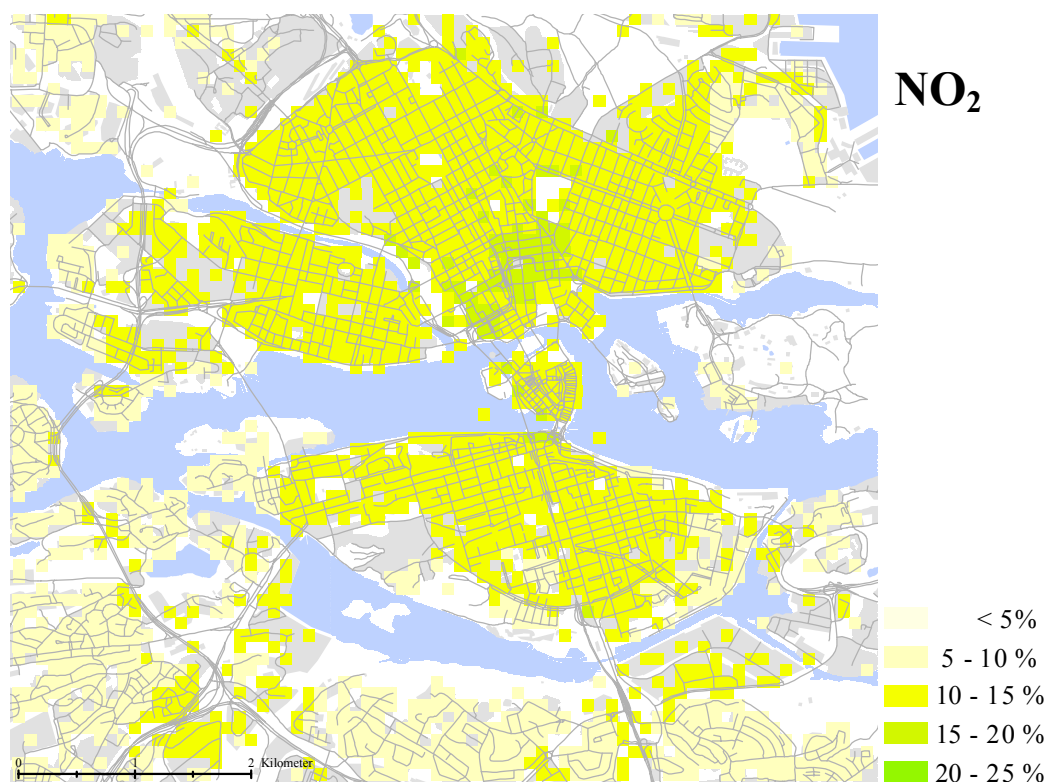
Figur 13 till Figur 14 visar de den geografiska fördelningen i Stockholms innerstad av de procentuella minskningarna av NO_x och NO₂ exponeringen. Med exponering avses här produkten av de beräknade halterna och dag- respektive nattbefolkningen. Som väntat syns de största effekterna i de centrala delarna av innerstaden. Observera att dagbefolkningen är större i centrala delarna av Norrmalm jämfört med Södermalm (Figur 6). På Norrmalm minskar exponeringen för NO_x med 20% till 25% medan för större delen av Södermalm blir minskningen mellan 10% och 20%.

Samma geografiska fördelning erhålls för NO₂ men de procentuella minskningarna blir något mindre (Figur 14). I områdena utanför tullarna blir minskningarna betydligt mindre jämfört med innanför tullarna.

