



Nr C 213  
September 2016

# Effekter av miljözonskrav för personbilar i Stockholms innerstad

Tomas Wisell, Malin Gustafsson, Jenny Lindén

**Författare:** Tomas Wisell, Malin Gustafsson, Jenny Lindén

**Medel från:** Transportstyrelsen

**Rapportnummer** C 213

**ISBN** 978-91-88319-13-5

**Upplaga** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

**© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // Fax 010-788 65 90 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

# Innehållsförteckning

|  |    |
|--|----|
| Sammanfattning.....                                  | 5  |
| 1 Inledning .....                                    | 8  |
| 2 Syfte och mål .....                                | 8  |
| 3 Bakgrund miljözoner.....                           | 8  |
| 4 Uppdragsbeskrivning .....                          | 9  |
| 4.1 Scenariobeskrivningar .....                      | 9  |
| 4.2 Geografisk omfattning.....                       | 10 |
| 4.3 Definitioner .....                               | 11 |
| 5 Jämförelsevärden luftkvalitet.....                 | 12 |
| 5.1 Miljökvalitetsnormer (MKN).....                  | 12 |
| 5.2 Miljökvalitetsmål .....                          | 13 |
| 5.3 Sammanställning jämförelsevärden .....           | 14 |
| 6 Dataunderlag .....                                 | 14 |
| 6.1 Trafikdata .....                                 | 14 |
| 6.2 Emissionsfaktorer.....                           | 15 |
| 6.2.1 Avgaser .....                                  | 15 |
| 6.2.2 Evaporation/avdunstning .....                  | 16 |
| 6.2.3 Icke-avgaser .....                             | 17 |
| 6.3 Meteorologisk data .....                         | 18 |
| 6.4 Mätdata.....                                     | 19 |
| 6.5 Gaturumsdata .....                               | 19 |
| 7 Metod .....  | 20 |
| 7.1 Emissioner – beräkningsförutsättningar .....     | 20 |
| 7.1.1 Allmänt om trafikemissioner .....              | 20 |
| 7.1.2 Scenariodefinitioner .....                     | 21 |
| 7.1.3 Övriga beräkningsförutsättningar trafik .....  | 23 |
| 7.2 Modellberäkningar .....                          | 23 |
| 7.2.1 Urban bakgrund (TAPM) .....                    | 23 |
| 7.2.2 Gaturum (MISKAM).....                          | 24 |
| 7.3 Verifiering av metod och dataanalys.....         | 25 |
| 7.3.1 Mätdataanalys .....                            | 25 |
| 7.3.2 Jämförelse mellan modeller och mätningar ..... | 27 |
| 7.3.3 Modifiering av gaturumsmodell .....            | 29 |
| 7.3.4 Modifiering av beräknad urban bakgrund .....   | 30 |
| 8 Resultat .....                                     | 31 |
| 8.1 Emissionsberäkningar.....                        | 31 |

|                        |  |    |
|------------------------|--|----|
| 8.1.1                  | Hela miljözonen .....                        | 31 |
| 8.1.2                  | Gamla Stan.....                              | 34 |
| 8.2                    | Modellberäkningar Gaturum.....               | 37 |
| 8.2.1                  | Urval av scenarier för presentation .....    | 37 |
| 8.2.2                  | Sammanställning gaturumsberäkningar .....    | 37 |
| 8.3                    | Modellberäkningar Urban bakgrund .....       | 39 |
| 8.3.1                  | Hela miljözonen .....                        | 39 |
| 8.3.2                  | Gamla Stan.....                              | 39 |
| 9                      | Osäkerheter .....                            | 41 |
| 10                     | Kommentar till resultat och diskussion ..... | 42 |
| 10.1                   | Emissioner .....                             | 42 |
| 10.2                   | Halter.....                                  | 42 |
| 11                     | Slutsats.....                                | 44 |
| 12                     | Referenser.....                              | 45 |
| Bilaga 1-              | Resultat Gaturum .....                       | 47 |
| Hornsgatan.....        | 47   |    |
| Sveavägen .....        | 53   |    |
| Sank Eriksgatan .....  | 56   |    |
| Bilaga 2               | Resultat Urban bakgrund .....                | 59 |
| Bilaga 3               | Beskrivningar av modeller .....              | 65 |
| MISKAM/ SoundPLAN..... | 65   |    |
| TAPM .....             | 65   |    |

# Sammanfattning

Transportstyrelsen har anlitat IVL Svenska Miljöinstitutet AB (IVL) för att undersöka effekter av utökade miljözonskrav i centrala Stockholm som även skulle omfatta personbilar. Utredningen analyserar hur användandet av miljözoner för personbilar kan utvecklas för att bättre bidra till uppfyllelsen av miljö kvalitetsnormer och miljö kvalitetsmål för luft.

Uppdraget har sin bakgrund i ett nu aktuellt regeringsuppdrag som handlar om att ge aktualiserat underlag och ta fram förslag om miljözoner för deras vidare arbete med tänkbara framtida styrmedel inom transportsektorn.

Utredningen omfattar fem olika framtida scenarier som benämns S1, S3, S4, S5 och S6 under åren 2020, 2025 och 2030. Beräkningar av vägtrafikens emissioner har gjorts för emissioner för alla år och scenarier, dessutom har modellberäkningar gjorts dels över hela nuvarande miljözonen, dels i tre kritiska gaturum där hänsyn tagits till specifika lokala förutsättningar. För modellberäkningarna har enbart några få kombinationer av scenarier och år valts ut, eftersom många kombinationer ger samma eller nästan samma resultat. Scenarierna är följande:

**Scenario 1 (S1).** Redan beslutade miljözonskrav (tungta fordon)

**Scenario 3 (S3).** Redan beslutade miljözonskrav (tungta fordon) + lätta fordon måste ha Euro 5-motor eller bättre, för lätta dieselfordon krävs dessutom Euro 6.

**Scenario 4 (S4).** Redan beslutade miljözonskrav (tungta fordon) + lätta fordon utan undantag måste ha Euro 6c- motor (med RDE-krav).

**Scenario 5 (S5).** Scenario 1 + avgasfritt Gamla Stan

**Scenario 6 (S6).** Scenario 1 + avgasfritt och dubbdäcksförbud i Gamla Stan

Emissionerna av kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) och kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ) minskar kraftigt till följd av förnyelse av fordonsflottan mellan åren 2020-2030 för alla scenarier (utom S4). För koldioxid ( $\text{CO}_2$ ) minskar emissionen svagt kontinuerligt i alla scenarier till följd av fortsatt antagen energieffektivisering i motortekniken. För totalolväte (HC) minskar emissionen med samma mönster som  $\text{NO}_x$  men mindre uttalat, eftersom denna parameter enligt utsläppskraven inte sjunker med samma hastighet. HC- emissionen påverkas också av avdunstning till skillnad mot  $\text{NO}_x$ .

Skillnaderna av emissionerna av partiklar är små till följd av de att formulerade miljözonskraven i denna utredning enbart innefattar avgaser (S6 undantaget), vilka har mycket liten massa jämfört med icke- avgaskällor. En svag sänkning av emissionen mellan år 2020-2030 kan dock utläsas. En något lägre emission av  $\text{PM}_{10}$  syns i S6 jämfört med andra scenarier för alla tre åren, till följd av dubbdäcksförbudet i Gamla Stan. För  $\text{PM}_{2,5}$  är emissionerna något högre 2020 än 2025 för de scenarier utan krav på lätta fordon (S1, S5, S6), för att sedan plana ut till 2030.

En viktig slutsats med uppsatta beräkningsförutsättningar är att år 2030 spelar skillnader mellan scenarierna mindre roll, eftersom fordonsflottan då ändå antas ha förnyats i betydande utsträckning. Betydande skillnader mellan scenarierna (S1-S3-S4) kvarstår ändå när det gäller  $\text{NO}_x$ , även om de är relativt små jämfört med 2020.

HBEFA- modellen har i dagsläget inte emissionsfaktorer för fordon med högre krav än Euro 6c, inte heller avgasfria fordon (el) som skulle kunna sänka framtida emissioner mer än Euro 6c. Detta beräkningsunderlag gör automatiskt att emissionerna planar ut mot 2030 och skillnaderna mellan scenarierna blir relativt små även för de som inte ställer krav på lätta fordon (S1 (S5/S6)).

Utvärderingen av modellberäkningarna (halter) i gaturummen visar att **miljökvalitetsnormerna (MKN)** sannolikt klaras i alla scenarier för alla år, både avseende NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub>. Det finns emellertid en mindre risk att MKN för NO<sub>2</sub> (extremvärden av dygns- och/eller timmedelvärden) kan överskridas på alla tre gatorna år 2020 om miljözonskraven inte utökas till lätta fordon (jämför S1/S5/S6 mot S4). Det finns också en mindre risk att MKN för PM<sub>10</sub> (extremvärden av dygnsmedelvärden) överskrider alla tre åren, detta oavsett scenario, eftersom miljözonskraven inte påverkar partikelemissionerna mer än marginellt.

**Miljömålet för NO<sub>2</sub>** (årsmedelvärde) överskrider år 2020 på Hornsgatan om inga krav ställs på lätta fordon, men kommer sannolikt att klaras år 2025. På Sveavägen och Sankt Eriksgatan kommer det emellertid inte att klaras år 2020 och situationen kvarstår även 2030. Målet för NO<sub>2</sub> (extremvärden av timmesmedelvärden) bedöms att klaras på Hornsgatan 2020, men inte på Sveavägen och Sankt Eriksgatan, en situation som kvarstår även 2030.

**Miljökvalitetsmålet (miljömål) för PM<sub>10</sub>** (årsmedelvärde) överskrider i vissa delar av Gamla Stan, södra delarna av Norrmalm, runt tunnelmyningar och längst större trafikleder år 2020 i alla scenarier. Samma situation kvarstår även med avgasfritt och dubbdäcksförbud i Gamla Stan (S6). Gaturumsberäkningarna bekräftar överskridanden av miljömålet (årsmedelvärde) år 2020 i alla tre gaturum, och överskridandena kvarstår år 2030. Det mycket stränga kravet på max 3 dygns överskridande av en PM<sub>10</sub>-halt på 30 µg/m<sup>3</sup> överskrider i hela miljözonen för alla år och alla scenarier (och beräkningar i båda modellerna).

I Scenario 6, som även kräver dubbdäckförbud i Gamla Stan, blir PM<sub>10</sub>- emissionen väsentligt lägre (men inte PM<sub>2,5</sub>). Samtidigt påverkas halterna i Gamla Stan av Söderledstunnelns norra öppning med koncentrerade partikelemissioner (och trafiken utanför Gamla Stan) som delvis överskuggar de sänkta emissionerna. PM<sub>10</sub>- halterna i Gamla Stan sjunker generellt något (ca 0,3- 1,1 µg/m<sup>3</sup>) om där skulle göras avgasfritt och med dubbdäcksförbud. I sammanhanget bör påminnas om att "dubbdäcksförbud" i praktiken enbart innebär att dubbdäcksandelen sjunker från 40 % till 20 % under 4 månader av året.

**Miljömålet för PM<sub>2,5</sub>** (årsmedelvärde) klaras i alla modellberäkningar över hela miljözonen i alla scenarier och år, detta bekräftas också av gaturumsberäkningarna. Extremvärdet för dygnsmedelvärdet (max 3 dygn över 25 µg/m<sup>3</sup>) överskrider på Sankt Eriksgatan, och sannolikt också på Hornsgatan, samt riskerar att överskridas på Sveavägen. Detta gäller i samtliga scenarier år 2020.

### Sammanfattade slutsatser:

- Miljökvalitetsnormerna kommer sannolikt att klaras för alla de studerade parametrarna under rådande förutsättningar, detta gäller för alla scenarier och beräkningsår.
- Införa krav på att lätta fordon ska ha minst Euro 6c- motor när de kör i miljözonen (Scenario 4) räcker sannolikt inte för att nå miljömålet för NO<sub>2</sub> (årsmedelvärde) år 2020 på alla kritiska gator.
- Införa krav på att lätta fordon ska ha minst Euro 6c- motor när de kör i miljözonen (Scenario 4) räcker eventuellt inte för att nå miljömålet för NO<sub>2</sub> (176:e högsta timmen) på alla kritiska gator i centrala Stockholm.

- Dubbdäcksförbud och avgasfritt Gamla Stan har en relativt liten effekt på PM<sub>10</sub>-halterna och dessa åtgärder räcker inte för att miljömålet för PM<sub>10</sub> (årsmedelvärde) ska klaras där.
- För att få en mer betydande effekt på PM<sub>10</sub>-halterna i innerstaden och ha en möjlighet att nå miljömålet (årsmedelvärde) krävs kraftfulla åtgärder för att minska icke-avgasrelaterade partikelemissioner i lokalmiljön. Åtgärderna måste omfatta ett större område än Gamla Stan.
- Miljömålet för PM<sub>10</sub> (4:e högsta dygnet) kan sannolikt inte klaras om inte också den regionala bakgrundshalten sjunker.
- Miljömålet för PM<sub>2,5</sub> (årsmedelvärde) klaras idag och kommer att klaras till år 2020.
- Miljömålet för PM<sub>2,5</sub> (4:e högsta dygnet) klaras inte enligt beräkningarna år 2020 i stora delar av innerstaden. De modellerade halterna ligger emellertid nära att klaras i de flesta områden, och bedömningen är att förutsättningar finns att klara det målet till 2020 om vissa åtgärder sätts in mot typiska källor i närmiljön, där vägtrafiken är en viktig källa. Risken är emellertid överhängande att målet inte klaras nära tunnelmynningar och i andra hårt belastade miljöer.

# 1 Inledning

Med anledning av att behov uppstått gällande beräkning av effekter av miljözonskrav för personbilar, avser Transportstyrelsen att utreda hur utökade framtida miljözonsregler skulle kunna påverka trafikemissioner och luftkvaliteten i centrala Stockholm. Transportstyrelsen har därför upphandlat IVL Svenska Miljöinstitutet AB (IVL) för att undersöka dessa effekter.

Uppdraget har sin bakgrund i ett nu aktuellt regeringsuppdrag som handlar om att ta fram förslag gällande krav för personbilar i miljözoner. Uppdraget innefattar att utreda effekter för olika förslag till utformning av kraven. Det kan handla om krav i flera olika nivåer, där det strängaste kravet är en helt emissionsfri zon eller förbud av dubbdäck över ett större område [1].

## 2 Syfte och mål

Det övergripande syftet med utredningen är att ge Transportstyrelsen ett aktualiserat underlag om miljözoner för deras vidare arbete med tänkbara framtida styrmedel inom transportsektorn. Syftet är att analysera hur användandet av **miljözoner för personbilar** kan utvecklas för att bättre bidra till uppfyllelsen av miljökvalitetsnormer och miljökvalitetsmål [1]. Utredningen syftar även till att öka förståelsen för hur miljözonens betydelse successivt minskar när emissionerna förväntas sjunka [2].

Utredningen avser att mynna ut i ett underlag för att ta fram ett förslag till nationella regler förutsatt att dessa bedöms som motiverade [1].

## 3 Bakgrund miljözoner

Vägtrafiken spelar en central roll i att skapa tillgänglighet för människor och varor, men orsakar även en rad oönskade effekter som utsläpp av miljö- och hälsofarliga ämnen. Särskilt tydligt visar sig dessa negativa effekter i stadsmiljö, där både mycket trafik och många människor koncentreras på en begränsad yta. Detta medför att inte bara de lokala utsläppsnivåerna blir höga, utan även att många individer exponeras för föroreningar med hög hälsopåverkan, och därmed höga samhällsekonomiska kostnader som följd. I flera svenska städer uppfylls idag inte alla miljökvalitetsnormer för luft, vilket har en betydande negativ påverkan på människors hälsa [3].

I uppföljningen av miljökvalitetsmålen 2015 skriver Naturvårdsverket att *”Nationellt är åtgärder för att minska emissioner som bidrar till höga halter av kvävedioxid vid trafikerade platser samt slitagepartiklar till följd av användning av dubbdäck de viktigaste åtgärdsområdena inom trafiksektorn”*. [4] Ett nytt åtgärds paket för renare luft antogs inom EU under 2013 för att ytterligare minska skadliga utsläpp från bl.a. trafiken samt för att förbättra luftkvaliteten i städer. Utsläppstaken skärps till 2030 för flera av de viktigaste luftföroreningarna, däribland partiklar och kvävedioxid. EU:s åtgärds paket är en betydande åtgärd för att nå miljökvalitetsmålet, men det behövs fler åtgärder kring bland annat minskade fordonsutsläpp, som beslutas såväl nationellt som inom EU [5].

På EU- och nationell nivå finns övergripande styrmedel, såsom stegvis skärpta utsläppskrav på vägfordon och incitament för en snabbare marknadsintroduktion av fordon med låga utsläppsnivåer. För att förbättra situationen i de mest problemutsatta tätortsområdena finns dock



ett behov av styrmedel som påverkar på lokal nivå. Exempel på befintliga styrmedel med lokal effekt är förbud av användning av dubbdäck på vissa gator, lokala hastighetsbegränsningar, tidsbegränsningar för tunga fordon och trängselskatt. Även miljözoner, där fordon med höga utsläppsnivåer utestängs från centrala stadsområden, är ett sådant styrmedel [3].

Kommuner i Sverige kan besluta om att utestänga vissa tunga fordon (lastbilar, bussar över 3,5 ton [6]) från stadskärnor och andra särskilt miljö känsliga områden genom att införa en så kallad miljözon, som en åtgärd för att förbättra luftkvaliteten i dessa områden. Bestämmelserna om miljözoner regleras i Trafikförordningen (1998:1276) [7].

Den första miljözonen i Sverige infördes redan 1996 i Göteborg och gäller tunga vägfordon. Idag finns miljözoner för tunga vägfordon även i Stockholm, Malmö, Mölndal, Uppsala, Umeå, Helsingborg och Lund. Inom EU har flera länder infört miljözoner eller "low emission zones" (LEZ) i centrala delar av städer. Dessa kan skilja sig avsevärt med avseende på storlek, vilka fordonskategorier som berörs och vilka emissionskrav som ställs [3].

Grundidén bakom miljözoner är att äldre fordon med dålig avgasrening står för en oproportionerligt hög andel av de totala utsläppen och att utsläppsmängden kan minskas kraftigt genom att utestänga dessa fordon. Då de utgör en förhållandevis liten andel av den totala fordonsparken berör åtgärden med andra ord relativt få fordon, men skulle ändå ge stor effekt eftersom den totala utsläppsminskningen skulle bli relativt stor [3].

Vilken miljöeffekt en miljözon i en stad har beror utöver själva miljözonskraven, i stor utsträckning på de specifika förutsättningarna i den aktuella staden. Faktorer som påverkar är zonens storlek och form i relation till trafiksystem och befolkningsstruktur, och när i tiden kraven införs. Den lokala luftkvaliteten påverkas även av stadens specifika förutsättningar såsom bebyggelse, topografi, lokala väderförhållanden och nivån på utsläpp från andra källor än vägtrafiken.

## 4 Uppdragsbeskrivning

### 4.1 Scenariobeskrivningar

Uppdragets omfattning och definitioner har beslutats i avtalet och genom muntlig kommunikation mellan IVL och Transportstyrelsen (TS)<sup>1</sup>. Uppdraget innefattar att analysera *effekten på emissioner till luft och luftkvaliteten i miljözonen när miljözonsreglerna utökas till lätta fordon i olika scenarier*.

De olika scenarierna har utformats av Transportstyrelsen och var ursprungligen sju till antalet. Efter diskussion utgick scenario 2 och 7 och de kvarvarande fem scenarierna benämns i denna rapport med de ursprungliga namnen (S1, S3, S4, S5, S6). I något fall har scenariots omfattning också ändrats från det ursprungliga efter önskemål från Transportstyrelsen.

För att ta fram en serie av möjliga utsläppsscenarier har ett antal tänkbara "miljözonsklasser" beräknats, med specifika begränsningar för fordon att inträda i miljözonsområdet. Begränsningarna utgår ifrån fordonens tjänstevikt, euroklass, och i något fall även däcktyp. Beräkningarna bygger på att relevanta parametrar varierar i olika scenarier.

---

<sup>1</sup> Svante Törnqvist (Transportstyrelsen) och Tomas Wisell (IVL).

Innebörden av de fem scenarierna är följande;

**Scenario 1 (S1).** Redan beslutade miljözonskrav finns kvar oförändrade (enbart tunga fordon).

**Scenario 3 (S3).** Endast personbilar, lätta lastbilar och lätta bussar som uppfyller Euro 6 tillåts i miljözonen. För lätta fordon som går på andra bränslen än diesel tillåts även Euro 5. Redan beslutade miljözonskrav (tungt fordon) finns kvar och gäller i hela zonen.

**Scenario 4 (S4).** Endast personbilar, lätta lastbilar och lätta bussar som uppfyller Euro 6c (med RDE-krav<sup>2</sup>) tillåts i miljözonen oavsett bränsle. Även redan beslutade miljözonskrav (tungt fordon) finns kvar och gäller i hela zonen.

**Scenario 5 (S5).** Endast personbilar, lätta och tunga lastbilar samt lätta och tunga bussar som är emissionsfria får köras i en mindre zon i stadens kärna. Redan beslutade miljözonskrav (tungt fordon) finns kvar och gäller i resten av miljözonen.

**Scenario 6 (S6).** Endast personbilar, lätta och tunga lastbilar samt lätta och tunga bussar som är emissionsfria får köras i en mindre zon i stadens kärna. Även förbjudet med dubbdäck i zonen. Redan beslutade miljözonskrav (tungt fordon) finns kvar och gäller i resten av miljözonen.

För vart och ett av scenarierna beräknas emissioner inom miljözonen för åren 2020, 2025 och 2030. Emissionerna omfattar parametrarna kväveoxider och andelen kvävedioxid, partiklar, kolväten och koldioxid.

Baserat på resultatet av emissionsberäkningarna, väljs några kombinationer av scenarier och år ut för analyseras med avseende på deras påverkan på föroreningshalterna. Denna påverkan utreds genom modellberäkningar, dels över hela miljözonen och dels i ett antal utvalda gaturum inom miljözonen (se vidare kapitel *Resultat*).

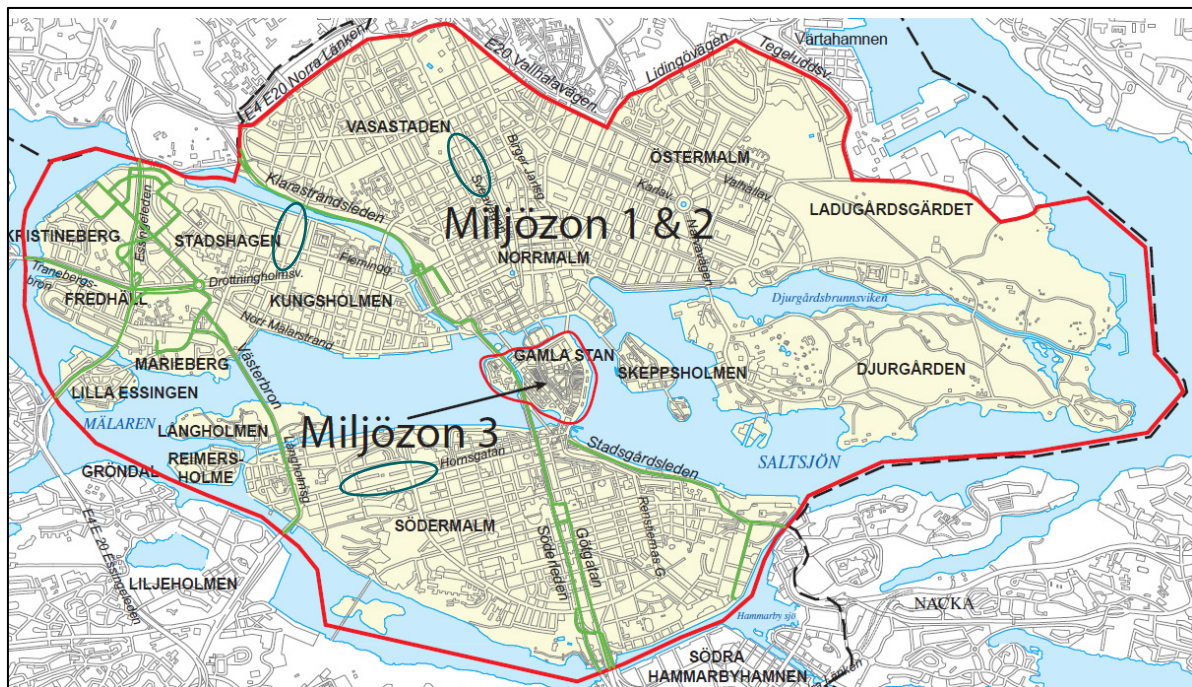
Haltberäkningarna har analyserats avseende hur förändrade haltnivåer påverkar risken för överträdelser av miljökvalitetsnormerna (MKN) och miljökvalitetsmålen.

