JUNI 2019
FÖR STADSBYGGNADSKONTORET GÖTEBORGS STAD

FÖRDJUPAD LUFTMILJÖUTREDNING FÖR CENTRALENOMRÅDET, ÖVERDÄCKNINGEN AV GÖTALEDEN SAMT NORR OM NORDSTAN

COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

JUNI 2019
FÖR STADSBYGGNADSKONTORET GÖTEBORGS STAD

FÖRDJUPAD LUFTMILJÖUTREDNING FÖR CENTRALENOMRÅDET, ÖVERDÄCKNINGEN AV GÖTALEDEN SAMT NORR OM NORDSTAN

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A113730	A113730-4-02-RAP-001

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
1	2019-06-28	Rapport	Helen Nygren Marie Haeger-Eugensson Christine Achberger Marian Ramos García Anna Bjurbäck	Frans Olofson Erik Bäck	Marie Haeger-Eugensson

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
2	Inledning	10
2.1	Bakgrund	10
2.2	Syfte	10
2.3	Planförslagen	10
2.4	Luftkvaliteten i Göteborg	12
2.5	Miljökvalitetsnormer	12
2.6	Miljökvalitetsmål	13
3	Metod	15
3.1	Metod spridningsberäkningar	15
3.2	Metod för analys av möjliga åtgärder	21
3.3	Metod emissionsjämförelse framtid	21
3.4	Metod reversering	22
4	Jämförelse av emissioner i denna och föregående utredning	24
5	Spridningsberäkningar	26
5.1	Nuläge	27
5.2	År 2026	28
5.3	Scenario 1 år 2035	38
6	Emissionsjämförelse framtid	40
6.1	Jämförelse haltbidrag med och utan ventilation	40
6.2	Vilket år kan MKN för NO_2 klaras?	42
6.3	Spridningsberäkningar år 2028 utan ventilation	43
7	Analys av föreslagna åtgärder	46
7.1	Åtgärdsscenario 3	46
7.2	Åtgärdsscenario 4	47
7.3	Åtgärdsscenario 5	48
7.4	Åtgärdsscenario 6	49
7.5	Åtgärdsscenario 7	50

8 Reversering 50
8.1 Spridningsberäkningar med reversering 50
8.2 Reverseringsbehov 53

9 Diskussion 61
9.1 Spridningsberäkningar år 2026 och 2035 62
9.2 Analys av möjliga åtgärder 65
9.3 Förskjuten genomförandetid till 2028 65
9.4 Reversering 65
9.5 Slutsats och rekommendationer 67

10 Referenser 67

BILAGOR

Bilaga A Trafik nuläge

Bilaga B Trafik framtid

Bilaga C Beskrivning Miskam-modellen

Bilaga D Beskrivning TAPM-modellen

Bilaga E Haltkartor NO_2
E.1 Nuläge
E.2 Scenario 1 år 2026
E.3 Scenario 1 år 2026 bara tunnelemissioner
E.4 Scenario 1 år 2026 övriga emissioner
E.5 Scenario 1 år 2026 utan ventilation
E.6 Scenario 1 år 2035
E.7 År 2026 full reversering

Bilaga F Haltkartor PM_{10}
F.1 Nuläge
F.2 Scenario 1 år 2026
F.3 Scenario 1 år 2026 utan ventilation
F.4 Scenario 1 år 2035

Bilaga G Underlagsutredning reversering

1 Sammanfattning

Inledning

Stadsbyggnadskontoret (SBK) i Göteborg har gett COWI i uppdrag att göra en kompletterande luftmiljöberäkning för fördjupad luftmiljöutredning för framtagande av stadsutveckling i Centralenområdet, i synnerhet för detaljplan för överdäckning av Götaleden samt detaljplan för bostäder, verksamheter och Västlänkens uppgång norr om Nordstan.

Syfte

Syftet är att studera olika alternativ på åtgärder för att nå godtagbar luftkvalitet i området. Utredningen ska svara på om det är sannolikt att det går att bebygga området enligt planförslagen utan att fastställda gränsvärden för luft överskrids.

Metod

Uppdraget omfattar flera delar; spridningsberäkningar för några olika scenarier, emissionsberäkningar, jämförelse med tidigare utredning, analys av föreslagna åtgärder och beräkning av reversering av tunnelluften i Gullbergstunnelns norra rör.

Spridningsberäkningarna har gjorts med CFD-modellen Miskam. Meteorologin som använts är uppmätt meteorologi vid Lejonet som satts samman för ett meteorologiskt typår. Utsläppen från ventilationstornet har beräknats med modellen TAPM. Resultaten från de två beräkningarna (halter i gaturum med Miskam och ventilationsutsläppen med TAPM) har sedan adderats timvis och en för området relevant (korrigerad) urban bakgrundshalt, baserat på mätningar från Miljöförvaltningens mätstation Femman 25 m över mark, har adderats för att halterna ska kunna jämföras med MKN och miljömål.

Resultat och diskussion

<u>Emissionsberäkningar</u>

Emissionerna av NOx är avsevärt högre för framtida scenarioår jämfört med förra luftutredningen (COWI 2016), dels på grund av att emissionsmodellen uppdaterats med lite högre emissionsfaktorer (EF), dels för att EF som ligger närmare i tiden har använts.

<u>Spridningsberäkningar</u>

Initialt omfattade uppdraget beräkning av halter för nuläget, år 2026 med och utan ventilation av Götatunneln samt år 2035 med ventilation.

För nuläget ses halter av NO_2 över MKN i stora delar av Centralenområdet och längs Götaleden, medan MKN för PM_{10} överskrids runt Götatunnelns mynning.

För NO_2 år 2026 med bortventilation av 95 % av utsläppen från Götatunnelns östra mynning ses betydligt lägre halter vid Götatunnelns mynning än i nuläget, men MKN överskrids vid Gullbergstunnelns västra mynning och norr om kvarter A och B samt på några andra platser. Norr om Nordstan klaras MKN med ventilation, men utan ventilation överskrids MKN för NO_2 . För PM_{10} ses högre halter år 2026 än i nuläget, vilket beror på ökade trafikmängder generellt men speciellt på Götaleden. Även med ventilation av Götaleden ses PM_{10}-halter över MKN vid Gullbergstunnelns västra mynning vid kvarter A.

Även år 2035 med ventilation ses halter över MKN vid Gullbergstunnelns västra mynning för både PM_{10} och NO_2 .

Analysen av resultaten visar också på risk för kortvarigt mycket höga halter i området kring tunnelmynningarna, beräkningarna visar på att det är stor risk att EU:s gränsvärde för 99,8-percentilen av timmedelvärdet (200 µg/m³) överskrids år 2026.

En vidare analys av resultaten visade att en stor del av haltbidraget vid kvarter A och B kommer från Gullbergstunnelns västra mynning, men att även lokalgatorna norr och söder om kvarteren ovanpå överdäckningen orsakar höga halter vilket ger överskridanden av MKN lokalt.

Förskjuten genomförandetid

Med förskjuten genomförandetid till år 2028 för överdäckningsplanen skulle MKN klaras vid kvarter B som ska innehålla bostäder, men inte vid kvarter A som ska innehålla kontor. Vid kvarter A ses halter över MKN även i beräkningarna för år 2035 vilket innebär att andra typer av åtgärder behövs här.

Analys av föreslagna åtgärder

Fem åtgärdsförslag som definierats av SBK men inte spridningsberäknats analyserades med avseende på möjlig potential för att lösa luftkvalitetssituationen i området. Av dessa bedömdes bortventilation av tunnelutsläppen från Gullbergstunneln i kombination med ventilation av Götatunnelns östra mynning (åtgärdsscenario 3) ha potential för att ge tillräcklig förbättring av luftkvalitetssituationen i området. Om hålet överdäckas skulle även det ge betydligt bättre luftmiljö vid detaljplaneområdet norr om Nordstan samt i stora delar av Centralenområdet inklusive detaljplaneområdet för bebyggelse på överdäckningen. Om överdäckning av hålet inte kombineras med ventilation av tunnelmynningsutsläppen från den då mycket längre tunneln, kommer det dock att bli problem med mycket höga halter av föroreningar runt den nya tunnelmynningen.

Reversering

Som en åtgärd för att förbättra luftmiljön vid kvarter A vid Gullbergstunnels västra mynning har denna utredning slutligen undersökt reversering av tunnelluften i Gullbergstunnelns norra rör. Reversering innebär att norra röret ventileras mot trafikens riktning så att den förorenade luften inne i tunneln släpps ut vid Gullbergstunnelns östra mynning istället för västra mynningen.

Resultaten av analysen av hur ofta reversering behövs visar att det är ett samspel mellan meteorologi, bakgrundshalt och trafikintensitet som orsakar de högsta halterna, vilket gör det svårt att koppla reverseringsbehovet till endast en av faktorerna.

Spridningsberäkningar gjordes för år 2026 för att testa effekten av full reversering, dvs. reversering hela tiden. Beräkningarna visade att halterna vid Gullbergstunnelns västra mynning är lägre med reversering, men MKN överskrids fortfarande norr och väster om kvarter A.

Slutsats och rekommendation

Ur luftkvalitetssynpunkt rekommenderas en total överdäckning av Götaleden,

dvs. att hålet mellan Götatunneln och Gullbergstunneln täcks över för att förhindra utsläpp av luftföroreningar här, i kombination med bortventilering av utsläppen vid tunnelmynningen. Det är den samlade luftföroreningsbördan från Götaleden, Götatunneln, Gullbergstunneln och övriga lokala gator, i kombination med den planerade stadsutvecklingen med förtätning av gaturummen som gör att de höga halterna är så pass svåra att komma till rätta med.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Stadsbyggnadskontoret (SBK) i Göteborg har gett COWI i uppdrag att göra en kompletterande luftmiljöberäkning för framtagande av stadsutveckling i Centralenområdet, i synnerhet för detaljplanen för överdäckning av Götaleden samt en detaljplan för bostäder, verksamheter och Västlänkens uppgång norr om Nordstan.

För detaljplanen för bebyggelse ovanpå överdäckningen av Götaleden har en luftutredning gjorts inför granskningen av planen (COWI, 2016). Utredningen visade att MKN för kvävedioxider överskrids i delar av planområdet både år 2026 och 2035. Inom detaljplanen Norr om Nordstan gjordes en utredning av effekten av ett ventilationstorn från Götatunneln (Sweco, 2017).

I Länsstyrelsen granskningsyttrande hänvisas till att det i första luftutredningen (COWI 2016) dras slutsatsen att det krävs en eller fler ganska omfattande åtgärder för att förbättra luftkvaliteten i området. Vidare anser Länsstyrelsen att Swecos kompletterande utredning inte är godtagbar som underlag för bedömning av åtgärder, och att luftutredningens åtgärdsvalsstudie måste göras om.

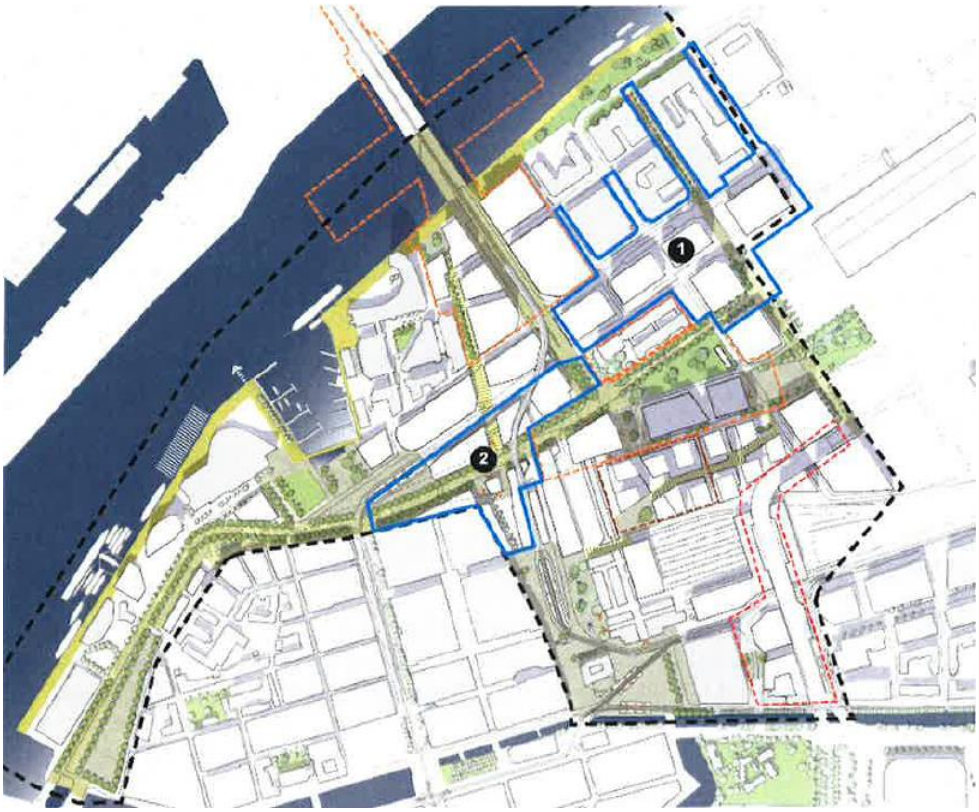
Miljöförvaltningen i Göteborg har avstyrkt planen för bebyggelse ovanpå Götaleden eftersom MKN för kvävedioxid överskrids. För att planen ska kunna antas måste SBK därför redovisa åtgärder som kan resultera i att halterna minskar till acceptabla nivåer, dvs. att MKN klaras. Det är även viktigt att det finns viss marginal till gränsvärdena för att ta hänsyn till att det finns osäkerheter i beräkningarna.

2.2 Syfte

Syftet med den kompletterande luftmiljöutredningen är att studera olika alternativ på åtgärder för att nå godtagbar luftkvalitet, vilka ska svara på om det är sannolikt att det går att bebygga området enligt planförslagen utan att fastställda gränsvärden för luft överskrids.

2.3 Planförslagen

Utredningen omfattar tre områden, dels stadsutvecklingsområdet Centralenområdet och dels två detaljplaner, detaljplanen för överdäckningen av Götaleden samt detaljplanen för bostäder, verksamheter och Västlänkens uppgång norr om Nordstan, se Figur 1.



Figur 1. Planstruktur för stadsutvecklingsprogram för Centralenområdet (svart streckad linje). 1 (blå heldragen linje) visar planområdet för detaljplanen för överdäckningen av Götaleden, medan 2 (blå heldragen linje) visar detaljplanen Norr om Nordstan. Bild från SBK.

Inom stadsutvecklingsområdet Centralenområdet i centrala Göteborg pågår arbetet med att samordna detaljplanerna inom området. Programområdet för Centralenområdet ligger mellan den historiska stadskärnan i sydväst och det framtida utvecklingsområdet Gullbergsvass i öster. Göta älv avgränsar området i norr. Drottningtorget och Åkareplatsen ingår i området som i söder avgränsas av Fattighusån. Kajstråket från Pagoden till och med Packhusplatsen är också en del av Centralenområdet.

Detaljplanen för överdäckningen av Götaleden syftar till att möjliggöra ny bebyggelse ovanpå överdäckningen av Götaleden, i form av 10-14 våningar höga byggnader med bostäder, kontor, verksamheter mm. Byggstart planeras till år 2021 och vara klart omkring år 2028. Planområdet för överdäckningen ligger längs Götaleden från Stadstjänaregatan till Torsgatan och innefattar tunnelmynningar och rampmynningar från tunneln. Området är mycket trafikbelastat vilket ger både höga bullernivåer och höga luftföroreningshalter.

Detaljplanen för bostäder, verksamheter och Västlänkens uppgång norr om Nordstan syftar till att planera stadsrummen och kvarteren mellan Götaleden och Nordstan och säkerställa Västlänkens västra uppgång. Detaljplanen innefattar de delar som frigörs söder om Götaleden när Götaälvbron ersätts med Hisingsbron. Planområdet sträcker sig från Kanaltorget längs Götaleden till Regionens hus och ner mot Nils Ericsonsplatsen.

2.4 Luftkvaliteten i Göteborg

Huvuddelen av de luftföroreningar som vi utsätts för i urban miljö kommer från vägtrafik (Göteborgs Stad Miljöförvaltningen, 2016). I Göteborgsområdet är det främst kvävedioxid (NO_2) men även i vissa lägen även partiklar (PM_{10}) de luftföroreningar där risken är störst att överskrida respektive miljökvalitetsnorm för utomhusluft (MKN). Luftkvaliteten i Göteborg har dock förbättrats betydligt under de senaste årtiondena, även om det fortfarande sker överskridanden av MKN för NO_2 både i gaturum och i urban bakgrund på flera platser i Göteborg.

Avseende NO_2 i Göteborg återfinns de högsta halterna längs de större lederna så som E6 från Mölndal och förbi Gårda samt genom Tingstadstunneln och längs Götaleden, speciellt vid Centralstationen. Även i gaturum i centrala Göteborg där det går mycket trafik, i synnerhet under rusningstiden (t.ex. Sprängkullsgatan), kan det bli höga halter av NO_2.

Miljöförvaltningen har sedan många år en mätstation i taknivå på Nordstadstorget. Här ses att halterna även i taknivå är höga, framför allt för 98-percentilen för dygnsmedelvärdet där MKN tangerades 2016. Det finns dock inga kontinuerliga mätningar i markplan i närheten av detaljplaneområdet varför en regelrätt validering av de beräknade halterna i markplan kring beräkningsområdet inte kan göras.

Årsmedelvärdet av PM_{10} i Göteborg har minskat med 50 % sedan mitten av 2000-talet då ett åtgärdsprogram för partiklar infördes med bl.a. dubbdäcksförbud på vissa gator och spridning av partikeldämpande medel. MKN för årsmedelvärdet klaras vid alla mätstationer, och 90-percentilen av dygnsmedelvärdet har klarats alla år sedan MKN infördes 2006, förutom just 2006, enligt miljöförvaltningens mätningar. Förutom vägtrafik så är fartygstrafik en stor källa till bakgrundshalter av partiklar i de delar av Göteborg som är belägna nära hamnen. Enligt miljöförvaltningens och Luftvårdsförbundets i Göteborgsregionen mätningar överskrids däremot inte MKN för partiklar, vare sig PM_{10} eller den mindre fraktionen $PM_{2,5}$, någonstans i Göteborg.

2.5 Miljökvalitetsnormer

I samband med att Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 infördes miljökvalitetsnormer (MKN) som ett nytt styrmedel i svensk miljörätt. Systemet med MKN regleras framförallt i Miljöbalkens femte kapitel. Till skillnad mot gränsvärden och riktvärden skall MKN enbart ta fasta på vad människan och naturen tål utan hänsyn till ekonomiska intressen eller tekniska förhållanden. En norm kan meddelas om det behövs i förebyggande syfte eller för att varaktigt skydda människors hälsa eller miljön. De kan även användas för att återställa redan uppkomna skador på miljön.

MKN gäller i utomhusluft med undantag av väg- och spårtunnlar samt arbetsplatser till vilka allmänheten inte har tillträde (Sveriges riksdag, 2010).

Gällande miljökvalitetsnormer för NO_2 och PM_{10} i utomhusluft redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Miljökvalitetsnormer för utomhusluft enligt Luftkvalitetsförordningen.

Förore-ning	Medelvärdes-period	MKN-värde (µg/m³)	Antal tillåtna överskridan-den per år
PM_{10}	Dygn År	50 40	35 dygn -
NO_2	Timme Dygn År	90 60 40	175 timmar[1)] 7 dygn -

1) Förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

Antalet tillåtna överskridanden per år motsvarar olika percentiler av dygns- och timmedelvärdena. 35 dygn med överskridanden per år motsvarar 90-percentilen av dygnsmedelvärdet, 7 dygn motsvarar 98-percentilen av dygnsmedelvärdet. För timmedelvärdena motsvarar 175 timmar 98-percentilen och 18 timmar 99,8-percentilen av timmedelvärdet. Det är dessa begrepp som används vid utvärderingen av resultaten i rapporten.

Kommuner och myndigheter bär huvudansvaret för att MKN följs, men verksamhetsutövare har också ett visst ansvar. Ansvaret ökar med verksamhetens storlek och miljöpåverkan. MKN ska följas när kommuner och myndigheter planlägger, bedriver tillsyn och ger tillstånd till att driva anläggningar (Naturvårdsverket, 2019).

2.6 Miljökvalitetsmål

Det svenska systemet med miljökvalitetsmål innehåller ett generationsmål, sexton miljökvalitetsmål och tjugofyra etappmål. Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Det finns även preciseringar av miljökvalitetsmålen. Preciseringarna förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen.

Ett av målen, Frisk luft, berör direkt halter i luft av olika föroreningar. Miljökvalitetsmålet Frisk luft definieras enligt följande: *Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas*. För miljökvalitetsmålet Frisk luft finns preciseringar i form av halter av luftföroreningar som inte ska överskridas. Se Tabell 2 för preciseringar för NO_2 och PM_{10}. Miljökvalitetsmålen ska nås senast år 2020.

Tabell 2. Preciseringar avseende kvävedioxid och partiklar för miljökvalitetsmålet Frisk luft.

Förore-ning	Medelvärdes-period	Miljökvalitetsmål (µg/m³)	Antal tillåtna överskridan-den per år
PM_{10}	Dygn År	30 15	37 dygn -
NO_2	Timme År	60 20	175 timmar -

Miljökvalitetsmålen utgör en riktning och vägledning åt kommuner och Länsstyrelser vart det framtida miljöarbetet ska sikta mot. Även om miljökvalitetsmålen inte är legalt bindande så som MKN, kan överskridanden av miljökvalitetsmålen innebära en begränsning i framtiden, beroende på hur dessa tolkas av myndigheterna och därmed vilken praktisk betydelse dessa får.

3 Metod

Uppdraget har under gång ändrats och utökats vid flera tillfällen för att bättre kunna tillgodose syftet, dvs. om och hur man kan bebygga området och ändå klara gränsvärdena för luftkvalitet.

Uppdraget har totalt omfattat:

- Detaljerade **spridningsberäkningar** av NO_2 och PM_{10} för några olika scenarier (se avsnitt 3.1.1).
- **Analys** utifrån tidigare utredningar och tekniskt underlag som beskriver trolig effekt av sex stycken föreslagna åtgärder.
- **Emissionsjämförelse** mellan emissionerna som använts i den här utredningen och förra luftutredningen (COWI 2016).
- **Emissionsberäkningar** för att se vilket år MKN skulle kunna klaras.
- Utredning av **reversering** som möjlig åtgärd för Gullbergstunnelns västra mynning (i samarbete med TFIP, se Bilaga G).

3.1 Metod spridningsberäkningar

Spridningsberäkningar har gjorts för flera framtidsscenarion och ett nulägesscenario, med fokus på åtgärder för att skapa en godtagbar luftkvalitet.

Utredningen kommer att visa luftföroreningshalter för hela Centralenområdet, och beskriva konsekvenserna för:

- Helheten (hela Centralenområdet)
- Detaljplan för överdäckningen av Götaleden
- Detaljplan norr om Nordstan

3.1.1 Scenarier

Följande scenarier har spridningsberäknats:

- Nu-scenario år 2016. Beräknas med typårsmeteorologi, nuvarande trafikmängder och befintlig bebyggelse. Ett scenario som skall spegla situationen innan arbetet med stadsutveckling i Centralenområdet och som används för jämförelse med framtidsscenarion.
- Scenario 1 år 2026. Bortventilation av 95 % av Götatunnelns emissioner genom ett torn som placeras inom detaljplaneområdet norr om Nordstan söder om Götatunnelns mynning. I detta scenario används framtida stadsbebyggelse, och beräkningarna görs med typårsmeteorologi. Emissionsfaktorer motsvarande år 2023 har använts.

- Scenario 1 år 2035. Samma förutsättningar som för scenario 1 år 2026. Emissionsfaktorer för år 2030 har använts.

- Scenario 1 har även spridningsberäknats med markemissioner för sig, tunnelemissioner för sig, för år 2026. Detta för att lättare kunna identifiera varifrån de höga haltbidragen kommer för att kunna fokusera åtgärder på rätt ställe.

- Spridningsberäkningar utan ventilation 2026, i övrigt förutsättningar motsvarande scenario 1.

- Spridningsberäkningar för år 2028 utan ventilation, med emissionsfaktorer för år 2025, då MKN skulle kunna klaras baserat på vad emissionsberäkningen visade, pga. nyare fordonsflotta.