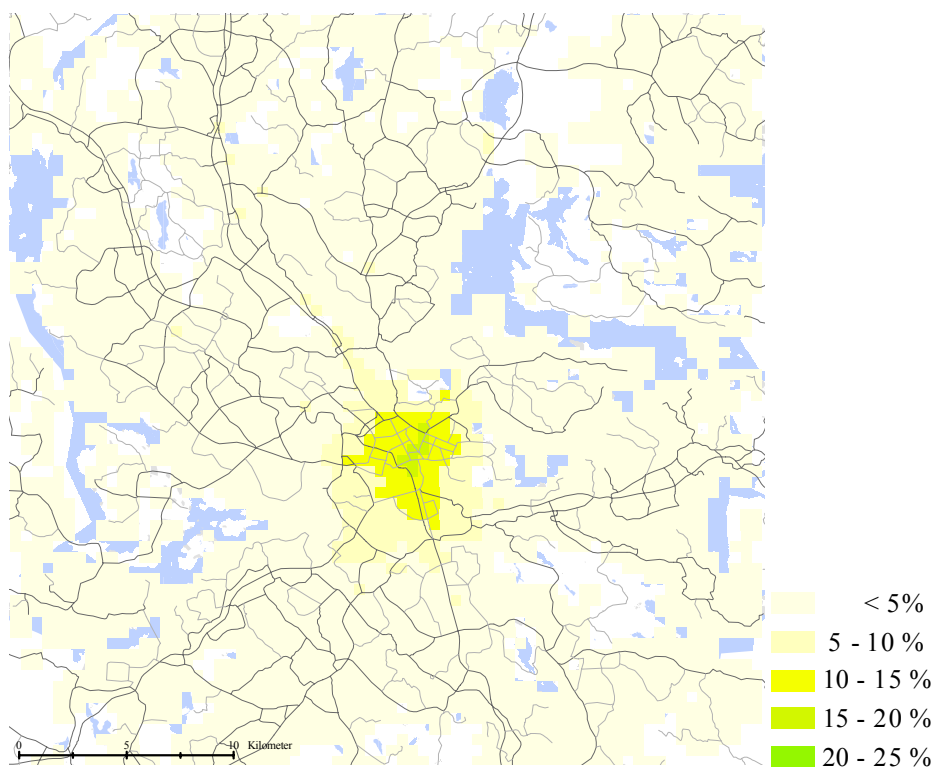
Även utanför i områden utanför innerstaden där avgifterna är betydligt lägre (1 kr per km under högtrafiktid och ingen avgift under övrig tid) minskar NO_x och NO₂ halterna med upp emot 10% (se Figur 15 och Figur 16). Störst minskning i exponering i ytterstaden erhålls för boende intill de mest trafikerade infartslederna.



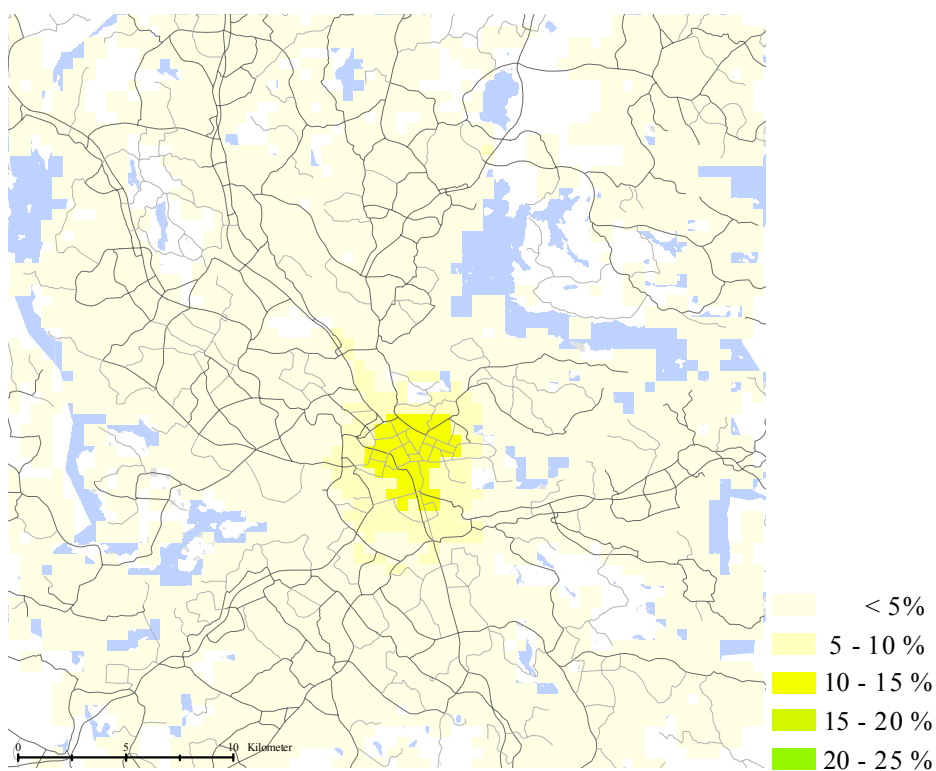
Figur 13. Geografisk fördelning av de procentuella minskningarna av årsmedelvärdet av NO_x exponeringarna vid scenariot med avgifter jämfört med utan avgifter.