## 4.2 Geografisk omfattning

Undersökningsområdet innefattar det område som utgör Stockholms nuvarande miljözon. Området är uppdelat på en huvudzon (i kartan nedan Miljözon 1 & 2), och för S5 och S6, där speciella krav gäller i en "mindre zon i stadens kärna", har även ett sådant område definierats som väl sammanfaller med "Gamla Stan" (i kartan nedan Miljözon 3).

---

<sup>2</sup> RDE = Real Driving Emissions.



Figur 1. Karta över centrala Stockholm med miljözonen markerad. Även den inre emissionsfria zonen som omfattar Gamla Stan zonen är markerad.

För gaturumsberäkningar har tre vägsträckor valts ut i samråd med Transportstyrelsen (markerade med en blå ring i kartan ovan). Dessa är följande:

1. **Hornsgatan**, mellan Ringvägen och Varvsgatan, belägen på Södermalm.
2. **Sveavägen** mellan Rhensgatan och Tegnergatan, belägen på Norrmalm.
3. **Sankt Eriksgatan**, mellan Sankt Eriksterassen och Fleminggatan, belägen på Kungsholmen.

## 4.3 Definitioner

Emissioner i denna utredning avser emissioner från enbart vägtrafiken, dvs. fordon som kör på statliga, kommunala och privata vägar och som avger föroreningar till luft från avgasröret eller från slitageprocesser från vägbanan, däcken eller övriga delar av fordonet.

I denna utredning har vi valt att beräkna emissionerna av kväveoxider och andelen kvävedioxid ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ), kolväten (HC) och koldioxid ( $\text{CO}_2$ ). Dessutom har vi beräknat avgaspartiklar och mekaniskt genererade partiklar (slitage) uttryckt som partikelmassa  $< 10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ )  $< 2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

$\text{PM}_{10}$  respektive  $\text{PM}_{2,5}$  är de mått som oftast används ifråga om partikulära luftföroreningar, samtidigt som de också omfattas av det mest utvecklade regelverket och övervakning både i Sverige och internationellt.  $\text{PM}_{10}$  och  $\text{PM}_{2,5}$  är också intressanta avseende hälsoaspekter. Partikelhalterna uttrycks som årsmedelvärde, 36:e högsta dygnsmedelvärde (90 % -il) och fjärde högsta dygnsmedelvärde (99 % -il).

Kvävedioxid innebär i denna utredning halter av  $\text{NO}_2$  uttryckt som årsmedelvärde, 8:e högsta dygnet (98%-il) och 176:e högsta timmen (98%-il). Emissioner och halter av kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) har

också beräknats i denna utredning, vilket är nödvändigt för att kunna beräkna NO<sub>2</sub>, men också för att kunna verifiera metoden gentemot instrumentmätningar<sup>3</sup>. NO<sub>x</sub> (vilket utgörs av både NO<sub>2</sub> och NO) uttrycks som NO<sub>2</sub>-ekvivalent. Alla halter är angivna som µg/m<sup>3</sup> och alla emissioner är angivna i ton/år.

Tabell 1 nedan ger en överblick av emissionsparametrarna i denna utredning och deras respektive ursprung i vägtrafiken (krysset visar förorenings ursprung);

**Tabell 1. Emissionsparametrarna i denna utredning och deras ursprung i vägtrafiken**

| Föroreningsparameter   | Avgaser (förbränning av bränsle) | Avdunstning (från bränsle) | Mekaniskt (däck, vägbana, bromsar) |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Kväveoxider            | NO <sub>x</sub>                  | x                          |                                    |
| Kvävedioxid            | NO <sub>2</sub>                  | x                          |                                    |
| Partikelmassa (<10µm)  | PM <sub>10</sub>                 | x                          | x                                  |
| Partikelmassa (<2,5µm) | PM <sub>2,5</sub>                | x                          | x                                  |
| Kolväten               | HC                               | x                          | x                                  |
| Koldioxid              | CO <sub>2</sub>                  | x                          |                                    |

## 5 Jämförelsevärden luftkvalitet

### 5.1 Miljökvalitetsnormer (MKN)

EU:s luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG) kräver att varje medlemsstat ska utvärdera och redovisa luftkvalitetssituationen i sitt land. I direktivet anges gränsvärden som är minimivärden för luftkvaliteten, vilket innebär att medlemsländer kan ha strängare krav. Sveriges krav angivna som *miljökvalitetsnormer* (MKN) är strängare än EU:s vad gäller kvävedioxid då Sverige även har krav för dygnsmedelvärden.

MKN är rättsligt bindande nationella föreskrifter vars främsta syfte är att skydda människor mot höga luftföroreningshalter. MKN för årsmedelvärden avser skydda befolkningen mot långsiktiga hälsoeffekter, medan extremvärden (percentiler av dygnsmedelvärden och timmedelvärden under ett kalenderår) avser skydd mot akuta hälsoeffekter. I Luftkvalitetsförordningen (2010: 477) anges miljökvalitetsnormer för bl.a. kvävedioxid och partiklar (PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub>).

MKN gäller på allmän plats utomhus<sup>4</sup> (ej väg- och tunnelbanetunnlar). Undantag från detta är följande miljöer:

<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> omfattas inte av miljökvalitetsnormer till skydd mot människors hälsa (inte heller miljömål).

<sup>4</sup> Under tak med högst en vägg, av fyra tänkta.

- arbetsplats där arbetsmiljöbestämmelser tillämpas och allmänheten inte har tillträde på vägbana
- där man normalt inte vistas (inom vägområde, mittremsa utan fotgängare samt längs med större vägar utan gång- och cykelbanor)
- belastade mikromiljöer, t.ex. mindre än 25 m från korsning eller vid förorenad frånluftspunkt som t.ex. en tunnelmynning

I trafikmiljöer bör utvärdering endast ske på platser där luften är representativ för luftkvaliteten för en gatsträcka som är minst 100 m lång. Årsmedelvärdet tillämpas på platser där befolkningen utsätts för halter under lång tid (bostäder, skolor, förskolor etc.), medan tim- och dygnsmedelvärden tillämpas på platser där det förekommer både lång- och korttidsexponering (t.ex. gång- och cykelbanor, trottoarer, parker etc.) [8]

Även om MKN innehålls kan lägre halter innebära att luftkvaliteten måste övervakas, detta om halterna överskrider de så kallade utvärderingströsklarna. För NO<sub>2</sub> och partiklar finns nedre utvärderingströsklar (NUT) och övre utvärderingströsklar (ÖUT).

Överstiger halten ÖUT ska kontroll ske genom mätning som kan kompletteras med beräkning eller mätning med lägre kvalitetskrav. Understiger halten ÖUT men överstiger NUT får kontrollen ske genom en kombination av mätning och beräkning. Om halten understiger NUT får kontrollen ske genom enbart beräkning eller objektiv bedömning eller en kombination av metoderna [8].

## 5.2 Miljökvalitetsmål

Miljömålssystemets syfte är att till nästa generation överlämna ett samhälle där de huvudsakliga miljöproblemen är lösta. Miljökvalitetsnormerna med åtgärdsprogrammen fungerar som styrmedel för att styra i riktning mot miljökvalitetsmålen. MKN anger en högsta nivå av luftföroreningar till skydd för människors hälsa och växtlighet. Emellertid har flera luftföroreningar skadeverkan även under nivån för MKN och det bör därför eftersträvas att halterna hålls så låga som möjligt. [8]

Från hälsosynpunkt bör därför ännu strängare nivåer uppnås. Sveriges riksdag har därför antagit *miljökvalitetsmålet Frisk luft* som bl. a. baseras på WHO:s riktvärden för hälsan. Miljökvalitetsmålen (Miljömålen) beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till och som formuleras på följande sätt:

*”Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. Inriktningen är att miljökvalitetsmålet ska nås inom en generation.”*

Miljömålen är till skillnad mot MKN inte kopplade till lagstiftningen utan är enbart vägledande för miljöarbetet. Miljömålet *Frisk Luft* ska vara uppfyllt senast år 2020.

Det finns även preciseringar av miljömålen. Preciseringarna förtydligar målen för olika luftföroreningar och används i det löpande uppföljningsarbetet. I denna utredning är det relevant att jämföra med miljömålen för samma föroreningar som för MKN, dvs. NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub>.

## 5.3 Sammanställning jämförelsevärden

I Tabell 2 nedan visas en sammanställning av samtliga jämförelsevärden; miljö kvalitetsnormer, utvärderingströsklar och miljömål. Där det saknas värden finns inget krav.

Tabell 2. Miljö kvalitetsnormer, miljömål och utvärderingströsklar för luftkvalitet.

|                 |                              | NO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2,5</sub> | År för uppfyllelse |
|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| <b>MKN</b>      | Årsmedel                     | 40              | 40               | 25                | 2006/2005/2015     |
|                 | 8:e högsta dygnet (98%-il)   | 60              |                  |                   | 2006               |
|                 | 36:e högsta dygnet (90%-il)  |                 | 50               |                   | 2005               |
|                 | 176:e högsta timmen (98%-il) | 90              |                  |                   | 2006               |
| <b>Miljömål</b> | Årsmedel                     | 20              | 15               | 10                | 2020               |
|                 | 4:e högsta dygnet (99%-il)   |                 | 30               | 25                | 2020               |
|                 | 176:e högsta timmen (98%-il) | 60              |                  |                   | 2020               |
| <b>ÖUT</b>      | Årsmedel                     | 32              | 28               | 17                |                    |
|                 | 8:e högsta dygnet (98%-il)   | 48              |                  |                   |                    |
|                 | 36:e högsta dygnet (90%-il)  |                 | 35               |                   |                    |
|                 | 176:e högsta timmen (98%-il) | 72              |                  |                   |                    |
| <b>NUT</b>      | Årsmedel                     | 26              | 20               | 12                |                    |
|                 | 8:e högsta dygnet (98%-il)   | 36              |                  |                   |                    |
|                 | 36:e högsta dygnet (90%-il)  |                 | 25               |                   |                    |
|                 | 176:e högsta timmen (98%-il) | 54              |                  |                   |                    |

## 6 Dataunderlag

### 6.1 Trafikdata

För att kunna beräkna effekten av miljözonskraven krävs ett omfattande dataunderlag om emissionsfaktorer, trafikflöden, fordonsslag och deras variationer över året, samt vägnarnas geografiska sträckningar.

IVL har av Trafikkontoret i Stockholm fått tillgång till vägnätet i Stockholms kommun med tillhörande trafikflöden, andel tunga fordon och variationer över dygnet. Vägnätet kommer ursprungligen från Trafikverket och är ett uttag från den Nationella Vägdatabasen (NVDB<sup>5</sup>) och

<sup>5</sup> NVDB = Nationella Vägdatabasen, [www.nvdb.se](http://www.nvdb.se)

består av tusentals enskilda länkar i varierande längd [9]. På uppdrag av Stockholms stad har WSP i ett tidigare projekt beräknat det totala trafikflödet, andelen tunga fordon samt flödets variation i tre delar över dygnet för varje enskild väglänk. Datatäckningen ifråga om trafikflöden och tidsvariationer är inte komplett men bedöms som mycket heltäckande och ett utmärkt underlag för denna utredning.

Vägdatan har kompletterats av IVL med avseende på finare tidsupplösning (varje timme för ett typiskt vardagsdygn) och fordonsslagsfördelning för att möjliggöra detaljerade emissions- och spridningsberäkningar. För den finare tidsindelningen har trafikdata från Stockholms trängsel-skattkameror används som komplettering till den grövre tidsindelning som följde med Trafikkontorets vägdata. Kamerorna för trängselskatten sitter i gränsområdena till trängselkattazonen, vilken till stor del geografiskt sammanfaller med miljözonen.

För beräkningen av de tunga gas- och biodieseldrivna bussarnas (kollektivtrafiken) andel av trafikarbetet har körstatistik från Storstockholms Lokaltrafik (SL) används [10]. Denna har sedan dragits av från det totala trafikarbetet med tunga fordon inom miljözonen, för att få ut den del som inte utgörs av SL-trafik. Av denna återstående del tunga fordon antas 100 % använda diesel som bränsle.

År 2011 (dvs. referensåret, se vidare avsnittet *Verifiering av metod och dataanalys*) bestod Stockholms bussflotta (kollektivtrafik) för ca 55 % etanolbussar och 45 % fordonsgasbussar. År 2015 hade SL skiftat ut bussflottan till i princip nästan inga etanolbussar men istället 45 % biodieselbussar, och fordonsgasbussarnas andel hade ökat till 55 %. Det är antaget att 2015 års fördelning gäller även i framtiden åren 2020-2030, och att varje buss kör lika mycket under året så att flottans sammansättning speglar antalet fordonskilometrar [10].

## 6.2 Emissionsfaktorer

### 6.2.1 Avgaser

För beräkningarna av emissioner från fordonens motorer och bränslen har vägemissionsmodellen HBEFA<sup>6</sup> använts. Modellen används av en rad europeiska länders miljö- och trafikansvariga myndigheter, och utvecklades ursprungligen av de nationella miljömyndigheterna (Umweltbundesamt – UBA) i Tyskland, Schweiz och Österrike tillsammans. HBEFA anses vara den mest heltäckande modellen för att beräkna fordonsemissioner från avgaser som finns tillgänglig idag [11].

Fordonskategoriseringen i HBEFA finns i tre nivåer, där den övergripande nivån utgörs av följande sex fordonsslag:

1. personbilar (PC)
2. lätta lastbilar och bussar (LCV<sup>7</sup>)
3. tunga stadsbussar (Urban Bus)

---

<sup>6</sup> HBEFA= The Handbook of Emission Factors for Road Transport (<http://www.hbefa.net/e/index.html>)

<sup>7</sup> LCV= Light Commercial Vehicles, lätta lastbilar/bussar (<3,5 ton) som oftast används kommersiellt och normalt inte som privatbilar, t.ex. skåpbilar, varubilar, minibusar etc.

4. tunga långfärdsbussar (Coach)
5. tunga lastbilar, långtradare (HGV)
6. motorcyklar (MC)

Den finare nivån baseras på motorns euroklass (pre-euro, Euro-1 till Euro-6/6c) och bränslet (diesel, bensin, alternativt<sup>8</sup>), och innefattar sammanlagt ca 60 kategorier. Den finaste nivån innefattar uppdelning på även motor- och/eller fordonsstorlek, reningsteknik och delvis mer specifik information om ålder när det gäller äldre fordon.

HBEFA innehåller en databas med emissionsfaktorer för vägtrafik, uttryckta i gram per fordonskilometer (g/fkm). För den finaste fordonsnivån finns dessutom emissionsfaktorer för olika vägtyper, trafiksituationer (fritt flöde, köbildning etc.), och även särskilda emissionsfaktorer för kallstarter (g/start) och avdunstning för vissa utsläppsparametrar och fordonslag.

Trafikverket och VTI<sup>9</sup> har lagt in data i svenska versionen av HBEFA om fordonsflottan (sammansättning, trafikarbete, antal starter etc.) för år 2015 samt prognoser av dessa år för år fram till 2035. Detta möjliggör beräkningar av viktade emissionsfaktorer för den svenska fordonsflottan baserat på de specifika emissionsfaktorerna för varje fordonslag.

Emissionskategorierna förklaras nedan:

- **Varmemissioner:** ("vanliga emissioner"), det som kommer ur avgasröret under körning när motorn är varm, uttryckt som g/fkm.
- **Kallstartsemissioner:** den "extraemission" som tillkommer till följd av att motorn körs "kall" cirka den första kilometern. Kallstartsemissionen uttrycks som g/start och läggs på varmemissionen. Kallstartsemissionen kan således ha ett negativt värde om kallkörning har lägre emission än varmkörning. Emissionsfaktorer för kallstarter finns bara för lätta fordon i HBEFA.

Emissionsfaktorer i HBEFA för fordonsgasbussar finns bara fram till år 2015, och för biodieselbussar finns inga alls. För att uppskatta framtidens emissioner av Stockholms bussflotta har antagits att åren 2020-2030 har samma bussfördelning som år 2015 med avseende på bränslen. Emissionsfaktorer för dessa bussar (PM10/PM2,5, NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>, HC) har uppskattats utifrån avgasmätningar utförda av expertis på IVL [12].

För avgaspartiklar är det antaget alla partiklar är mindre än 2,5 µm, vilket gör att PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>10</sub> från avgaser genomgående har samma emissionsfaktor i denna utredning.

## 6.2.2 Evaporation/avdunstning

Avdunstning kan ske genom tre olika processer enligt HBEFA-modellen och avser enbart parametern HC (kolväten) och enbart från bensinfordon. Processerna är

- 1 Förluster under körning ("running losses"), ånga som bildas i tanken under körning och läcker ut uttrycks därför som g/fkm..

---

<sup>8</sup> Andra bränslen än bensin och diesel.

<sup>9</sup> VTI = Väg- och transportforskningsinstitutet.



- 2 Varmavgång efter stopp ("hot soak"), avgång och läckage från bränslet efter att motorn stängts av i parkerat läge men fortfarande är varm.
- 3 Kallavgång parkerat fordon ("diurnal"), ständig avgång från fordonet dygnet om under parkering med kall motor. Denna typ av emission har bortsetts ifrån i denna utredning, då emissionens storlek och underlagsdata bedöms som alltför osäkra.

Föroreningarna från avgasrören innefattar både gasformiga föroreningar (NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC), och partiklar. Partiklarnas huvudsakliga källa är mekaniska processer i vägtrafiken (slitage), vilket behandlas i nästa avsnitt *Icke-avgaser*.

Emissionsfaktorerna beror inte bara på fasta parametrar som fordonstyp, bränsle, motorstorlek, vägtyp etc., utan även på körsättet (trafiksituationen), dvs. om trafikflödet är fritt, mättat, om det är köbildning eller många stopp och starter. Dessa faktorer är inkluderade i beräkningarna av de aggregerade emissionsfaktorerna.

Andelen kallstarter i tätort har tagits ifrån EMV<sup>10</sup> och fördelar sig som 77,3 % i tätort. Användningen av motorvärmare i norra Sverige kompenserar för det kallare klimatet jämfört med södra Sverige. Samma kallstartsemissioner och därmed emissionssamband kan därför användas för hela landet [13].

Varmavgång efter stopp ("hot soak") beräknas på samma sätt som kallstarter, förluster under körning ("running losses") beräknas efter fordonskilometrar på samma sätt som varmemissioner (dvs. g/fkm).

## 6.2.3 Icke-avgaser

Partiklar avges till luft även från icke-förbränningsprocesser enligt EMEP/EEA *Emission Inventory Guidebook* [14]. Mekaniskt genererade partiklar från vägtrafik kan beskrivas härröra från följande källor:

- 1 slitage av bromsar (och övriga fordonet utom däcken)
- 2 slitage av däck (med eller utan dubbar)
- 3 slitage av vägbanan
- 4 resuspension av partiklar från vägbanan eller omgivningen med ursprungenligt punkt 1-3 ovan eller från annan materia avgivet från fordonet (t.ex. bränsle- eller oljedropp)
- 5 resuspension av partiklar från vägbanan eller omgivningen som har annatursprung än punkt 1-3 ovan (t.ex. geologiska partiklar etc.)

Listan ovan kan förenklas till kategorierna slitage och resuspension. I HBEFA-modellen finns emissionsfaktorer för icke-avgaspartiklar, men det är oklart vad dessa specifikt omfattar. Enligt instruktioner i modellen och i en rapport från Schweiz nationella miljömyndighet [15], anges att emissionsfaktorerna i HBEFA omfattar "road abrasion" och "resuspension", men efter kontakt med källa kan detta inte bekräftas [16]. Ingen tillförlitlig källa har hittats för emissionsfaktorer från resuspensionspartiklar specifikt.

---

<sup>10</sup> EMV är en beräkningsmodell för beskrivning av regionala och nationella avgasutsläpp. Modellen är lämplig att använda ner till och med kommunnivå. Handbok för vägtrafikens luftföroreningar, Trafikverket 2012.

Bedömningen är att för partiklar kan resuspension mycket väl utgöra ett relativt stort bidrag. Eftersom det bedöms saknas tillförlitliga emissionsfaktorer för partiklar från resuspension har vi valt att inte beräkna dem i denna utredning. Det bör emellertid understrykas att resuspensionspartiklar - oavsett ursprung - exponerar människor och normalt bör räknas in även om samma partiklar har ingått i tidigare beräknade direktemissioner. I detta sammanhang skulle det alltså vara motiverat att "dubbelräkna" dessa partiklar.

För partiklar som direktemissioner från slitage-processer har istället valts emissionsfaktorer från EMEP/EEA [14], vilka också används i Sveriges nationella rapportering (SMED). Dessa omfattar slitage av däck, bromsar, vägbana och även särskilda emissionsfaktorer för dubbdäck. De dubbdäcksgenererade partiklarna kommer främst från vägbanan. Det saknas emissionsfaktorer för dubbdäck på tunga fordon, något som också är mycket ovanligt förekommande.

Emissionsfaktorer för slitagepartiklar som använts i denna utredning visas i Tabell 3 nedan (enheten är angiven i gram per fordonskilometer):

Tabell 3. Emissionsfaktorer för slitagepartiklar (g/fkm).

| (g/fkm)      | Däck   | Bromsar | Vägbana utan dubb | Vägbana med dubb |
|--------------|--------|---------|-------------------|------------------|
| <b>PM10</b>  |        |         |                   |                  |
| Lätta        | 0.0077 | 0.0082  | 0.0075            | 0.3750           |
| Tunga/Bussar | 0.0438 | 0.0444  | 0.0380            |                  |
| <b>PM2.5</b> |        |         |                   |                  |
| Lätta        | 0.0054 | 0.0033  | 0.0041            | 0.0188           |
| Tunga/Bussar | 0.0307 | 0.0177  | 0.0205            |                  |

Det är rimligt att tro att ett fordons vikt och axellast påverkar partikelgenereringen via vägslitage och dessa faktorer kan variera mycket inom de två kategorierna lätta och tunga fordon. Enligt uppgift från VTI så har det gjorts sådana studier i deras provvägsmaskin och lägre last gav upphov till lägre emissioner [17], men skillnaden var inte så stor som förväntat och dataunderlaget bedöms inte som tillförlitligt. Av detta skäl har vi valt att bortse ifrån viktaspekten i föreliggande utredning. Olika däcktypers påverkan på emissionen av partiklar har inte heller beaktats (förutom dubbdäck), eftersom ett tillförlitligt dataunderlag saknas för en sådan beräkning.

## 6.3 Meteorologisk data

För att kunna genomföra modellberäkningar behövs utöver emissionsdata även meteorologisk data, vilket starkt påverkar spridningsförlopp och rumslig spridning av emissionerna. Ett antal meteorologiska parametrar används i aktuella modeller och omfattar bl.a. nederbörd vindriktning, vindhastighet, temperatur och solinstrålning. Även dessa data är inlagda med tidsupplösning på en timme och kommer från SMHI [18].

## 6.4 Mätdata

I Stockholmsområdet utförs kontinuerliga mätningar av kväveoxider och partiklar i regional och urban bakgrundsmiljö samt i centrala stadsmiljöer. Mätningarna utförs av Stockholms Stad, Stockholm och Uppsala Läns Luftsvårdsförbund, Naturvårdsverket och Stockholms Universitet. IVL skötte tidigare datavårdskapet för luft på uppdrag av Naturvårdsverket, vilket innebär årligt framtagande, sammanställande och tillgängliggörande av relevant mätdata, datan är hämtat från IVLs websida för datavårdskap [19].

I centrala Stockholm utförs mätningar av kväveoxider och partiklar i urban bakgrundsmiljö på taknivå på Torkels Knutssonsgatan på Södermalm (nära Hornsgatan), och på Hornsgatan och på Sveavägen i norra innerstaden. I Kanaan mäts urban bakgrund i marknivå. Kontinuerliga mätningar i centrala stadsmiljöer i gatunivå utförs på Hornsgatan, Sveavägen, Folkungagatan (till 2014) och Norrlandsgatan.

Under år 2015 överskreds ett antal miljö kvalitetsnormer och miljömål i centrala Stockholm. Miljö kvalitetsnormen för NO<sub>2</sub> till skydd för människors hälsa överskreds år 2015 vid mätstationerna i gatunivå på Hornsgatan, Sveavägen, Norrlandsgatan och intill E4/E20 på Lilla Essingen. Överskridande av miljö kvalitetsnormen sker inte bara vid mätstationerna utan även på andra innerstadsgator och längs med hårt trafikbelastade trafikleder. Modellberäkningar utförda av SLB-analys visar att ett par procent av Stockholms befolkning bor på gator där miljö kvalitetsnormen för NO<sub>2</sub> överskrids [20].