- Reversering av tunnelmynningsutsläppen vid Gullbergstunnelns västra tunnelmynning, år 2026 med ventilation från Götatunneln 95 %.

3.1.2 Framtida utformning av området

Beräkningarna av luftkvalitet har gjorts för tre olika år; 2016 (Nu-scenario), 2026 och 2035 samt övergripande för enbart vissa punkter även 2028. Då planområdet ligger i nära anslutning till ett flertal stora planprojekt som kommer att genomföras före eller parallellt med den aktuella planen, beskrivs nedan vilka utbyggnadsfaser som utredningen fokuserat på.

Nuläge

Nulägessituation. Här har ingått nuvarande bebyggelse, inklusive Regionens hus, och dagens trafik.

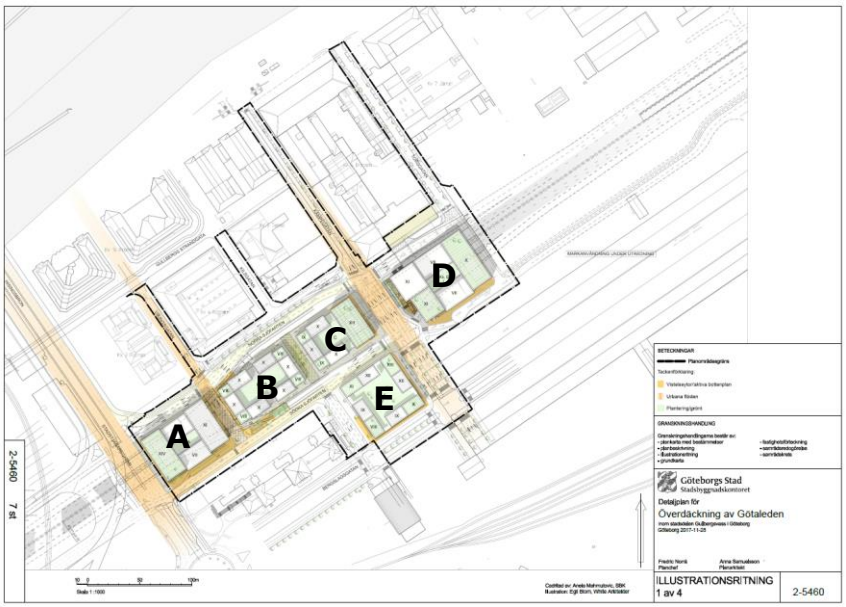
Framtid

För scenariona år 2026 har en del stadsutveckling i närområdet inkluderats. Här förutsätts att den nya Hisingsbron ska vara färdigbyggd, med tillhörande kvartershus vid södra brofästet. Exploateringen med höghus vid Centralstationen förväntas ha kommit halvvägs, och Västlänkens stationshus vid Centralstationen är byggt. Tunnelkonstruktionen har i utredningen betraktats som färdigkonstruerad. Samma bebyggelse har använts även för beräkningarna för år 2028 och 2035.

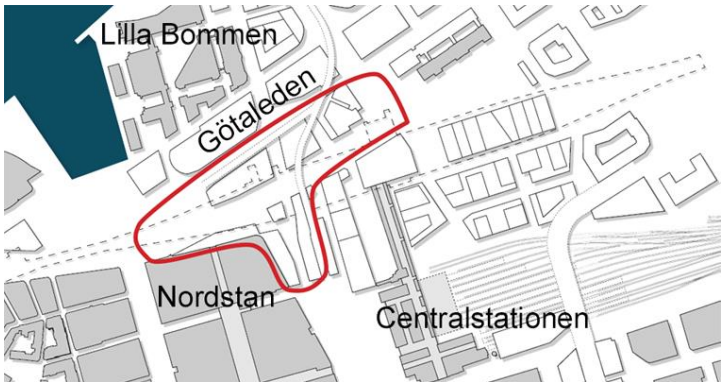
Den planerade bebyggelsen ovanpå Götaleden med tillhörande benämning A-E visas i Figur 2, och skiss över planerad bebyggelse för norr om Nordstan i Figur 3.

Ventilationstorn

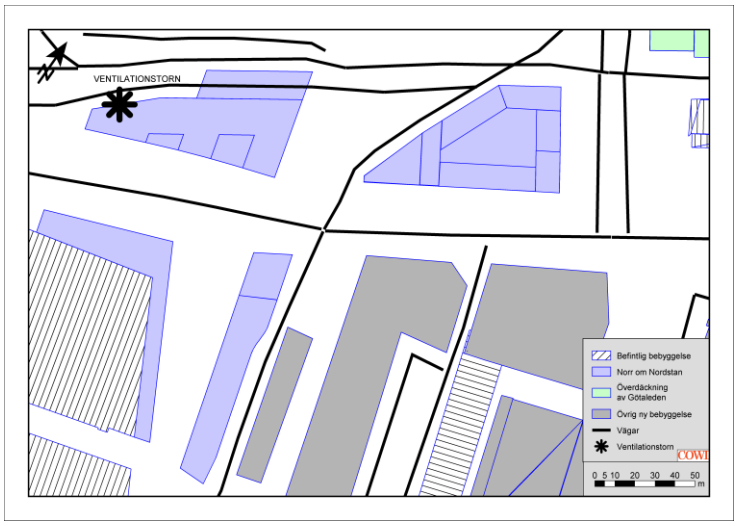
I scenario 1 utreds hur luftkvaliteten blir med bortventilering från den befintliga Götatunneln. Ventilationstornets placering för dessa beräkningar visas i Figur 4. Ventilationstornets höjd har antagits vara 45 meter.



Figur 2. Planerad bebyggelse ovanpå överdäckningen av Götaleden. Bild från SBK. Bokstäverna anger kvarterens beteckning.



Figur 3. Planerad bebyggelse norr om Nordstan. Bild från SBK.



Figur 4. Placering av ventilationstorn för åtgärdsscenario 1.

3.1.3 Trafikunderlag

Samma trafikmängder har använts som i den tidigare luftkvalitetsutredningen för överdäckningen (COWI 2016), förutom för Hisingsbron där prognoserna sänkts något enligt uppgifter från trafikkontoret i Göteborg. De trafiksiffror som använts visas i Bilaga A för nuläget och Bilaga B för framtidsscenarierna. Samma trafikmängder används för båda framtidsåren, enligt samma resonemang som i den tidigare utredningen (COWI 2016).

3.1.4 Emissionsberäkningar

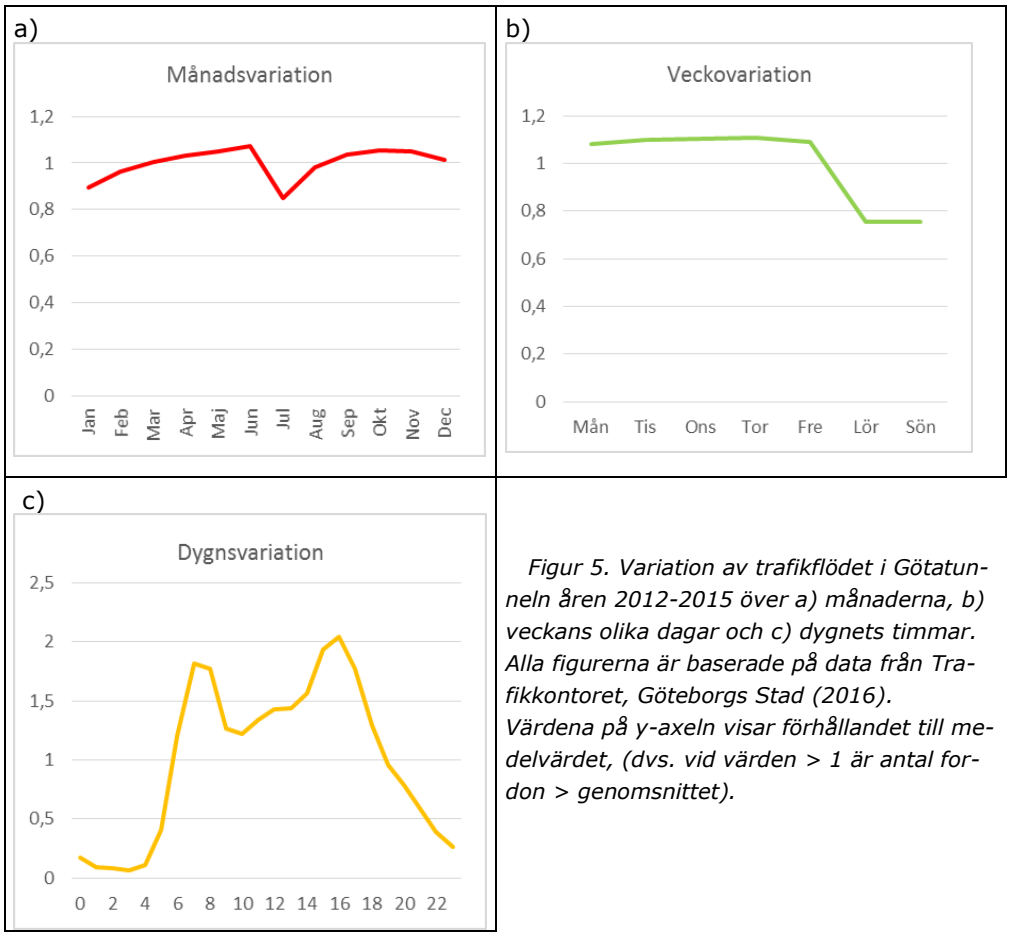
Utsläppen från trafiken har beräknats på samma sätt som i föregående utredning (COWI 2016). Emissionerna har beräknats med emissionsmodellerna HBEFA (avgasutsläpp) och Nortrip (partiklar från slitage och uppvirvling). Sedan den föregående utredningen har modellen HBEFA uppdaterats, i den här nya utredningen har den senaste versionen använts (HBEFA 3.3).

HBEFA tar hänsyn till hur fordonsflottans sammansättning förväntas förändras i framtiden och beräknar olika emissionsfaktorer för olika år. I HBEFA antas att det kommer att fortsätta ske förbättringar avseende avgasutsläppen, samt att en större andel av fordonsflottan i framtiden kommer att bestå av fordon med god avgasrening och effektivitet. För beräkningarna för nuläget har emissionsfaktorer för år 2016 använts, vilket är samma utsläppsår som i förra utredningen. År 2016 var det dessutom ingen påverkan på luftkvaliteten i området från arbetena med nedsänkningen av leden, vilket gör att mätningar och utsläpp för 2016 bättre motsvarar ett nuläge än 2017. Eftersom trafikverkets prognoser för framtida emissionsfaktorer (EF) historiskt har visat sig vara underskattade har är Göteborgs Stads riktlinjer att för beräkningar för prognosår i nära framtid ska EF ”backas” med tre år. För beräkningar efter 2030 ska EF ”backas” med fem år. För beräkningarna gjorda för år 2026 har därför emissionsfaktorer för år 2023 använts, och för år 2035 har emissionsfaktorer för år 2030 använts.

Samma emissionsfaktor som använts i föregående utredning (COWI 2016) för spårvagn har använts även i denna utredning, 0,33 g/km per spårvagn. Denna emissionsfaktor kommer från BUWAL (2001), och har använts som underlag av IIASA (International Institute for Applied System Analysis) i Rains/Gains-modellen.

3.1.5 Trafikflöde

Samma trafikvariation som i föregående utredning har använts, baserat på uppmätt trafikflöde under 2012-2015 i Götatunneln. Trafikflödet varierar mycket över dygnet, veckan och månaderna, vilket gör att det vid vissa tillfällen kan vara mycket mer eller mindre trafik än genomsnittet. Det uppmätta trafikflödet har använts för att skapa en variation av trafiken i beräkningsområdet över året, för att bättre kunna identifiera situationer med höga halter av emissioner och därmed påföljande höghaltstillfällen.



Figur 5. Variation av trafikflödet i Götatunneln åren 2012-2015 över a) månaderna, b) veckans olika dagar och c) dygnets timmar. Alla figurerna är baserade på data från Trafikkontoret, Göteborgs Stad (2016). Värdena på y-axeln visar förhållandet till medelvärdet, (dvs. vid värden > 1 är antal fordon > genomsnittet).

Baserat på ovanstående trafikfördelning har index med olika tidsupplösning beräknats (Figur 5). Månadsindexet för trafiken i Götaleden 2012-2015 visar att trafikflödet är minst under juli och januari (Figur 5a). Mest trafik ses för juni och därnäst oktober. Vad gäller veckovariationen så är det stor skillnad i trafikmängder i Götatunneln mellan vardag och helg (Figur 5b). Tidigare beräkningar av trafikflödesvariationen över veckodagarna utförda av VTI (2005) visar att lastbilar framför allt kör på vardagarna, medan skillnaden mellan vardags- och helgtrafik är mindre för personbilar. Fördelningen av trafik över dygnets timmar i Götatunneln visas i Figur 5c. Här ses tydliga trafiktoppar dels på morgonen vid 7-tiden, dels på eftermiddagen vid 15-17-tiden.

3.1.6 Spridningsmodellering

För att beräkna haltnivåer ner till markplan (där människor vistas) inne i tätbebyggt område behövs en tredimensionell modell som kan beräkna spridningen av föroreningshalter med hög detaljeringsgrad. I denna utredning har därför en CFD-modell använts (i detta fall Miskam, se vidare Bilaga C). För översiktliga beräkningar i urbana miljöer kan till exempel så kallade gaussiska modeller användas men eftersom dessa inte kan ta hänsyn till effekten av byggnader blir resultatet missvisande för gaturumsberäkningar, vilket ska utföras här. Resultat från gaussiska modeller är däremot relevanta för modellering av haltnivån i takhöjd.

Spridningen av luftföroreningar styrs av många processer och faktorer som verkar i olika geografiska skalor. Meteorologin som används som indata till CFD-modeller bör vara representativ för de lokala väderförhållandena. I detta fall fanns inga

lokala meteorologiska mätningar i närområdet, vilket gjorde det nödvändigt att modellera områdets lokala meteorologi med TAPM-modellen (se vidare information i Bilaga D). TAPM-modellen är en dynamisk prognosmodell som beräknar de meteorologiska förutsättningarna i regional till lokal skala och tar hänsyn till exempelvis sjö- och landbris sommartid, topografisk påverkan på vinden samt inversioner. I dessa beräkningar inkluderas därmed de lokala förutsättningarna (topografi, vegetation, havstemperatur m.m.) som styr det lokala vädret och därmed spridningen.

I nästa steg, för beräkningen av de tredimensionella strömningsförhållandena mellan huskropparna (nedan kallat vindfält), har CFD-modellen Miskam använts. Den lokala meteorologin från TAPM-modelleringen blir indata till vindfälts- och haltberäkningarna i Miskam. För att återskapa ett realistiskt vindfält som representerar strömningsförhållandena i tre dimensioner för de aktuella kvarteren har ett mycket större område inkluderats i CFD-beräkningarna än enbart planområdet. Förutom meteorologin behöver Miskam även tredimensionell information om både befintlig och planerad bebyggelse inom och runt området.

3.1.7 Modellering av tunnelutsläpp

Tunnelutsläppen har modellerats på samma sätt som i COWIs utredning från 2016, se tidigare utredning för beskrivning av metodiken. Ventilation från tunnel har inneburit att tunnelutsläppen har minskat med motsvarande mängd som bortventileras, hur mycket och från vilka tunnlar ventilering sker anges för varje scenario. Utsläppen från tunneln har modellerats med modellen TAPM. Haltbidraget i markplan från tunnelutsläppen har adderats till totalhalterna i området.

3.1.8 Urbana bakgrundshalter och NO_X-konvertering

Samma urbana bakgrundshalter som i förra utredningen (COWI 2016) har använts även i denna utredning. I förra utredningen gjordes en validering av metodiken, och användande av samma bakgrundshalter gör även att jämförbarheten mellan beräkningarna ökar, eftersom det är en parameter mindre som skiljer sig åt mellan beräkningarna.

Det lokala haltbidraget beräknas i form av NO_X. Omvandlingen av NO_X till NO_2 är koncentrationsberoende och beror bland annat på tillgången till O_3 (ozon). Den urbana bakgrundshalten av NO_2 har konverterats till NO_X för att kunna adderas till det lokala NO_X-bidraget, därefter har den resulterande NO_X-halten konverterats tillbaka till NO_2. Formeln som har använts för konvertering skiljer sig från den som användes under förra utredningen för överdäckningen (COWI 2016). Den nya formeln har tagits fram utifrån mätdata av NO_X och NO_2 i gaturum i Göteborg och stämmer därmed bättre överens med Göteborgtypiska förhållanden än den generella formel som använts tidigare (Düring et al. 2011), med avseende på bland annat lokal tillgång till O_3.

3.2 Metod för analys av möjliga åtgärder

De åtgärdsscenarier som ska analyseras visas nedan. Numrering är enligt förfrågningsunderlaget. I projektets startskede bestämdes att scenario 2 enligt förfrågan utgår (varför detta utgått i listan nedan), samt att scenario 3 uppdateras enligt nedan. Med hål menas att Götaleden är öppen mellan mynningen och nya Hisingsbron (Stadstjänaregatan).

1. Ventilationstorn med öppet hål.

3. Ventilationstorn med öppet hål samt ventilationstorn även från Gullbergstunneln.

4. Överdäckat hål utan ventilationstorn.

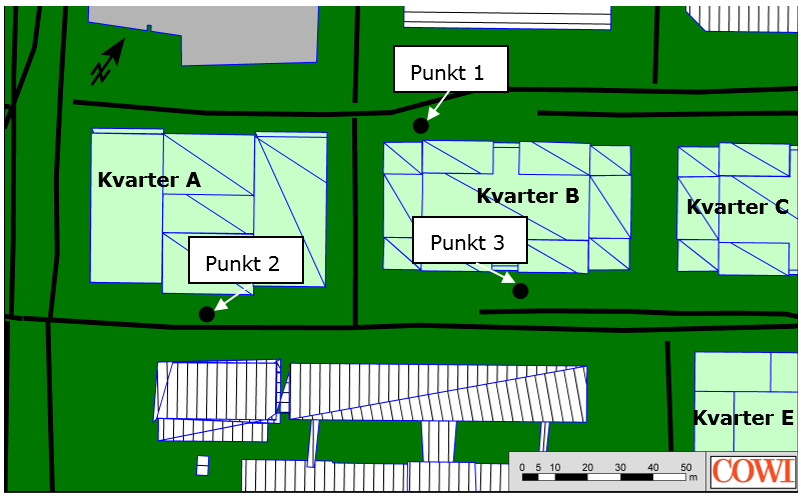
5. Överdäckat hål samt överdäckning mellan Torsgatan och Falutorget utan ventilationstorn.

6. Ventilationstorn med överdäckat hål.

7. Ventilationstorn med överdäckat hål samt överdäckning mellan Torsgatan och Falutorget.

3.3 Metod emissionsjämförelse framtid

Beräknade totalhalter av NO_2 togs ut för tre punkter runt den nya bebyggelsen på överdäckningen. Punkterna valdes ut i samråd med beställaren och visas i Figur 6. Därefter subtraherades den urbana bakgrundshalten från totalhalterna, så att det lokala bidraget vid varje punkt erhölls. Detta gjordes för 98-percentilen av NO_2, eftersom det är det mått där störst risk för halter över MKN finns. Det lokala haltbidraget delades upp i tunnelemissioner och övriga emissioner för att kunna avgöra varifrån den största delen av de lokala föroreningarna kom.



Figur 6. Punkter som använts för emissionsjämförelsen, numrerade 1-3.

Halter har tagits ut i en yta motsvarande 10×15 m vilket omfattar flera gridrutor, för att få ett medelvärde över ytan, eftersom haltavklingningen från en enskild väg kan vara brant.

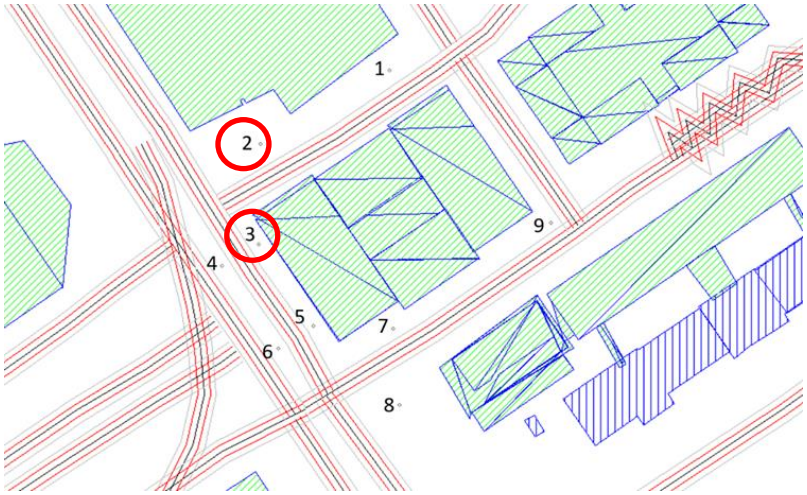
För att ta reda på vilket år som MKN i de undersökta punkterna skulle kunna klaras, inklusive viss marginal, alltså halter under 55 µg/m³ för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet, har en jämförelse av emissionerna de olika åren för aktuella gator gjorts.

3.4 Metod reversering

I spridningsberäkningarna som genomförts i denna utredning har konstaterats att även utsläppet från Gullbergstunnelns västra mynning utgör ett betydande bidrag till att MKN för luftföroreningar överskrids i området. Den klassiska lösningen på detta är att installera en avluftstation vid norra rörets mynning. Då arbetet med första delen av överdäckningstunneln redan är i full gång så bedöms inte detta som en möjlig/rimlig åtgärd.

Som alternativ lösning har föreslagits att med hjälp av impulsfläktarna reversera (vända) luftflödet i det norra tunnelröret, och istället släppa ut tunnelluften genom den östra mynningen (infartsmynningen). Säkerhetsmässigt strider dock ett sådant förfarande mot den gängse principen att alltid ventilera med trafikens riktning. Vid brand i tunneln, med påföljande köbildning bakom olyckan och branden, riskerar ventilationsanläggningen att vid reversering aktivt medverka till att utsätta köande trafikanter för rök.

För att minska risken och därmed även sårbarheten finns en tanke att endast reversera luftflödet när det behövs, det vill säga under så kallade höghaltstillfällen i utomhusluften. I sådana fall skulle inte denna åtgärd behöva användas konstant.



Figur 7 Lokalisering av punkter fördetaljerad haltanalys avseende reverseringsbehovet. Rödmarkerade punkter ingår i analysen för reverseringsbehovet.

3.4.1 Identifiera tillfällen för reversering

För att undersöka förutsättningar när reversering av tunnelluften i det norra röret kan bli nödvändig har NO_2 -halterna vid kvarter A analyserats i mer detalj.

I ett första steg har analysen fokuserat på Punkt 2 och Punkt 3 (Figur 7) valts ut eftersom de ligger nära tunnelöppningen där det förväntas att halterna kan bli höga samtidigt som området utgör ett viktigt stråk för gång och cykel.

Olika faktorer och deras kombination bidrar till att NO_2 -halterna närmast överdäckningens öppning vid Kvarter A kan bli höga så att det finns risk att MKN för 98-percentil timme inte klaras. Höga halter omkring hus förväntas först och främst när vinden blåser från nedsänkningen och överdäckningens mynning mot bebyggelsen i Kvarter A samt vid låga vindhastigheter när spridningsförutsättningar är begränsade. Vidare är det tillfällen med mycket biltrafik, dvs rusningstiden på morgonen och eftermiddagen när utsläppen och därmed halterna förväntas vara höga, samt även när den urbana bakgrundshalten är hög så att risk för överskridandet av MKN kan inträffa redan när det lokala bidraget är relativt liten.

Utgångspunkten för analysen har varit Scenario 1 för år 2026 med bebyggelse på överdäckning och med 95% bortventilation av Götatunnelns emissioner. För att undersöka vindens betydelse har spridningsmönster och halterna plottats för olika vindriktningar och två olika vindhastigheter 0,5 m/s och 1,5 m/s. Vidare har tillfällen där beräkningarna har gett höga halter runt kvarter A studerats mer i detalj med avseende på meteorologin, tid på dygnet och veckodag samt urbana bakgrundshalt för att identifiera tillfällen när risk för överskridandet av 98-percentil timme kan föreligga.