Figur 14. Geografisk fördelning av de procentuella minskningarna av årsmedelvärdet av NO₂ exponeringarna vid scenariot med avgifter jämfört med utan avgifter.



Figur 15. Geografisk fördelning av de procentuella minskningarna av årsmedelvärdet av NO_x exponeringarna vid scenariot med avgifter jämfört med utan avgifter. Storstockholmsområdet; 500 x 500 meters upplösning.



Figur 16. Geografisk fördelning av de procentuella minskningarna av årsmedelvärdet av NO_2 exponeringarna vid scenariot med avgifter jämfört med utan avgifter. Storstockholmsområdet; 500 x 500 meters upplösning.

6.2. Partiklar

I Tabell 7 och Tabell 8 redovisas effekterna på årsmedelhalterna i innerstaden av avgaspartiklar respektive PM10, som består av både avgaspartiklar och slitagepartiklar samt inkluderar långdistans-transport. Observera att med avgaspartiklar avses här endast bidraget från den lokala trafiken i Stostockholmsområdet (partikelhalter p g a avgasutsläpp i övriga Sverige och Europa ingår i de totala PM10 halterna i form av bakgrundsbidrag).

Avgaspartikelhalten minskar med endast 0.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, från 0.27 till 0.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid införande av trängselavgifter. Detta kan jämföras med minskningen i PM10 halterna, 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, från 16.3 till 15.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I genomsnitt för innerstaden sjunker de befolkningsviktade PM10 halterna med 8%. Som mest sjunker PM10 halterna med 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vilket motsvarar 13%.

Påverkan på PM10-halterna av utsläppen av avgaspartiklar blir marginell eftersom slitagepartiklarna utgör så stor andel. Trängselavgifter kan innebära bättre flyt i trafiken och eventuellt lite högre genomsnittshastigheter. Detta kan betyda något större resuspension av slitagepartiklar (högre hastighet betyder både lite mera slitage och lite kraftigare fordonsgenererad turbulens som leder till större uppvirvling av partiklar från vägbanorna).

Å andra sidan minskar trafikarbetet totalt sett vilket betyder mindre slitage. I beräkningarna som presenteras här har vi endast tagit hänsyn till att utsläppen av PM10 minskar tack vare minskat trafikarbete. Detta kan alltså ge viss överskatning av effekterna av trängselavgifter på PM10-halterna.

Tabell 7. Befolkningsviktade halter av **avgaspartiklar** i innerstaden med respektive utan trängselavgifter 2015. I tabellen redovisas årsmedelvärden av halterna som endast beror på den lokala trafikens bidrag.

Scenario	Befolkningsviktat värde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Skillnad ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Procentuell minskning
Utan avgifter	0.26		
Med avgifter	0.21	0.05 (0.01 – 0.25) ¹⁾	18% (9% - 25%) ¹⁾

¹⁾ Intervall avseende minsta och största värde som erhållits för innerstaden.