Mätdata utgör nödvändig referensdata för att utvärdera modellerna och tjänar som en viktig ”inblick i verkligheten” för att verifiera beräkningsresultaten, om än bara som stickprov. Mätdata finns tillgänglig på timnivå för de flesta parametrar och endast på dygnsnivå för vissa. I tabell 4 nedan visas de viktigaste stationerna, vad som mäts och med vilken tidsupplösning.

I Tabell 4 nedan visas de viktigaste stationerna och vad som mäts:

Tabell 4. Mätstationer i Stockholmsområdet och vilka parametrar som mäts.

|                              | Typ av mätning/miljö          | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2,5</sub> |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Norr Malma</b>            | Regional bakgrund             | X               | X               | X                | X                 |
| <b>Hornsgatan tak</b>        | Urban bakgrund, tak           |                 |                 |                  |                   |
| <b>Torkel Knutssonsgatan</b> | Urban bakgrund, tak           | X               | X               | X                | X                 |
| <b>Sveavägen tak</b>         | Urban bakgrund, tak           | X               | X               | X                | X                 |
| <b>Kanaan</b>                | Urban bakgrund, marknivå      | X               |                 |                  |                   |
| <b>Folkungagatan</b>         | Gaturum, innerstad            | X               | X               | X                | X                 |
| <b>Hornsgatan</b>            | Gaturum, innerstad            | X               | X               | X                | X                 |
| <b>Sveavägen</b>             | Gaturum, innerstad            | X               | X               | X                | X                 |
| <b>Norrlandsgatan</b>        | Gaturum, innerstad            |                 | X               | X                | X                 |
| <b>Lilla Essingen E4/E20</b> | Vid stor trafikled, innerstad | X               | X               | X                | X                 |

## 6.5 Gaturumsdata

Data avseende utformning av gaturummet är den indata som fordras till modellen för att kunna beräkna halterna i de utvalda gaturummen. Den beskriver den fysiska miljön och omfattar byggnaders höjder och utsträckning, gaturumsbredd, vägens beskaffenhet som t.ex. antal filer och bredd. För gaturumsberäkningar krävs även information om gaturummets eventuella krökningar och korsande vägar, gaturummets

orientering i förhållande till dominerande vindriktningar, om det finns parkering på gatan eller om gatan omfattas av åtgärder som sandning etc.

Karaktäristiken år (2011) för de tre gaturummen presenteras i Tabell 5 nedan:

Tabell 5. Indata till gaturumsmodellen.

|                                  | Hornsgatan   | Sveavägen    | Sankt Eriksgatan |
|----------------------------------|--------------|--------------|------------------|
| Trafikflöde (ÅDT <sup>11</sup> ) | 22800- 23800 | 24800- 25800 | 22000- 24000     |
| Andel tunga fordon (%)           | 5,2          | 5,1-5,3      | 5,3              |
| Gaturumsbredd (m)                | 19           | 32           | 20               |
| Vägbredd (m)                     | 15           | 18           | 15               |
| Antal körbanor                   | 4-6*         | 4-6*         | 4-6*             |
| Parkering på gatan               | ja           | ja           | ja               |
| Byggnadshöjd Nord/Öst (m)        | 20           | 19           | 17               |
| Byggnadshöjd Syd/Väst (m)        | 21           | 17           | 18               |
| Korsning i gaturummet            | ja           | ja           | ja               |
| Orientering av gatan             | ONO-VSV      | NV-SO        | NNO-SSV          |
| Dominerande vindriktning         | V            | VSV          | VSV              |
| Dubbdäcksandel under vintern (%) | 25           | 40           | 40               |

\* Två körbanor i varje riktning plus gatuparkering eller bussfil.

## 7 Metod

### 7.1 Emissioner – beräkningsförutsättningar

#### 7.1.1 Allmänt om trafikemissioner

Miljöeffekterna av införandet av olika miljözonskrav beräknas utifrån ett antal scenarier som ska illustrera tänkbara skärpta miljözonskrav för personbilar. Scenarierna är valda för att visa skillnaden mellan olika införandestrategier. För att göra tillförlitliga beräkningar som ska kunna visa dessa skillnader krävs övertänkta och konsekventa beräkningsmetoder. I detta avsnitt beskrivs metoder, antaganden och förenklingar.

Emissionerna för varje ämne och alla scenarier beräknas för nuvarande miljözonsområde i Stockholm. Emissioner har beräknats för tre diskreta år; 2020, 2025 och 2030 och för varje emissionsparameter. Miljözonskraven som är ställda i de olika scenarierna är utöver de förändringar som förväntas ske i alla fall genom den löpande ersättningen av gamla fordon med fordon med bättre utsläppprestanda.

Emissionsberäkningarna i denna utredning baserar sig på trafikarbete uttryckt som fordonskilometer (fkm). Eftersom begreppet "trafikarbete" är fordonsspecifikt måste denna parameter alltid behandlas separat för olika fordonsslag vid t.ex. emissionsberäkningar. Emissionsfaktorn i HBEFA är uttryckt som gram/fordonskilometer (g/fkm). Emissionen beräknas

<sup>11</sup> ÅDT = Årsdygnstrafik, medelflödet per dygn sett över alla dagar på ett kalenderår.

genom att multiplicera emissionsfaktorn för ett specifikt fordonsslag, med det totala trafikarbetet som motsvarar detta fordonsslag, inom ett definierat geografiskt område och per kalenderår.

För beräkningar av viktade emissionsfaktorer (med avseende på varje fordonsslags körsträcka) har använts den finaste uppdelningen av fordonsslag i HBEFA, vilket motsvarar indelning enligt "subsegment". Trafikarbetets utveckling (med avseende på fordonsslag och totalt) framåt i tiden baseras på prognoser utförda av Trafikverket [21].

Inom Stockholms miljözon finns nästan bara vägar som klassas som urbana icke-motorvägar (enligt HBEFA:s kategorisering), varför emissionsfaktorerna har beräknats som viktade medelvärden enbart av denna. Viktningen är baserad på fördelningen mellan olika fordon och trafiksituationer. Förhållandet mellan fordonsslag (och deras respektive fordonskilometrar) inom respektive grupp med avseende på euroklass, motorstorlek etc., antas alltså vara samma som den nationella fordonflottan som är inlagd i HBEFA. Denna metod genererar alltså emissionsfaktorer som speglar tätortsmiljöer i Sverige generellt sett, och ska därmed betraktas som representativa för en "typisk svensk tätort", samtidigt som de konkreta beräkningarna för miljözoner utgår ifrån Stockholms specifika förutsättningar. Se vidare om detta i kapitlet *Osäkerheter*.

Att beräkna emissioner specifikt för varje enskilt fordonsslag i HBEFA är ogörligt, dels för att det saknas så detaljerad trafikdata och dels för att det skulle vara ett mycket omfattande arbete, samtidigt som mervärdet ifråga om noggrannhet sannolikt skulle vara begränsat. Trafikarbetet för de olika fordonsslagen (och emissionsfaktorerna) är i denna utredning istället aggregerat på fem olika fordonskategorier för att grovt beskriva trafiken i Stockholms innerstad men ändå få med de viktiga skillnaderna mellan olika typer av fordon och bränslen. Följande indelning har använts:

- 1 Lätta fordon, dieseldrivna
- 2 Lätta fordon, drivna på bensin- och övriga bränslen
- 3 Tunga fordon (inkl tunga bussar), dieseldrivna
- 4 Tunga bussar, gasdrivna (kollektivtrafik)
- 5 Tunga bussar, biodieseldrivna (kollektivtrafik)<sup>12</sup>

Data från trängselskattkamerorna har använts som grund för uppdelningen mellan diesel- och bensindriva personbilar (på timmesnivå). Emissionerna beräknas på årsbasis baserat på ett medeldygns trafik (ÅDT), och viktat timme för timme över ett dygn generellt. För att fånga upp de variationer som finns mellan olika dagar på året finns också helgfaktorer och månadsfaktorer inlagda. Detta innebär att varje timme viktas ner eller upp något beroende på när i veckan och året det är.

## 7.1.2 Scenariodefinitioner

Emissionsberäkningarna i sin helhet är begränsade till den existerande miljözonen i Stockholm, med möjlighet att särskilja Gamla Stan som utgör ett särskilt område i Scenario 5 och 6, men har ingen särskild innebörd i övriga scenarier.

Eftersom miljözonskraven utgår ifrån motorns euro-klass har denna utredning utgått ifrån euro-benämningen i HBEFA-modellen för att beräkna de generella emissionsfaktorerna. Principen för beräkning av scenarierna har varit att det antagits att de fordon som inte får köra i miljözonen efter

---

<sup>12</sup> För referensåret 2011 är denna kategori istället helt och hållet etanolbussar.

utvidgat regelverk helt ersätts med fordon som får köra. Förhållandet mellan de fordonsslag som är kvar behålls, dvs. de fordon som tas bort ersätts med en blandning av de som är kvar.

I beräkningarna har hänsyn inte tagits till hur trafikarbetet eventuellt förändras till följd av miljözonskraven, och inte heller generella förändringar i trafikflödets framtida utveckling. Anledningen är att sådana prognoser av flera skäl bedöms som osäkra och kan dra åt olika håll. Ett annat skäl till att hålla trafikarbetet konstant i alla scenarier är att utvärderingen av miljözonskraven blir tydligare utan sammanblandning av andra effekter. Alternativa scenarier, som till exempel följderna av en snabb skiftning mot el-fordon eller följderna av en "peak travel", är inte beaktade i dessa prognoser [21] [22].

I scenarierna S5 och S6 så är kraven att enbart emissionsfria (avgasfria) fordon får köra i Gamla Stan (i övriga miljözonen finns inga krav utöver nuvarande, dvs. samma som S1). I detta fall antas att 100 % följer kraven på emissionsfritt fordon eftersom det bedöms som uppenbart för omgivningen om man kör med en förbränningsmotor eller inte (jämför resonemang om dubbdäck).

Det är i sammanhanget viktigt att poängtera att emissionerna är beräknade från alla vägfordon (lätta och tunga) samtidigt som denna utredning med de olika scenarierna enbart behandlar utökade regler kring de lätta fordonen. Samtidigt är de prognosticerade förändringarna i den tunga flottan också med i beräkningarna inklusive de planerade skärpningarna av miljözonsreglerna för tunga fordon. Detta innebär att redan från år 2020 finns enbart Euro 6-motorer i den tunga flottan.<sup>13</sup>

Andelen dubbdäck har beräknats utifrån en utredning genomförd av SLB-analys vintern 2015-2016 [23]. Räkningen av andel bilar med dubbdäck gjordes på rullande personbilar under december år 2015 till april år 2016. Dubbdäckandelarnas medelvärde för förbudsgatorna Hornsgatan, Fleminggatan och Kungsgatan var ca 30 % medan det på icke-förbudsgator var ca 41 %.

Dubbdäckandelen har räknats på Hornsgatan sedan 2008 och trenden sedan dubbdäcksförbudet infördes är att andelen sjönk från 67 % till 27 %. Samtidigt sjönk andelen av dubbdäck till ca 40 % på icke förbudsgator. Utredningen visar också på att skiftet till dubbdäck sker veckorna 45-50 och tillbaka till sommardäck veckorna 14-16.

I denna utredning har dubbdäcksandelar på 20 % antagits för förbudsgator, och 40 % för icke förbudsgator baserat på SLB-analys utredning. Den lägre andelen dubbdäck på förbudsgator (20 % istället för 27 %) motiveras med att reglerna bedöms följas i högre utsträckning när ett helt geografiskt område förbjuder dubbdäck, jämfört med bara enstaka gator. Andelen 40 % på andra gator utgår ifrån dagens nivå.

Dubbdäcksanvändning har beräknats pågå under 4 månader per år med plötsliga övergångar från november-december och mars till april. För beräkningar för Referensåret 2011 (se avsnittet *Jämförelse mellan modeller och mätningar*) har Hornsgatan beräknats med dubbdäcksförbud, men ingen annan gata. För prognosåren 2020, 2025 och 2030 har dubbdäcksförbud antagits på de gator som har förbud idag (år 2016), förutom i Scenario 6 där hela Gamla Stan har dubbdäcksförbud. Under perioden april – november antas dubbdäcksandelen vara 0 %.

---

<sup>13</sup> Egentligen euro6-kravet från år 2021, men enligt överenskommelse med mellan TS och IVL utgår utredningen från detta för att underlätta utvärderingen av förändringarna i den lätta fordonsflottan.

## 7.1.3 Övriga beräkningsförutsättningar trafik

I övrigt har beräkningarna följande förutsättningar:

- Sammanvägning av trafikflödena från alla kamerorna har gjorts för att representera trafikflödets variation inom zonen över dygnet. Denna variation är också samma i alla scenarier och har tillämpats på alla vägar.
- Enligt kontrollmätningar genomförda av Trafikkontoret i Göteborg år 2006 så efterlevs miljözonsregler till 95%, varför det bedöms som rimligt att göra beräkningarna som om miljözonen helt efterlevs [24]. Ingen justering för regelbrott har gjorts i denna studie (förutom för dubbdäck).
- I denna utredning antas också att miljözonen gäller vid alla tidpunkter utan undantag att och den geografiska utbredningen av miljözonen är samma i alla scenarier och år.
- Lätta lastbilar (LCV) är i likhet med personbilar euro-klassade men med något andra krav för olika luftföroreningar och även olika tidpunkter för införande av krav i jämförelse med personbilar. Sådana aspekter har vi bortsett ifrån i beräkningar av fordonsflottan, vilket innebär att LCV, PC och även MC behandlas på samma sätt (dvs. som PC).
- Eftersom fordonsflottan i en miljözon (dvs. i en tätortskärna) sannolikt är något yngre än det nationella snittet för motsvarande vägar kan detta leda till en viss överskattning av emissionerna. I verkligheten genomförs det också något färre resor med de äldre fordonen. Detta fel bedöms emellertid som relativt litet i jämförelse med andra felkällor.

## 7.2 Modellberäkningar

### 7.2.1 Urban bakgrund (TAPM)

Principen för att med modeller beräkna halten av luftföroreningar på en viss plats bygger på tillgång till underlagsdata för mer eller mindre kompletta mönster av betydande emissionskällor, med detaljerade geografiska sträckningar, samt bakgrundshalter. I detta uppdrag omfattas undersökningsområdet Norrmalm, Gamla Stan och Södermalm- alla tre är huvudsakligen mycket täta stadsmiljöer där vägtrafiken helt dominerar som källa till luftföroreningar.

Beräknade förändringar av emissioner sker inom miljözonen, men luftkvaliteten i detta mycket begränsade område påverkas även till viss del av utsläppen i omgivande områden och hela Stockholm. Denna påverkan i den lokala skalan inom undersökningsområdet bedöms emellertid som mycket begränsad med tanke på geografien. Mälarens vatten samt naturområden i östra och norra Stockholm gör att det finns ett naturligt mellanrum mellan miljözonsområdet och omgivande tätortsområden och trafiknät (ett resonemang som inte gäller för t.ex. Göteborg).

Övriga källor än vägtrafiken har därmed liten betydelse i den mindre skalan i de stadsområden som denna utredning omfattar, däremot kan de ha betydande påverkan på generella bakgrundshalter och på de absoluta haltnivåerna i stadsmiljön. En betydande källa förutom vägtrafiken, är sjöfarten som finns i det omgivande vattnet i Mälaren. Sjöfartens påverkan är betydande lokalt i undersökningsområdet, särskilt på Blasieholmen, nordöstra Gamla Stan samt Skeppsholmen och Kastellholmen. Även i området runt Frihamnen är sjöfartens bidrag betydande

(NO<sub>2</sub>). I allmänhet utgör sjöfartens påverkan på halten av NO<sub>2</sub> i Stockholm ca 11 % [25]. I denna utredning har dessa emissioner "fångats" som pålagda bakgrundshalter i modellberäkningen.

Totalemissionen från samtliga vägar i alla scenarier beräknades specifikt för varje väg och år, för att sedan importeras till beräkningsprogrammet med tillhörande geografiska koordinater. Vägdatasetet inom undersökningsområdet omfattar ca 4000 väglänkar (vilket utgjorde ca 320 km väg och ca 770 Mfkm/år). Av dessa importerades de 1000 största, vilka utgjorde ca 80 % av emissionerna. Övriga 20 % av emissionen från vägarna lades ut som en generell bakgrundskälla över aktuella landområden. De vägar som går i tunnlar importerades inte eftersom de inte ger ifrån sig några emissioner i marknivå. Däremot beräknades hela emissionen inom tunneln, varpå halva av denna lades ut runt vardera tunnelmynningen i en 100 m stor kvadrat.

Spridningsberäkningen med TAPM genererar ett "koncentrationsfält" i luften nära underlaget (mark, byggnad eller annat objekt). Spridningsförloppet har ingen specifik information om byggnader och topografi, men tar hänsyn till att marken har en skrovlighet som motsvarar en "lågbebyggd stadsmiljö". Resultatet kan anses beskriva den generella urbana bakgrundshalten i ett visst område utan beaktande av lokala ventilationsförhållanden, och lämpar sig således för analys i större skala.

Modellens haltberäkning av NO<sub>2</sub> tar även hänsyn till kemiska reaktioner som innefattar påverkan av närvaro av ozon (O<sub>3</sub>) och flyktiga organiska kolväten (VOC), i denna beräkning härlett från emissioner av kolväten (HC).

Modellberäkningarna har genomförts för hela miljözonsområdet med närhet i en geografisk upplösning av 150 meter, en beräkningsruta (pixel) är 150\*150 m. Beräkningsvärdet representerar rutans mittpunkt men är giltig för hela. Beräkningsområdet är 2223 rutor stort (39\*57), dvs. ett totalt område av ca 50 km<sup>2</sup> (inkluderar även vattenytor).

## 7.2.2 Gaturum (MISKAM)

Gaturumsberäkningar avser detaljerade beräkningar av luftföroreningshalter i marknivå (ca 2 m) på allmän plats, typiskt en trottoar, där särskild hänsyn har tagits till de flesta relevanta faktorerna i den lokala miljön. Själva gaturummet utgörs av en definierad sträcka av en väg med byggnader på båda (eller ena sidan) av vägen som inte ska vara för kort, ca 100 meter för att beräkningen ska anses vara representativ [26]. Gaturummet ritas i programmet med korrekta geografiska dimensioner och riktningar, eftersom meteorologiska faktorer som t.ex. vindriktning kan spela stor roll för att uppskatta halterna.

För gaturumsberäkningarna används programmet SoundPLAN med modellen MISKAM. Programmet är ursprungligen utformat för beräkningar av buller men även kan hantera luftföroreningar. I programmet byggs en digital tredimensionell modell upp som beskriver det specifika gaturummets fysiska utseende, som t.ex. byggnaders lägen och höjder. Riktningen på vägen ges av en rak linje från länkens startpunkt till slutpunkt (ett gaturum kan ha flera länkar). För varje avsnitt i gaturummet anges en representativ gaturumsbredd och byggnadshöjder, samt annan relevant information som vägbredd, antal filer etc.

Emissionerna från trafiken har detaljerat beräknats utanför programmet, och lagts in med variationer i tid och med en upplösning på en timme för att möjliggöra uppskattningar av extremvärden. Emissionen beräknas från varje väglänk på 0,5 meters höjd och länken är förlagd till vägens (filens) centrum. Den rumsliga upplösningen i gaturumsberäkningen är 0,5 meter.



Gaturumsberäkningarna speglar enbart det lokala tillskottet till halterna från vägen och de omgivande vägar som har beaktats, vilket innebär att den urbana bakgrundshalten måste läggas på i efterhand. Som urban bakgrundsstation har Hornsgatans takstation valts för Hornsgatan, och Sveavägens takstation för Sveavägen. För gaturumsberäkningar på Sankt Eriksgatan saknas en närliggande mätstation, för denna har Sveavägen också valts som urban bakgrundstation, då den bedöms som mest representativ. Takstationen på Torkel Knutssonsgatan har också använts som kompletterande mätstation i alla tre fallen (PM<sub>2,5</sub>).

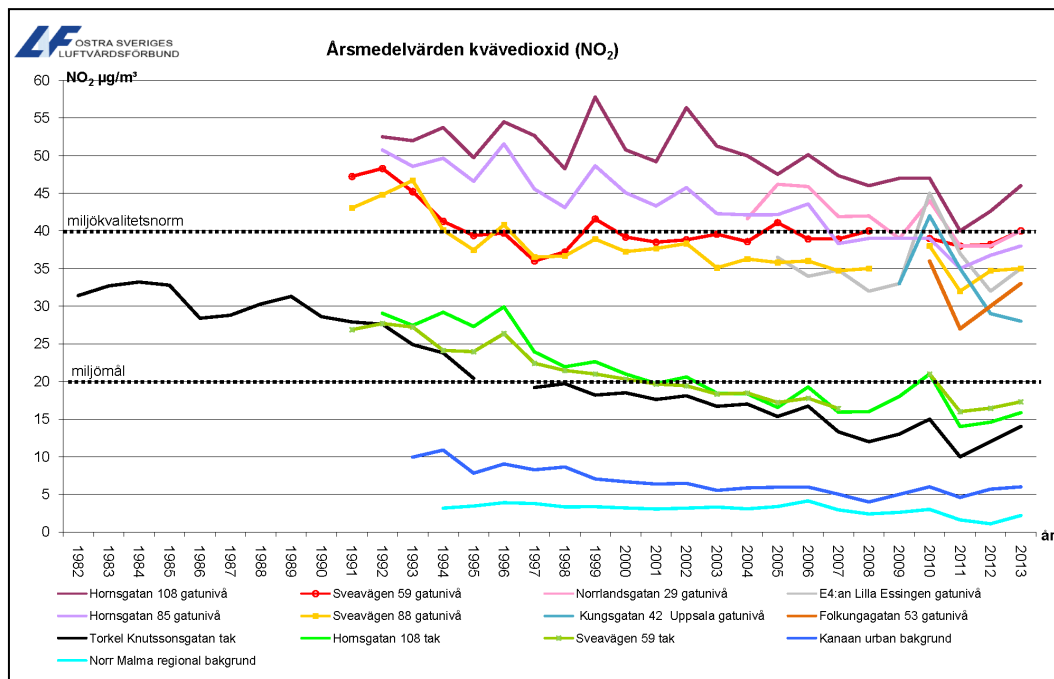
## 7.3 Verifiering av metod och dataanalys

### 7.3.1 Mätdataanalys

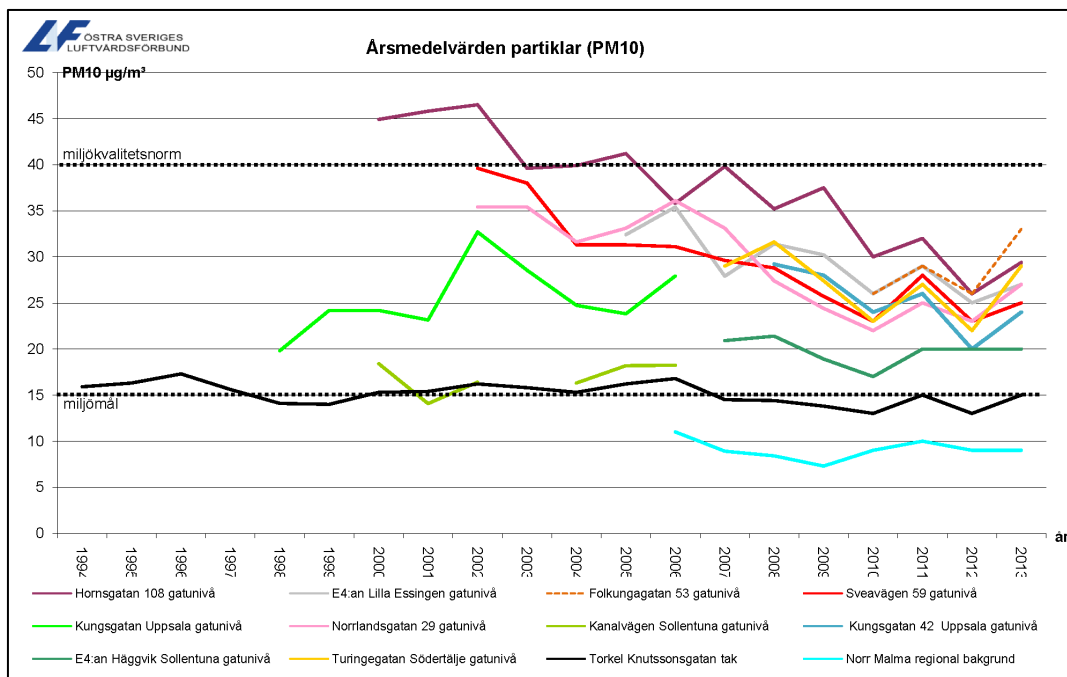
NO<sub>2</sub> bildas genom förbränningsprocesser och i urbana miljöer är vägtrafiken generellt den främsta källan. Många städer i Sverige och Europa har problem med halter som överskrider gränsvärden, samtidigt har halterna länge haft en nedåtgående trend. På senare år (ca efter år 2000) har trenden emellertid planat ut och risken för framtida överskridanden av miljökvalitetsnormer och miljömål kvarstår.