3.4.2 Reversering och tunnelventilation

En viktig faktor för att undersöka om reversering är en möjlig åtgärd är huruvida det är praktiskt möjligt att genomföra. TFIP har sammanställt ett PM där ventilationsbehov och möjliga ventilationslösningar för olika konfigurationer av Götatunneln och Gullbergstunneln har undersökts, och där man bland annat tagit ställning till om reversering är möjlig. PM:et biläggs i sin helhet i Bilaga G, och resultatet avseende reversering återfinns i avsnitt 5.3 i PM:et.

Sammanfattningsvis är ventilation mot trafikens riktning möjlig med den planerade fläktkapaciteten, både vid planerad längd på Gullbergstunneln (400 m) och vid en förlängning av Gullbergstunneln till 800 m. En konsekvens av flödesreversering i huvudtunneln är att utsläppen vid ramperna ökar, men detta kan motverkas genom ytterligare fläktar vid rampmynningarna. I allmänhet avråds dock mot ventilation mot trafikens riktning, med hänvisning till skadlig rökspridning. Inverkan på säkerhetskonceptet behöver hanteras med Trafikverket och andra berörda intressenter om en sådan lösning blir aktuell.

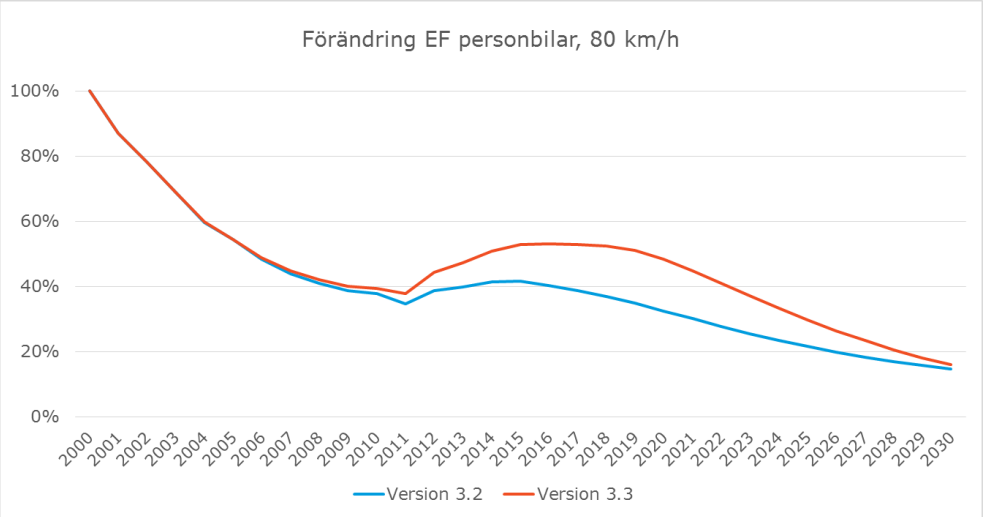
4 Jämförelse av emissioner i denna och föregående utredning

Som underlag till tolkning och bedömning av spridningsberäkningarna har en jämförelse mellan emissionerna i denna utredning och den förra utredningen för överdäckningen (COWI 2016) gjorts. Emissionerna beräknas genom att utsläppet per fordon, emissionsfaktorn (EF), för ett visst scenarioår multipliceras med antalet fordon på vägen. Skillnaderna kan alltså bero dels på trafikmängderna, dels på emissionsfaktorn. Eftersom samma trafikmängder har använts för både nuläge och framtidsscenarier, så beror skillnaderna i utsläppens storlek mellan utredningarna på:

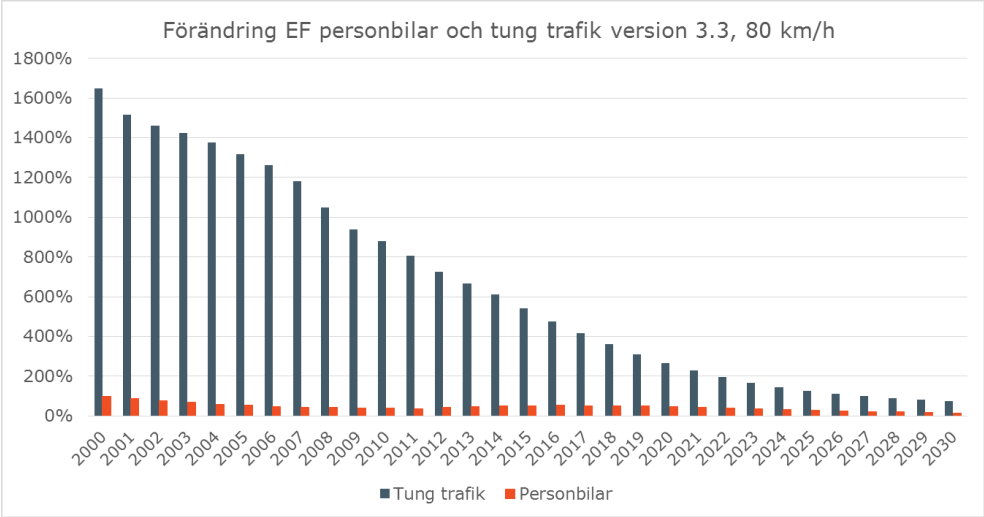
- Emissionsmodellens version – i denna utredning har en uppdaterad version av HBEFA använts, version 3.3. I föregående utredning användes version 3.2, som då var den senaste versionen.

- Emissionsår – olika emissionsår har antagits för de olika framtidsscenarierna. I tidigare utredning (COWI 2016) användes emissionsfaktorer för respektive scenarioår (2026 och 2035) medan det i denna utredning har använts emissionsfaktorer för år 2023 respektive år 2030 (se även kap 3.1.4).

I version 3.3 av HBEFA har EF för personbilar uppdaterats med avseende på NO_X, de har höjts för att inkludera den kunskap som framkom i och med bland annat den s.k. dieselskandalen. Emissionsfaktorerna för personbilar för NO_X är högre per snittfordon i den nya versionen från ca år 2010 och framåt (se Figur 8). Ju längre fram i tiden, desto mindre är skillnaderna mellan versionerna. För tung trafik är emissionsfaktorerna samma som i den tidigare versionen av HBEFA, dock är utsläppen från tung trafik mycket högre per fordon än vad utsläppen från personbilar är (Figur 9). Enbart EF för NO_X har ändrats jämfört med version 3.2, EF för PM10n är desamma.



Figur 8. Utveckling av emissionsfaktorer (EF) för NO_X för personbilar i HBEFA version 3.2 (blå linje) jämfört med version 3.3 (röd linje). Utsläppen visas som andel av emissionsfaktorn för år 2000.



Figur 9. Jämförelse av emissionsfaktorsutveckling för tung trafik (grå staplar) respektive personbilar med HBEFA version 3.3 (röda staplar). För tung trafik är emissionsfaktorerna likadana i båda HBEFA-versionerna. Utsläppen visas som andel av emissionsfaktorn för år 2000.

För nuläget har emissionsåret 2016 använts både i föregående och denna utredning. Emissionsfaktorerna för NO_X-utsläpp för personbilar 2016 är ca 34 % högre med HBEFA 3.3 än HBEFA 3.2. Detta innebär inte att totalemissionen från en viss gata är 34 % högre, eftersom det ju även ingår en andel tung trafik på de gator som beräknats. Dessa emissionsfaktorer är inte uppdaterade, utan utsläppen per tungt fordon är lika höga i denna utredning som i den förra. Eftersom tunga fordon släpper ut mycket mer per fordon än vad personbilar gör, har de tunga fordonen stor påverkan på totalutsläppen från vägen. Sammanfattningsvis blir NO_X-emissionerna i snitt ca 8 % högre i nulägesscenariot i den här utredningen jämfört med i förra utredningen. På vissa vägavsnitt är ökningen dock så stor som 16–17 % jämfört med föregående utredning. Den procentuella ökningen är störst på de gator som har minst andel tung trafik.

För framtidsåret 2026 har både olika emissionsmodellversioner och emissionsår använts. Skälet till att andra emissionsår har valts för denna utredning är att minska risken för att effekten av fordonens teknikutveckling, när det gäller emissioner, överskattas. Emissionsår har valts i samråd med berörd länsstyrelse och miljöförvaltning. Därmed är emissionerna högre i denna nya utredning dels på grund av att HBEFA 3.3 har högre utsläpp för personbilar, dels för att emissionsfaktorer som ligger närmare i tiden har använts (emissionsår 2023 för trafikår 2026, respektive emissionsår 2030 för trafikår 2035).

Skillnaden mellan emissionsfaktorer för år 2026 från HBEFA version 3.2 respektive version 3.3 är för NO_X-utsläpp från personbilar ca 36–50% högre i den nya versionen för de vägtyper som ingår i utredningen. Den största ökningen, 50 %, ses för Götaleden, medan utsläppen på mindre gator ökar med ca 36–37 %.

Vid jämförelse mellan emissionsfaktorer för år 2026 i version 3.2 (förra utredningen) med emissionsfaktorer för år 2023 i version 3.3 (denna utredning) ses att NO_X-utsläppen för en genomsnittlig personbil är nästan dubbelt så hög, medan NO_X-utsläppen för tunga fordon är ca 50 % högre. Att utsläppen för ett genomsnittligt tungt fordon är högre beror alltså på det tidigare emissionsåret, inte

på versionsuppdateringen. Även för PM_{10} ses en skillnad, den genomsnittliga emissionsfaktorn för personbilar är ca 14 % högre och för tunga fordon ca 50 % högre än vid de tidigare beräkningarna, där denna skillnad även beror på emissionsåret.

Det här innebär att utsläppen från vägarna i de här beräkningarna har ökat rejält jämfört med förra utredningen med avseende på NO_X för scenariot år 2026. Den genomsnittliga utsläppsökningen är ca 80 %. För partiklar ses en mindre ökning på i snitt 3 %, vilket beror på att majoriteten av partikelutsläppen kommer från resuspension och slitagepartiklar, vilket inte påverkas av teknikutvecklingen. Eftersom trafikmängderna är desamma i denna utredning som i förra, så är partikelutsläppen från resuspension lika stora i båda utredningarna, medan de avgasrelaterade utsläppen är något större i den nyare utredningen, eftersom ett tidigare emissionsår används (2023 jämfört med 2026 i förra utredningen).

En sammanfattning av jämförelsen visas i Tabell 3.

Tabell 3. Sammanställning av förändring i emissionsfaktorer och emissioner i beräkningarna för nuläget och scenarioår 2026 jämfört med föregående utredning (COWI 2016) Variation på ökning inom parentes.

Scenario	Nuläge 2016	Framtid 2026 (EF 2023)
Ökning av NO_X-utsläpp *per fordon* för personbilar	Ca 34 %	Ca 36-50 %
Ökning av *totala* NO_X-utsläpp från vägarna, inkl. tung trafik	Ca 8 % (2-17 %)	Ca 80 % (56-89 %)
Ökning av PM_{10}-utsläpp per fordon för personbilar (enbart avgasandel)	Ingen ökning	Ca 14 %
Ökning av PM_{10}-utsläpp från vägarna, inkl. tung trafik (inklusive resuspension)	Ingen ökning	Ca 3 % (1-17 %)

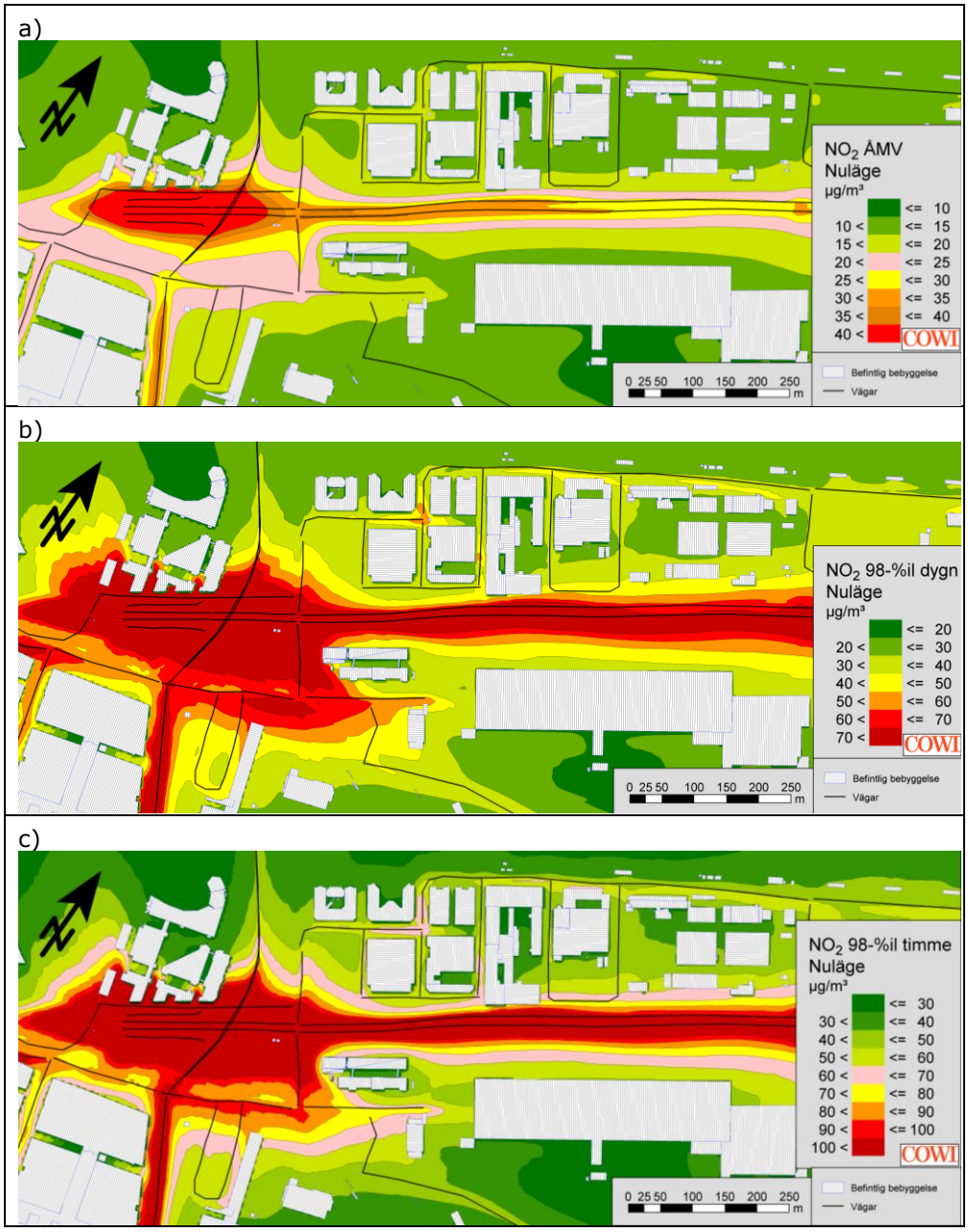
5 Spridningsberäkningar

I nedanstående kartor presenteras den geografiska fördelningen av NO_2 respektive PM_{10} för alla beräknade scenarier på 4-6 meters höjd över markplan. Det är alltså haltnivåerna ovanför hålet mellan tunnlarna som visas, 4-6 meter över omgivande marknivå, inte halterna nere i höjd med tunnelmynningarna.

I alla kartor visualiseras de byggnader som inkluderats i beräkningarna, där befintliga byggnader är rastrerade vita/blå, detaljplan Norr och Nordstan är lila, detaljplan Överdäckningen av Götaleden är ljusgrön samt övriga nya byggnader grå. Alla haltkartor för NO_2 finns samlade i Bilaga E och alla för PM_{10} i Bilaga F. I bilagan finns även kartor som visar förstorade bilder av de två detaljplanerna, Överdäckningen av Götaleden samt Norr om Nordstan.

5.1 Nuläge

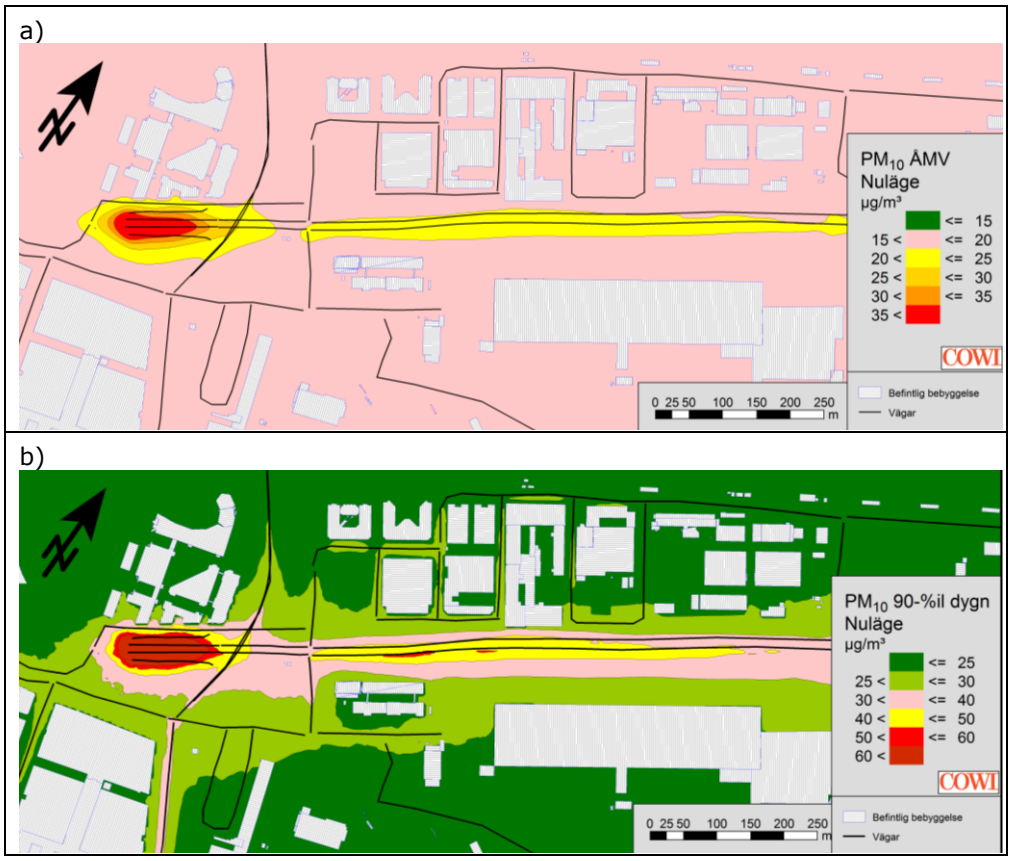
För nuläget visas NO_2-halterna i Figur 10 och PM_{10}-halterna i Figur 11. För NO_2 ses att MKN för årsmedelvärdet (a) överskrids runt och en bit öster om Götatunnelns mynning.



Figur 10. NO_2-halter (µg/m³) för nuläget för a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen av dygnsmedelvärdet och c) 98-percentilen av timmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

Miljökvalitetsmålet överskrids längs Götaleden samt ner längs Nils Ericsonsgatan och Östra Hamngatan. För 98-percentilen av dygnsmedelvärdet (b) ses överskridanden av MKN i ett stort område runt Götatunnelns mynning och längs Götaleden österut, samt norr om Centralen och ner längs Nils Ericsonsgatan. Även för 98-percentilen av timmedelvärdet (c) ses överskridanden av MKN i ungefär samma område. Miljökvalitetsmålet för timpercentilen överskrids i ett något större område än vad MKN gör.

För PM10 ses halter över nivån för miljökvalitetsmålet för årsmedelvärdet i hela beräkningsområdet i Figur 11a. MKN överskrids bara vid Götatunnelns mynning. Även för 90-percentilen av dygnsmedelvärdet av PM10 (Figur 11b) överskrids MKN vid Götatunnelns mynning. Miljökvalitetsmålet överskrids längs Götaleden samt ner på Nils Ericsonsgatan.



Figur 11. PM_{10}-halter (µg/m³) för nuläget för a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

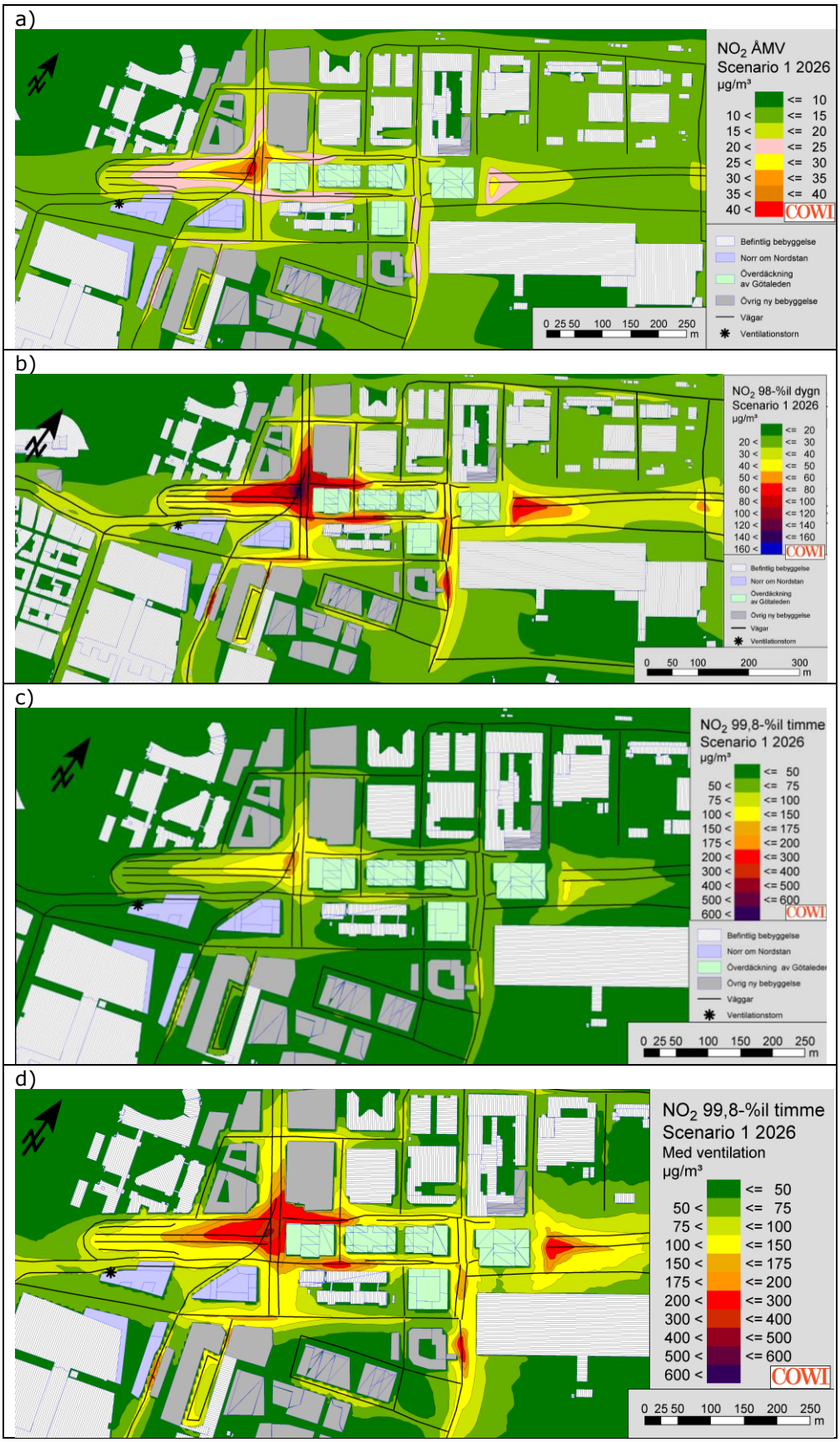
5.2 År 2026

I detta avsnitt presenteras kartor med den geografiska fördelningen av NO_2 respektive PM_{10} för de beräkningar som gjorts för år 2026.

5.2.1 Kvävedioxid, NO_2

2026 med ventilation (scenario 1)

I Figur 12 visas den totala NO_2-halten för scenario 1 för årsmedelvärdet och 98-percentilen för både dygns- och timmedelvärdet. I beräkningarna har antagits att 95 % av utsläppen i Götatunneln ventileras bort via det ventilationstorn som är markerat i kartan. Observera att det inte sker någon bortventilering av utsläppen i Gullbergstunneln, utan dessa sprids vid tunnelmynningarna och av/påfartsramper.