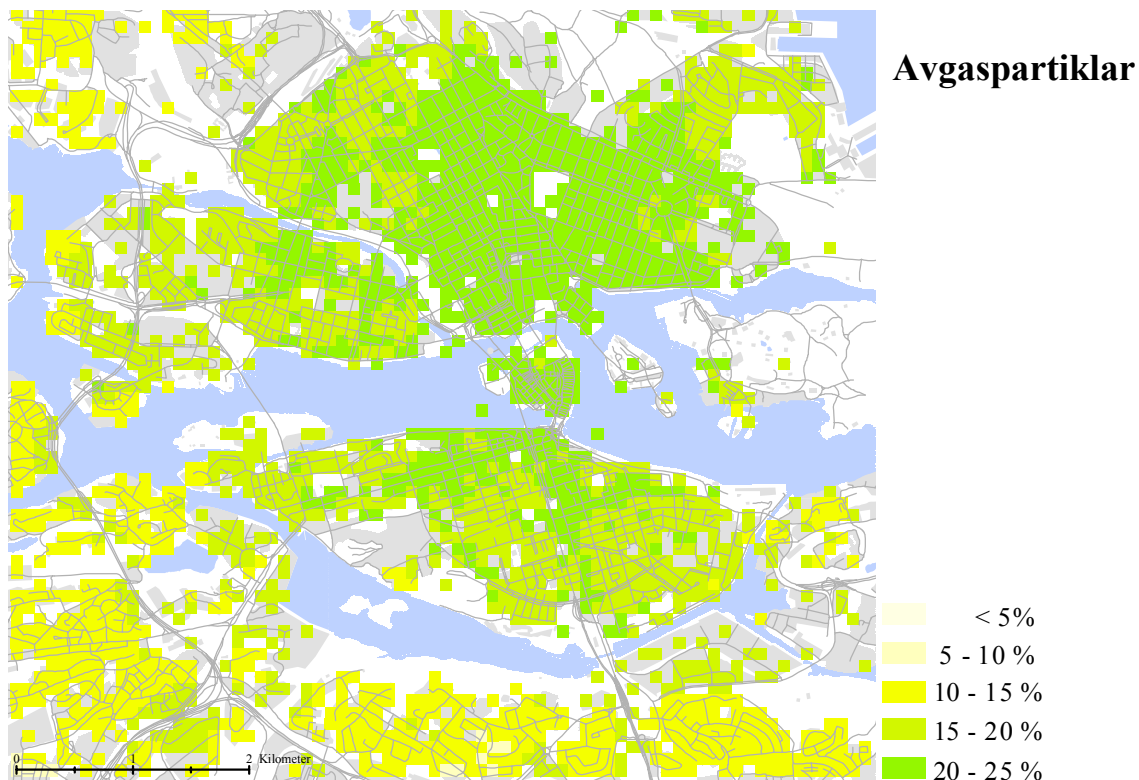
Tabell 8. Befolkningsviktade halter av **PM10** i innerstaden med respektive utan trängselavgifter 2015. I tabellen redovisas årsmedelvärden. I den totala halten av PM10 ingår även bakgrundsbidraget som antagits vara 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Scenario	Befolkningsviktat värde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Skillnad ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Procentuell minskning
Utan avgifter	16.4		
Med avgifter	15.1	1.3 (0.3 – 4.0) ¹⁾	8% (2% - 13%) ¹⁾

¹⁾ Intervall avseende minsta och största värde som erhållits för innerstaden.

Den geografiska fördelningen av den procentuella minskningen av avgaspartikelhalterna framgår av Figur 17. Störst minskning erhålls på Norrmalm med upp emot 25% lägre halter.

För PM10 blir den geografiska fördelningen i stort sett identisk, men med halverade procentsiffror. Utanför innerstaden blir effekterna på PM10 halterna små, någon procents minskning.



Figur 17. Geografisk fördelning av de procentuella minskningarna av årsmedelvärdet av avgaspartiklar exponeringarna vid scenariot med avgifter jämfört med utan avgifter. Stockholms innerstad; 100 x 100 meters upplösning.

7. Jämförelse med åtgärder för att minska luftföroreningar från vägtrafiken

Miljökvalitetsnormer är bindande nationella föreskrifter vilka grundas på EU-direktiv. Normvärden ska spegla den lägsta godtagbara luftkvaliteten som människa och miljö tål enligt befintligt vetenskapligt underlag. För närvarande finns miljökvalitetsnormer för kvävedioxid, partiklar (PM10), bensen, kolmonoxid, svaveldioxid och bly. Av dessa är det normerna för kvävedioxid och PM10 som generellt sett är svårast att klara. Enligt de kartläggningar som har gjorts i Stockholm kommer miljökvalitetsnormer för kvävedioxid och PM10 att överskridas efter utfästa datum för uppfyllande (1 jan 2006 respektive 1 jan 2005). Överskridande av normer riskeras vid infartsleder (t ex Södertäljevägen, Essingeleden) samt vid smala huvudgator i innerstaden (t ex Hornsgatan, St. Eriksgatan, Norrlandsgatan) (SLB-analys, 1999).

Länsstyrelsen i Stockholms län har ett uppdrag från Regeringen att ta fram ett åtgärdsprogram så att normerna för kvävedioxid och PM10 klaras (ska redovisas senast 1 juni resp 31 dec 2003). Länsstyrelsen har inbjudit till samråd om åtgärder för att klara kvävedioxidhalter. Samrådsmaterialet består av en åtgärds katalog med förslag på åtgärder som ger effekter i första hand på kort sikt.