Halten av NO<sub>2</sub> beror på flera faktorer; bakgrundshalten, den direkta emissionen NO<sub>2</sub> från motorn, den totala NO<sub>x</sub>- emissionen och av närvaro av andra ämnen som t.ex. ozon. Relationen mellan NO och NO<sub>2</sub> har på senare år förskjutits mot en större andel NO<sub>2</sub>, vilket bl.a. beror på ökad andel dieslbilar i vägtrafikflottan (vilka har högre NO<sub>2</sub>-andel i emissionen än bensinbilar).

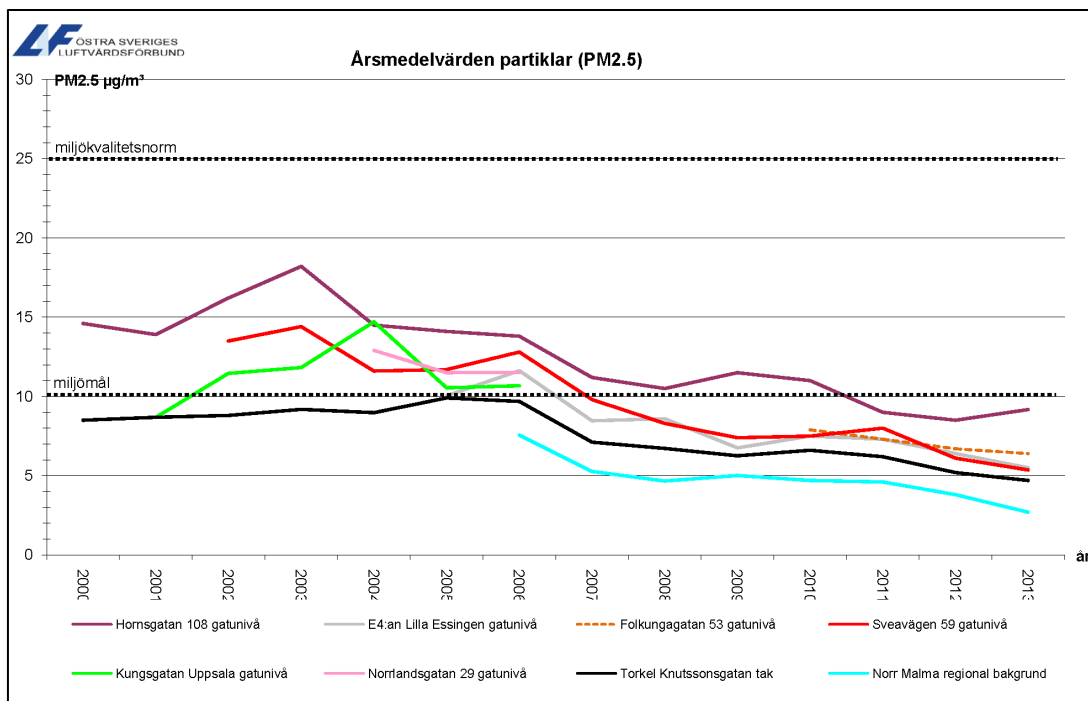
Utvecklingen av halterna av NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub> på mätstationer i Stockholmsområdet åren 1982-2013 visas i figuren nedan. Stationerna representerar hårt belastade gaturum såväl som urbana och regionala bakgrundstationer.



Figur 2. Utvecklingen av kvävedioxidhalten på mätstationer i Stockholmsområdet åren 1982-2013. Stationerna representerar hårt belastade gaturum såväl som urbana och regionala bakgrundstationer [27].



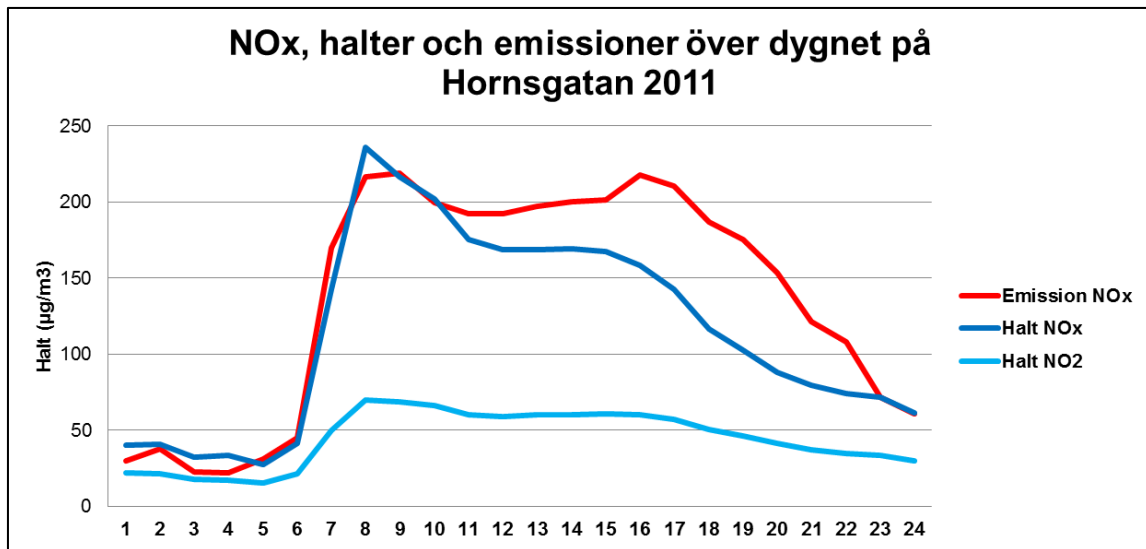
Figur 3. Utvecklingen av PM<sub>10</sub> på mätstationer i Stockholmsområdet åren 1982-2013. Stationerna representerar hårt belastade gaturum såväl som urbana och regionala bakgrundsstationer [27].



Figur 4. Utvecklingen av PM<sub>2.5</sub> på mätstationer i Stockholmsområdet åren 1982-2013. Stationerna representerar hårt belastade gaturum såväl som urbana och regionala bakgrundsstationer [27].

För beräkningar av halter i miljözonen har enbart vägtrafiken analyserats i detalj med avseende på emissioner och deras variation i tid, övriga emissioner har beaktats men finns med i beräkningarna som bakgrundsemissioner eller pålagda bakgrundshalter.

Denna metod kan motiveras med att det råder ett mycket starkt samband mellan de lokala halterna och de lokala trafikemissionerna i gaturummen i Stockholms innerstad. Det visas tydligt genom diagrammet nedan, se Figur 3, där halterna av NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub> på Hornsgatan varierar timme för timme över dygnet tillsammans med den relativa emissionen av NO<sub>x</sub> från vägtrafiken.



Figur 5. Dygnsvariation av NO<sub>x</sub>-halter och NO<sub>x</sub>-emissioner på Hornsgatan i centrala Stockholm.

Vid gatustationerna utgör de uppmätta halterna av NO<sub>2</sub> i genomsnitt 30-50% av NO<sub>x</sub>- halterna. Vid bakgrundsstationerna är denna andel högre eftersom en större mängd av kvävemonoxid (NO) har hunnit omvandlas till NO<sub>2</sub>.

När det gäller PM<sub>10</sub> utgör den regionala bakgrundshalten ca 50 % av totalhalten även i de trånga gaturummen i centrala Stockholm, och dess betydelse har ökat på senare tid när de lokala emissionerna har sjunkit (genom bl.a. åtgärder i gaturummen). Eftersom alla scenarier (utom S6) i denna utredning avser förändringar i motorteknik och avgasutsläpp- samtidigt som avgasernas betydelse för partikelmassan är mycket liten - innebär detta att analysen av partikelhalterna blir svårtolkad och mindre intressant (med undantag av dubbdäck).

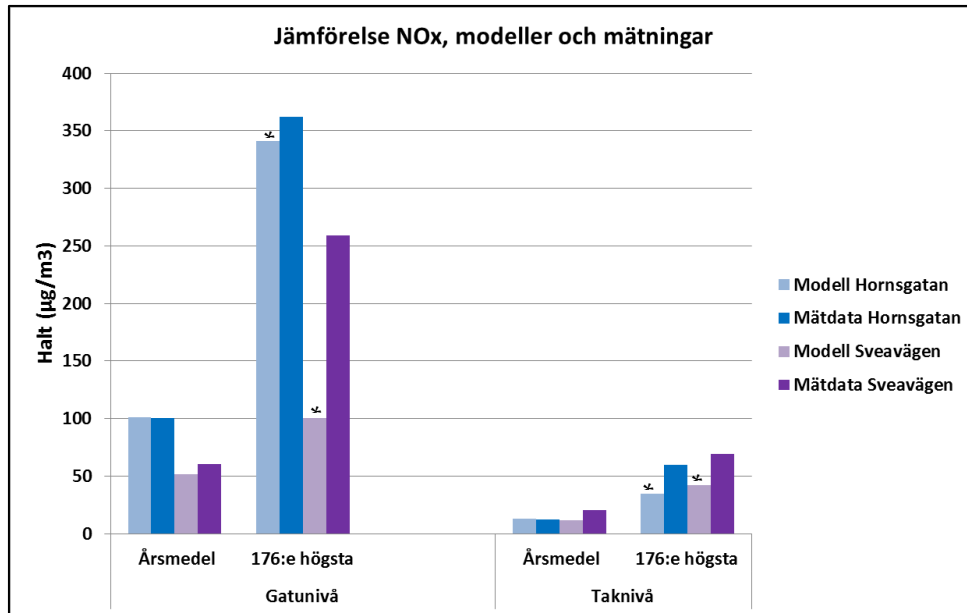
### 7.3.2 Jämförelse mellan modeller och mätningar

Modellberäkningarna genererar ett resultat som är en direkt konsekvens av den indata som matats in i modellen samt modellens spridningsalgoritmer. Modellerna saknar helt någon direkt koppling till faktisk mätdata. Det är ett känt fenomen i Sveriges centrala städer att modellberäkningarna som baserar sig på emissioner från HBEFA och de modeller som används, ger avsevärt lägre halter än de faktiska mätningarna på samma plats [28][29][30]. Detta kan ha flera förklaringar, antingen brister i emissionsfaktorerna, andra indata (som t.ex. meteorologi) modellens beräkningsmetoder, eller att modellens resultat avser annan plats i rummet än där mätningen utförs.

När det gäller urban bakgrund ger modellen dessutom ett generaliserat resultat över ett visst område (i detta fall 150\*150 m) medan instrumentet normalt mäter i en enda punkt. Oavsett förklaringen till skillnaderna mellan mätningar och beräkningar, är det nödvändigt att "kalibrera" beräkningsresultatet utifrån mätdata för att kunna göra realistiska uppskattningar av halter. Kalibreringen av beräkningsdatan är särskilt viktig ifråga om extremvärden, då det är svårt för modellberäkningen att fånga upp verkliga variationer på dygns- och timbasis.

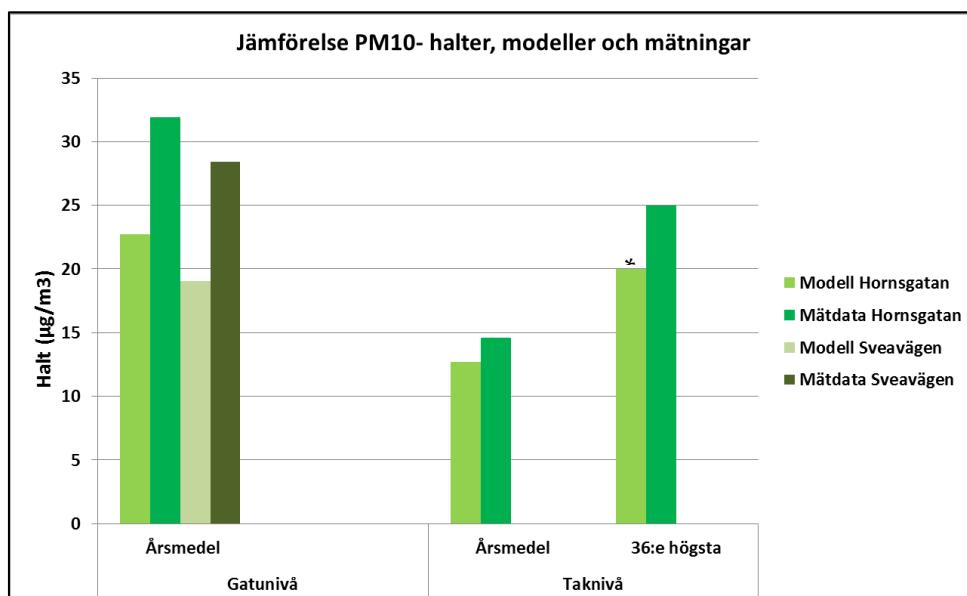
Kalibreringen av den "råa" beräkningsdatan ska vara konsekvent och basera sig på den bästa mätdata. Eftersom denna utredning handlar om prognoser och det inte finns någon mätdata från framtiden, så får man utgå ifrån ett tidigare år med tillförlitlig mät- och emissionsdata, i detta fall har år 2011 valts som i denna utredning kallas för *Referensåret 2011*.

Jämförelser mellan mätningar och modellberäkningar visas i diagrammen nedan.

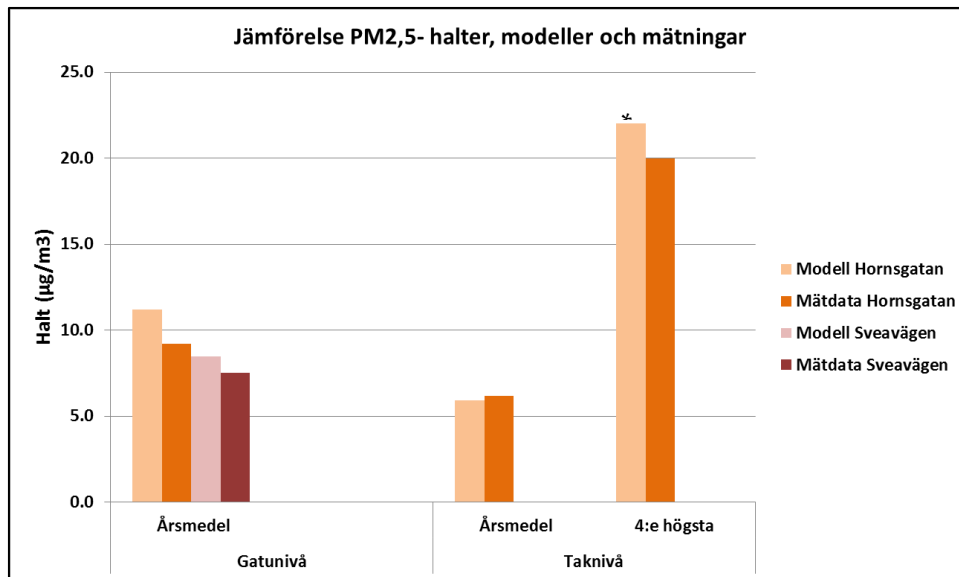


Figur 6. Jämförelse mellan modellberäkningar och mätningar för kvävedioxid i gatunivå och taknivå på Hornsgatan och Sveavägen.

\* Extremvärdena i modellerna har ingen pålagd bakgrund, vilket gör att värdena inte är helt jämförbara.



Figur 7. Jämförelse mellan modellberäkningar och mätningar för PM10 i gatunivå och taknivå på Hornsgatan och Sveavägen.



Figur 8. Jämförelse mellan modellberäkningar och mätningar för PM2,5 i gatunivå och taknivå på Hornsgatan och Sveavägen.

### 7.3.3 Modifiering av gaturummodell

Jämförelsen mellan mätvärden och beräkningsvärden för gaturumsberäkningen är relativt enkel eftersom resultaten avser att beskriva samma plats och nivå, dvs. 2 m höjd på en mer eller mindre exakt plats på trottoaren där mätstationen står.

Modellen tar inte heller hänsyn till "kemi" (i detta fall att NO oxideras till NO<sub>2</sub>) vilket innebär att beräkningsresultaten dels erhålls som NO<sub>x</sub>, och del som "direktemissionen"<sup>14</sup> av NO<sub>2</sub>, - men inte i den totala halten av NO<sub>2</sub>. Totalhalten av NO<sub>2</sub> är en blandning av direktemissionen av NO<sub>2</sub>, emissionen av NO som omvandlas till NO<sub>2</sub>, och bakgrundshalten av NO<sub>2</sub>.

Resultatet av totalhalten för gaturumsberäkningen har dels justerats med en faktor mot mätdata baserat på att den utgör det endast lokala bidraget, men också höjts upp med ett konstant värde som motsvarar den urbana bakgrundshalten i den miljön (årsmedelhalt). För att uppskatta årsmedelvärdet av NO<sub>2</sub> har i denna utredning därför först beräknats utifrån relationen av NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub> från det lokala tillskottet baserat på mätdata, som sedan jämförts med relationen mellan NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub> från modelldata (som alltså också bara speglar det lokala tillskottet). Med denna metod minskas felkällan avseende olika relationer mellan NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub> från olika vägar.

Resonemanget med att addera den urbana bakgrundshalten är naturligt och relativt okomplicerat när det gäller ett årsmedelvärde men inte gångbart för extremvärden (även kallat percentilvärden), eftersom de uppstår i en (ofta slumpmässig) kombination av variationer i emissioner, meteorologiska faktorer och bakgrundshalter.

Det allmänt vedertagna sättet att beräkna extremvärden- om man inte har ett fullständigt dataunderlag, är att uppskatta dessa utifrån kvoter mellan års- och extremvärden från mätningar i samma miljö eller typ av miljö [35] [28] [29] [30]. Denna metod rekommenderas även av

<sup>14</sup> Direktemissionen av NO<sub>2</sub> syftar här på den halt som skapas enbart utifrån det lokala tillskottet av NO<sub>2</sub> som direkt emitteras från avgasrören- alltså inte oxiderat i omgivningsluften efter emission.

SoundPLANs utvecklare, som också menar att denna metod är säkrare än att försöka beräkna extremvärden utifrån ett generellt dataunderlag [31], trots att SoundPLAN kan generera extremvärden av timme. Enligt mätningar i Stockholm tenderar dessa kvoter också att vara relativt stabila mellan år, vilket stärker metodens tillförlitlighet.

För partiklar (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>) finns inga krav på timhalter utan bara årsmedelhalter och extremvärden av dygnsmedel. Samma metod, som ovan beskriven, har använts för partiklar med kvoter mellan årsmedelvärden och dygnsmedelvärden baserat på mätningar.

Resultatet från SoundPLAN erhålls i ett tredimensionellt kontinuerligt haltmönster<sup>15</sup>, som sedan kan presenteras och färgsättas på lämpligt sätt utifrån syftet. Ofta presenteras halter från gaturumsberäkningar med två värden per gaturum, på trottoaren på båda sidorna om vägen. I denna utredning har vi valt att visa halten på 1,5-2 meters höjd på den plats som mätstationen står idag (och som beräkningsresultatet är kalibrerat mot), kombinerat med en färgsatt 2-dimensionell visualiserad bild av gaturummet med haltmönster. Färgsättningen beskriver hur halterna förhåller sig till MKN och miljömål. På Sankt Eriksgatan finns inga mätningar, där har en plats valts som är belägen på Sankt Eriksgatan 55.

### 7.3.4 Modifiering av beräknad urban bakgrund

Med hjälp av modellen TAPM har genererats ett koncentrationsfält av NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub> för årsmedelvärden, 36:e högsta dygnsmedelvärdet (90%-il), 8:e högsta dygnsmedelvärdet (98%-il) och 176:e högsta timmedelvärdet (98%-il).

Det omodifierade beräkningsresultatet är således heltäckande i geografisk mening och täcker hela undersökningsområdet som utgör den aktuella miljözonen. Emellertid är indataunderlaget mer generellt med avseende på fordonsslag och tidsvariationer än gaturumsberäkningen, och modellen tar inte hänsyn till utseendet på den fysiska stadsmiljön som beskrivits tidigare.

För att modifiera TAPM:s resultat till uppmätta halter kan man basera det på takmätningar och därmed beskriva enbart den urbana bakgrundshalten. I så fall är dessa justerade värden inte direkt jämförbara med MKN och miljömål eftersom de avser den faktiska halten i marknivå. Den är däremot giltig för urbana bakgrundsmiljöer, som t.ex. parker och större öppna ytor på avstånd från betydande källor (se även avsnitt 7.2.1).

I denna utredning har modifieringen av beräkningsvärdena gjorts genom att multiplicera med kvoter utifrån jämförelser mellan mätningar och beräkningar, samt kvoter mellan årsmedelvärden och extremvärden. För partiklar har den regionala bakgrunden dragits av från kvotberäkningen (från både mätning och beräkning).

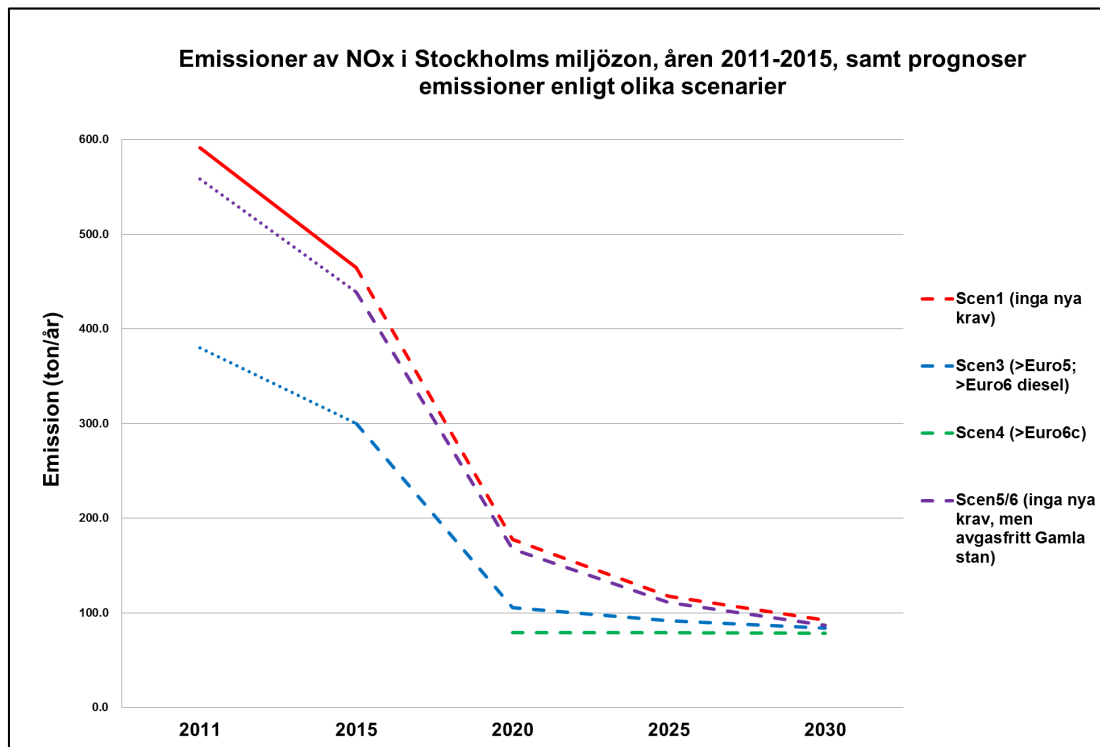
---

<sup>15</sup> MISKAM använder sig av s.k. CFD-teknik- Computational Fluid Dynamics.