Figur 12. *NO_2-halter (µg/m³) för scenario 1 år 2026 för a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen av dygnsmedelvärdet, c) 98-percentilen av timmedelvärdet och d) 99,8-percentilen av timmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljömålet.*

För årsmedelvärdet (a) ses lägre halter än för nuläget, MKN överskrids bara vid Gullbergstunnelns västra mynning. Bortventileringen ser därmed ut att ha stor effekt för årsmedelvärdet (spridningen av utsläppen från skorstenen visas och beskrivs i Figur 13). Miljökvalitetsmålet överskrids dock dels över ”hålet”, dels vid överdäckningens östra mynning, norrut mot Hisingsbrons påfart samt öster och söder om kvarter E. Orsaken att även halten över det så kallade hålet och diskuteras är att där, i framtida planer, kommer att gå en gång- och cykelbro varför människor frekvent kommer att vistas där.

För 98-percentilen av dygnsmedelvärdet (b) ses ett större område med överskridanden av MKN vid alla tunnelmynningar, med störst område vid Gullbergstunnelns västra mynning och in norr om kvarter A. Även mellan kvarter B och Regionens hus ses halter över MKN, samt i några andra gaturum söder om Götaleden. Även här ses god effekt av bortventileringen, precis vid Götatunnelns mynning klaras MKN. Detta innebär att vid byggnaderna som innefattas av detaljplanen Norr om Nordstan klaras MKN, utom i det smala utrymmet mellan två byggnader längs Nils Ericsonsgatan.

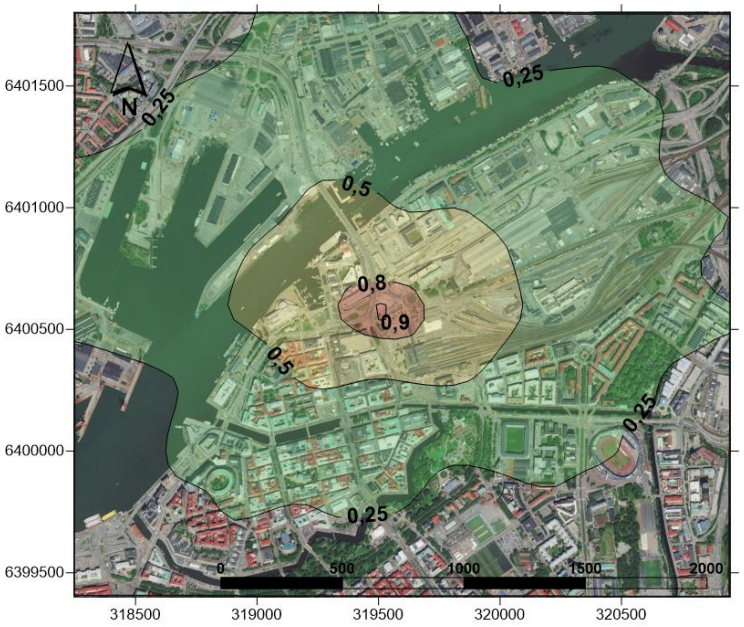
Överskridanden av MKN för 98-percentilen av timmedelvärdet (c) ses i stort sett i samma område som för dygnspercentilen, dock klaras området mellan kvarter B och Regionens hus. Området där miljökvalitetsmålet överskrids är lite större än området där MKN överskrids.

Eftersom timmedelvärdena är så höga har även den 18e värsta timmen på året visualiserats, vilket motsvarar 99,8-percentilen av timmedelvärdet. Den visas i Figur 12d, och gränsen för MKN är 200 µg/m³. MKN överskrids väster och norr om kvarter A, samt på vägarna vid den östra mynningen av Gullbergstunneln, mellan Regionens hus och de nya kvarteren.

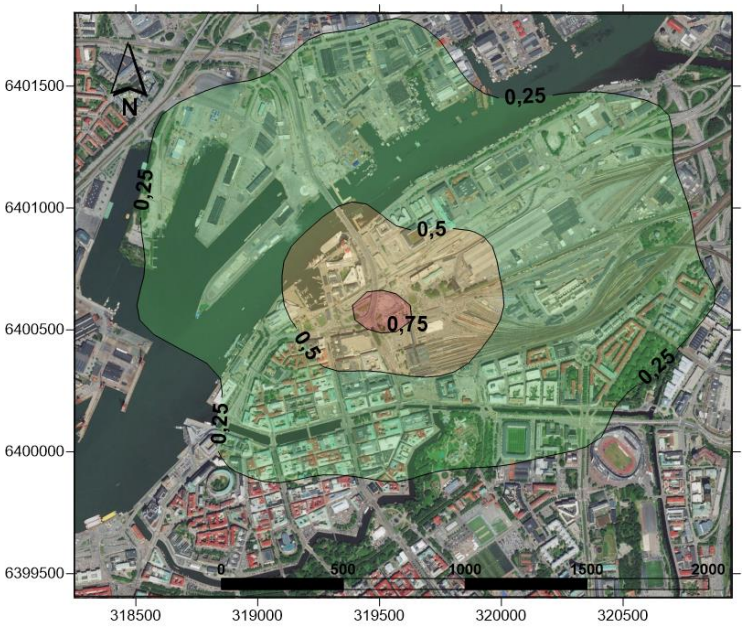
Haltbidrag från ventilationstornet

I Figur 13 visar haltbidraget från ventilationstornet från Götatunneln för scenario 1 år 2026 i markplan för dygnspercentilen och timpercentilen av NO_2 vid en 95-procentig bortventilering. Beräkningarna visar att det blir ett försumbart bidrag i marknivå inom Centralenområdet, under 1 µg/m³ även för percentilerna. Orsaken är att ventilationstornet är så pass högt så att mynningen hamnar en bra bit över den allmänna taknivån varför föroreningarnas spridning blir mer effektiv till följd av högre vindhastigheter i dessa högre luftlager. Dessa emissioner blir då en del av den allmänna urbana bakgrundshalten i området.

a) 98-percentil av dygnsmedelvärdet



b) 98-percentil av timmedelvärdet

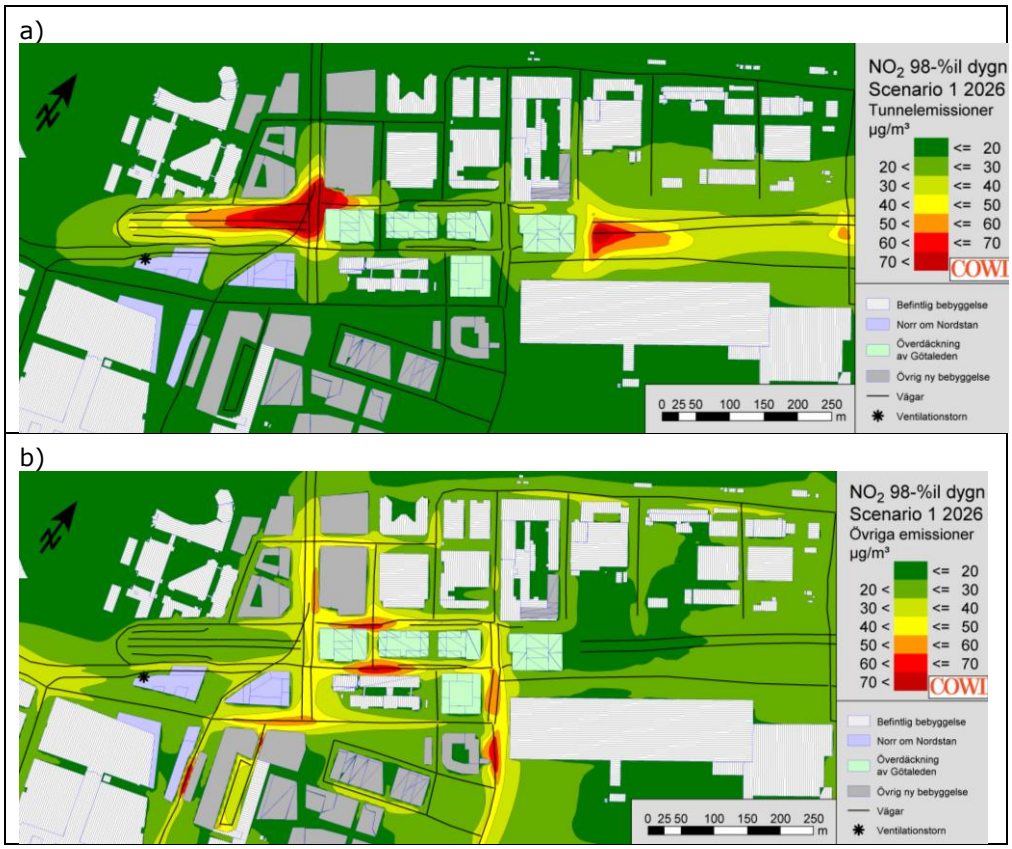


Figur 13. Haltbidrag från ventilationstornet (för 95% av tunnelemissionerna) till a) 98-percentilen av dygnsmedelvärdet och b) 98-percentilen av timmedelvärdet av NO_2 (µg/m³) i scenario 1 år 2026.

Haltbidrag olika källor

För att kunna avgöra var de höga halterna kommer från, om de enbart beror på tunnelmynningsutsläpp eller om även trafiken och emissionerna på övriga mindre gator orsakar höga halter, har spridningsberäkningarna i markplan delats upp på en där enbart emissionerna från tunnlarna, Götaleden och av/påfarter beräknas, samt en beräkning med övriga emissioner. Percentilerna för dessa visas i Figur 14 (dygnspercentilen) och Figur 15 (timpercentilen). 95 % bortventilation av utsläppen från Götatunneln har antagits på samma sätt som ovan (scenario 1).

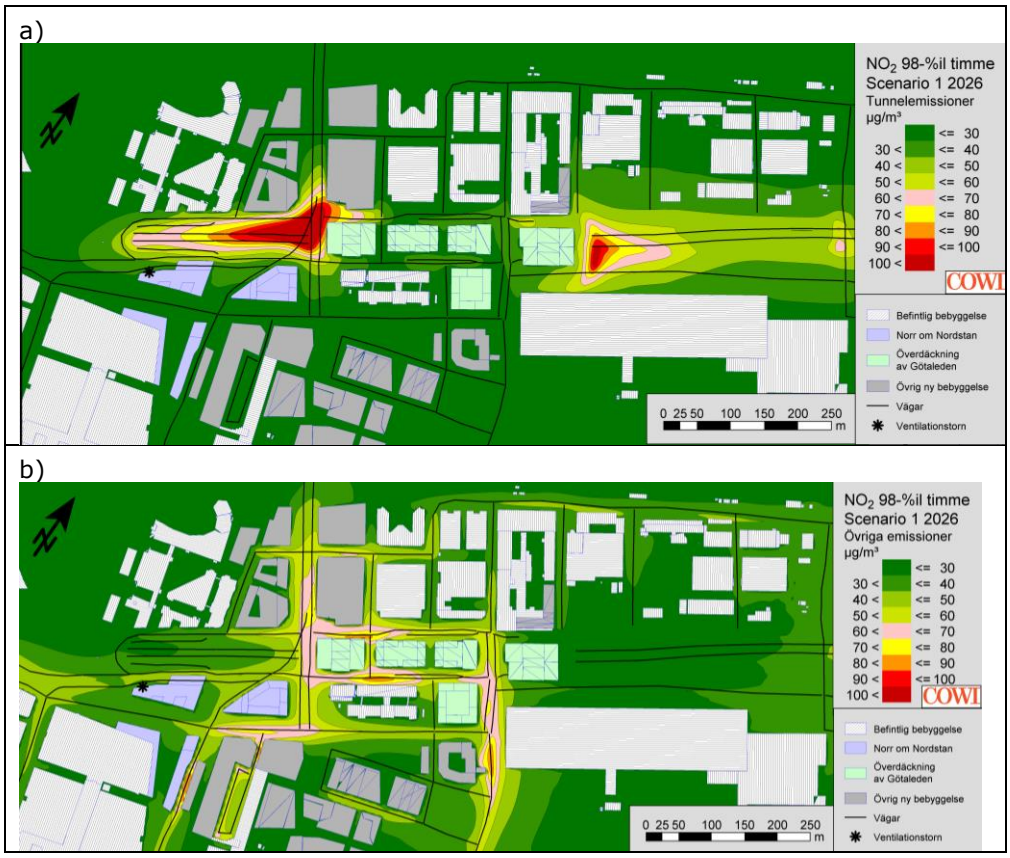
För båda percentilberäkningarna ses att tunnelutsläppen vid Gullbergstunnelns mynningar (Figur 14a) orsakar de höga halterna på båda sidor om överdäckningen och in en bit norr om kvarter A. De höga halterna sprider sig även en liten bit norrut mot Hisingsbron. Det framgår även att det blir ett halttillskott på 5–20 µg/m³ (för dygnsmedelvärdet) på smågatorna vid överdäckningen vilket utgör 10–70% av en totalhalten beroende på avstånd ifrån tunneln. Närmast tunneln längs gatan norr om överdäckningen utgör tunnelemissionen från 70 % av totalhalten närmast tunnelmynningen ner till 10 % längre från tunnelmynningen i höjd med den mittersta byggnaden.



Figur 14. 98-percentil av dygnsmedelvärdet för NO_2 (µg/m³) för a) tunnelemissioner och b) övriga emissioner. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

När det gäller tunnelmynningen öster om överdäckningen ses också halter över MKN, men endast på eller intill Götaleden. Även i denna del av området är det allmänna halttillskottet från tunnelemissionerna 10–20 µg/m³ men här påverkas ett större område på ca 150–200 meter intill leden. Den större spridningen beror på att det här är ett öppnare gaturum vilket ger lägre halter vid mynningen men med större spridning runt omkring.

De höga totala haltnivåerna (Figur 12b) på över MKN, inne i planområdet för överdäckningen norr och söder om kvarter A och B samt öster om kvarter E orsakas därmed till stor delen av emissionerna från de lokala smågatorna. Storleken på områden med överskridanden ökar dock om tunnelluften inte ventileras bort via en ventilationsskorsten. Även inom eller nära planområdet för Norr om Nordstan ses höga haltnivåer orsakat av trafiken på övriga gator. Därmed löser inte bortventilering av tunnelemissionerna hela luftkvalitetssituationen i området.



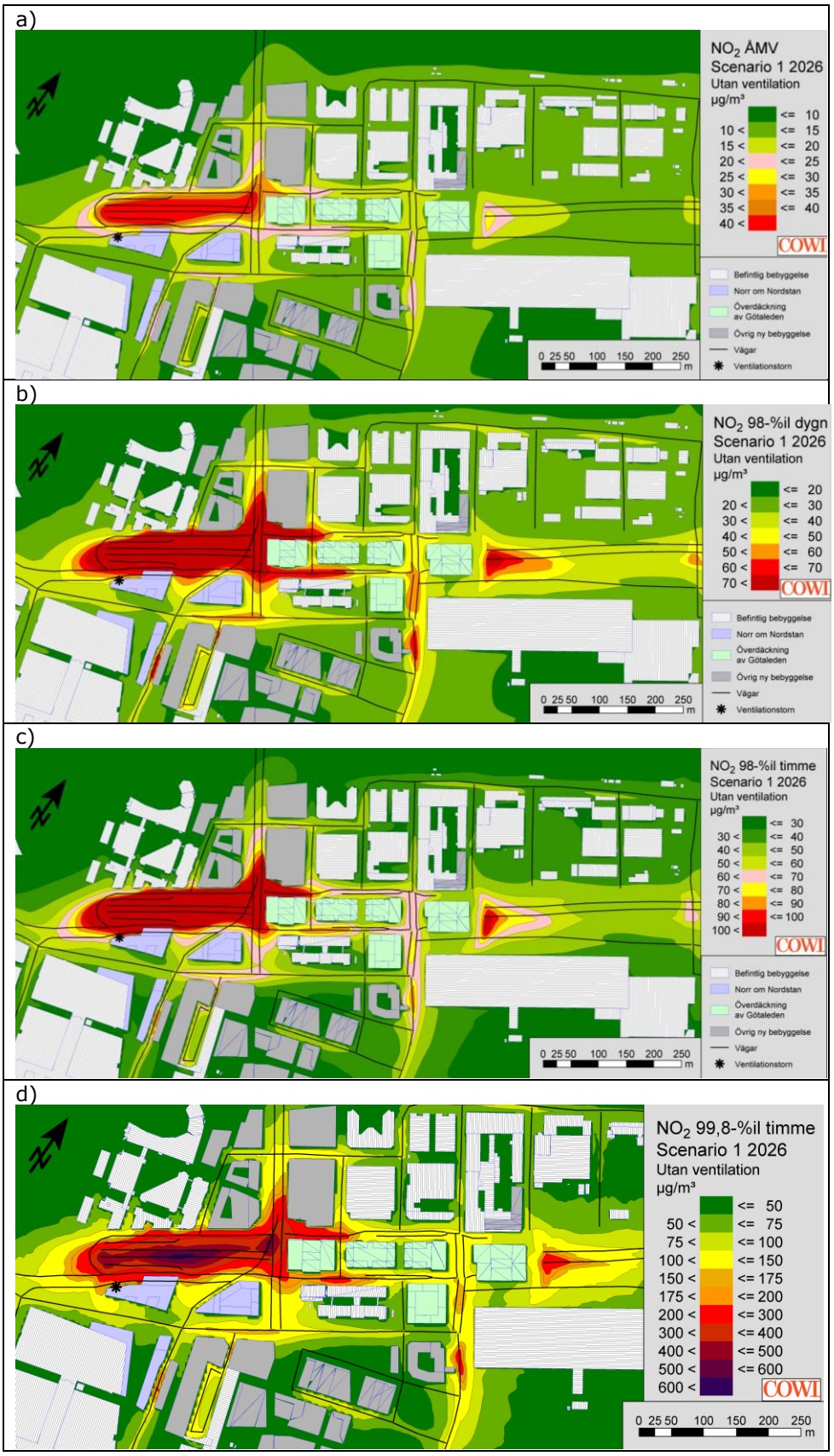
Figur 15. 98-percentil av timmedelvärdet för NO_2 (µg/m³) för a) tunnelemissioner och b) övriga emissioner. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

2026 utan ventilation

Beräknade halter för scenario 1 utan någon bortventilering av tunnelutsläppen från Götatunneln visas i Figur 16. I övrigt är det samma utsläpp som i scenario 1 i Figur 12 ovan, det är bara tunnelventilationen som skiljer scenariona åt.

För årsmedelvärdet i Figur 16a ses betydligt högre halter i området vid Götatunnelns mynning norr om den nya bebyggelsen i detaljplanen Norr om Nordstan. Även vid västra delen av bebyggelsen ovanpå överdäckningen, kvarter A, ses högre halter än i beräkningarna med ventilation i Figur 12. Området där miljökvalitetsmålet överskrids är ganska snarlikt i området vid detaljplanen för överdäckningen i båda beräkningarna, men utan ventilation så ses halter över nivån för miljökvalitetsmålet i detaljplanen Norr om Nordstan.

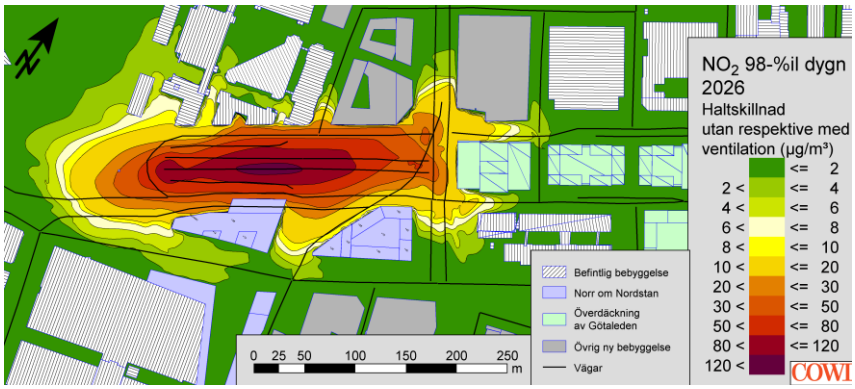
För percentilerna ses störst skillnad i området mitt över hålet mellan de två tunnlarna. Här ses effekten av att det inte är någon ventilering, och med betydligt högre halter än för scenariot med ventilering. Spridningen från hålet är dock ganska begränsad, där högre halter ses framför allt vid norra delen av detaljplanen för Norr om Nordstan. Utan ventilation ses halter över nivåerna för MKN för båda percentilerna vid bebyggelsens norra delar. Även norr om hålet ses betydligt högre halter utan ventilation.



Figur 16. *NO_2-halter (µg/m³) för scenario 1 år 2026 utan ventilation för a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen av dygnsmedelvärdet, c) 98-percentilen av timmedelvärdet och d) 99,8-percentilen av timmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.*

Även för detta scenario har en haltkarta för halterna den 18e värsta timmen på året tagits fram, motsvarande 99,8-percentilen av timmedelvärdet av NO_2. Denna karta visas i Figur 16d, och visar betydligt högre halter och över ett större område än i fallet med ventilation av Götatunneln (Figur 12d). Tunnelmynningsutsläppen från Götatunneln ger upphov till väldigt höga halter över hela hålet mellan tunnlarna med beräknade maxhalter på över 600 µg/m³. På vägen öster om kvarter A, precis ovanför Gullbergstunnelns västra mynning ses halter på över 400 mg/m³.

För att tydliggöra skillnaderna i haltnivåer med respektive utan ventilation har en karta som visar differensen för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet av NO_2 mellan de två scenariona tagits fram, Figur 17. Här ses att haltskillnader mitt över hålet är stora, över 100 µg/m³. Haltskillnader över 20 µg/m³ är begränsade till ett område inom den närmaste bebyggelsen norr och söder om hålet, medan lägre påverkan på haltnivåerna ses vid kvarter A på överdäckningen.



Figur 17. Haltskillnad (µg/m³) utan respektive med ventilation vid Götatunneln för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet av NO_2 .

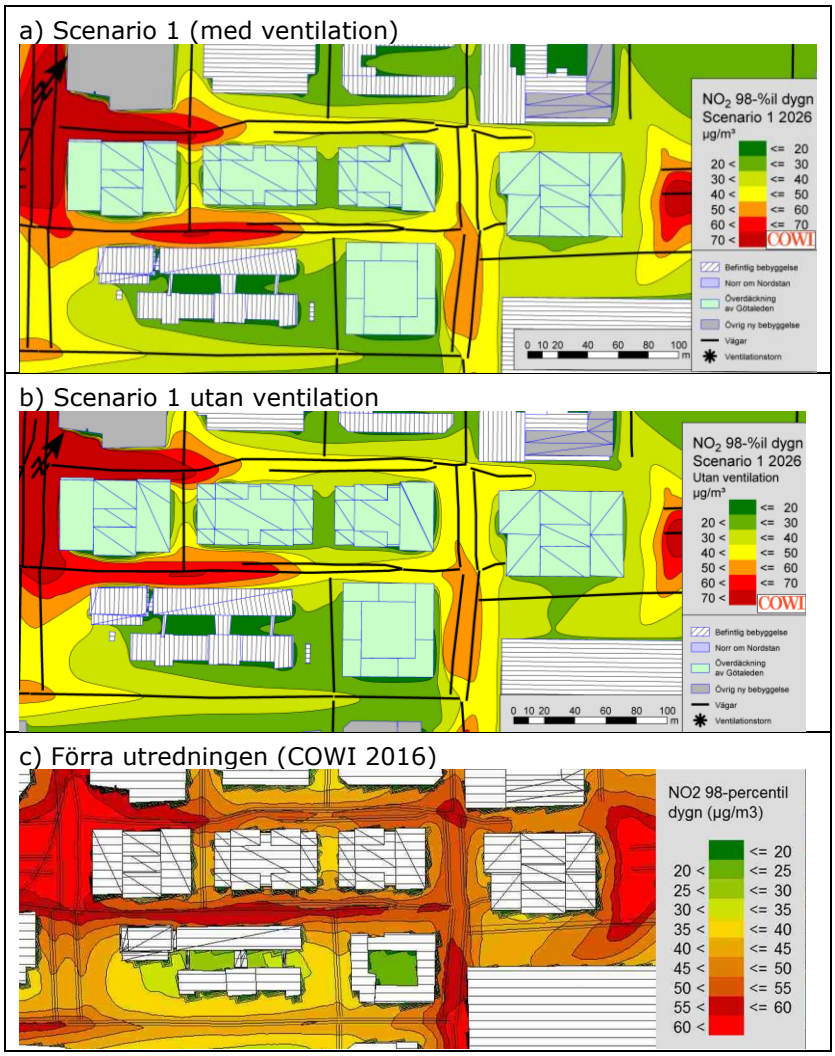
Jämförelse NO_2 år 2026

En jämförelse av tre beräkningar för år 2026 har gjorts, där de två scenarion som beräknats med och utan ventilation i denna utredning ingår. COWI har tidigare (2016) gjort en luftutredning för detaljplanen för bostäder på överdäckningen av Götaleden, där beräkningar gjordes för år 2026, utan ventilation. Skillnader mellan de olika beräkningarna sammanfattas i Tabell 4.