Tabell 9 nedan visar uppskattad eller beräknad effekt av några åtgärder som på relativt kort sikt kan få genomslag på kvävedioxidhalterna i Stockholms innerstad. Tabellen baseras på Länsstyrelsens åtgärds katalog samt beräkningar gjorda av SLB-analys (Länsstyrelsen, 2003; SLB-analys, 2001)..

Tabell 9. Exempel på åtgärder med verkan i Stockholms innerstad för att nå miljökvalitetsnorm för kvävedioxid.

Åtgärd i Stockholms innerstad	Bedömd haltminskning av kvävedioxidhalter i innerstaden
Snabbare skrotning av personbilar utan katalysator.	Ca 5 %
Miljözon omfattande lätta fordon. Ej äldre än 11 år.	Ca 10 %
Förtida introduktion av 05/06 års krav för lätta fordon via miljöklasser.	Ca 0,5 %
Högre P-avgifter.	Ca 0,5-1 %.
Begränsa utbudet av P-platser i innerstaden.	Ca 0,5-2 %.
Effektivare godsdistribution.	Ca 1-2 %.
Ökad försäljning av fordon med bättre miljöprestanda	Mindre än 1 %
Ökad kontroll av förmånsbeskattning av fri parkering	Ca 4 %
Miljözon för tunga fordon (införd 1996)	Ca 1 %
Full efterlevnad av miljözon (ca 10 % bryter mot bestämmelser)	Ca 0,2 %
Skärpta krav för nuvarande miljözon	Ca 2 %

Som framgår av Tabell 9 har många åtgärder som berör hela innerstaden en relativt liten effekt på kvävedioxidhalterna. Med det förslag till trängselavgifter som har studerats i denna rapport beräknas NO₂-halten minska med ca 11 % i genomsnitt, och upp till 20% i vissa områden på Norrmalm. Miljözonen för tung trafik som infördes 1996 beräknas t ex ha en tiondel av den effekten (SLB-analys, 2001). Som jämförelse kan också nämnas Södra Länken (öppnas för trafik år 2004). Denna

bedöms ge någon till några procent minskning av kvävedioxidhalten på vissa huvudgator i innerstaden.

Beräkningarna i rapporten pekar således på en jämförelsevis stor potential för trängselavgifter som en åtgärd för att minska luftföroreningarna från vägtrafiken. Beräkningarna förutsätter dock en total trafikminskning i innerstaden på ca 20 %. Med det nya förslaget till trängselavgifter (miljöavgifter) uppskattas NO₂ och PM10 halterna minska med omkring 10% (år 2006).

8. Referenser

- Länsstyrelsen (2003). Ett urval av åtgärder för att klara miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid i Stockholms län år 2006. Samråds katalog 2003.
- Naturvårdsverket (2001). System för bättre framkomlighet i Stockholmsregionen. Rapport 5165, Naturvårdsverket, 106 48 Stockholm.
- SLB-analys (2001). Stockholms miljözon – Effekter på luftkvalitet 2000. SLB-rapport nr 4:2001. Miljöförvaltningen, Box 38024, 100 64 Stockholm
- SLB-analys 1999. Kartläggning av kvävedioxidhalter i Stockholms och Uppsala län- jämförelser med miljö kvalitetsnormer, rapport 3:99. SLB-analys, Miljöförvaltningen, Box 38024, 100 64 Stockholm
- Stockholms Läns Luftvårdsförbund (1999). Emissionsdatabas –97. Rapport 2:99. SLB-analys, Miljöförvaltningen Stockholm. www.slb.mf.stockholm.se/lvf/.
- Transek (2002). Kompletterande beräkningar av utsläppseffekter av framkomlighetsavgifter i Stockholm. Transek AB, Solna Torg 3, 171 45 Solna; www.transek.se.
- Transek (2003). Försök med miljöavgifter i Stockholm. Underlag för utformning och genomförandeplan. Utredning på uppdrag av Stockholms stad, mars 2003. Transek AB, Solna Torg 3, 171 45 Solna; www.transek.se.
- Vägverket (1994). Vägverket/Transek AB: ARENA, Test Site West Sweden. Learning and Demonstrating New Technology and Design Principles for Road Transport. Technical RTI Systems, a study of equipment and costs. TOSCA II Project, second printing. August 1994
- Vägverket (2000). EVA SYSDOK version 2.2. Modellspecifikation: fordonseffektmodell. Rev 2000-07-03. Vägverket, Borlänge.