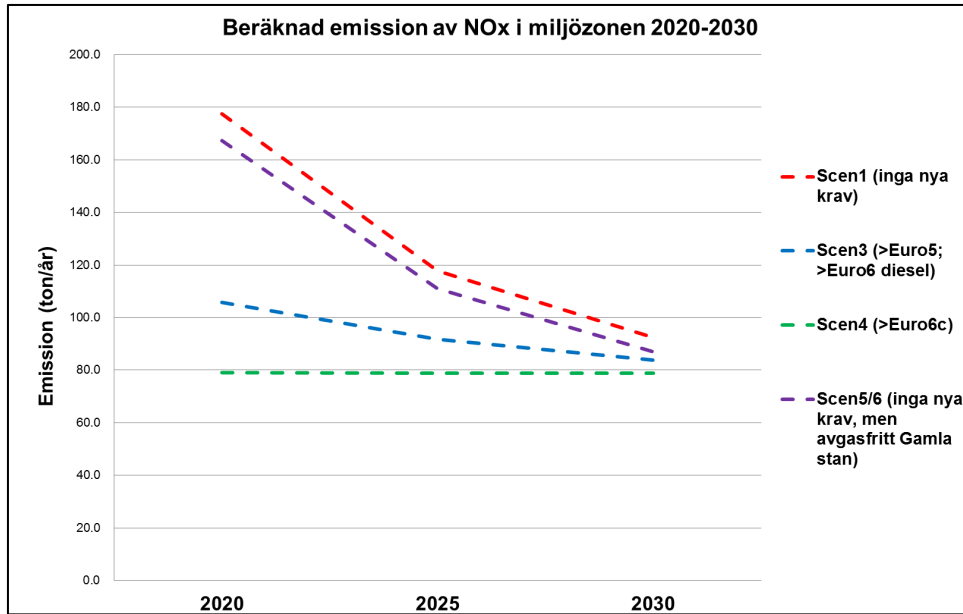
## 8 Resultat

### 8.1 Emissionsberäkningar

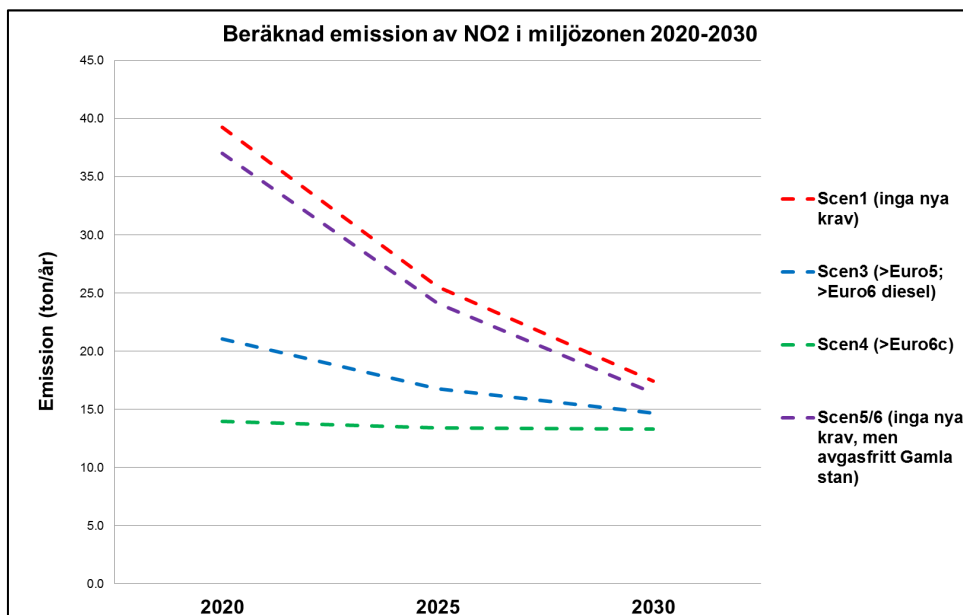
#### 8.1.1 Hela miljözonen



Figur 9. Utvecklingen av NO<sub>x</sub>-emissioner åren 2020-2030 inom miljözonen, i olika scenarier aktuella i denna utredning. Även den nuvarande och möjliga emissionsminskningen bakåt i tiden till år 2011 visas i diagrammet.

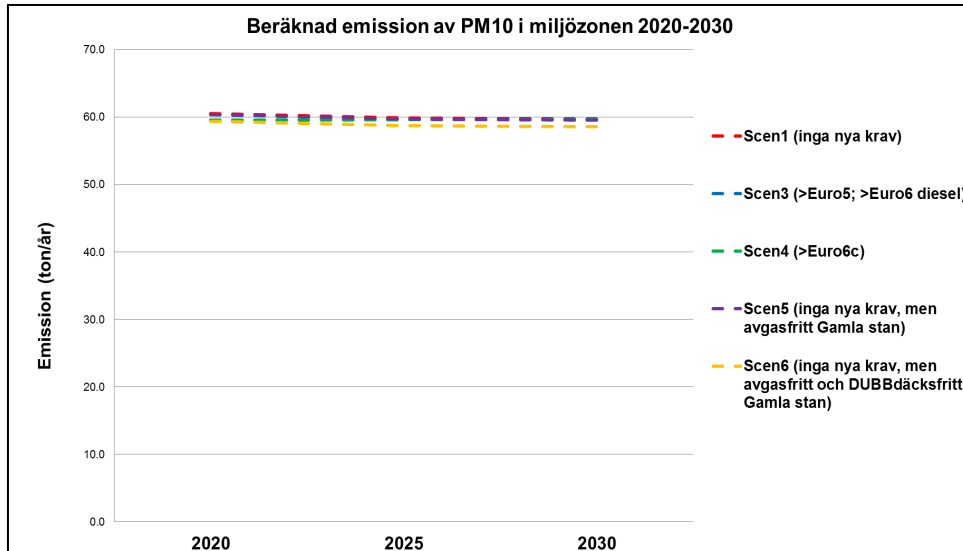


Figur 10. Utvecklingen av NO<sub>x</sub>- emissioner åren 2020-2030 inom miljözonen, i olika scenarier aktuella i denna utredning.

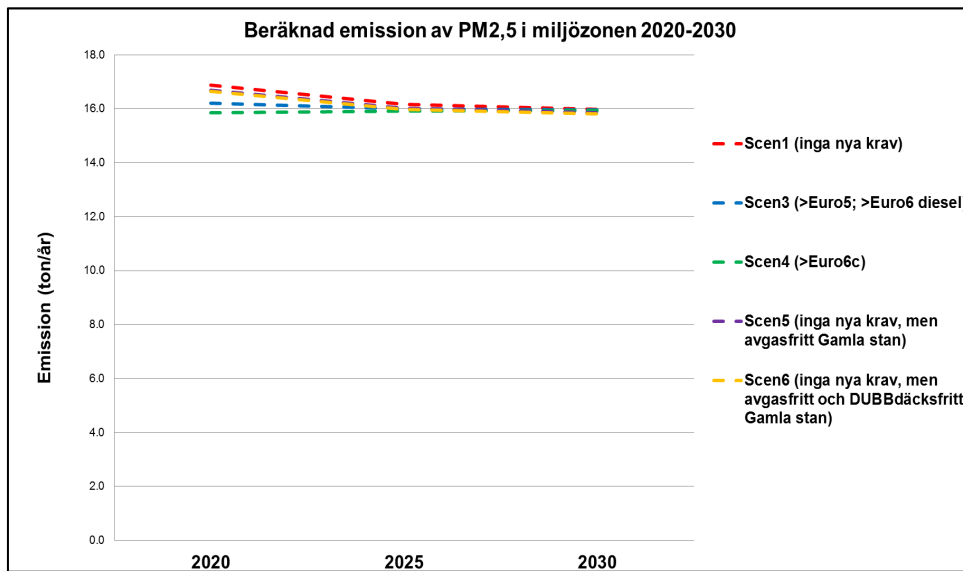


Figur 11. Utvecklingen av NO<sub>2</sub>- emissioner åren 2020-2030 inom miljözonen, i olika scenarier aktuella i denna utredning.

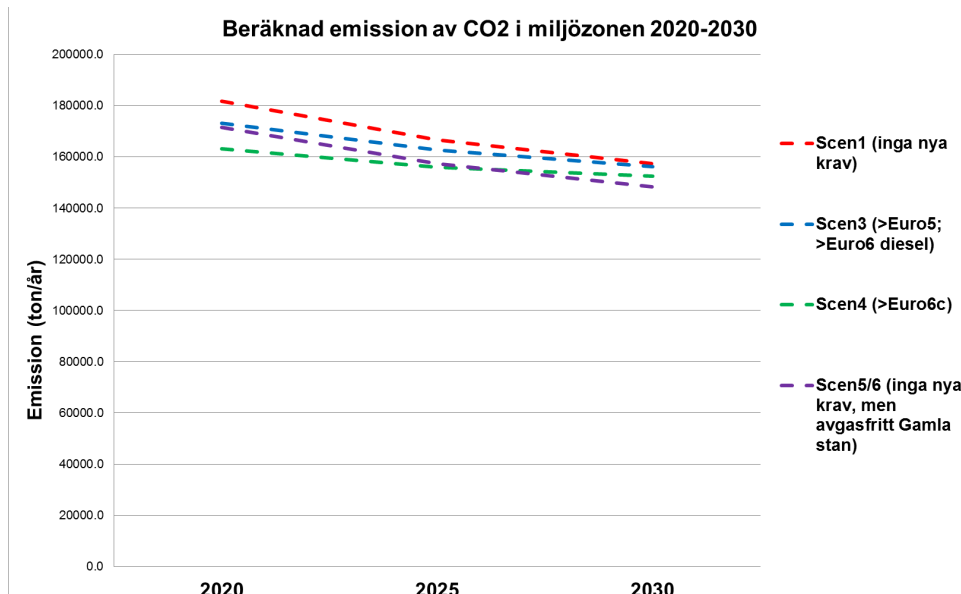




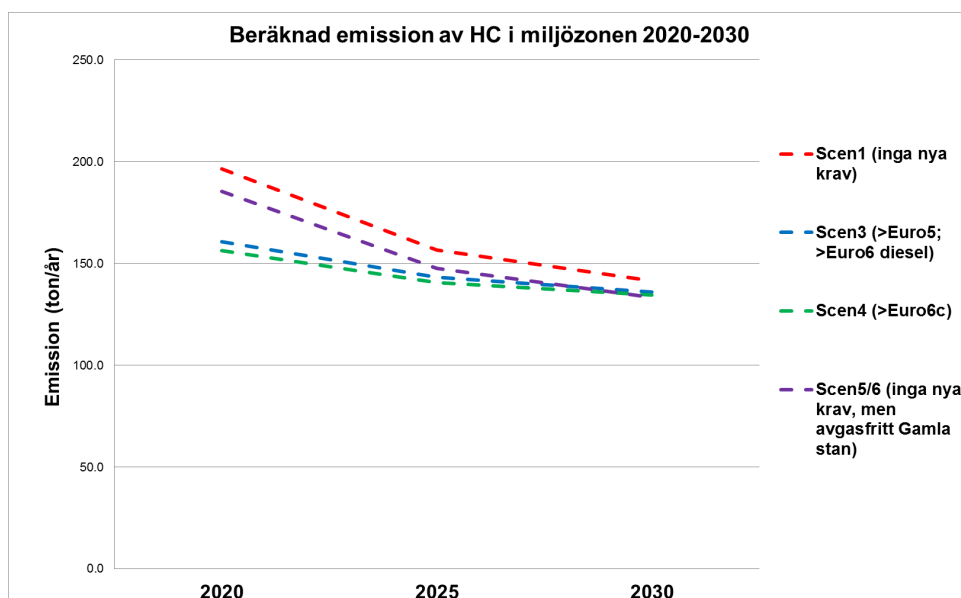
Figur 12. Utvecklingen av PM<sub>10</sub>- emissioner åren 2020-2030 inom miljözonen, i olika scenarier aktuella i denna utredning.



Figur 13. Utvecklingen av PM<sub>2,5</sub>- emissioner åren 2020-2030 inom miljözonen, i olika scenarier aktuella i denna utredning.



Figur 14. Utvecklingen av CO<sub>2</sub>- emissioner åren 2020-2030 inom miljözonen, i olika scenarier aktuella i denna utredning.

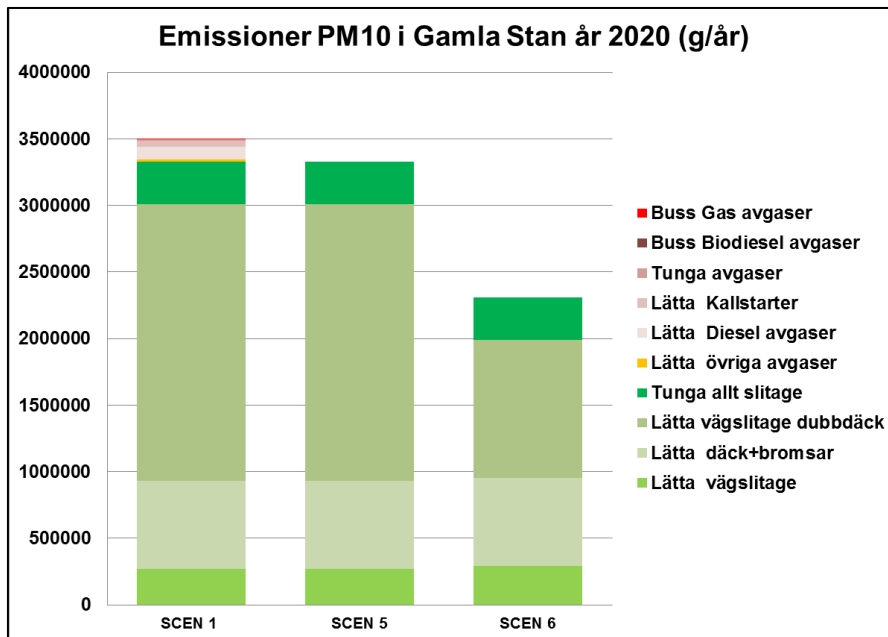


Figur 15. Utvecklingen av HC- emissioner åren 2020-2030 inom miljözonen, i olika scenarier aktuella i denna utredning.

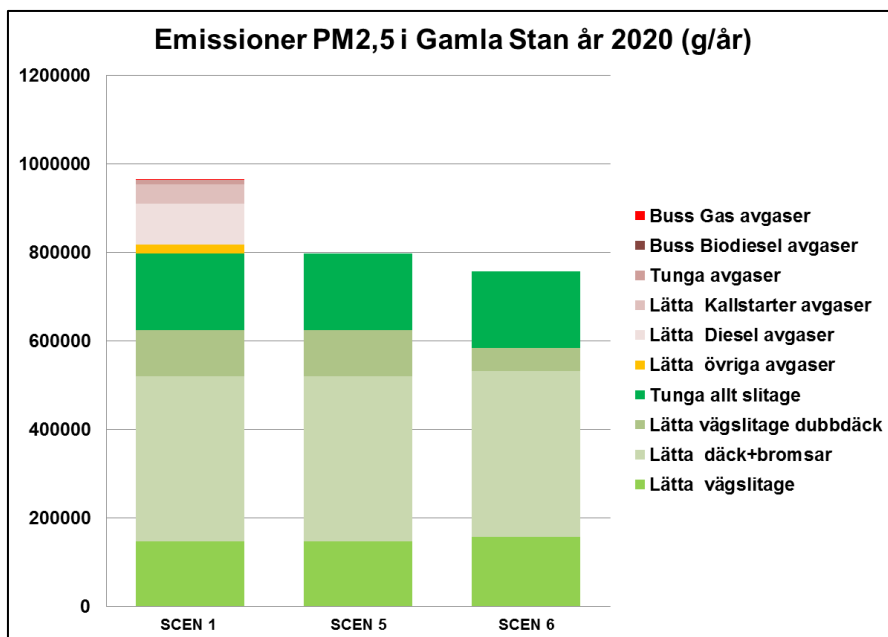
## 8.1.2 Gamla Stan

Med tanke på de speciella krav som gäller i S5 och S6 i Gamla Stan är det intressant att särskilt visa detta område och skillnader för partiklar. Nedan presenteras emissionerna av PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub> år 2020 enbart inom Gamla Stan, S1 har inga krav på lätta fordon, S5 innebär avgasfritt Gamla Stan, och S6 innebär avgasfritt + dubbdäcksförbud i Gamla Stan.

Enbart år 2020 visas i diagrammet, skillnaderna för åren 2025 och 2030 jämfört med 2020 är mycket små och påverkar bara avgasdelen.

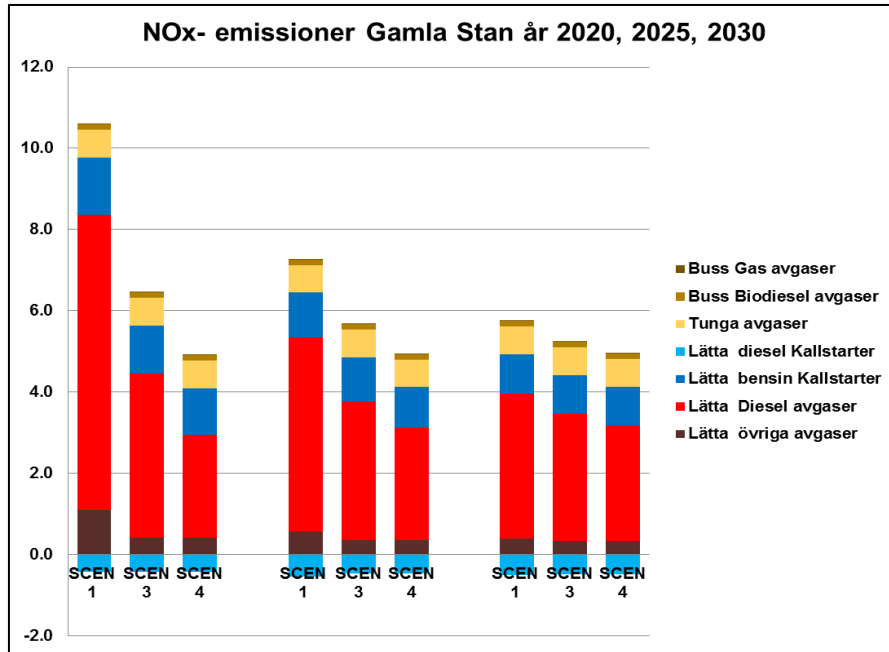


Figur 16. PM<sub>10</sub>- emissioner år 2020 inom Gamla Stan, i olika scenarier aktuella i denna utredning.



Figur 17. PM<sub>2,5</sub>- emissioner år 2020 inom Gamla Stan, i olika scenarier aktuella i denna utredning.

För att få en överblick över hur mycket de olika scenarierna och åren påverkar avgasemissionerna visas nedan ett diagram med avgasemissionen uppslittrad på varje fordonstyp och emissionstyp (varmmission, kallstart). S1 har inga krav på lätta fordon, S3 innebär minst Euro 6 och S4 innebär minst Euro 6c. Enbart Gamla Stan visas i bilden (Figur 18), men relationen mellan de olika emissionerna är liknande för hela miljözonen.



Figur 18. NO<sub>x</sub>-emissioner år 2020, 2025 och 2030 inom Gamla Stan, i olika scenarier aktuella i denna utredning. I Scenario 5 och 6 antas denna emission vara 0.

## 8.2 Modellberäkningar Gaturum

### 8.2.1 Urval av scenarier för presentation

Emissionsberäkningarna visar att många kombinationer av scenarier och år ger emissioner i samma eller nästan samma storleksordning för olika utsläppsp parametrar. Av detta skäl har det inte varit meningsfullt att göra modellberäkningar av alla kombinationer av scenarier och år.

När det gäller S4 så är skillnaderna i emissioner försumbara mellan åren, varför det är onödigt att modellera alla- se emissionsdiagrammen. Även för S3 gäller att det nästan är samma emissioner för partiklar de olika åren och för NO<sub>x</sub> är det en mindre skillnad. För NO<sub>x</sub> uppvisar S3 2030 och S4 2030 nästan också samma emissioner.

För haltberäkningarna, blir skillnaderna ännu mindre än för emissionerna. Utav de liknande Scenarierna 3 och 4 har den högsta (S3 2020) och den lägsta (S4 2030) valts ut för att ändå kunna få synbara skillnader. Samma resonemang gäller övriga urval. För S1, S5 och S6 gäller samma utom för Gamla Stan. Urvalet för att beskriva skillnader i Gamla Stan blev för S1 år 2020, S5 2020, S6 2025 och S5 2030.

Åtta kombinationer som bedömdes särskilt intressanta valdes ut, och visas i Tabell 6 nedan (x). I sin tur har bara några av dessa valts ut för grafisk presentation då flera har mycket lika haltmönster, dessa visas med blå ring runt.

Tabell 6. Överblick av scenarier i denna utredning, vilka som har modellerats (x) och vilka som valts ut för grafisk presentation (med ring).

|                   | 2020 | 2025 | 2030 | Motivering urval                |
|-------------------|------|------|------|---------------------------------|
| <b>Scenarie 1</b> | x    | x    | x    | Har högst avgasemissioner       |
| <b>Scenarie 3</b> | x    |      |      | Euro 6- emissioner 2020         |
| <b>Scenarie 4</b> |      |      | x    | Har lägst avgasemissioner       |
| <b>Scenarie 5</b> | x    |      | x    | Scen1 men avgasfritt Gamla Stan |
| <b>Scenarie 6</b> |      | x    |      | Dubbdäcksfritt Gamla Stan       |

### 8.2.2 Sammanställning gaturumsberäkningar

I tabellen nedan visas de utvalda scenarierna som har modellerats och de uppskattade halterna på den plats som mätning sker idag. På Sankt Eriksgatan visas Sankt Eriksgatan 55. Inget värde överstiger MKN, röda siffror överstiger Miljömål.

Tabell 7. Översikt över uppskattade halter i gaturummen på mätplats eller Sankt Eriksgatan 55, för olika scenarier. Scenario 5 och 6 är lika som S1 för dessa gator.

| <b>HORNSGATAN</b>                           | <b>S1 2020</b> | <b>S1 2025</b> | <b>S1 2030</b> | <b>S3 2020</b> | <b>S4<sup>16</sup></b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| <b>NO<sub>2</sub> år</b>                    | 21.7           | 18.7           | 17.5           | 18.1           | 16.8                   |
| <b>NO<sub>2</sub> (8:e högsta dygnet)</b>   | 36.7           | 31.8           | 29.6           | 30.8           | 28.5                   |
| <b>NO<sub>2</sub> (176:e högsta timmen)</b> | 54.5           | 47.2           | 44.0           | 45.6           | 42.3                   |
| <b>PM<sub>10</sub> år</b>                   | 20.6           | 20.5           | 20.5           | 20.5           | 20.5                   |
| <b>PM<sub>10</sub> (36:e högsta dygnet)</b> | 38.5           | 38.3           | 38.3           | 38.3           | 38.3                   |
| <b>PM<sub>10</sub> (4:e högsta dygnet)</b>  | 75.4           | 75.4           | 75.4           | 75.4           | 75.4                   |
| <b>PM<sub>2,5</sub> år</b>                  | 8.0            | 7.9            | 7.9            | 7.9            | 7.9                    |
| <b>PM<sub>2,5</sub> (4:e högsta dygnet)</b> | 27.2           | 26.9           | 26.9           | 26.9           | 26.8                   |
| <b>SVEAVÄGEN</b>                            |                |                |                |                |                        |
|   | <b>S1 2020</b> | <b>S1 2025</b> | <b>S1 2030</b> | <b>S3 2020</b> | <b>S4</b>              |
| <b>NO<sub>2</sub> år</b>                    | 25.7           | 23.8           | 23.0           | 23.4           | 22.5                   |
| <b>NO<sub>2</sub> (8:e högsta dygnet)</b>   | 43.0           | 39.7           | 38.4           | 39.0           | 37.6                   |
| <b>NO<sub>2</sub> (176:e högsta timmen)</b> | 71.8           | 66.4           | 64.1           | 65.2           | 62.8                   |
| <b>PM<sub>10</sub> år</b>                   | 17.5           | 17.5           | 17.5           | 17.4           | 17.4                   |
| <b>PM<sub>10</sub> (36:e högsta dygnet)</b> | 34.0           | 34.0           | 34.0           | 33.9           | 33.9                   |
| <b>PM<sub>10</sub> (4:e högsta dygnet)</b>  | 68.7           | 68.7           | 68.7           | 68.5           | 68.5                   |
| <b>PM<sub>2,5</sub> år</b>                  | 6.3            | 6.3            | 6.2            | 6.3            | 6.2                    |
| <b>PM<sub>2,5</sub> (4:e högsta dygnet)</b> | 24.5           | 24.5           | 24.3           | 24.5           | 24.3                   |
| <b>SANKT ERIKSGATAN</b>                     |                |                |                |                |                        |
|   | <b>S1 2020</b> | <b>S1 2025</b> | <b>S1 2030</b> | <b>S3 2020</b> | <b>S4</b>              |
| <b>NO<sub>2</sub> år</b>                    | 27.8           | 25.1           | 24.0           | 24.6           | 23.4                   |
| <b>NO<sub>2</sub> (8:e högsta dygnet)</b>   | 46.4           | 41.9           | 40.1           | 41.1           | 39.0                   |
| <b>NO<sub>2</sub> (176:e högsta timmen)</b> | 77.5           | 70.1           | 67.0           | 68.6           | 65.2                   |
| <b>PM<sub>10</sub> år</b>                   | 18.7           | 18.7           | 18.7           | 18.7           | 18.7                   |
| <b>PM<sub>10</sub> (36:e högsta dygnet)</b> | 36.4           | 36.4           | 36.4           | 36.4           | 36.4                   |
| <b>PM<sub>10</sub> (4:e högsta dygnet)</b>  | 73.6           | 73.6           | 73.6           | 73.6           | 73.6                   |
| <b>PM<sub>2,5</sub> år</b>                  | 7.2            | 7.2            | 7.2            | 7.2            | 7.2                    |
| <b>PM<sub>2,5</sub> (4:e högsta dygnet)</b> | 28.2           | 28.1           | 28.1           | 28.1           | 28.0                   |

I Bilaga 1 följer en presentation av resultatet från beräkningarna av gaturummen. Färgskalan är anpassad efter jämförelsevärden; miljö kvalitetsnormer och utvärderingströsklar samt miljömål, se haltsskala i bilderna. Alla scenarier visas inte eftersom skillnaderna ofta är små, därför har ett urval gjorts som oftast är baserat på vilka som uppvisar högsta och lägsta halterna.