I Figur 18 visas 98-percentilen av dygnsmedelvärdet av NO_2 för de tre olika beräkningarna, för planområdet för detaljplanen för överdäckningen av Götaleden. Här ses att haltnivåerna generellt är högre i beräkningarna från förra utredningen (Figur 18c) än i de som gjorts i denna utredning. Det beror framför allt på att hanteringen av urbana bakgrundshalter och på att NO_X-NO_2-konvertering skiljer sig åt mellan utredningarna. I den nuvarande utredningen har en lokalt anpassad NO_X-NO_2-konvertering använts (Haeger-Eugensson M, Andersson S och Kindell S. 2018). Den omfattar att bakgrundshalterna konverteras till NO_X och adderas till beräknade NO_X-halter innan totalhalten konverteras till NO_2. Det är viktigt att det görs i den här ordningen, eftersom NO_X-NO_2-omvandlingen är koncentrationsberoende. Den tidigare använda Düring m.fl. (2011) är utvecklad och anpassad för tyska städer och tysk fordonsflotta från omkring 15 år sedan, och har en tendens att överskatta NO_2-halterna för svenska förhållanden, framför allt för percentilerna.

Tabell 4. Likheter och skillnader mellan beräkningarna som jämförs.

Aspekt	Scenario 1	Scenario 1 utan ventilation
Trafikmängd motsvarande år	2026	2026
Emissionsfaktorer motsvarande år	2023	2023
HBEFA-version	3.3	3.3
Bortventilering Götatunneln	Ja, 95 %	Nej
Urban bakgrund	Samma	Samma
NOX-NO_2-konvertering	Lokalt samband	Lokalt samband



Figur 18. 98-percentil av dygnsmedelvärdet av NO_2 (µg/m³) för a) scenario 1, b) scenario 1 utan ventilation och c) tidigare utredning för överdäckningsområdet (COWI 2016). Observera att det delvis är olika skalor i bilderna.

Gällande emissionsberäkningarna har samma trafikuppgifter använts för alla beräkningarna, förutom för Hisingsbron (se avsnitt 3.1.3, sidan 18). Utsläppen har beräknats med olika versioner av HBEFA och olika emissionsår. Utsläpp/personbil är högre i version 3.3 än 3.2. Emissionerna är därmed högre i beräkningarna

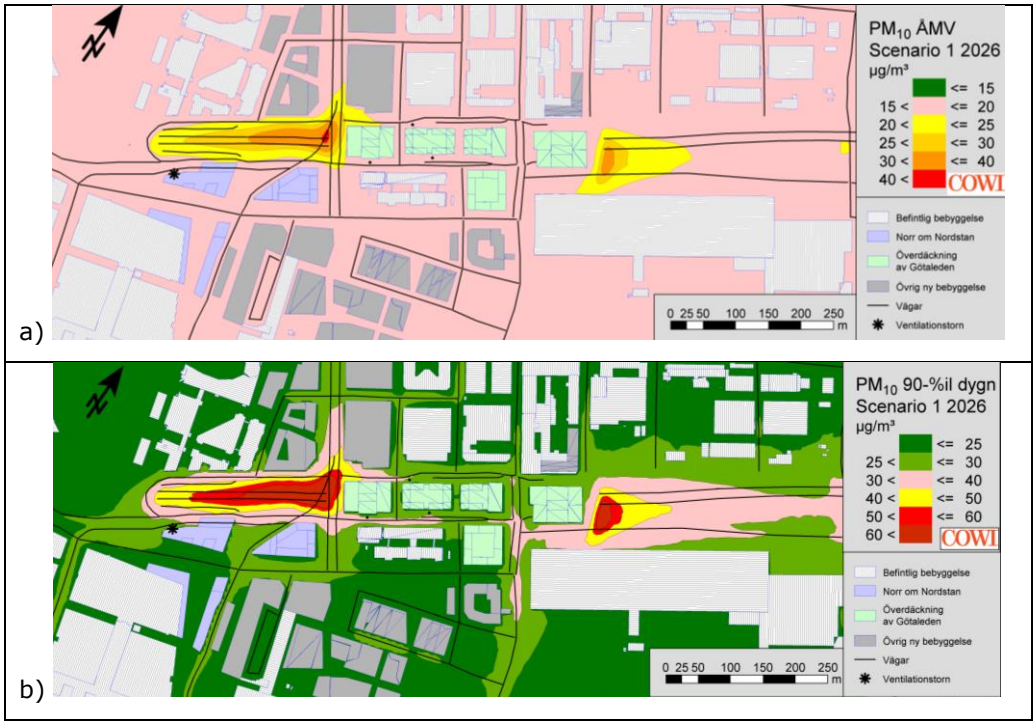
för år 2026 i denna utredning än i den förra (COWI 2016), vilket talar emot de generellt högre haltnivåerna i Figur 18c än Figur 18a och b. Troligtvis motverkas det av den förändrade NO_X-NO_2-konverteringen och hanteringen av bakgrundshalter.

I alla tre haltkartorna i Figur 18 ses överskridanden av MKN vid tunnelmynningarna på båda sidor om Gullbergstunneln. Även norr om Regionens hus och söder om kvarter B ses halter över MKN i alla bilderna. Överskridandena sträcker sig längre i bild c än b, och längre i b än a.

5.2.2 Partiklar, PM_{10}

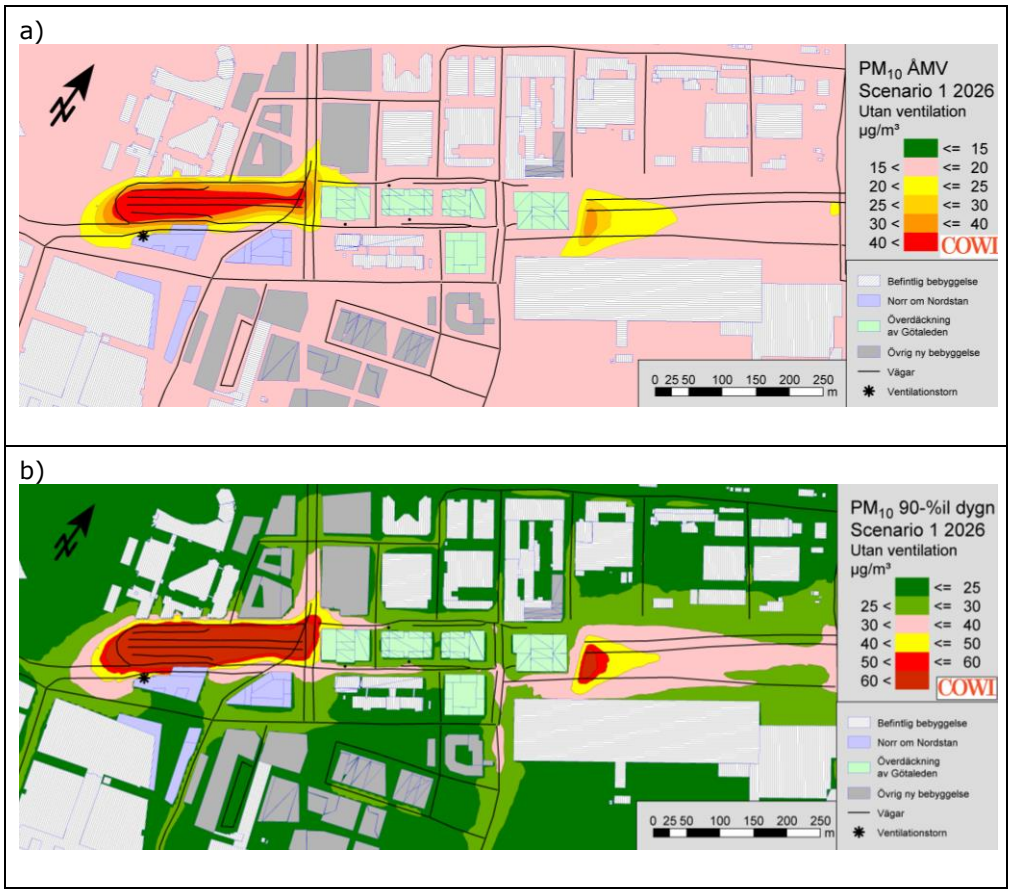
För PM_{10} visas resultaten i Figur 19 där a) visar årsmedelvärdet och b) 90-percentilen av dygnsmedelvärdet för år 2026 med ventilation (scenario 1). För årsmedelvärdet ses överskridanden av MKN vid Gullbergstunnelns västra mynning, men MKN klaras i planområdena. Miljökvalitetsmålet överskrids i hela beräkningsområdet på grund av höga bakgrundshalter.

Även för 90-percentilen av dygnsmedelvärdet ses överskridanden av MKN vid båda tunnelmynningarna, men i större områden än för årsmedelvärdet. Vid den västra mynningen ses att MKN överskrids intill kvarter A på överdäckningen. Miljökvalitetsmålet överskrids längs hela Götaleden samt på lokalgatorna norr och söder om kvarter A-D och öster om kvarter E. På två ställen inom planområdet för Norr om Nordstan ses halter över nivån för miljökvalitetsmålet, dels på Bergslagsgatan och dels på Nils Ericsonsgatan i det trånga gaturummet.



Figur 19. PM_{10}-halter (µg/m³) för scenario 1 år 2026 för a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

I beräkningarna för år 2026 utan ventilation (Figur 20) ses att MKN för årsmedelvärdet överskrids över hålet och vid detaljplanen norr om Nordstan. Samma ses för 90-percentilen av dygnsmedelvärdet, MKN överskrids vid bebyggelsen i detaljplanen norr om Nordstan samt även vid kvarter A ovanpå överdäckningen.



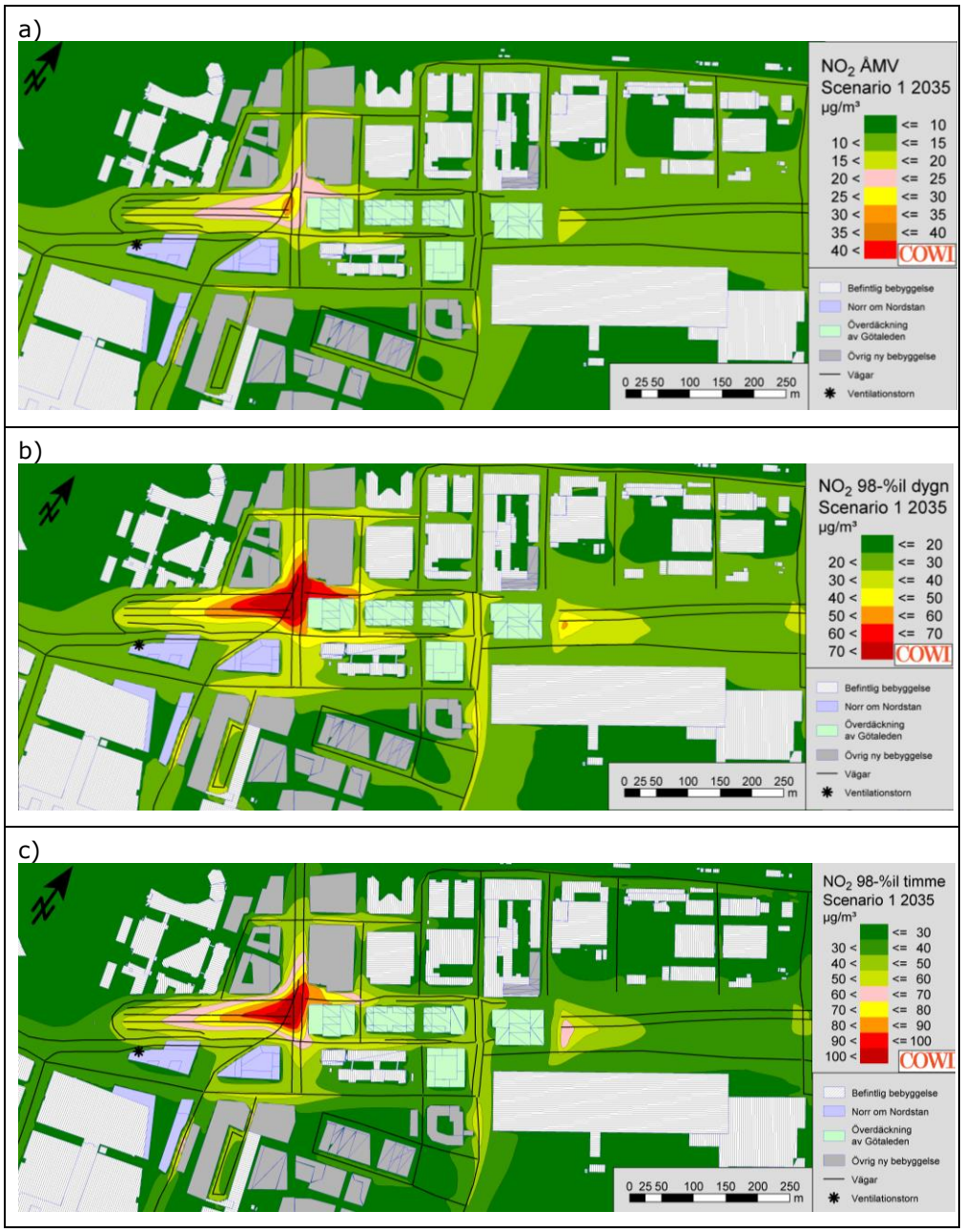
Figur 20. PM_{10}-halter (µg/m³) för år 2026 utan ventilation för a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

5.3 Scenario 1 år 2035

Beräkningarna för år 2035 visas i Figur 21 (NO_2) och Figur 22 (PM_{10}). MKN för årsmedelvärdet av NO_2 (a) tangeras endast vid överdäckningens västra tunnelmynning, i övrigt klaras MKN. Även miljökvalitetsmålet klaras i den största delen av beräkningsområdet utom vid hålet och norr om kvarter A.

Även för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet (b) ses överskridanden endast i området vid överdäckningens västra tunnelmynning, men i ett större område än för årsmedelvärdet. I gaturummet norr om kvarter A överskrids MKN samt en bit norrut mot Hisingsbron.

En liknande bild ses för 98-percentilen av timmedelvärdet, men överskridanden av MKN vid överdäckningens västra tunnelmynning. Miljökvalitetsmålet överskrids även i ett litet område vid den östra tunnelmynningen, men inte vid Götatunnelns mynning.

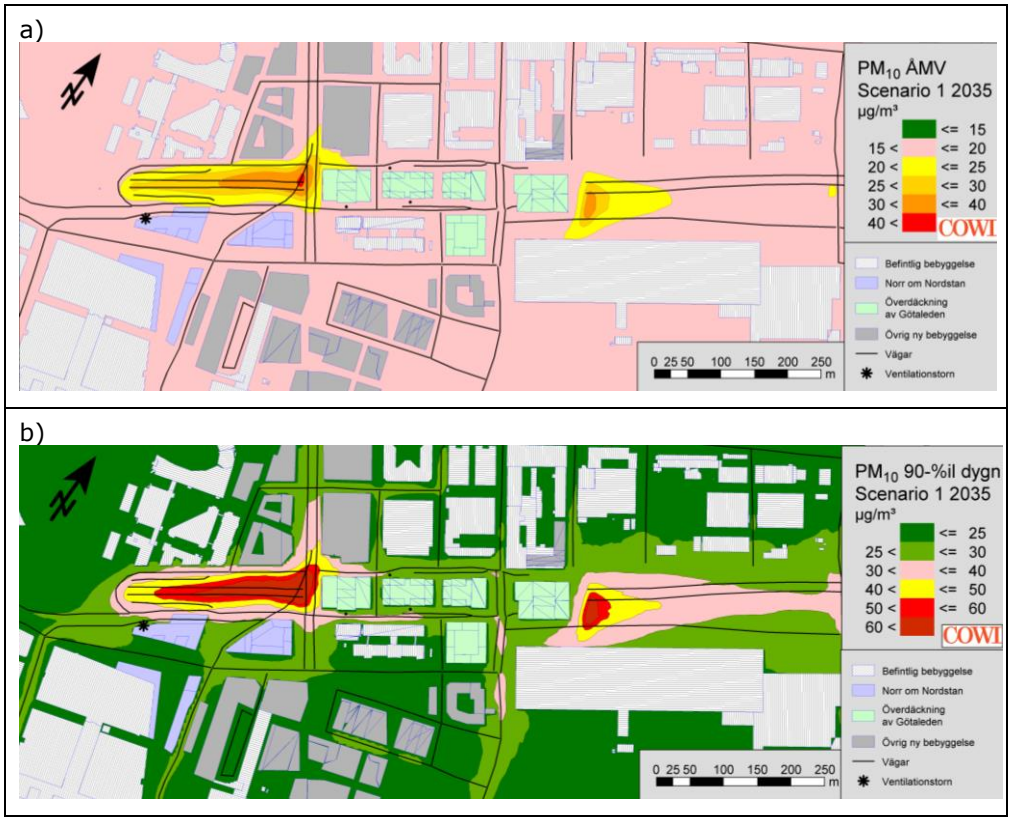


Figur 21. *NO_2-halter (µg/m³) för scenario 1 år 2035 för a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen av dygnsmedelvärdet och c) 98-percentilen av timmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.*

För PM_{10} ses överskridanden av MKN för årsmedelvärdet enbart i ett litet område vid överdäckningens västra mynning, medan miljökvalitetsmålet däremot överskrids i hela beräkningsområdet på grund av höga bakgrundshalter.

För 90-percentilen av dygnsmedelvärdet överskrids MKN vid överdäckningens båda tunnelmynningar och i hålet fram till Götatunnelns mynning. Miljökvalitetsmålet överskrids längs Götaleden samt på en del smågator inom planområdet för överdäckningen. De överskridanden av miljökvalitetsmålet som sågs i planområdet Norr om Nordstan i beräkningarna för år 2026 ses däremot inte här.

Halterna är lite lägre i beräkningarna för år 2035 än för år 2026, detta beror på att samma trafikmängder har använts för båda scenarioåren, men att man räknar med att avgasemissionerna kommer förbättras (sänkas) mellan scenarierna.



Figur 22. PM_{10}-halter (µg/m³) för scenario 1 år 2035 för a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

6 Emissionsjämförelse framtid

För att visa när MKN för NO_2 kan förväntas klaras i området, dels med, dels utan ventilation, har en emissionsberäkning och jämförelse av förväntade halter gjorts.

6.1 Jämförelse haltbidrag med och utan ventilation

I Tabell 5 visas beräknade halter av NO_2 för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet för de tre utvärderingspunkterna (se Figur 6 sidan 21 för punkternas placering) både med och utan ventilation. Tillsammans med en urban bakgrundshalt på 17 µg/m³ utgör bidragen från tunneln och övriga gator totalhalten. Siffrorna i parentes för de olika bidragen visar andelen av totalhalten som respektive delen utgör. Resterande del utgörs av urban bakgrundshalt. Den urbana bakgrundshalten i området för 98-percentilen av dygnmedelvärdet av NO_2 är 17 µg/m³ och utgör resterande andel av totalhalten.

Tabell 5. NO_2 i de tre punkterna från Figur 6 (sidan 21) för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet av NO_2 (µg/m³) med respektive utan ventilation.

Punkt	Med ventilation			Utan ventilation		
	Total-halt	Tunnel-bidrag	Bidrag övriga gator	Total-halt	Tunnel-bidrag	Bidrag övriga gator
1	62	5 (8 %)	40 (65 %)	63	6 (10 %)	40 (63 %)
2	59	10 (17 %)	32 (55 %)	65	15 (24 %)	32 (50 %)
3	55	10 (18 %)	28 (51 %)	55	10 (18 %)	28 (51 %)

Tabellen visar att i punkt 1, norr om kvarter B, så förändras haltbilden väldigt lite med respektive utan ventilation. Det är istället utsläppen från de övriga gatorna som utgör största delen av totalhalten, ca 63-65 %. Endast ventilering av Götatunneln löser alltså inte problemet med höga halter i den här punkten. Vid punkt 1 passerar den väg som är numrerad med nummer 26 i tabellen i Bilaga B, där man räknar med totalt 11 600 fordon i ÅDT (årsdygnstrafik, fordon per dygn) med 6 % tung trafik (inklusive buss), vilket är det som främst ger de höga halterna här. Väg nummer 61 mellan hus A och B ger ett försumbart bidrag till halterna i området, och även Vikingsgatan som går norrut från korsningen har mycket lägre emissioner än väg 26. Troligtvis är det de stora trafikmängderna på väg 26 som orsakar de höga halterna i denna punkt.

I punkt 2, söder om hus A, ses den största skillnaden mellan beräkningarna med och utan ventilation. Denna punkt är också närmast tunnelmynningarna. Andelen av totalhalten som kommer från tunnlarna ökar från 17 % med ventilation till 24 % utan ventilation vid dessa punkter. Tunnelutsläppen orsakas till viss del av emissioner från Götatunneln (skillnaden mellan med och utan ventilation, ca 5 µg/m³). De övriga 10 µg/m³ som tunnelutsläppen orsakar här, kommer till stor del från utsläppen ur Gullbergstunnelns västra mynning samt från utsläppen från själva Götaleden i hålet väster om kvarter A. Bidraget från övriga gator kommer framför allt från väg nummer 25 som passerar söder om hus A, med 14 000 ÅDT och 6 % tung trafik inklusive buss. Påverkan kan även ske från Stadstjänaregatan (nummer 2 och 3), där det prognosticeras mycket trafik i framtiden och därmed höga emissioner.

Vid punkt 3, söder om kvarter B nära uppfarten från tunneln under överdäckningen, ses ingen skillnad med och utan ventilation. Detta beror på att tunnelbidraget i denna punkt kommer från uppfarten och de föroreningar som dras med ut från tunneln här, och som inte påverkas av om Götatunneln ventileras. Här skulle istället ventilation av Gullbergstunneln vara till nytta. Dock kommer den största delen av utsläppen från gator ovan mark (51 % av totalhalten, ca 75 % av de lokalt genererade halterna). Uppfarten söder om hus B har 2 800 ÅDT och 7 % tung trafik, och söder om uppfarten går väg nummer 25 (se ovan punkt 2), som ger det största bidraget från övriga gator.

6.2 Vilket år kan MKN för NO_2 klaras?

För att ta reda på vilket år som MKN i de undersökta punkterna skulle kunna klaras, inklusive viss marginal, alltså halter 55 µg/m³ eller lägre för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet, har en jämförelse av emissionerna de olika åren för aktuella gator gjorts. Emissionsminskningen har utgått från emissionen beräknad för respektive gata med emissionsfaktorer för år 2023, som använts i beräkningarna för år 2026 (se avsnitt 3.1.4 sidan 18). Emissionsfaktorer för gatorna för år 2024, 2025 och 2026 har tagits fram på samma sätt som för år 2023 (med HBEFA-modellen). Emissioner för de olika åren för respektive gata har beräknats. Minskningen i emissioner mellan år 2023 och de olika årtalen visas i Tabell 6.

Detta innebär att tunnelutsläppen (dvs. Götaleden nere i "hålet" samt tunnelemissioner från både Götatunneln och Gullbergstunneln) i genomsnitt sänks med 11 % från 2023 till 2024 (förutsatt samma trafikmängder, men olika emissionsfaktorer) och med 21 % fram till 2025 jämfört med 2023. Skulle de faktiska emissionsfaktorerna för år 2026 istället användas så skulle halterna vara ca 30 % lägre än när emissionsfaktorer för år 2023 används.

Tabell 6. Minskning av NO_X-utsläpp från gatutrafik, givet att trafikmängderna hålls konstanta medan emissionsfaktorerna förändras. Minskningen anges i procent jämfört med emissionsfaktorer för år 2023.

Gata	Berör punkt	Emissionsminskning		
		2024	***2025***	***2026***
Götaleden	1, 2, 3	11%	21%	30%
Tunnelemissioner Götatunneln	1, 2, 3	11%	21%	30%
Tunnelemissioner överdäckningen	1, 2, 3	11%	21%	30%
Stadstjänarebron	1, 2	12%	22%	31%
Stadstjänaregatan	2	12%	23%	32%
Väg 25	2, 3	11%	22%	31%
Väg 26	1	12%	22%	31%
Uppfart söder om hus B	3	12%	22%	31%

På övriga gator, där hastigheten är lägre, sjunker emissionerna med 12 %, 22 % respektive 31 % med emissionsfaktorer för 2024, 2025 respektive 2026.