<sup>16</sup> Resultatet är giltigt för alla tre åren (2020, 2025, 2030).


## 8.3 Modellberäkningar Urban bakgrund


### 8.3.1 Hela miljözonen

Resultatet av modellberäkningen för urban bakgrund kan bara direkt jämföras med MKN och miljömål i miljöer som motsvarar just urban bakgrund. Dessa miljöer kan beskrivas som t.ex. i en park eller liknande öppen yta på avstånd från närliggande föroreningskällor, eller också i byggnader i taknivå. De är däremot inte representativa för halterna i markhöjd i en mer eller mindre instängd lokal miljö, t.ex. gaturum, eller nära trafikleder med betydande trafikflöden, eller nära andra betydande källor (t.ex. utsläppspunkter från en verksamhet, nära ett kajläge etc.).

Syftet med modellberäkningar av urban bakgrund är att ge en överblick över de generella halterna inom miljözonen och hur de förändras mellan scenarier och år, och tillsammans med gaturumsberäkningarna kunna göra en bedömning av chanserna att klara normer och mål i allmänhet i ett område. De är modifierade efter mätningar i taknivå- vilket motsvarar urban bakgrund med viss reservation<sup>17</sup>.

I Bilaga 2 följer en presentation av resultatet från beräkningarna av Urban bakgrund. Kartorna visar hela miljözonen med vägnät och vattenområden. Färgskalan är anpassad efter jämförelsevärden; miljö kvalitetsnormer och utvärderingströsklar samt miljömål, se förklaring nedan.

 Klarar miljö kvalitetsmål

 Överskrider miljö kvalitetsnorm

**Annan färgsättning innebär att halterna ligger under MKN men över miljömålet, och följer samma färgskala som gaturumsberäkningarna.**

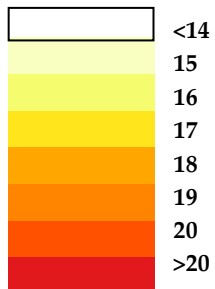
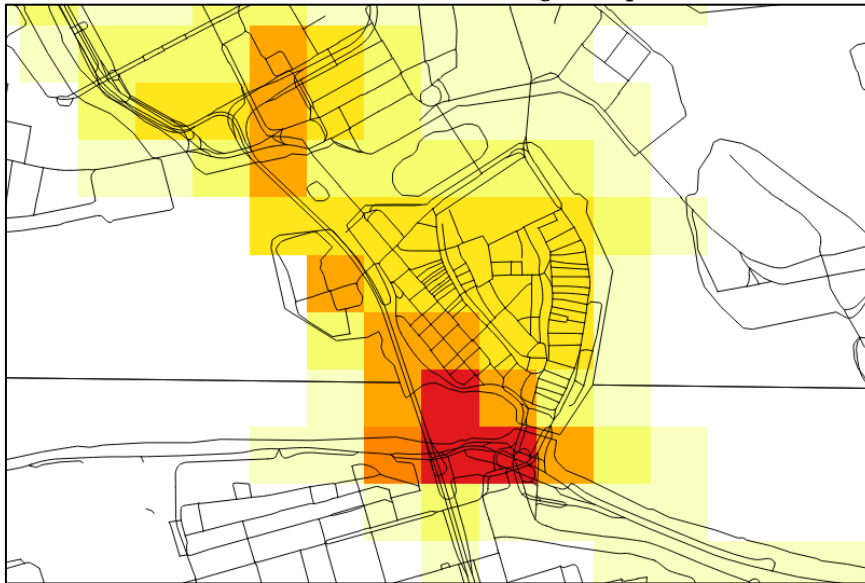
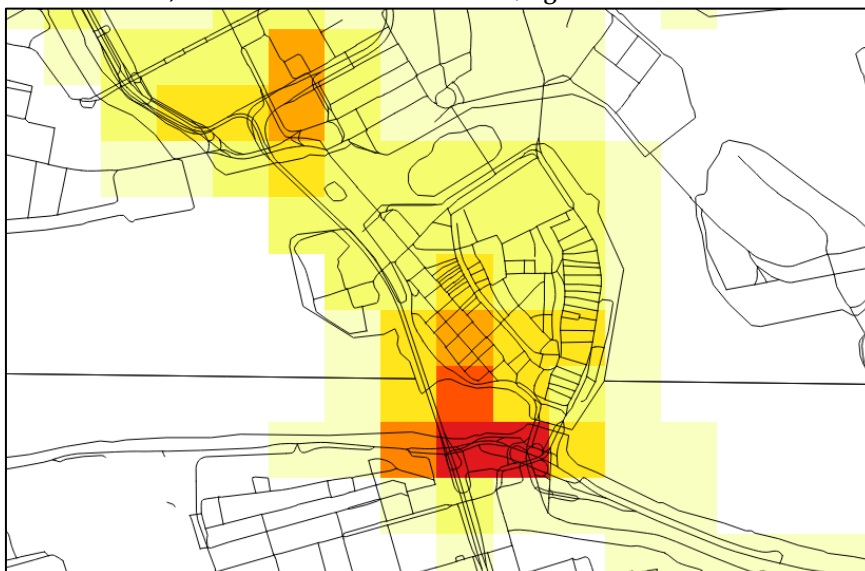
### 8.3.2 Gamla Stan

Den inre emissionszonen som motsvarar Gamla Stan särskiljs i S5 (avgasfritt) och S6 (avgasfritt + dubbdäcksfritt). Av det skälet är det extra intressant att titta på hur de scenarierna påverkar halterna inom gamla Stan (särskilt PM<sub>10</sub>).

Nedan följer en presentation av spridningsberäkningar av PM<sub>10</sub> årsmedelvärden av Gamla Stan med omnejd, med en detaljerad färgskala som inte följer MKN och miljömål. Syftet är att visa skillnaderna mellan Scenario 1 och 6 i Gamla Stan, om området är avgasfritt och med dubbdäcksförbud.

---

<sup>17</sup> Naturvårdsverkets Luftguide [8]: *Provtagningsutrustningen i urban bakgrund, om det är praktiskt möjligt, placeras på 1,5–8 meters höjd och på avstånd från närliggande föroreningskällor, t.ex. i en park eller liknande öppen yta. Många mätplatser i urban bakgrund är dock sedan lång tid tillbaka placerade "ovan tak", dvs. ofta ca 15–30 meter ovan mark, uppe på ett tak. Denna placering kan vara lämplig vid validering av en del modeller, men ska om möjligt inte användas för kontroll av miljö kvalitetsnormerna, eftersom den inte följer kraven i föreskrifterna (direktiven).*

Teckenförklaring PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)**Scenari0 1 2020, halter av PM<sub>10</sub> årsmedelvärde (inga krav på lätta fordon)****Scenario 6 2025, halter av PM<sub>10</sub> årsmedelvärde (avgasfritt + dubbdäcksfritt Gamla Stan)**



## 9 Osäkerheter

Att modellberäkningar och mätdata avviker från varandra kan ha flera orsaker, exempelvis brister i beräkningarna (felaktiga indata, förenklingar i modellerna), brister i mätdata (icke representativa mätdata t.ex. för nära vägkorsningar och rödljus) och brister i emissionsdata. Avsikten med korrektionen mot mätdata är att öka kvaliteten på beräkningsresultaten.

Vi antar att korrektionsfaktorerna från 2011 också är tillämpbara för åren 2020, 2025 och 2030. Förutsättningarna för ett sådant antagande är att korrektionen främst beror på plats- och modellspecifika faktorer som inte ändras med tiden och att emissionsmodellen HBEFA beskriver emissionstrenderna rätt.

Vid jämförelser som gjorts mellan beräkningsresultaten från HBEFA och mätningar via fjärranalys har det noterats att de beräknade emissionsfaktorerna ibland underskattar de uppmätta emissionsfaktorerna [32] [33]. Felet tycks öka för nyare fordon med högre emissionsminskningskrav. Detta betyder att underskattningen av NO<sub>x</sub>-emissioner är större i uppskattningarna för åren 2020, 2025 och 2030 jämfört med 2011. Betydelsen av denna underskattning är svår att kvantifiera, men eftersom NO<sub>2</sub>-halterna inte är direkt proportionella mot NO<sub>x</sub>- emissionerna kommer felet i NO<sub>2</sub>-halterna troligtvis vara mindre än felet i emissionerna.

En utredning gjord av ICCT av bl.a., NO<sub>x</sub> -emissioner under verklig körning direkt i avgasrörets utlopp (enbart personbilar med Euro 6-dieselmotor), visade på emissioner ca 4 gånger högre än de som används i HBEFA för samma typ av fordon och väg [34]. Det är rimligt att anta att halterna av NO<sub>2</sub> år 2030 blir högre än vad scenarierna enligt HBEFA indikerar. En ytterligare osäkerhet vad gäller NO<sub>2</sub>-halterna är utvecklingen av andelen dieseldrivna fordon, eftersom dieseldrivna personbilar har en högre primäremission av NO<sub>2</sub> jämfört med bensinbilar. I denna studie antas andelen dieseldrivna personbilar år 2030 uppgå till ca 67 %.

För PM<sub>10</sub>-halterna står icke-avgaser för en övervägande del av det lokala haltbidraget. Dubbdäcksanvändning är den största källan till slitagepartiklar. I denna studie antas en minskning av dubbdäcksanvändningen till 20 % till åren 2020- 2030 på förbudsgator. Det bör dock betonas att andra åtgärder kan reducera halterna ytterligare; minskad sandning och behandling av gator med dammbindningsmedel har exempelvis visat på positiva effekter för att minska PM<sub>10</sub>-halterna i Stockholm och Göteborg.

De framtida halterna beror också på utvecklingen i bakgrundshalter vilken är osäker och beror på händelser långt utanför centrala Stockholm och även utanför Sverige, detta gäller särskilt för partiklar.

Trafikdatan (flöden, bränslen, andel tunga fordon etc.) som använts i denna utredning kommer från Stockholm Stad och Transportstyrelsen och bedöms som mycket tillförlitliga. Förändringar i trafikflöden- till följd av miljözonen eller annan orsak- är en osäkerhet som vi valt att inte ta hänsyn till eftersom det då skulle "störa" utvärderingen av skillnaden mellan scenarierna.

# 10 Kommentar till resultat och diskussion

## 10.1 Emissioner

Emissionerna av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) minskar kraftigt till följd av förnyelse av fordonsflottan mellan åren 2020-2030 för alla scenarier (utom S4). För CO<sub>2</sub> minskar emissionen svagt kontinuerligt i alla scenarier till följd av fortsatt antagen energieffektivisering i motortekniken. För totalolväte (HC) minskar emissionen med samma mönster som kväveoxider men mindre uttalat, eftersom denna parameter enligt utsläppskraven inte sjunker med samma takt. HC- emissionen påverkas också av avdunstning till skillnad mot NO<sub>x</sub>.

Skillnaderna av emissionerna av partiklar är små till följd av att formulerade miljözonskraven i denna utredning enbart innefattar avgaser (S6 undantaget), vilka har mycket liten massa jämfört med icke- avgaspartiklar. En svag sänkning av emissionen mellan år 2020-2030 kan dock utläsas. En något lägre emission av PM<sub>10</sub> syns i S6 jämfört med andra scenarier för alla tre åren, till följd av dubbdäcksförbudet i Gamla Stan. För PM<sub>2,5</sub> är emissionerna något högre 2020 än 2025 för de scenarier utan krav på lätta fordon (S1, S5, S6), för att sedan plana ut till 2030.

En viktig slutsats med uppsatta beräkningsförutsättningar är att år 2030 spelar skillnader mellan scenarierna mindre roll, eftersom fordonsflottan i sin helhet då ändå antas ha förnyats i betydande utsträckning. Skillnader mellan scenarierna (S1-S3-S4) kvarstår ändå i viss utsträckning när det gäller NO<sub>x</sub>, även om de är relativt små jämfört med 2020.

HBEFA- modellen har i dagsläget inte emissionsfaktorer för fordon med högre krav än Euro 6c, inte heller avgasfria fordon (el) som skulle kunna sänka framtida emissioner mer än Euro 6c. Detta beräkningsunderlag gör automatiskt att emissionerna planar ut mot 2030 och skillnaderna mellan scenarierna blir relativt små även för de som inte ställer krav på lätta fordon (S1 (S5/S6)). Å andra sidan kan man ifrågasätta om emissionerna av NO<sub>x</sub> (även CO<sub>2</sub> och HC) kan sjunka mycket mer till en rimlig kostnad så länge som fordonen använder förbränningsmotorer. Ett skifte mot elbilar skulle kunna sänka avgasemissionerna drastiskt, men ett sådant scenario har vi bortsett ifrån i analysen.

## 10.2 Halter

Utvärderingen av modellberäkningarna (halter) i gaturummen visar att **miljökvalitetsnormerna (MKN)** sannolikt klaras i alla scenarier för alla år, både avseende NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub>. Det finns emellertid en mindre risk att MKN för NO<sub>2</sub> (extremvärden av dygn eller timme) kan överskridas på alla tre gatorna år 2020 om miljözonskraven inte utökas till lätta fordon (jämför S1/S5/S6 mot S4). Det finns också en mindre risk att MKN för PM<sub>10</sub> (extremvärden av dygn) överskrids alla tre åren, detta oavsett scenario, eftersom miljözonskraven inte påverkar partikelemissionerna mer än marginellt. Detta gäller inte S6 (dubbdäcksförbud i Gamla Stan). Ingen gaturumsberäkning är dock utförd i Gamla Stan då det saknas miljöer där detta är meningsfullt- de fåtal gaturumsmiljöer som finns i Gamla Stan har mycket låga trafikflöden och de lokala emissionerna från vägen påverkar inte halterna betydligt. De vägarna som omfattas av emissions- och dubbdäcksförbud i S5 och S6

och som har stora trafikflöden är Centralbron och Skeppsbron, men de ligger inte i gaturum utan i mycket öppna miljöer mot vattnet, vilket innebär att de generella spridningsberäkningarna ger en representativ bild.

Hornsgatan har för åren 2020-2030 lägre NO<sub>2</sub>-halter än Sveavägen och Sankt Eriksgatan vilket är tvärt emot dagens situation och kan ifrågasättas. Det finns flera förklaringar till detta fenomen. En är att bakgrundshalten är lägre på Hornsgatan och halterna där därmed är mer beroende av lokala tillskott än på Sveavägen, där den omgivande stads- och trafikstrukturen är tätare. Ett annat skäl är att NO<sub>2</sub>-andelen (baserat på mätvärden) oavsett förklaring inte är lika, vilket gör att förändringar och justeringar inte får samma effekt procentuellt.

En tredje förklaring är att modellen underskattar halterna på Sveavägen men inte på Hornsgatan, denna justering kan göra att halterna räknas upp "oförtjänt" mycket på Sveavägen och Sankt Eriksgatan för framtida år. Det är emellertid viktigt att ha en konsekvent beräkningsmetod och inte lägga in subjektiva justeringar. Det är i sammanhanget viktigt att nämna att utvecklingen av NO<sub>2</sub>-halten på de båda vägarna (åren 2000-2013, se Figur 2) visar att halterna på Hornsgatan har sjunkit snabbare än på Sveavägen, dvs. halterna närmar sig varandra. Den utvecklingen skulle därmed kunna stödja våra beräkningar.

Modellberäkningarna av partiklar visar på mycket små skillnader i halter mellan scenarier och även år, detta är inte förvånande då de lokala emissionerna av partiklar påverkar de totala halterna i begränsad utsträckning. Bakgrundshalter och andra källor än de som varierar i scenarierna har stor påverkan på partikelhalterna. Halterna av NO<sub>2</sub> skiljer betydligt mellan olika scenarier och år och har ett mer direkt samband med skillnader i emissioner från vägtrafiken (avgaser), eftersom regionala bakgrundshalter och andra källor än vägtrafikens avgaser har mindre betydelse.

**Miljömålet för NO<sub>2</sub>** (årsmedelvärde) överskrids år 2020 på Hornsgatan om inga krav ställs på lätta fordon, men kommer sannolikt att klaras år 2025. Inte heller på Sveavägen och Sankt Eriksgatan kommer det att klaras år 2020 och situationen kvarstår även här 2030. Målet för NO<sub>2</sub> (extremvärden av timme) bedöms att klaras på Hornsgatan 2020, men inte på Sveavägen och Sankt Eriksgatan, en situation som kvarstår även 2030.

**Miljökvalitetsmålen (Miljömålen) för PM<sub>10</sub>** (årsmedelvärde) överskrids i vissa delar av Gamla Stan, södra delarna av Norrmalm, runt tunnelmyningar och längst större trafikleder år 2020 i alla scenarier. Samma situation kvarstår även med avgasfritt och dubbdäcksförbud i Gamla Stan (S6). Gaturumsberäkningarna bekräftar överskridanden av miljömålet (årsmedelvärde) år 2020 i alla tre gaturum, och överskridandena kvarstår år 2030. Det mycket stränga kravet på max 3 dygns överskridande av en PM<sub>10</sub>-halt på 30 µg/m<sup>3</sup> överskrids i hela miljözonen för alla år och alla scenarier (och beräkningar i båda modellerna).

I Scenario 6, som även kräver dubbdäckförbud i Gamla Stan, blir PM<sub>10</sub>-emissionen väsentligt lägre (men inte PM<sub>2,5</sub>). Samtidigt påverkas halterna i Gamla Stan av Söderledstunnelns norra öppning med koncentrerade partikelemissioner (och trafiken utanför Gamla Stan) som delvis överskuggar de sänkta emissionerna. PM<sub>10</sub>-halterna i Gamla Stan sjunker generellt något (ca 0,3- 1,1 µg/m<sup>3</sup>) om där skulle göras avgasfritt och med dubbdäcksförbud. I sammanhanget bör påminnas om att "dubbdäcksförbud" i praktiken enbart innebär att dubbdäcksandelen sjunker från 40 % till 20 % under 4 månader av året.

**Miljömålet för PM<sub>2,5</sub>** (årsmedelvärde) klaras i alla modellberäkningar över hela miljözonen i alla scenarier och år, detta bekräftas också av gaturumsberäkningarna. Extremvärdet för dygn (max 3

över 25 µg/m<sup>3</sup>) överskrids på Sankt Eriksgatan, och sannolikt också på Hornsgatan, samt riskerar att överskridas på Sveavägen. Detta gäller i samtliga scenarier år 2020.

## 11 Slutsats

- Miljökvalitetsnormerna kommer sannolikt att klaras för alla de studerade parametrarna under rådande förutsättningar, detta gäller för alla scenarier och beräkningsår.
- Införa krav på att lätta fordon ska ha minst **Euro 6c**-motor när de kör i miljözonen (Scenario 4) räcker sannolikt inte för att nå miljömålet för NO<sub>2</sub> (årsmedelvärde) år 2020 på alla kritiska gator.
- Införa krav på att lätta fordon ska ha minst **Euro 6c**-motor när de kör i miljözonen (Scenario 4) räcker eventuellt inte för att nå miljömålet för NO<sub>2</sub> (176:e högsta timmen) år 2020 på alla kritiska gator i centrala Stockholm.
- Dubbdäcksförbud och avgasfritt Gamla Stan har en relativt liten effekt på PM<sub>10</sub>-halterna, och dessa åtgärder räcker inte för att miljömålet för PM<sub>10</sub> (årsmedelvärde) ska klaras där.
- För att få en mer betydande effekt på PM<sub>10</sub>-halterna i innerstaden och ha en möjlighet att nå miljömålet (årsmedelvärde) krävs kraftfulla åtgärder för att minska partikelemissionerna i lokalmiljön. Åtgärderna måste i så fall också omfatta ett större område än Gamla Stan.
- Miljömålet för PM<sub>10</sub> (4:e högsta dygnet) kan sannolikt inte klaras om inte också den regionala bakgrundshalten sjunker.
- Miljömålet för PM<sub>2,5</sub> (årsmedelvärde) klaras idag och kommer att klaras till år 2020.
- Miljömålet för PM<sub>2,5</sub> (4:e högsta dygnet) klaras inte enligt beräkningarna år 2020 i stora delar av innerstaden. De modellerade halterna ligger emellertid nära att klaras i de flesta områden, och bedömningen är att förutsättningar finns att klara det målet till 2020 om vissa åtgärder sätts in mot typiska källor i närmiljön, där vägtrafiken är en viktig källa. Risken är emellertid överhängande att målet inte klaras nära tunnelmynningar och hårt belastade miljöer.