I Tabell 7 visas halten för respektive år och punkt fördelat på tunnelbidrag och övriga haltbidrag. Tunnelbidraget respektive bidraget från övriga gator har minskat baserat på hur emissionerna för gatorna minskar (se Tabell 6) och en ny totalhalt har beräknats med samma urbana bakgrundshalt (17 µg/m³).

För punkt 1 nås halter under 55 µg/m³ i fallet med ventilation redan med emissionsfaktorer för år 2025, motsvarande scenarioår 2028. År 2029 ligger halterna under 50 µg/m³ i fallen både med och utan ventilation.

I punkt 2 klaras 55 µg/m³ i fallet med ventilation år 2027. För fallet utan ventilation nås halter under 55 µg/m³ istället år 2028.

I punkt 3 ligger halterna på 55 µg/m³ redan år 2026, för beräkningarna med emissionsfaktorer för år 2023. Halten 55 µg/m³ underskrids dock året därpå, 2027 med emissionsfaktorer för år 2024. Samma halter ses både med och utan

ventilation, eftersom tunnelbidraget kommer från uppfarten ur Gullbergstunneln och inte minskar med ventilation av Götatunneln.

Tabell 7. Uppskattade halter i de tre punkterna beräknade för olika scenarioår, med olika emissionsfaktorsår. Observera, samma trafikmängderna alla scenario-år. Enbart ändrade emissionsfaktorer. Siffror i fetstil samt röd ruta visar det år när totalhalten understiger 55 µg/m³.

År emissions-faktor	Motsvarar scenarioår	Med ventilation			Utan ventilation		
		Totalhalt	Tunnel-bidrag	Bidrag övriga gator	Totalhalt	Tunnel-bidrag	Bidrag övriga gator
Punkt 1							
2023	2026	62	5	40	63	6	40
2024	2027	57	4	35	58	5	35
2025	2028	**52**	4	31	**53**	5	31
2026	2029	48	4	28	49	4	28
Punkt 2							
2023	2026	59	10	32	65	15	32
2024	2027	**54**	9	28	59	13	28
2025	2028	50	8	25	**54**	12	25
2026	2029	46	7	22	50	11	22
Punkt 3							
2023	2026	55	10	28	55	10	28
2024	2027	**51**	9	25	**51**	9	25
2025	2028	47	8	22	47	8	22
2026	2029	43	7	19	43	7	19

Det är dock viktigt att notera att resultaten bara gäller i dessa specifika punkter! I gaturummen ses en brant haltavklingning både från lokalgatorna och från tunnelmynningarna, och halterna varierar mycket inom samma gaturum. Halterna blir snabbt högre ut mot mitten av gatan eller närmare Stadstjänaregatan (gäller framför allt punkt 2). Det innebär dock inte att halterna klaras i hela gaturummet bara för att MKN klaras i punkten enligt Tabell 7 ovan, men ger i alla fall en indikation. Spridningsberäkningar behövs för att kunna avgöra effekten av ett annat scenarioår på helhetsbilden.

Sammanfattningsvis visar resultaten av emissionsjämförelsen att MKN skulle klaras i alla tre punkterna både med och utan ventilation om emissionsfaktorer för det faktiska scenarioåret 2026 användes. Även med emissionsfaktorer för år 2025 klaras halter under 55 µg/m³ i alla punkter både med och utan ventilation. Skillnaderna med och utan ventilation är små, det är framför allt övriga gator som orsakar de höga halterna inne bland kvarteren ovanpå överdäckningen. Bortventilering av halterna från själva Gullbergstunneln skulle ha större potential att påverka haltbilden i området än vad bortventilering av halterna från Götatunneln har.

6.3 Spridningsberäkningar år 2028 utan ventilation

Resultaten av spridningsberäkningar för år 2028 med emissionsfaktorer för år 2025, utan någon bortventilation av tunnelutsläppen från Götatunneln, visas i Figur 23 för NO_2 och Figur 24 för PM_{10}.

Figur 23. *NO_2-halter (µg/m³) för år 2028 utan ventilation för a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen av dygnsmedelvärdet, c) 98-percentilen av timmedelvärdet och d) 99,8-percentilen av timmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.*

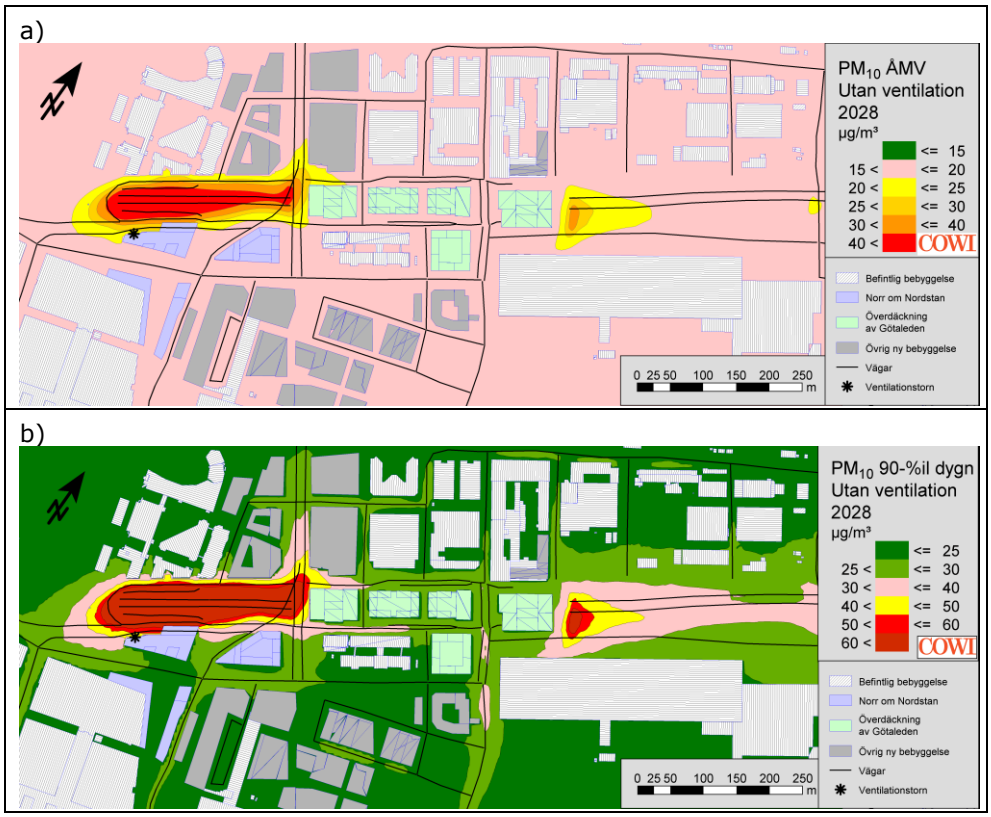
För NO_2 överskrids MKN:s nivåer för årsmedelvärdet (Figur 23a) mitt ovanför hålet vid både Götatunnelns och Gullbergstunnelns mynningar. I övrigt klaras

MKN för årsmedelvärdet. Även miljökvalitetsmålet klaras i större delen av beräkningsområdet, utom intill hålet samt ett litet område vid Gullbergstunnelns östra mynning.

För 98-percentilen av dygnsmedelvärdet (Figur 23b) klaras MKN i de tre punkter som emissionsjämförelserna gjorts för. Norr om hus B ovanpå överdäckningen klaras MKN, och halterna för dygnpercentilen är under 55 µg/m³. Söder om hus A och B, norr om Regionens hus, ses halter som tangerar MKN, medan halterna i gaturummet rakt söder om hus A norr om den höga delen av Regionens hus ligger under 55 µg/m³. Norr om hus A ses fortfarande höga halter över nivån för MKN, ett område som även sträcker sig upp mot Hisingsbron och väster om hus A på Stadstjänaregatan över Götaleden. I gaturummet öster om huset söder om hus E klaras MKN, dock med liten marginal, halterna mitt på gatan är över 55 µg/m³.

För 98-percentilen av timmedelvärdet (Figur 23c) ses likande bild som för dygnpercentilen, men området där MKN överskrids är lite mindre. För 99,8-percentilen av timmedelvärdet (Figur 23d) ses liknande bild som i beräkningarna för år 2026 utan ventilation, men de högsta halterna är lite lägre och utbredningsområdet lite mindre år 2028.

Även PM_{10} har beräknats för år 2028 utan ventilation, årsmedelvärdet visas i Figur 24a och 90-percentilen av dygnsmedelvärdet i Figur 24b.



Figur 24. PM_{10}-halter (µg/m³) för år 2028 utan ventilation för a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

För PM_{10} är de höga halterna lokaliserade över Götaleden, eftersom partikelemissionens storlek bland annan beror på hastigheten fordonen kör i, ju

snabbare desto högre emission. För årsmedelvärdet (Figur 24a) överskrids MKN i området ovanför det så kallade hålet mellan de två tunnelmynningarna, men klaras vid Gullbergstunnelns östra mynning. Miljökvalitetsmålet överskrids i hela beräkningsområdet på grund av höga bakgrundshalter.

För 90-percentilen av dygnsmedelvärdet (Figur 24b) är området där MKN överskrids lite större, och sträcker sig utanför hålet mot det västra huset i detaljplanen Norr om Nordstan, samt fram till hörnet på hus A ovanpå överdäckningen. Även vid Gullbergstunnelns östra mynning överskrids MKN. Miljökvalitetsmålet för dygnspercentilen överskrids längs Götaleden samt upp mot Hisingsbron och in i gaturummen norr och söder om byggnaderna ovanpå överdäckningen fram till och med delar av hus B.

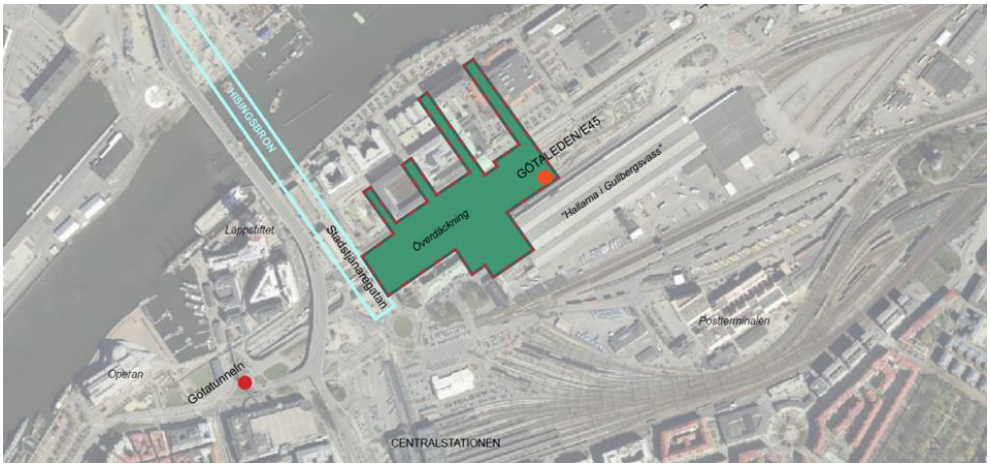
7 Analys av föreslagna åtgärder

I detta avsnitt presenteras en övergripande analys av de åtgärdsförslag som definierats av SBK men inte spridningsberäknats, åtgärdsscenario 3-7.

Analysen i detta kapitel utgår till stor del från resultaten för beräkningarna för scenario 1 som presenterats i kapitel 5, samt tidigare utredningar (COWI 2016, Sweco 2017). Analysen fokuserar på vad det skulle bli för trolig effekt av att föreslagna åtgärder utförs och varje förslag har analyserats separat. Scenario 2 utgår enligt överenskommelse med beställaren.

7.1 Åtgärdsscenario 3

Scenario 3 (Figur 25) innebär att Götatunneln och Gullbergstunneln förses med ventilationstorn samt att hålet mellan de båda tunnlarna behålls öppet.



Figur 25. Illustration av åtgärdsscenario 3. Röda markeringar visar ventilationstorn. Observera att placeringen av ventilationstorn vid överdäckningen inte är exakt.

Resultatet från scenario 1 (Figur 12) visar att även om 95% av emissionerna från Götatunneln ventileras bort i ett ventilationstorn blir det halter över MKN i

markplan vid gatorna i det nya kvarteret ovanpå överdäckningen. Ytterligare åtgärder kommer därför behövas, varför åtminstone scenario 3 behöver utredas vidare med spridningsberäkningar.

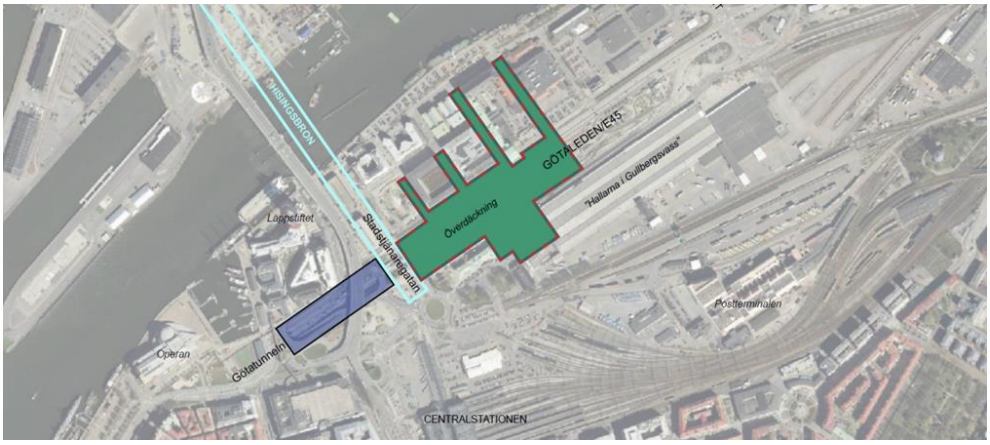
Denna åtgärd (ventilation även från Gullbergstunneln) kan eventuellt vara tillräcklig, men det är inte säkert. Enligt vad som framkom i förra utredningen (COWI 2016) så är enbart utsläppen från Gullbergstunneln tillräckliga för att ge överskridanden av MKN vid östra mynningen av Gullbergstunneln. Samma sak sker troligen även på västra sidan, även om detta inte ses specifikt i någon av beräkningarna i förra utredningen (COWI 2016). Detta bekräftas i beräkningarna som gjorts av scenario 1 i denna utredning, där tunnelutsläpp från Gullbergstunneln inte ventileras bort, och där halterna vid tunnelmynningarna från Gullbergstunneln är höga. Dock finns det en risk att de utsläpp som sker i markplan i sig kan orsaka överskridanden av MKN i och med att det är trånga gaturum, relativt mycket trafik i området samt även intransport från närliggande gaturum vilket sammantaget riskerar att ge höga halter även utan bidraget från tunnlarna.

En ytterligare fördel med bortventilation på samma sätt som utreddes i samband med detaljplan för bostäder vid Järnvågen (COWI 2017) är att även de tunnelutsläpp som sker vid av- och påfartsramper ventileras bort. Då ramper planeras för upp- och nedfart från tunneln vid hus B och D så skulle ventilation av utsläppen i Gullbergstunneln även förbättra luftkvaliteten i de nya kvarteren ovanpå överdäckningen.

Förslagsvis bör Gullbergstunnelns ventilationstorn placeras och anpassas så att den kan ventilera bort tunnelutsläppen även om Götaleden överdäckas hela vägen bort till Falutorget om man vill göra detta i något skede. En annan viktig aspekt är att om tunneln förlängs (dvs. om även hålet överdäckas, så att Götatunneln förlängs) så påverkas utsläppen vid Järnvågen. För att inte försämra på andra sidan av Götatunneln, så kan det vara en fördel att behålla uppdelningen på två tunnlar, dvs. att behålla hålet öppet.

7.2 Åtgärdsscenario 4

Scenario 4 (Figur 26) innebär ett överdäckat hål utan ventilationstorn. Detta skulle resultera i ökade utsläpp vid tunnelmynningen öster om överdäckningen, vilket ger risk för mycket höga halter vid tunnelmynningen. Även utsläppen vid på- och avfartsramper riskerar att öka, vilket kan leda till högre utsläpp inne bland de nya kvarteren ovanpå överdäckningen.



Figur 26. Illustration av åtgärdsscenario 4. Mörkblå markering visar överdäckning över hålet.

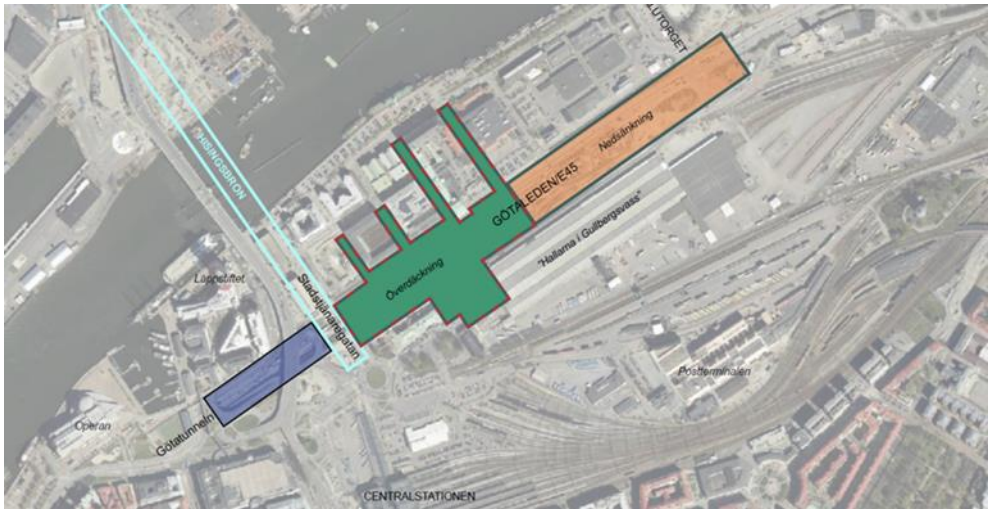
Dock flyttas emissionerna från hålet till området öster om överdäckningen, där det jämförelsevis är mindre folk i rörelse, även om det fortfarande är mycket kontor m.m. i detta område. Resultaten från scenario 1 visar att det redan utan överdäckat hål sker överskridanden av NO_2. Om tunnelemissionerna från både Götatunneln, överdäckat hål samt Gullbergstunneln ska ledas ut genom den östra tunnelmynningen så kommer halterna där att bli ännu högre. En ytterligare effekt skulle även bli att halterna vid den västra tunnelmynningen vid Järnvågen sannolikt ökar.

Sammanfattningsvis är detta sannolikt inte en tillräcklig åtgärd, utan problemet flyttas bara österut, och skapar fortfarande problem för överdäckningsplanen. Dock skulle luftkvalitetssituationen i planområdet Norr om Nordstan förbättras. För Centralenområdet i stort innebär det bara att man flyttar problemet, det ger ingen lösning på det. Dessutom finns risk att den halten *inne i tunnel* kommer överskrida gällande gränsvärden för tunnelluft.

Däremot är det så att om resterande emissioner i hålet, även med ventilering, fortfarande genererar alltför höga haltbidrag upp till markplan, så kan det vara en fördel att *även,* men inte endast, överdäcka hålet för att minska utsläppen Norr om Nordstan och väster om överdäckningen. Se vidare åtgärdsscenario 6 och 7 (avsnitt 7.4 och 7.5 nedan).

7.3 Åtgärdsscenario 5

Scenario 5 (Figur 27) innebär ett överdäckat hål samt överdäckning mellan Torsgatan och Falutorget utan ventilationstorn, vilket är ungefär samma scenario som scenario 4 ovan, men med längre total tunnellängd. Det skulle innebära ännu högre utsläpp vid tunnelmynningar och ramper än i scenario 4. Samtidigt är detta alternativ positivt för de två planområdena, eftersom utsläppen flyttas längre bort från planområdena. Dock är det värt att tänka på att om man ska bygga även på den bortre delen av överdäckningen, mellan Torsgatan och Falutorget, så kommer det i det här scenariot att bli för höga halter vid tunnelmynningen. Även på Järnvågssidan riskeras höga halter.

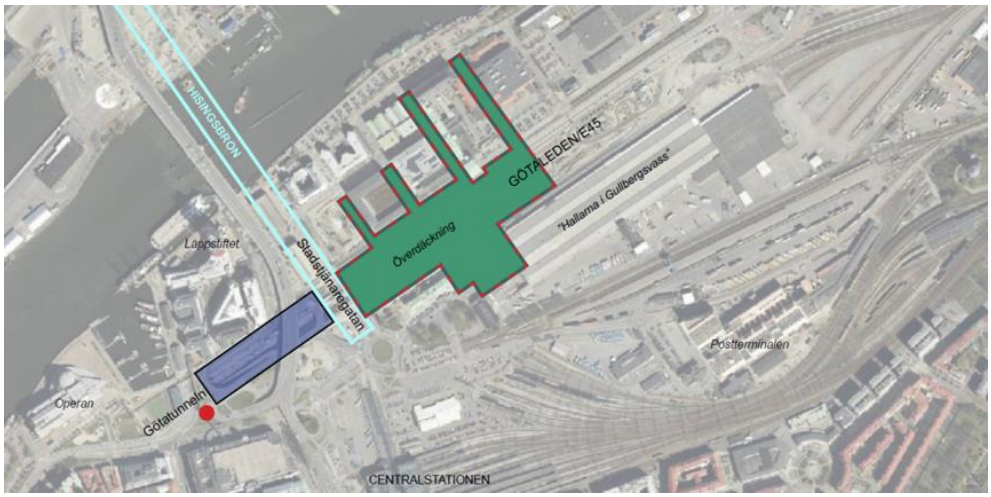


Figur 27. Illustration av åtgärdsscenario 5. Mörkblå markering visar överdäckning över hålet och orange markering visar överdäckningen mellan Torsgatan och Falutorget.

7.4 Åtgärdsscenario 6

Scenario 6 (Figur 28) omfattar ett ventilationstorn i Götatunneln och ett överdäckat hål. Detta innebär i praktiken att Götatunneln förlängs med ca 800 m, och blir då 2,4 km lång, jämfört med dagens 1,6 km. Emissionen från tunnelventilationen kommer då att öka med ca 50 %, så att utsläppen blir 150 % av utsläppen i scenario 1, som spridningsberäknats ovan (avsnitt 5.2).

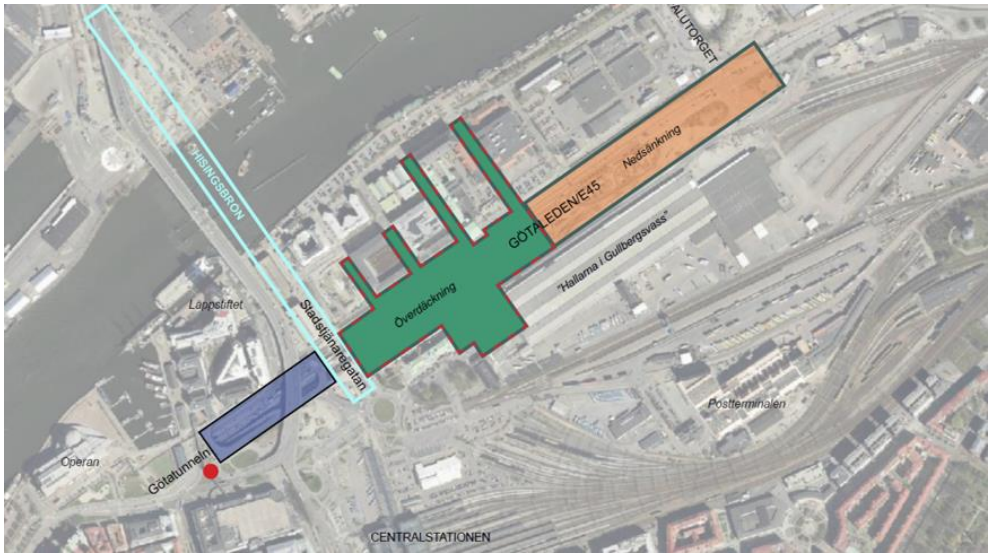
Förutsatt att utsläppen i hela tunneln kan ventileras bort i båda ändarna av tunneln, så är detta sannolikt ett bra förslag, definitivt bättre än utan ventilationstorn. Eventuellt kan två ventilationstorn behövas, där det tillkommande tornet placeras närmare den östra mynningen, eftersom man har ett naturligt flöde i tunneln i samma riktning som bilarna kör. Det är i så fall viktigt att räkna på även den ytterligare skorstenen alternativt en annan placering av det ensamma tornet, för att utreda var utsläppen hamnar.



Figur 28. Illustration av åtgärdsscenario 6. Mörkblå markering visar överdäckning över hålet. Röd markering visar ventilationstorn.

7.5 Åtgärdsscenario 7

Scenario 7 (Figur 29) omfattar ett ventilationstorn i Götatunneln med överdäckat hål samt en överdäckning mellan Torsgatan och Falutorget. Den totala tunnellängden från Järnvågen till Falutorget blir då ca 2,7 km, vilket innebär att ventilationsutsläppen blir ca 170 % av de i scenario 1. Även här kan det finnas behov av två ventilationstorn. Risken finns att det rent ventilationstekniskt är svårt att ventilera hela tunneln annars. Detta behöver utredas vidare om det skulle bli aktuellt, och man behöver då även räkna på var utsläppen från tornet/tornen hamnar. Om bara en skorsten används kommer det bli höga utsläpp koncentrerat i en punkt, vilket kan kräva hög skorstenshöjd. Det är knepigt i o m att det finns och planeras många höga hus i området.



Figur 29. Illustration av åtgärdsscenario 7. Mörkblå markering visar överdäckning över hålet, orange markering visar överdäckningen mellan Torsgatan och Falutorget. Röd markering visar ventilationstorn.

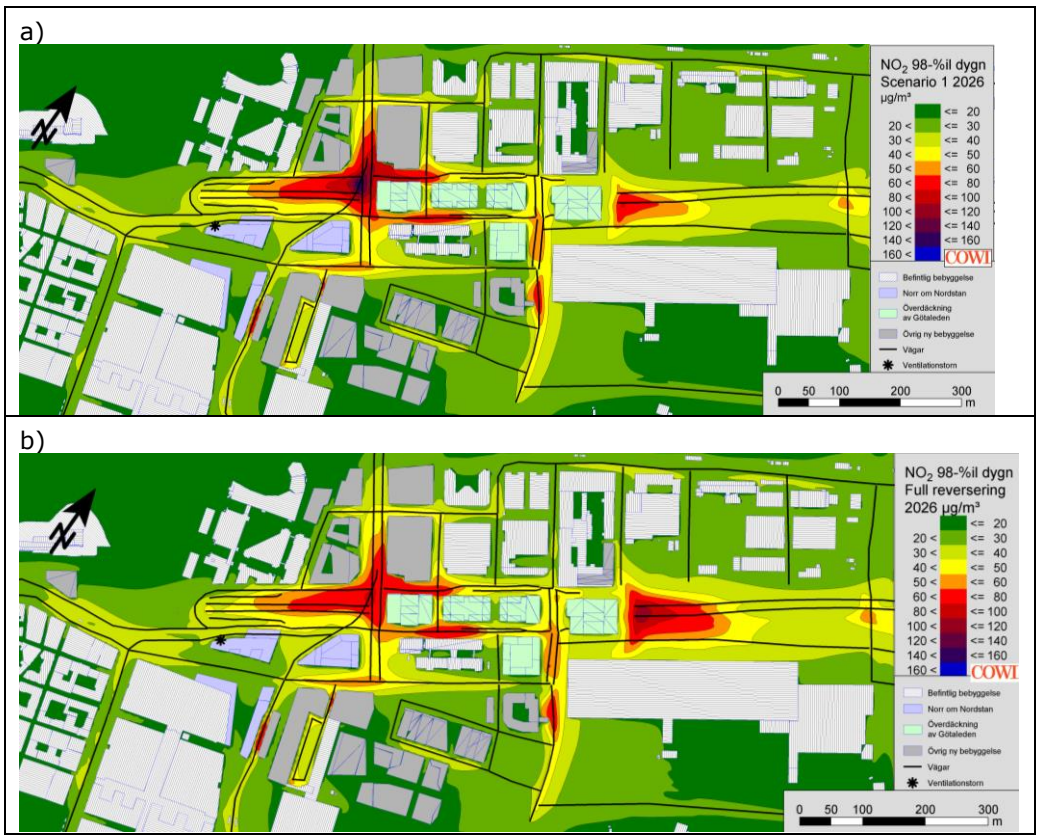
8 Reversering

Resultatet från spridningsberäkningarna för år 2026 (Figur 12) visar att haltnivån vid överdäckningen ger mycket stora överskridanden av MKN på flera platser där många människor vistas, men framför allt vid hus A. En stor orsak är haltbidrag från tunneln under överdäckningen (Gullbergtunneln). För att visa om haltnivåerna i markplan klaras om dessa emissioner inte släpps ut via den västra mynningen har en ytterligare åtgärd studerats. Det är att reversera tunnelluften, det vill säga att med hjälp av ventilation vända luften inne i tunnelröret där trafiken går västerut.

8.1 Spridningsberäkningar med reversering

I detta avsnitt visas resultaten av spridningsberäkningar av NO_2 både för fallet med permanent reversering och även för scenario 1, för att lättare kunna jämföra effekten av reversering. 95% av tunnelutsläppen från Götatunneln är bortventilerade med ventilationsanläggningen medan 100% av tunnelluften förväntas vara reverserad i Gullbergstunneln.

Scenario 1 visas som bild a) i Figur 30-Figur 32, och fallet med permanent reversering av trafikutsläppen i norra tunnelröret visas som bild b). Både scenario 1 och fallet med permanent reversering är beräknade för år 2026 (och med emissionsfaktorer för år 2023). I Figur 30 visas 98-percentilen av dygnsmedelvärdet och i Figur 31 98-percentilen av timmedelvärdet i samt 99,8-percentilen av timmedelvärdet i Figur 32.

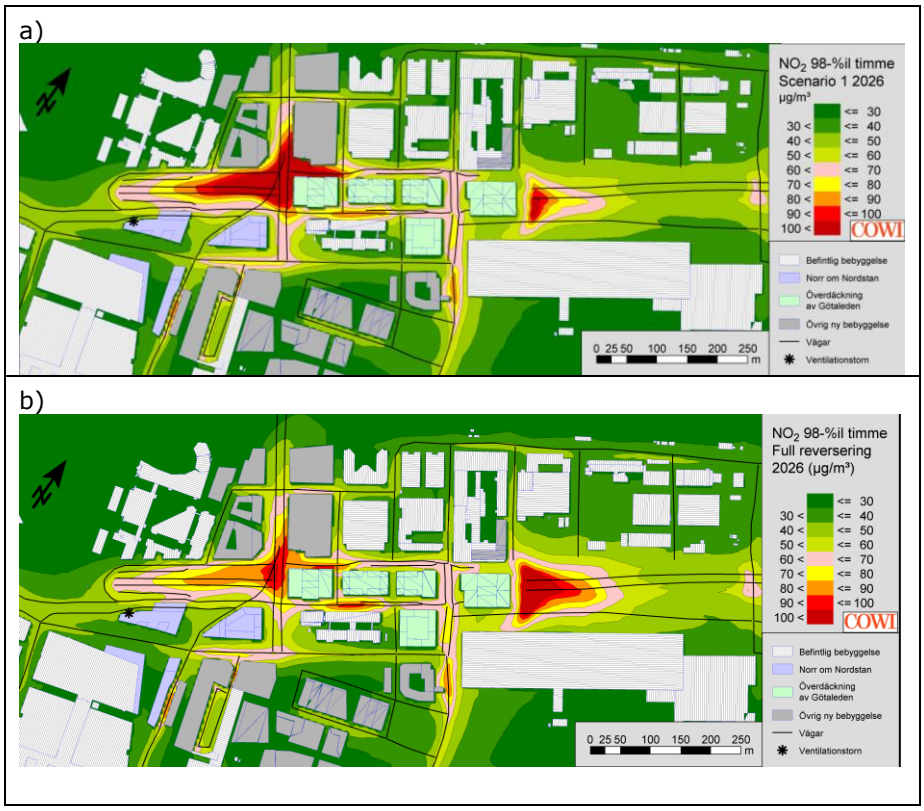


Figur 30. 98-percentil av dygnsmedelvärdet av NO_2 (µg/m³) för år 2026 a) utan reversering av tunnelluften i det norra röret, och b) med reversering av tunnelluften i det norra röret. Röd haltgräns visar nivån för MKN.

Vid jämförelse mellan haltnivåerna vid hus A för scenario 1 och fallet med reversering blir halterna vid Gullbergstunnelns västra mynning mycket lägre i b), men MKN överskrids fortfarande norr och väster om kvarter A.

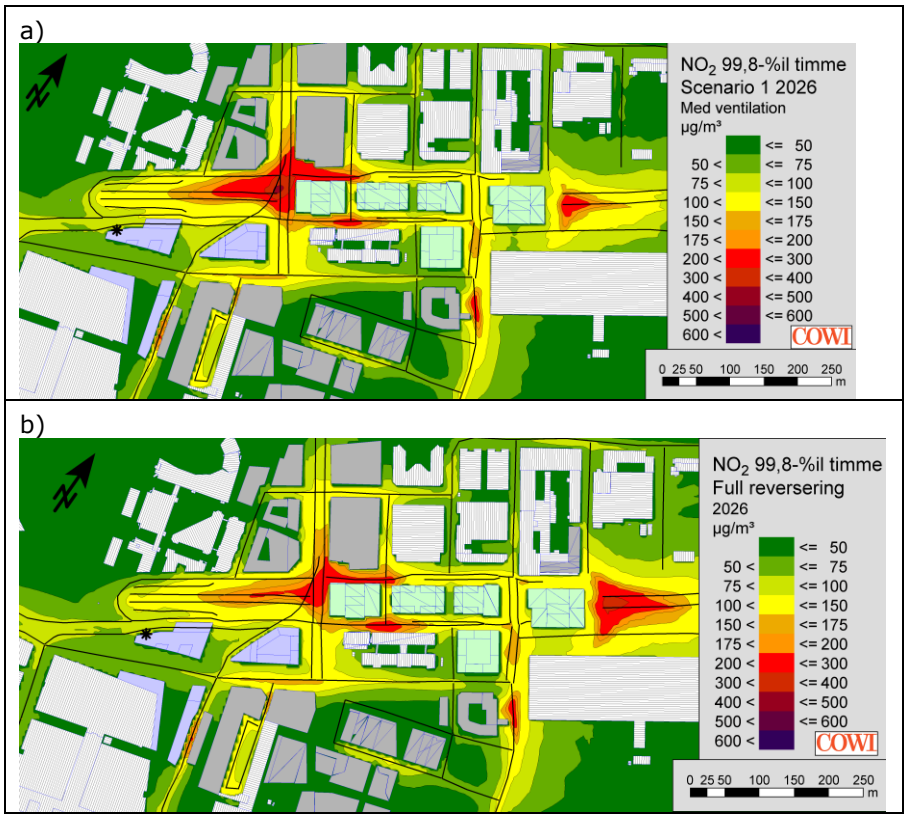
Vid Gullbergstunnelns östra mynning blir halterna högre med reverseringen, vilket var förväntat eftersom mer föroreningar i detta fall släpps ut denna väg. Eftersom det i detta fall inte finns bebyggelse precis invid leden och mynningen klaras MKN i kvarter D, trots högre utsläpp. En reversering av tunnelluften bör alltså inte resultera i att det uppstår ett nytt problem vid den planerade bebyggelsen vid kvarter D. Om tunnelmynningen skulle bli mer kringbyggd även här bör dock nya beräkningar göras då spridningsförutsättningarna då kan bli sämre än vad som är fallet i detta exempel.

Även för 98-percentilen av timmedelvärdet (Figur 31) ses en tydlig förbättring med lägre halter runt kvarter A vid full reversering. Öster om kvarter D ses högre halter än utan reversering, men MKN klaras vid kvarteret.



Figur 31. 98-percentil av timmedelvärdet av NO_2 (µg/m³) för år 2026 a) utan reversering av tunnelluften i det norra röret, och b) med reversering av tunnelluften i det norra röret. Röd haltgräns visar nivån för MKN, rosa haltgräns nivån för miljökvalitetsmålet.

I Figur 32 visas haltnivåerna för 99,8-percentilen av timmedelvärdet utan reversering (a) och med reversering (b). Även här ses en påtaglig förbättring av haltnivåerna vid reversering både vid sidan och framför hus A samt även ovanför ”hålet” väster om Gullbergstunneln där området med halter över 200 µg/m³, vilket är gränsen för MKN, är betydligt mindre med reversering. Det kvarstår dock en risk med alltför höga halter även med reversering norr och väster om kvarter A även om orådet för detta har minskat.



Figur 32. 99,8-percentil av timmedelvärdet av NO_2 (µg/m³) för år 2026 a) utan reversering av tunnelluften i det norra röret, och b) med reversering av tunnelluften i det norra röret. Båda scenariona antar ventilation av utsläppen från Götatunnelns östra mynning. Röd haltgräns visar nivån för MKN.

8.2 Reverseringsbehov

Alla ovanstående haltnivåer är då det är full reversering, dvs. om reverseringen skulle vara igång hela tiden, vilket inte är önskvärt ur bl.a. ur brandskyddssynpunkt (se vidare Bilaga G) och inte heller ur energisynpunkt.

För att minska riskerna som är förknippade med brandincident vid reversering i tunneln, är det viktigt att reverseringen endast är igång endast när det verkligen behövs. Det är när MKN riskerar att överskridas i omgivningen vid tunnelmynningen (kvarter A). Den totala halten består av dels bidraget från urban bakgrund dels från lokala källor. I området närmast tunnelmynningen är det en mycket stor påverkan från emissionen från tunnelmynningen.

Behovet av reversering styrs av när den totala haltnivån i kvarteren ovanför överdäckningen nära tunnelmynningen närmar sig eller blir högre än 90 µg/m³, dvs MKN för 98-percentil timme. De parametrar som (förutom bebyggelse) generellt påverkar haltnivåerna i denna skala för olika tidpunkter är emissionens storlek (hög eller lågtrafik), vindhastighet och vindriktning samt den allmänna urbana bakgrundshalten. För att kunna fastställa när reverseringen behöver köras har effekten på NO_2-koncentrationen av respektive parameter testats och utvärderats.

I den följande analysen har fokus varit på halterna vid två punkter närmast kvarter A, som fortsättningsvis kallas för Punkt 2 och Punkt 3. Deras läge visas i Figur 7 på sidan 22. Troliga förutsättningar för att det kan bli höga halter där är:

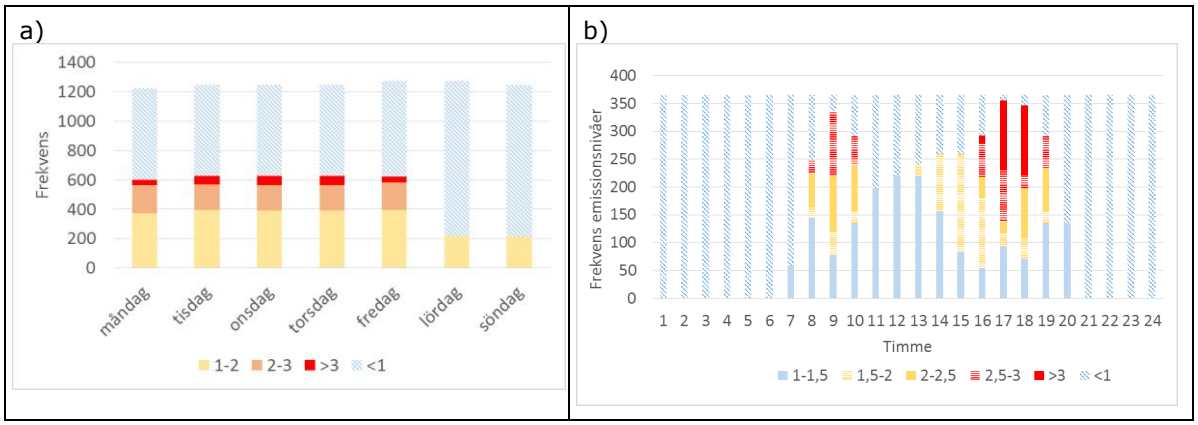
- hög lokal emission på främst Götaleden men även smågatorna, t.ex. vid morgon och rusningstider
- låg/lägre emission och samtidigt höga urbana bakgrundshalter
- låg vindhastighet, så utspädningen av det lokala bidraget blir begränsad även vid lägre emissioner

8.2.1 Emissionsnivåer

Utsläppsnivåerna är direkt relaterade till antal fordon på vägarna. För varje timme under ett år har ett emissionsindex (EI) beräknats som ÅDT x EF för att kvantifiera utsläppsnivån. Trafikvariationen över dygnet, veckan och året baseras på uppmätta trafikflöden i Götatunneln åren 2012-2015, se vidare avsnitt 3.1.5 på sidan 18, vilket ger en variabel ÅDT över årets timmar.

När emissionsindex är lägre än ett innebär det att trafikmängderna den timmen är lägre än genomsnittet, exempelvis när det är lite trafik eller när trafiken flödar fritt och det inte finns några köer. Ett emissionsindex som är större än ett innebär högre emissioner än genomsnittet, vilket inträffar när det är mycket trafik och risk för trafikstockningar och köbildning. Med högre EI förväntas därför även halterna öka, förutsatt att spridningsförhållanden är samma. Genom att analysera föredelningen av EI över veckan och dygnet kan man därmed ringa in tidpunkter när risken för höga halter är stor med hänsyn till trafikmängd och påföljande emissioner.

I Figur 33 visas fördelningen av trafikindex vid olika veckodagar (a) och olika tider över dygnet (b).

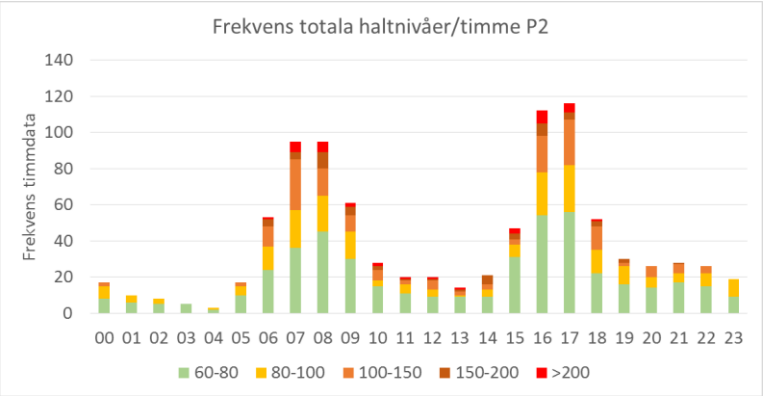


Figur 33. Visualisering av trafikemissionerna för olika a) veckodagar respektive b) tid på dygnet. ÅDT x EF har beräknats timvis för ett år vilket resulterat i ett index där 1=normalfall. Timvis frekvens av indexen har grupperats från <1 till >3 för alla timmar. Blå färg indikerar emissioner lägre än normalt. Gul-orange är högre än normalt och rött mycket över normalt.

Här syns tydligt att trafiken är mest intensiv under vardagarna och att det framförallt är under dagtid mellan kl 08 och 19 som emissionsindex är över ett. Rusningstiden på morgon- och eftermiddagen syns tydligt med index över 2,5 mellan kl 08 och 10 samt på eftermiddagen kl 16-19, med peak hour kl 17-18. Det är alltså under dessa tider som höga trafikutsläpp kan förväntas.

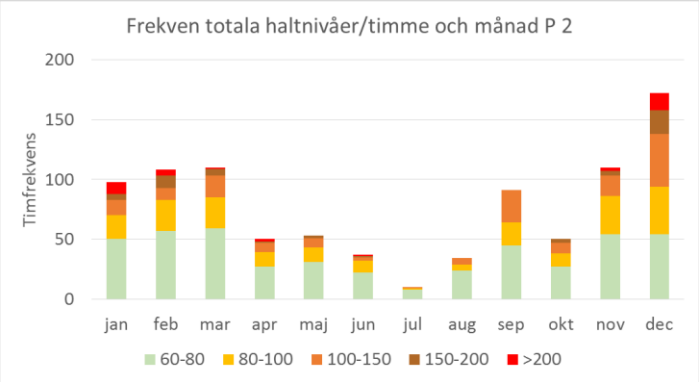
Trafikintensiteten har en direkt inverkan på timmedelvärdet av NO_2 vilket tydligt syns i Figur 34. Här visas antalet timmar fördelat i olika haltgrupper under dygnet där grönt (60-80 mg/m³) är under MKN (90 µg/m³ se Tabell 1). För timmar inom klasserna gult (80-100 µg/m³), orange (100-150 µg/m³) och rost (150-200 µg/m³) överskrids MKN (90 µg/m³ får överskridas 175 timmar/år) i ökande grad. För klassen rött (>200 µg/m³) överskrids även MKN 200 µg/m³ (får ej överskridas mer än 18 timmar/år).

Här visas det totala antal timmar över dygnet när totalhalten vid punkt 2 i kvarter A överstiger 80 µg/m³, som används här som gräns för att även täcka in timmar med ganska höga halter utan att MKN överskrids.. Staplarnas totala längd anger hur många timmar per år som 60 µg/m³ överskrids vid olika klockslag, och de olika färgerna indikerar olika intervaller av haltnivån. Det syns tydligt att flest antal timmar med halter över 60 µg/m³ finns under senare eftermiddagen samt på morgonen. Det är också vid den tiden på dygnet som halterna under enstaka timmar kan bli som högst, över 150 µg/m³.



Figur 34. Årsvis frekvens av grupperade timvisa NO_2-halter i punkt 2.

Även över året syns ett tydligt mönster över hur ofta halter över 60 µg/m³ förekommer under olika månader (Figur 35).



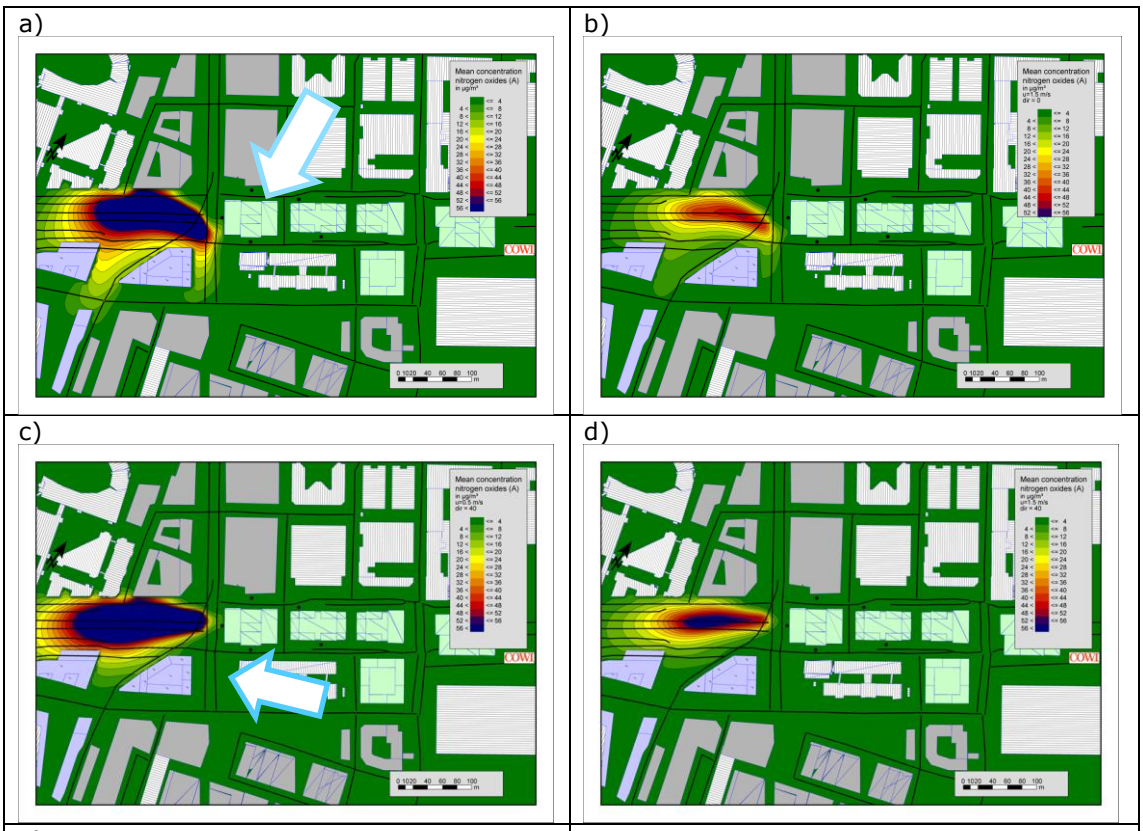
Figur 35. Årsvis frekvensfördelning månadsvis av grupperade timhalter av NO_2 (µg/m³) i punkt 2.