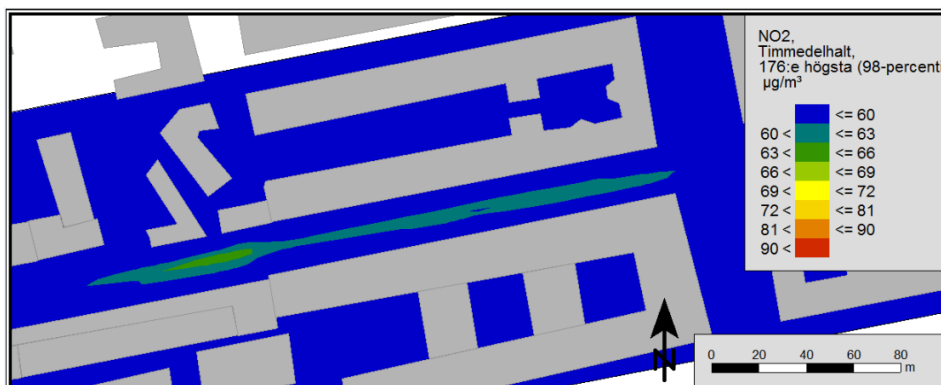
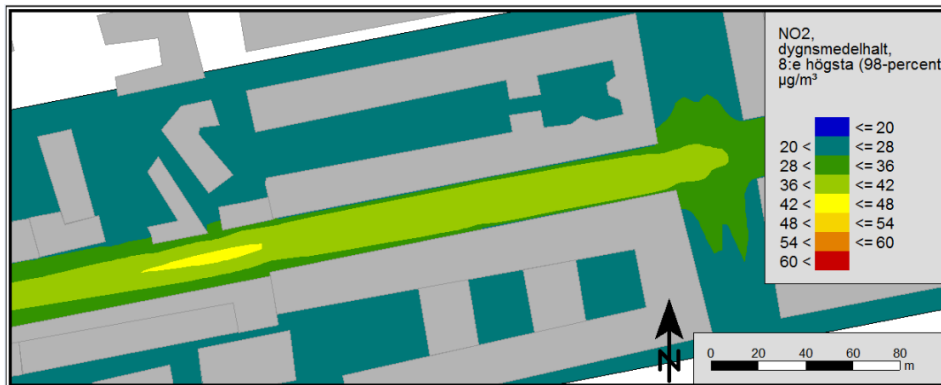
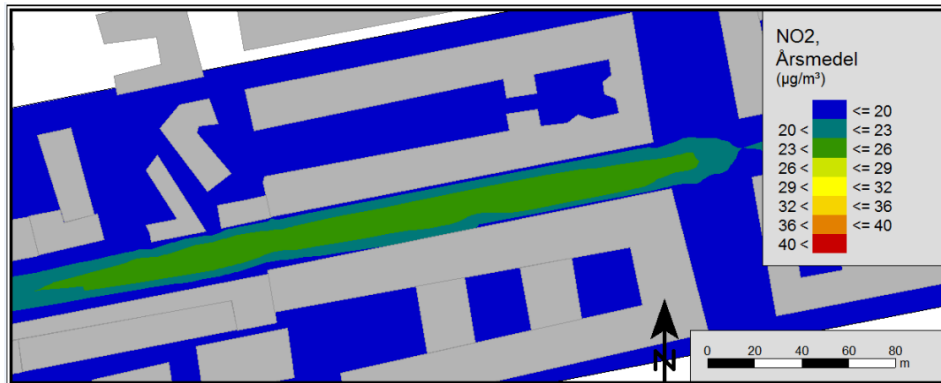
## 12 Referenser

- [1] Förfrågningsunderlag Transportstyrelsen. 2016-03-24, *Direktupphandling beräkning av effekter av miljözonskrav för personbilar*, TSG 2016-909
- [2] Svante Törnquist, Transportstyrelsen
- [3] Miljözoner i framtiden – analys av miljözoner som omfattar lätta motorfordon (2015), Koucky & Partners AB i samarbete med IVL Svenska Miljöinstitutet på uppdrag av Trafikanalys
- [4] [www.miljomal.se/Global/24\\_las\\_mer/rapporter/malansvariga\\_myndigheter/2015/au2015-permkm/](http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/malansvariga_myndigheter/2015/au2015-permkm/frisk-luft-2015.pdf) frisk-luft-2015.pdf sid. 41.
- [5] Uppföljning av miljömålen 2015, Naturvårdsverket, [www.miljomal.se/Miljomalen/Allaindikatorer/Indikatorsida/?iid=222&pl=1](http://www.miljomal.se/Miljomalen/Allaindikatorer/Indikatorsida/?iid=222&pl=1)
- [6] Lag (2001:559) om vägtrafikemissioner.
- [7] Trafikförordningen (1998:1276)
- [8] *Luftguiden*, Handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft, Handbok 2014:1 Utgåva 1 Juni 2014, Naturvårdsverket.
- [9] NVDB, Nationella vägdatabasen
- [10] Johan Börnin, Storstockholms Lokaltrafik, muntligt, utdrag från [www.frida.port.se](http://www.frida.port.se).
- [11] HBEFA, <http://www.hbefa.net/e/index.html>
- [12] Mätresultat, Åsa Hallquist, IVL Svenska Miljöinstitutet.
- [13] Handbok för vägtrafikens luftföroreningar, Trafikverket 2012.
- [14] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2014
- [15] Pollutant Emissions from Road Transport, 1990 to 2035, Federal Office for the Environment (FOEN)
- [16] MK Consulting, Schweiz, Mario Keller, muntligt
- [17] VTI, Mats Gustafsson, muntligt
- [18] <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur>
- [19] IVL web: <http://www.ivl.se/sidor/omraden/miljodata/luftkvalitet.html>
- [20] *Luften i Stockholm*, Årsrapport 2015, SLB-analys, Stockholm Stad.
- [21] Trafikverket, Håkan Johansson, muntligt

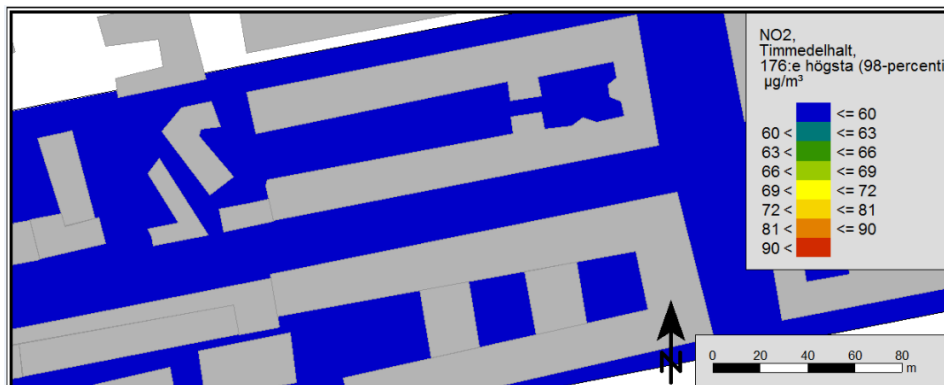
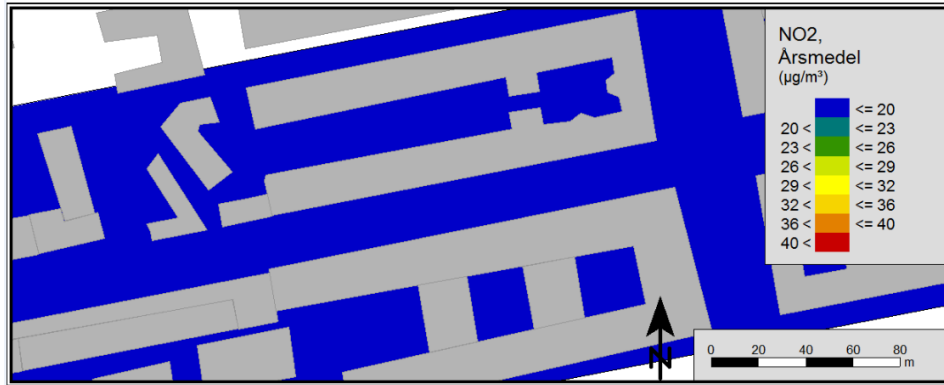
- [22] Millard-Ball, Adam, Schipper, Lee, 2011, Are we reaching Peak Travel? Trends in passenger transport in eight industrialized countries, *Transport reviews*, V. 31, pp. 357-378.
- [23] WSP Analys & Strategi, Miljözon för personbilar i Göteborg stad, 2010-03-23.
- [24] *Användning av dubbdäck i Stockholms innerstad år 2015/201- Dubbdäcksandel räknad på rullande trafik*. Magnus Brydolf, Michael Norman och Billy Sjövall, SLB 7:2016.
- [25] *Luftkvalitet i hamnområden – sjöfartens bidrag*, Michael Norman, Sanna Silvergren, Billy Sjövall, Peter Strömberg. SLB-analys, LVF 2013:31.
- [26] Gunnar Omstedt, SMHI, muntligt.
- [27] [http://www.slb.nu/cgi-bin/station\\_descr/](http://www.slb.nu/cgi-bin/station_descr/)
- [28] Stockholms Stads Miljöförvaltning
- [29] Göteborg Stads Miljöförvaltning
- [30] Malmö Stads Miljöförvaltning
- [31] Klaus Wilhelm, Senior R&D Scientist Air Quality, SoundPLAN GmbH, muntligt
- [32] Carslaw, D. et al., 2011: Trends in NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> emissions and ambient measurements in the UK.
- [33] Sjödin, Å. and Jerksjö, M., 2008: *Evaluation of European road transport emission models against onroad emission data as measured by optical remote sensing*.
- [34] ICCT, The International Council on Clean Transportation, *Real-world exhaust emissions from modern diesel cars*, October 2014
- [35] Rekommenderad användning av programmet Enviman, Håkan Törnevik, Opsis AB.

# Bilaga 1- Resultat Gaturum

## Hornsgatan

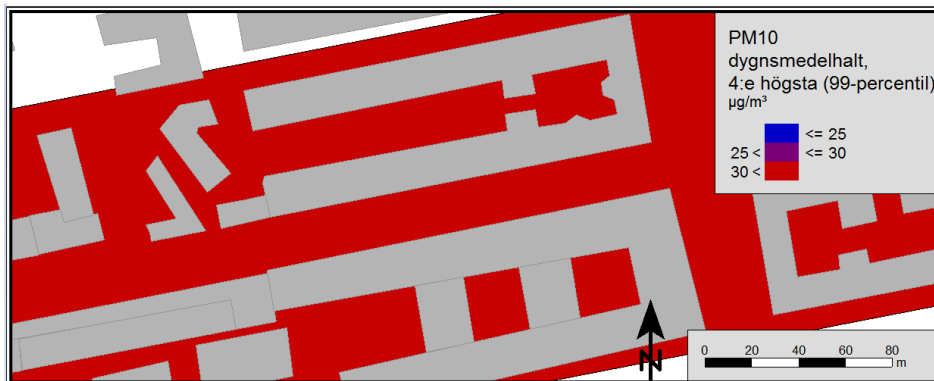
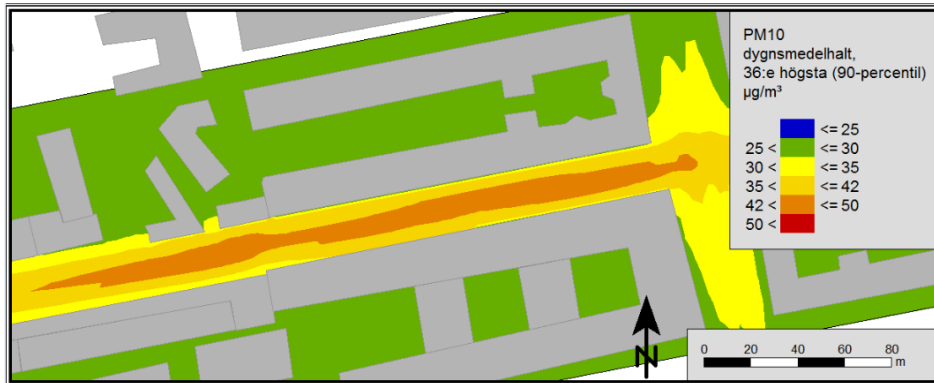
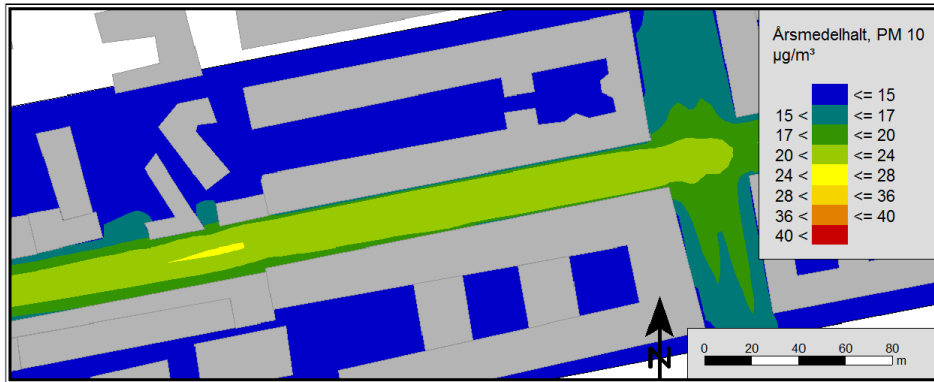
Scenario 1 2020 NO<sub>2</sub>

Scenario 4 2030 NO<sub>2</sub>

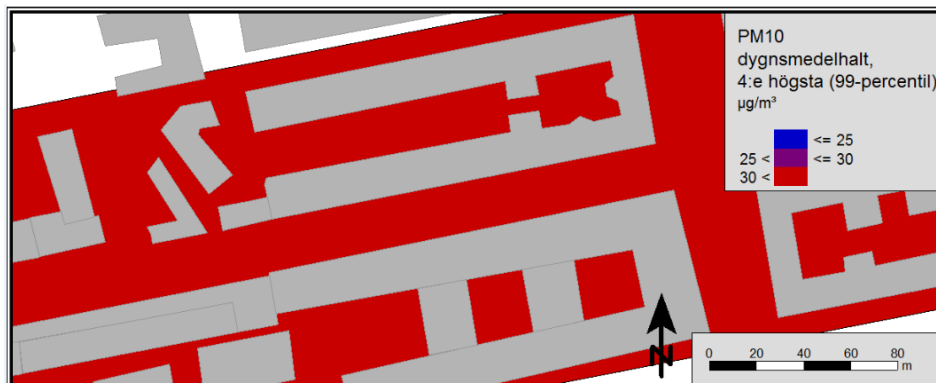
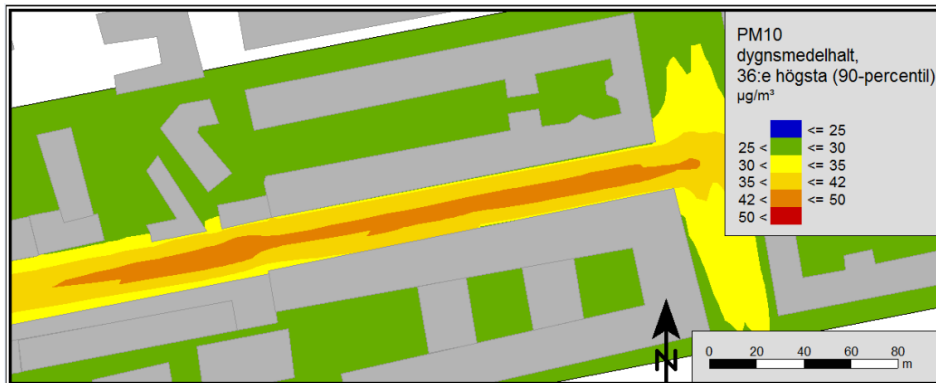
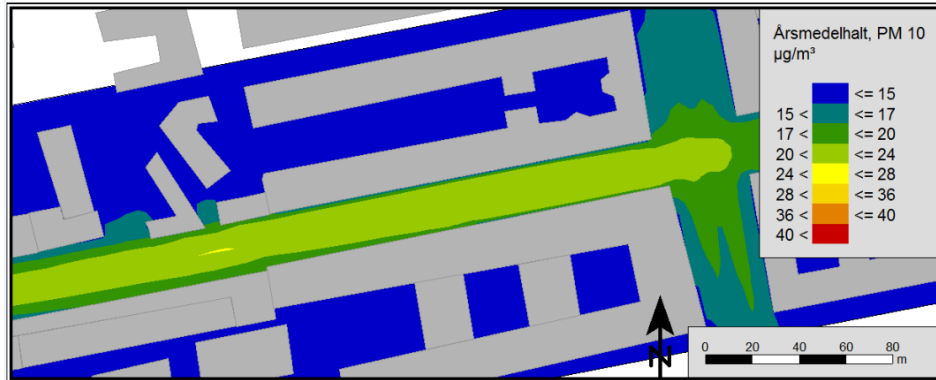




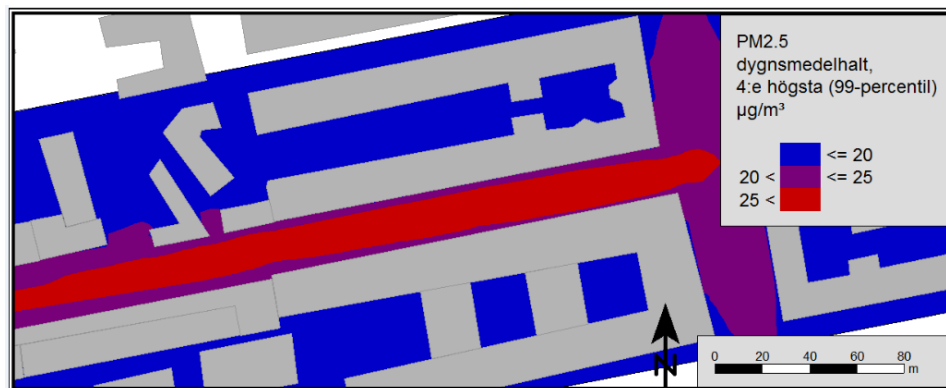
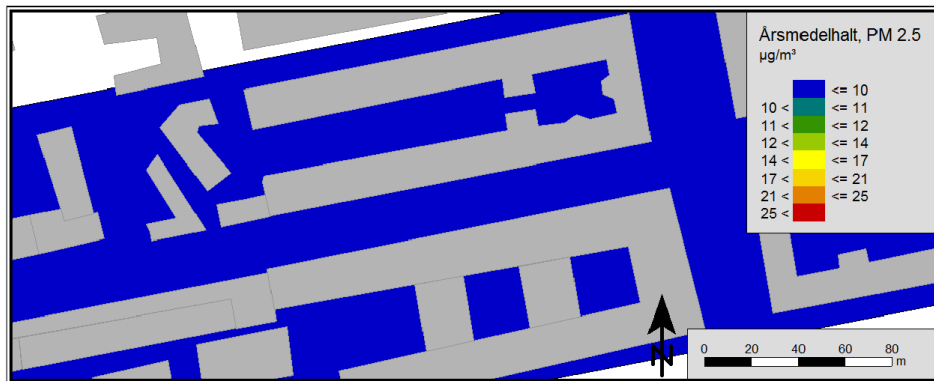
Scenario 1 2020 PM<sub>10</sub>



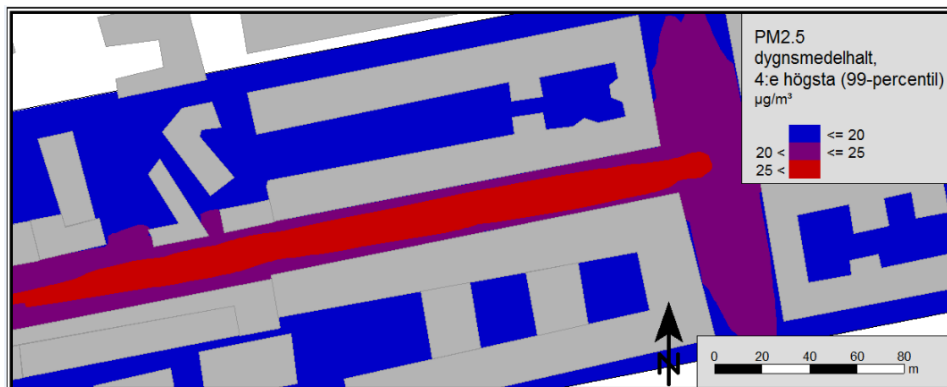
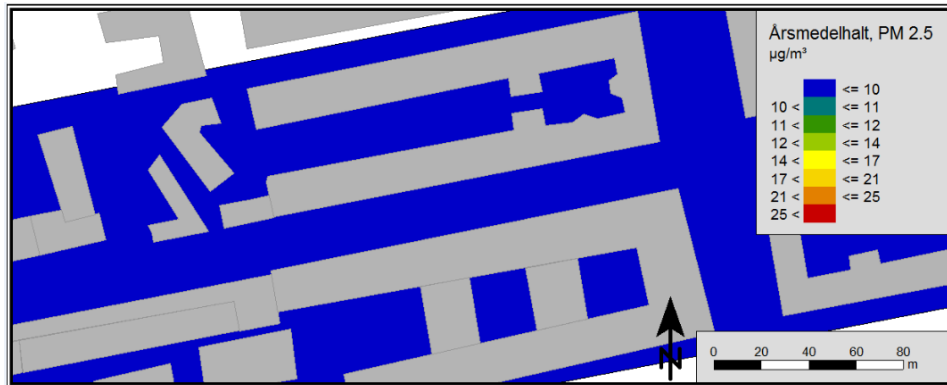
Scenario 4 2030 PM<sub>10</sub>



Scenario 1 2020 PM<sub>2.5</sub>

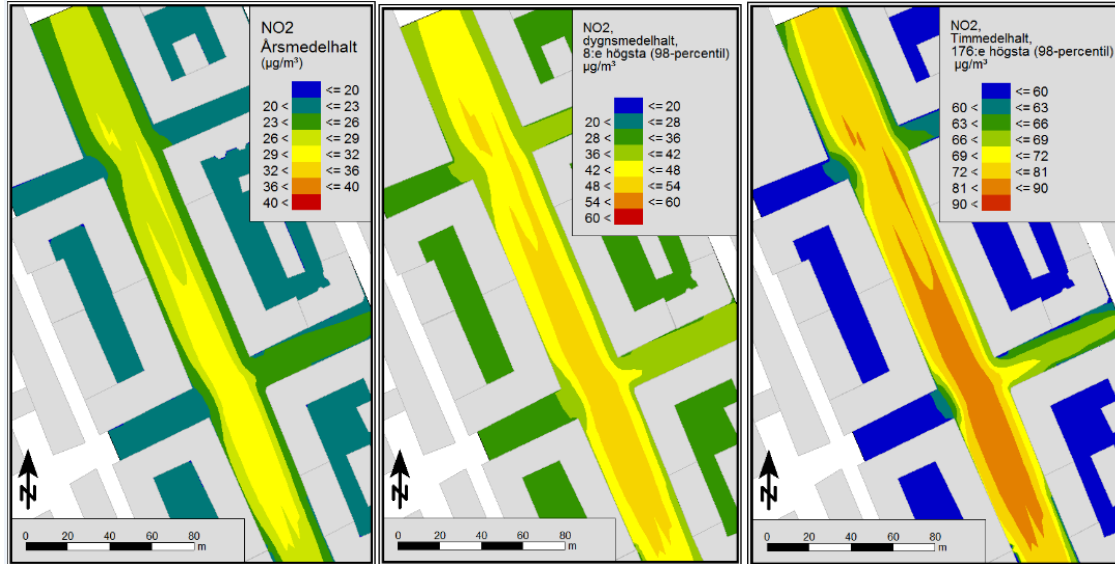


Scenario 4 2030 PM<sub>2.5</sub>

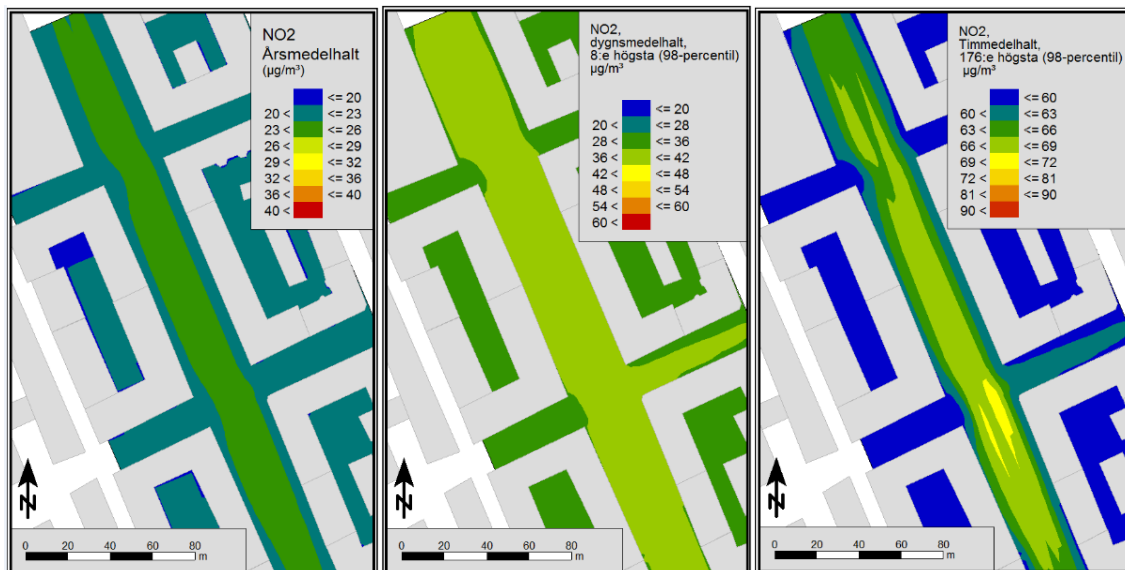


# Sveavägen

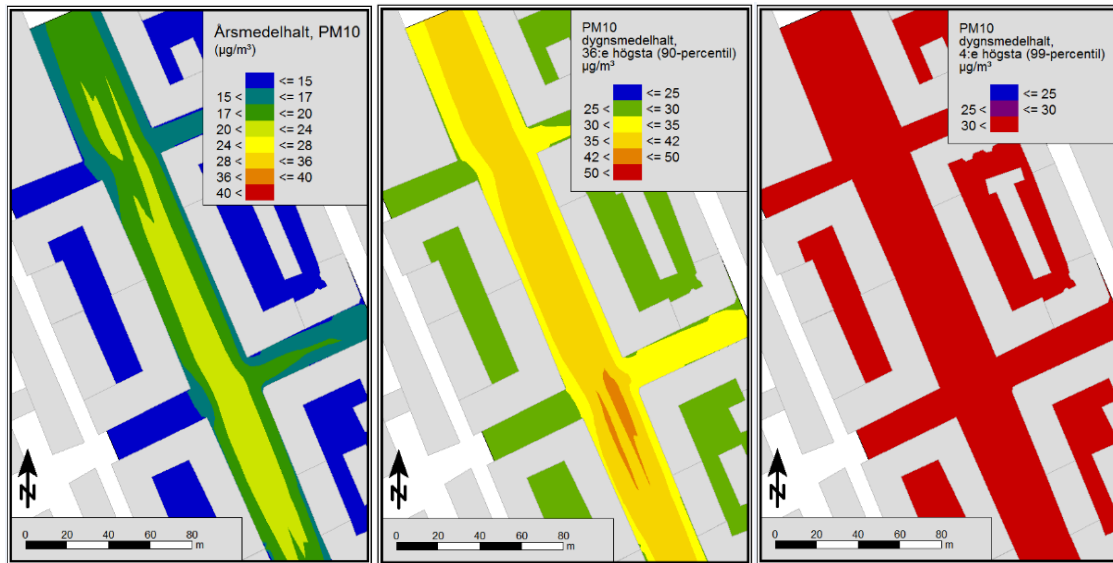
## Scenario 1 2020 NO<sub>2</sub>



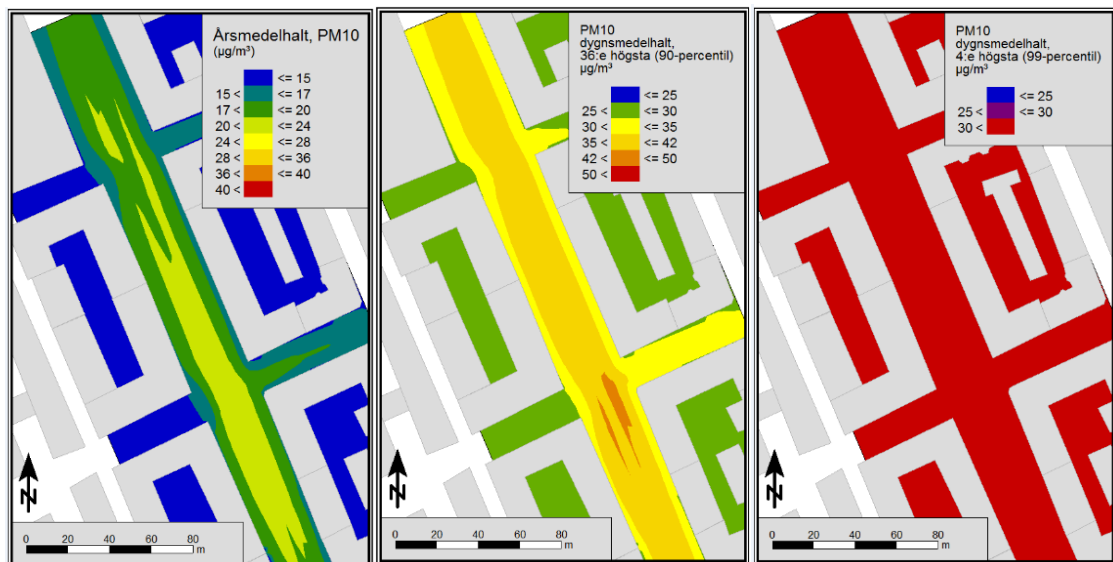
## Scenario 4 2030 NO<sub>2</sub>



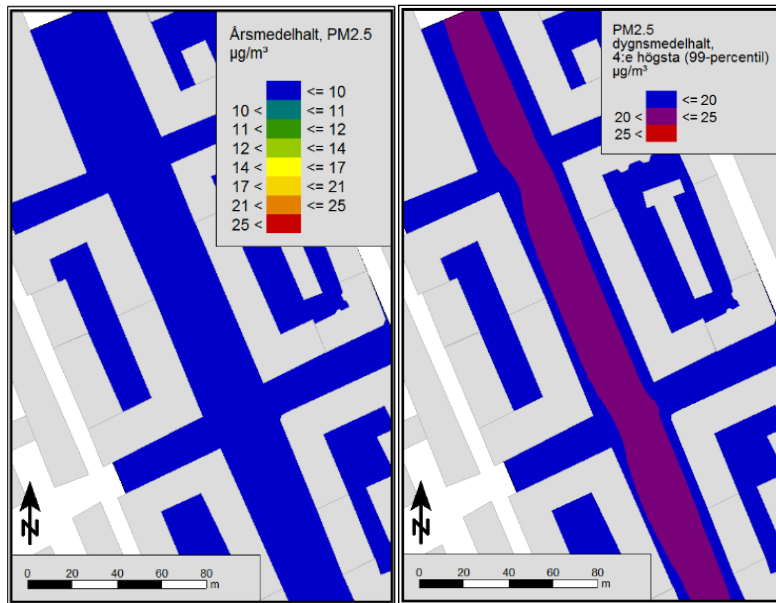
### Scenario 1 2020 PM<sub>10</sub>



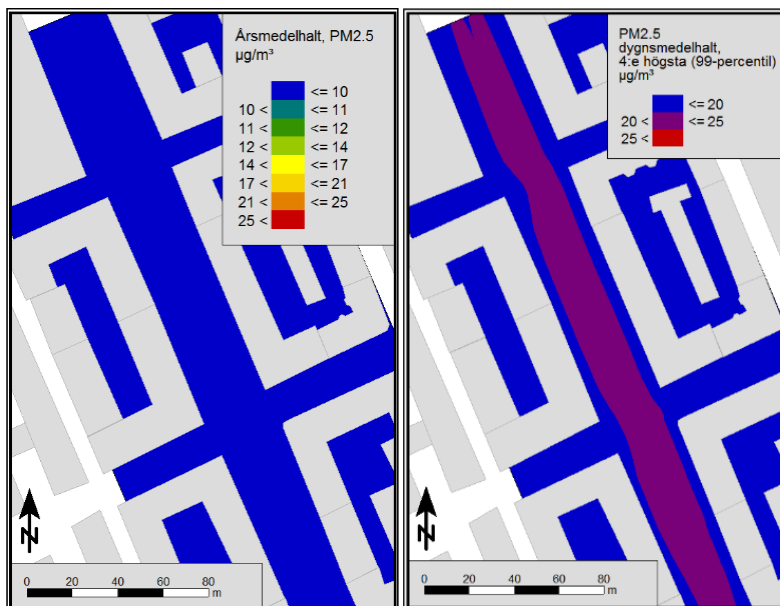
### Scenario 4 2030 PM<sub>10</sub>



Scenario 1 2020 PM<sub>2,5</sub>

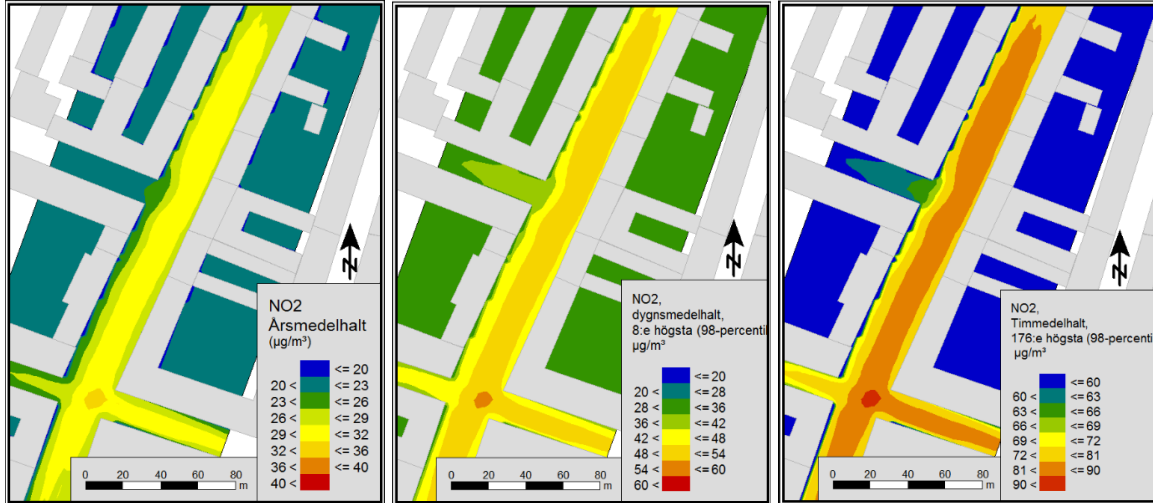


Scenario 4 2030 PM<sub>2,5</sub>

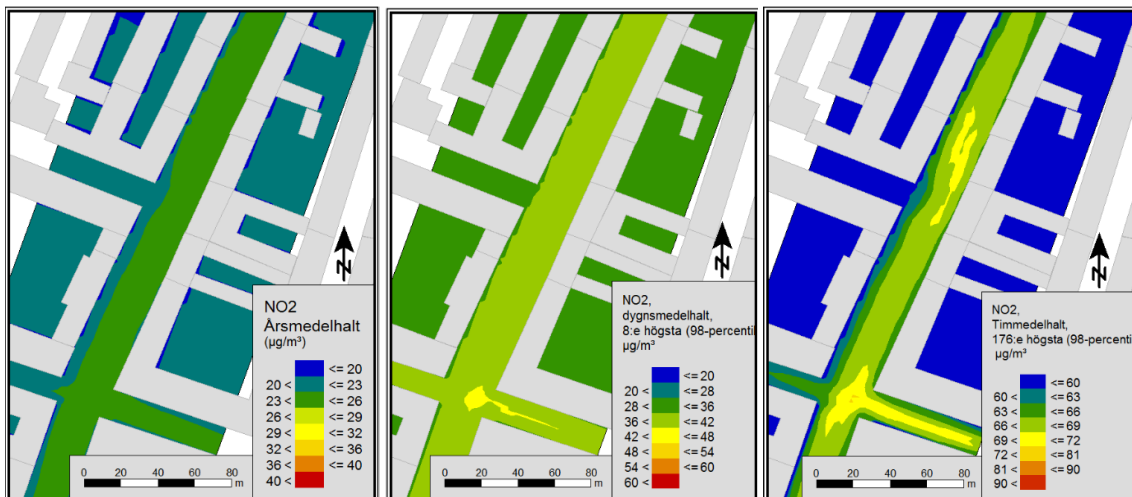


# Sank Eriksgatan

## Scenario 1 2020 NO<sub>2</sub>

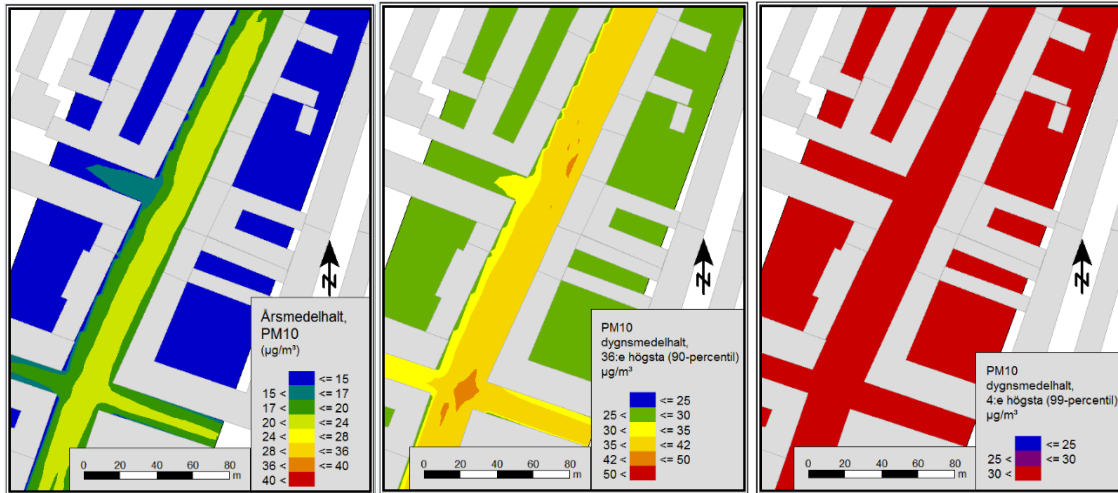


## Scenario 4 2030 NO<sub>2</sub>

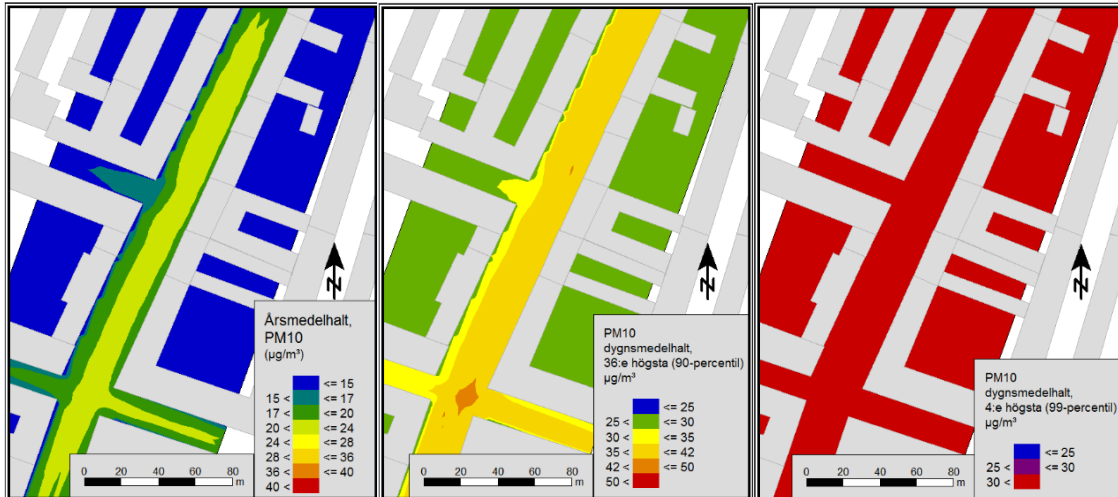




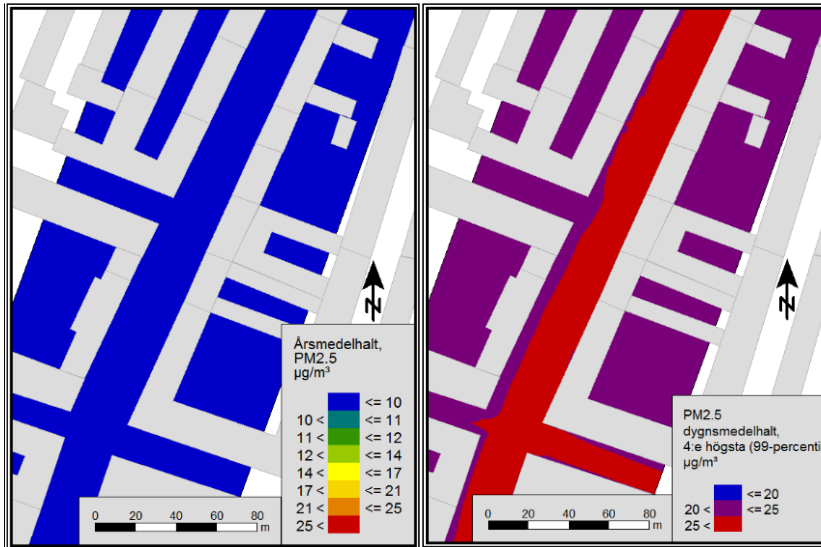
Scenario 1 2020 PM<sub>10</sub>



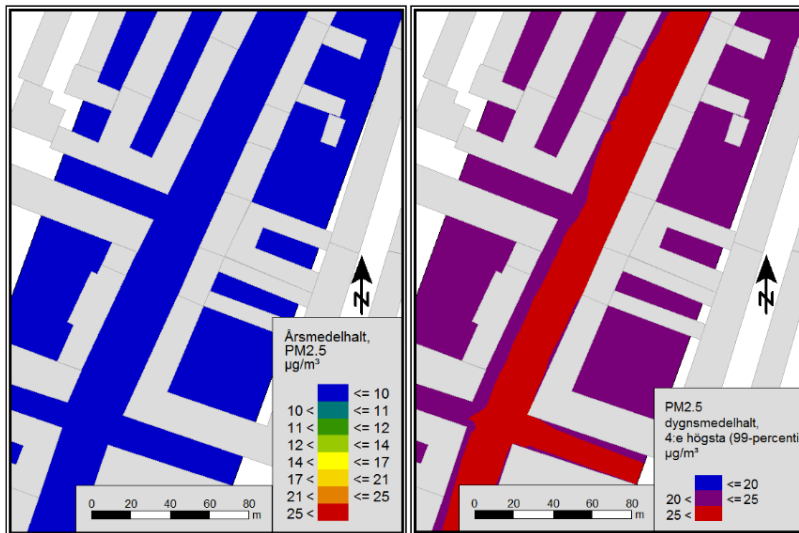
Scenario 4 2030 PM<sub>10</sub>



Scenario 1 2020 PM<sub>2,5</sub>



Scenario 4 2030 PM<sub>2,5</sub>



## Bilaga 2 Resultat Urban bakgrund

Alla Scenarier alla år, NO<sub>2</sub> årsmedelvärde



Scenario 1 år 2020, NO<sub>2</sub> 8:e högsta dygnsmedelvärdet.



Scenario 4 år 2030, NO<sub>2</sub> 8:e högsta dygnsmedelvärdet.



**Scenario 5/6 år 2020, NO<sub>2</sub> 8:e högsta dygnsmedelvärdet.**



**Scenario 5/6 år 2025, NO<sub>2</sub> 8:e högsta dygnsmedelvärdet.**



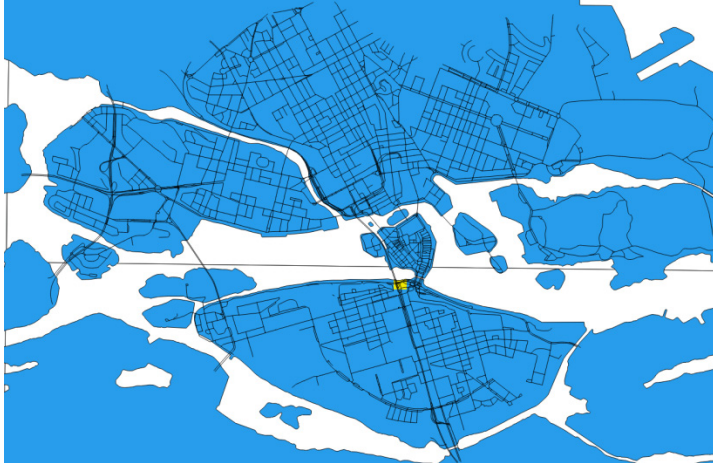
**Scenario 5/6 år 2030, NO<sub>2</sub> 8:e högsta dygnsmedelvärdet.**



**Alla Scenarier alla år (utom S1 2020), NO<sub>2</sub> 176:e högsta timmen**



**Scenario 1 år 2020, NO<sub>2</sub> 176:e högsta timmen**



**Scenario 1 år 2020,  $PM_{10}$  år**



**Scenario 1,  $PM_{10}$  36:e högsta dygnet**



**Alla scenarier, alla år,  $PM_{10}$  4:e högsta dygnet**



Scenario 6, PM<sub>10</sub> år



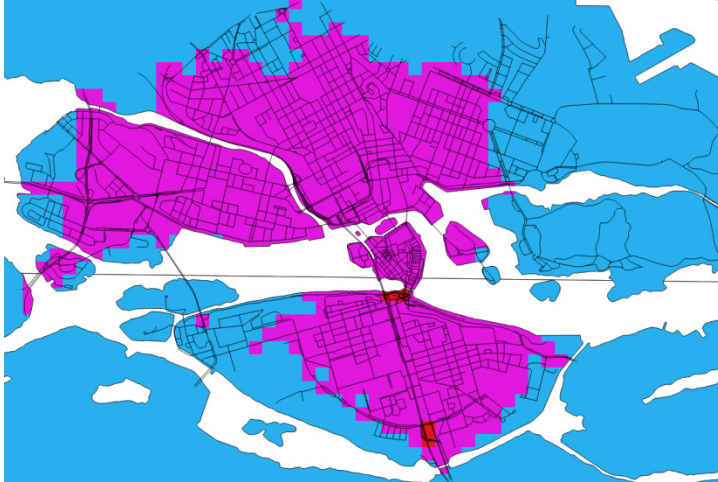
Scenario 6, PM<sub>10</sub> 36:e högsta dygnet



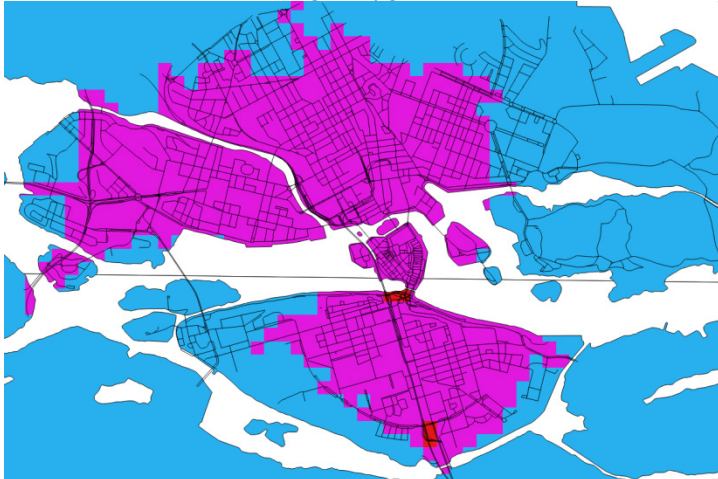
Alla scenarier alla år, PM<sub>2,5</sub> år



Scenario 1 2020, PM<sub>2,5</sub> 4:e högsta dygnet



Scenario 6 2030, PM<sub>2,5</sub> 4:e högsta dygnet





## Bilaga 3 Beskrivningar av modeller

### MISKAM/ SoundPLAN

MISKAM (Microscale Climate and Dispersion Model) är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Modellen är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden och är utvecklad av *The Institut für Physik der Atmosphäre of the University of Mainz*.

MISKAM ingår i ett modellsystem som ingår i programmet SoundPLAN, som är ett moduluppbyggt programvarupaket för beräkning av omgivningsbuller och luftföroreningar<sup>18</sup>. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller som ytor.

Modellen är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägvagnsnitt till kvarter eller i del av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tredimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), samt sedimentation och deposition. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt eller linjekällor. Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför t.ex. turbulens runt hus samt s.k. trafikinducerad turbulens och därmed marknära strömningsförhållanden återges på ett realistiskt sätt. Denna typ av modell lämpar sig därmed väl även för beräkningar inom tätbebyggda områden där beräkning av haltnivåer ner i markplan skall utföras.

### TAPM

TAPM (The Air Pollution Model) är en prognostisk modell utvecklad av CSIRO i Australien. För beräkningarna i TAPM behövs indata i form av meteorologi från storskaliga synoptiska väderdata, topografi, markbeskaffenhet indelat i 31 olika klasser (t.ex. is/snö, hav olika tätortsklasser m.m.), jordart havstemperatur, markfuktighet mm. topografi, jordart och markanvändning finns inlagd i modellens databas med en upplösning av ca 1x1 km men kan förbättras ytterligare genom utbyte till lokala data. Utifrån den storskaliga synoptiska meteorologin simulerar TAPM den marknära lokalspecifika meteorologin ner till en skala av ca 1x1 km utan att behöva använda platsspecifika meteorologiska observationer. Modellen kan utifrån detta beräkna ett tredimensionellt vindflöde från marken upp till ca 8000 m höjd, lokala vindflöden så som sjö- och landbris, terränginducerade flöden (t.ex. runt berg), omlandsbris samt kallluftsflöden mot bakgrund av den storskaliga meteorologin. Även luftens skiktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd mm beräknas horisontellt och vertikalt.

Med utgångspunkt från den beräknade meteorologin beräknas halter för olika föroreningsparametrar timme för timme. Beräkningarna inkluderar, förutom dispersion, även kemisk omvandling av SO<sub>2</sub> och partikelbildning, fotokemiska reaktioner (bl.a. NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> och kolväte) i gasfas samt våt- och torrdeposition. Förutom de fördefinierade kemiska processerna kan även andra ämnes kemiska nedbrytnings- samt depositions-hastigheter definieras i modellen och på så sätt inkludera kemisk nedbryting även för dessa ämnen.

---

<sup>18</sup> <https://www.sp.se/sv/index/services/soundplan/Sidor/default.aspx#sthash.131fVBUUn.dpuf>

Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogena ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. Environ. Sci. Technol., 36 (2002).

I spridningsberäkningarna kan både punkt, linje- och areakällor behandlas. Resultatet av spridning av föroreningar såväl som meteorologin presenteras dels i form av kartor, dels i form av diagram och tabeller både som årsmedelvärden och olika percentiler (dygn respektive timmedelvärden).

Modellen har validerats i både Australien och USA. IVL har dessutom genomfört valideringar för svenska förhållanden. I valideringsstudien gjordes jämförelser mellan uppmätta och med TAPM beräknade parametrar. Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade värden.