Här framträder särskilt att vintermånaderna november till mars har många tillfällen, medan det är betydligt färre tillfällen under juni till augusti. Tillfällen med halter över 150 µg/m³ förekommer främst på vintern. Resultaten i Figur 34-Figur 35 indikerar att höga halter förväntas under rusningstiden på vardagarna, samt att risken för höga halter är större under vintermånaderna.

8.2.2 Vind

Spridningen till kvarter A från lokala källorna, i det här fallet tunnelmynningen, styrs till mycket stor del av vindriktningen, det vill säga om det blåser mot eller ifrån tunnelmynningen och upp till kvarter A. I Figur 36 och Figur 37 visas kartor över haltfördelningen av NO_x vid olika vindriktningar och vindhastigheter. Observera att i dessa kartor visas endast haltbidraget från trafikemissionerna från tunnelmynningen (ingen bakgrundshalt är pålagd) och halterna är inte omräknade till NO_2. Kartornas främsta syfte är att visualisera trafikemissionernas spridning i området runt kvarter A, när det blåser ifrån (Figur 36) respektive mot kvarter A (Figur 37). De faktiska totala haltnivåerna var här alltså inte av primärt intresse.

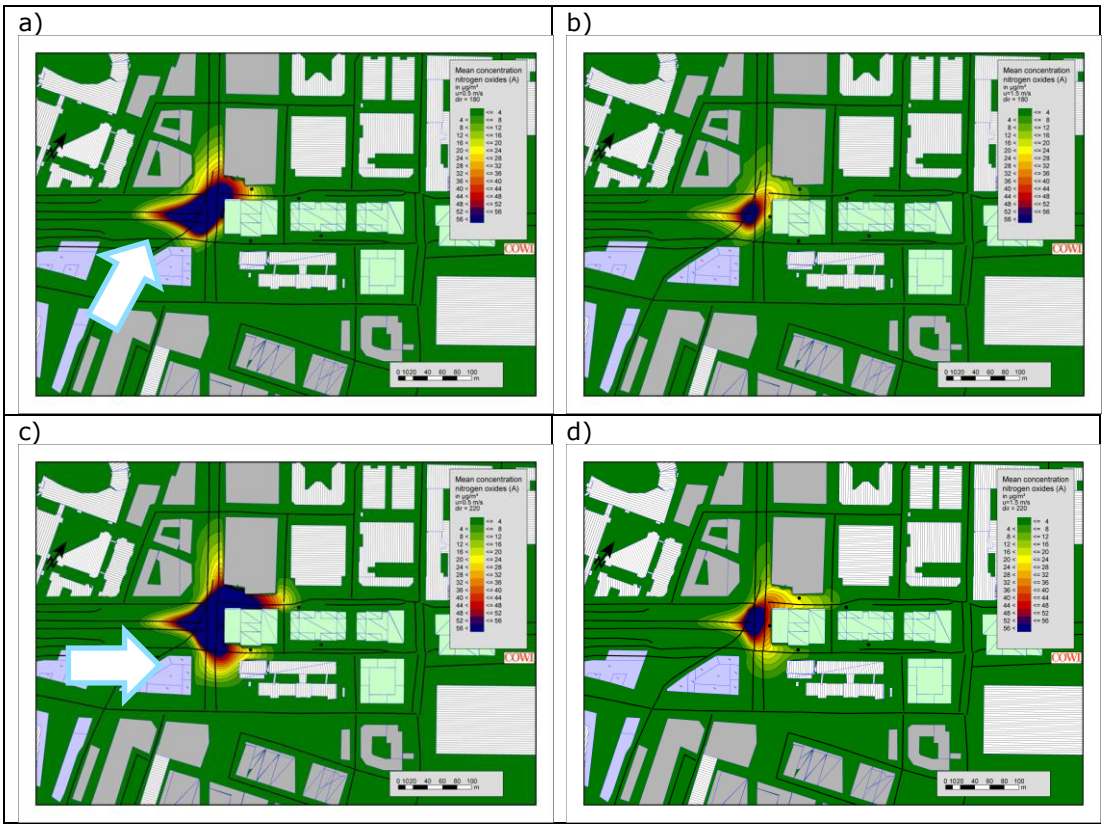
I Figur 36 visas därmed exempel för spridningsmönstret vid nordliga vindar i a) och b) och för ostliga vindar i c) och d).



Figur 36. NOx-halterna vid Gullbergstunnelns västra mynning: a) vid 0.5 m/s och vindriktning 0 grader, b) vid 1.5 m/s och vindriktning 0 grader, c) vid 0.5 m/s och vindriktning 40 grader, vid 1.5 m/s och vindriktning 40 grader, e) vindros som visualiserar vindriktningen varifrån det blåser.

Vid vindriktningar då det blåser från tunnelmynningen är NO_x-halterna framför kvarter A låga. Vid 0,5 m/s vindhastighet blir halterna vid tunnelmynningen högre än vid 1,5 m/s, men spridningsmönstret är snarlikt i båda fallen.

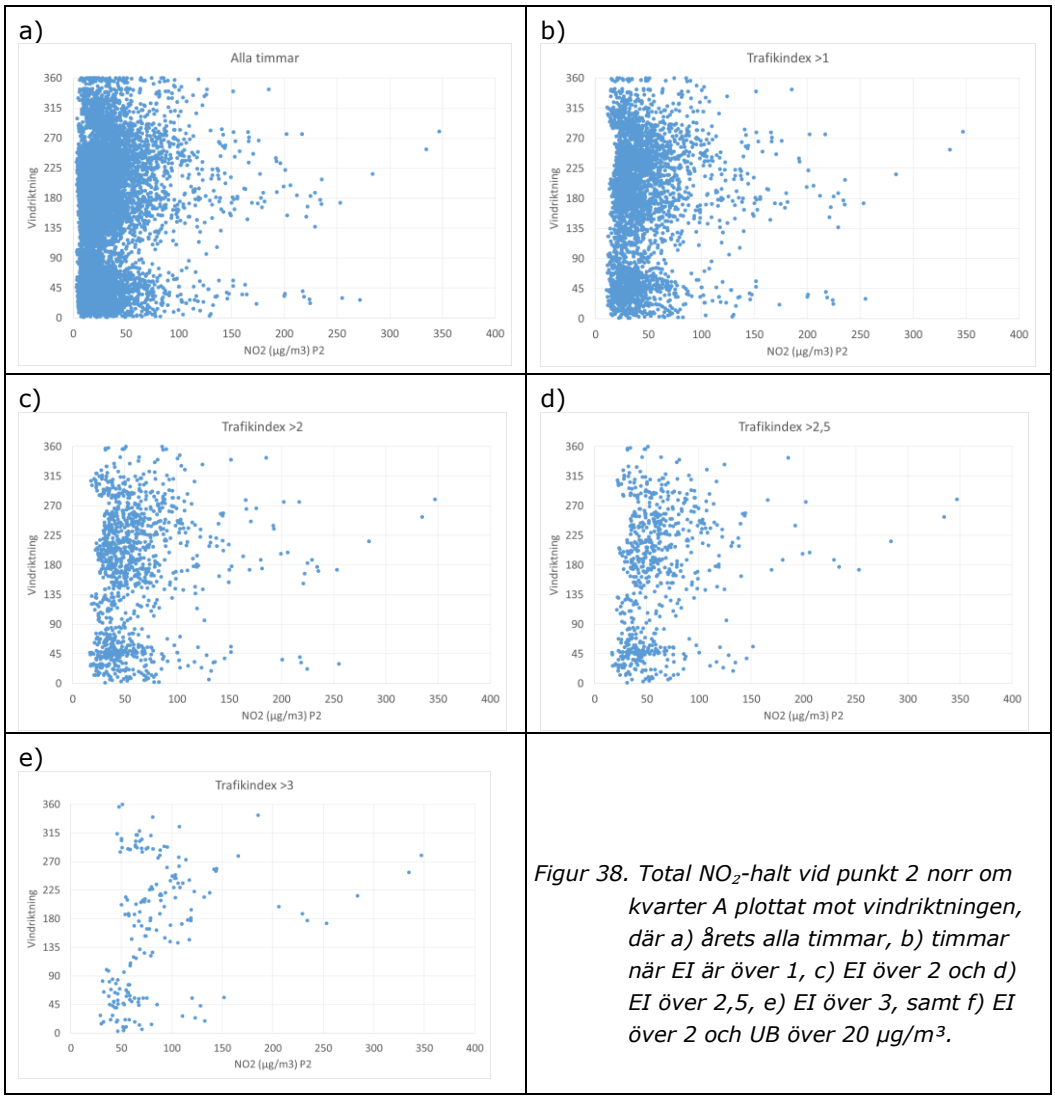
I Figur 37 visas spridningsmönster för vindar som blåser mot kvarter A, sydliga vindar i a) och b) och nordvästliga vindar i c) och d). NOx-halterna framför kvarter A blir betydligt högre vid dessa tillfällen än när det blåser ifrån tunnelmynningen. Vid 0,5 m/s vindhastighet når höga NOx-halter längre in i kvarter A. Mönstret vid 1,5 m/s är snarlikt, dock är området med NOx-halter över 50 µg/m³ begränsade till framför kvarter A. Vindriktningen är således mycket avgörande för hur haltbidraget från Gullbergstunnelns mynning sprids i området runt kvarter A.



Figur 37. NOx-halterna vid överdäckningens mynning: a) vid 0.,5 m/s och vindriktning 180 grader, b) vid 1,5 m/s och vindriktning 180 grader, c) vid 0,5 m/s och vindriktning 220 grader, d) vid 1,5 m/s och vindriktning 220 grader.

I Figur 38 visas totalhalter av NO_2 vid punkt 2 i förhållande till vindriktningen för årets alla timmar (a) och sorterade efter tillfällen med olika trafikindex, EI (b till e). På y-axeln visas vindriktningen, se Figur 36 e) för förtydligande av vindriktningarna. I figuren kan ett mönster ses med höga halter vid vindriktningar mellan 135-270 grader (dvs. när vinden blåser i en sektor från sydost, över syd till väst) samt ca 1-70 grader (dvs. nordliga och nordostliga vindar). När vindriktningen ligger mellan ca 135 till 270 grader sprids trafikemissionerna *mot* kvarteret, vilket är logiskt att det blir höga halter här. Vid vindriktningar mellan ca 1-70 grader blåser trafikemissionerna *ifrån* kvarteret varför dessa tillfällen antas ha en annan orsak än bidrag från tunnelemissionerna (se vidare resonemang nedan). I Figur 38 visas test för (a) alla timmar (b) när EI >1, (c) EI>2, (d) EI>2,5 (e) EI>3 utan begränsa med avseende på vindhastighet. Det framgår att

när EI blir större än 2 så förvinner, förutom tillfällen med låga halter, även flera med haltnivåer >90 µg/m³ varför enbart tillfällen med de högsta EI inte kan tas som ett krav för att höga halter över MKN kan uppstå. Detta kan tolkas att det finns ytterligare orsaker för höga halter än enbart höga tunnelemissioner. Detta behandlas i nästa kapitel.



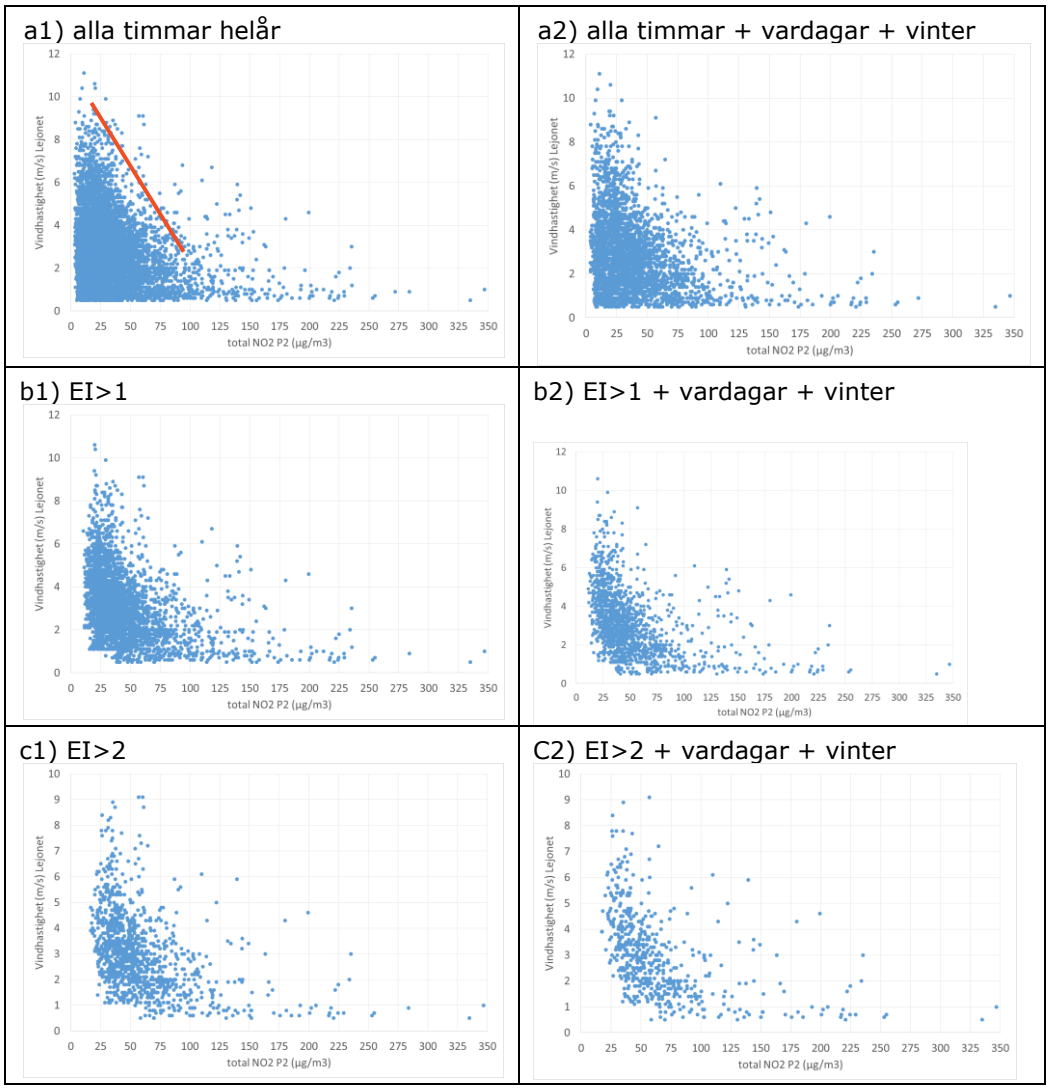
Figur 38. Total NO_2-halt vid punkt 2 norr om kvarter A plottat mot vindriktningen, där a) årets alla timmar, b) timmar när EI är över 1, c) EI över 2 och d) EI över 2,5, e) EI över 3, samt f) EI över 2 och UB över 20 µg/m³.

I Figur 39 framgår förhållandet mellan vindhastighet och total NO_2-halt i punkt 2. I Figur 39a1 ses att det finns en övre gräns för hur hög halten kan bli vid olika vindhastigheter men att det däremot inte finns en lägsta gräns (under 0,5 m/s finns ingen vindhastighet angiven). Här framgår även att det generellt från 12 m/s ner till ca 3 m/s är en relativt linjär gräns för maximala halter, med några undantag. Över 3 m/s han halter från ca 90 till 350 µg/m³ förekomma.

I Figur 39b1 och I Figur 39c1 ses att om högre EI väljs filtreras flera av de låga halterna bort medan de flesta av höghaltstillfällena är kvar. I syfte att försöka definiera en rimligt gräns för vindhastighet utan att alltför många tillfällen med höga halter försvinner är alltså 3 m/s.

För att visa effekten på NO_2-halten av årstid och vardagsdygn visas endast dessa tillfällen i Figur 39 a2 – alla tillfällen, b2 för EI>1 och c2 för EI>2. Här ses

att mönstret är liknande som för alla dagar men med betydligt färre tillfällen med låga halter.



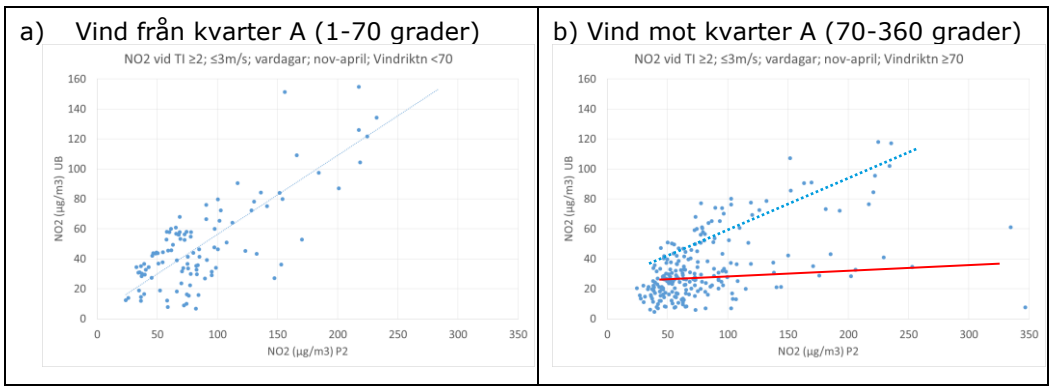
Figur 39. Total NO_2-halt vid punkt 2 norr om kvarter A plottat mot vindriktningen, där a) årets alla timmar, b) timmar när EI är över 1, och c) EI över 2

8.2.3 Urban bakgrundshalt

I ovanstående analys har haltutvecklingen med avseende på emissionsnivåer, vindhastighet, årstid och vardag analyserats. Men om den urbana bakgrundshalten är hög kan även lägre lokalt haltbidrag ge halter över MKN. I t.ex. Figur 38c framgick att det inte endast blev höga halter då det blåste från tunnelmynningen och ”hålet” (ca 135-270 grader) utan även vid riktningar mellan 1-70 grader. I Figur 40a visas att det för tillfällen med vindriktning från kvarter A (1-70 grader) är ett linjärt avtagande av totalhalten vid punkt 2 jämfört med den urbana bakgrundshalten. Detta innebär att den totala halten vid dessa tillfällen är beroende att både urban bakgrundshalt och det lokala bidraget ökar för att halten ska öka.

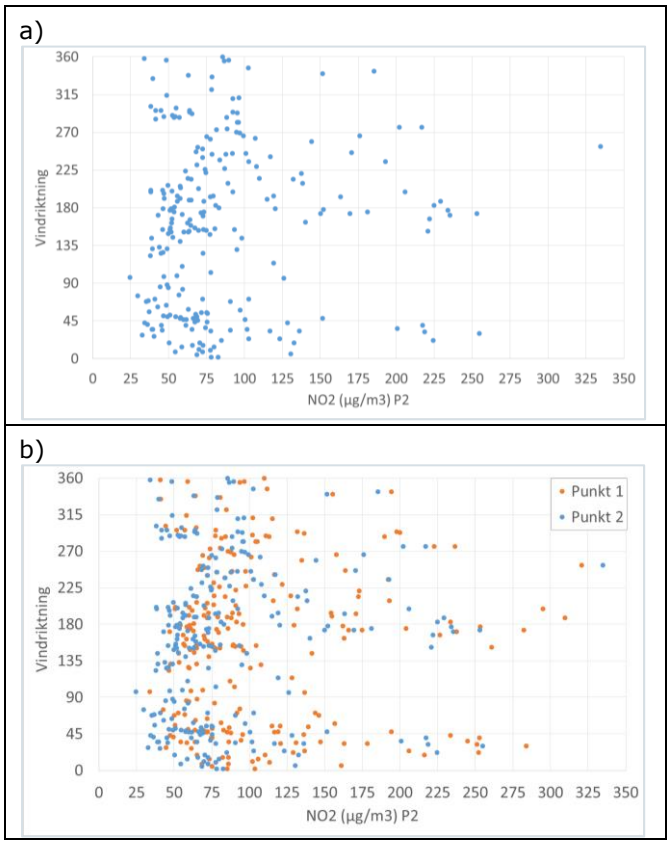
För övriga vindriktningar (Figur 40b) tycks det finnas minst två populationer. En som avklingar på motsvarande sätt som för 1-70 grader (Figur 40a), men inte med samma lutning som för dessa vindriktningar (blå streckad linje i både figur

a och b). I Figur 40b framgår att det även finns tillfällen där totalhalten ökar utan att den urbana bakgrundshalten ökar vilket utmärker tillfällen då det lokala haltbidraget är så stort att MKN kan överskridas även om den urbana bakgrundshalten är mindre än ca 20 µg/m³. Ovanstående analys indikerar att för att erhålla totala halter över MKN (90 µg/m³) vid kvarter A krävs att den urbana bakgrundshalten är >20 µg/m³.



Figur 40. Total NO_2-halt vid punkt 2 plottat mot urban bakgrundshalt vid vindhastigheter ≥3 m/s och för vardagar vintertid samt EI>2, för a) vindriktning 1-70 grader, b) vindriktning 70-360 grader.

I Figur 41 visas haltfördelningen på alla vindriktningar om alla gränsen för alla ovanstående parametrar används för totalhalten i punkt 2 respektive punkt 3 som ligger närmare ”hålet” framför hus A.



Figur 41. Total NO_2-halt plottat mot vindriktningen där EI >2, urban bakgrundshalt> 20 µg/m³, vindhastighet <3 m/s samt för vardagar under vinterhalvåret vid a) punkt 2 samt för både punkt 2 och 3.

Här framgår att liknade mönster som ses för punkt 2 även finns för punkt 3 även om haltnivåerna generellt är något högre i punkt 3.

8.2.4 Slutsats behov av reversering

Med hjälp av de avgränsningar av de parametrar som testats ovan, framgår att dessa i olika omfattning styr om det blir höga halter vid kvarter A på överdäckningen. Det krävs alltså att flera parametrar samverkar för att det ska bli höga halter vid kvarter A ovanpå överdäckningen. Det kan t.ex. bli relativt höga halter om tunnelemissionerna blåser upp mot kvarteret *även* om inte den urbana bakgrundshalten är speciellt hög. Enbart bidraget från tunneln kan men ger alltså oftast inte överskridande av MKN vid punkt 2 och 3 vid hus A. Det framgår även tydligt att de flesta överskridanden sker under vissa timmar under dagen, främst senare eftermiddag samt på morgonen när trafiken är intensiv. Det finns även tillfällen då det inte blåser bort från tunnelmynningen men att det ändå blir överskridanden. Dessa höghaltstillfällen beror på att den urbana bakgrundshalten i sig är mycket hög varför det inte krävs speciellt stort lokalt bidrag för att MKN ska överskridas.

Sammanfattningsvis visar analysen avseende meteorologi, säsong, veckodag, tid på dygnet, trafikemissioner, bakgrundshalt och även vindriktning att det är ett mycket komplext och att kombination av dessa faktorer leder till uppkomsten av höga NO_2-halter över MKN haltgränsen för 98-percentil timme. Om nedanstående används rakt av fångas enbart ca hälften av alla tillfällen med halter > 80 µg/m³. Om inte trafikindex används alls utan endast säsong, veckodag och tid på dygnet används fångas 76% av alla tillfällen.

Tabell 8. Framtagna gränser för höghaltstillfällen.

Parameter	Gräns för NO2-halter > MKN
Årstid	November - April
Veckodagar	Måndag till Fredag
Tid på dygnet	06-09 samt 15-18
Trafikindex (EI)	≥ 2
Vindhastighet	≤ 3
Urban bakgrundshalt (UB)	≥ 20
Vindriktning	Svårt att definiera

Det är alltså relativt svårt att med säkerhet styra när en reversering i Gullbergstunneln ska användas. För att vara på den säkra sidan rekommenderas därför att säsong, veckodag och tid på dygnet, samt vindhastighet och urban bakgrund kompletteras med en mätning vid ca punk 3 mot vilken kontroll kan göras. Enbart mätning kan dock innebära att höga halter detekteras först i efterhand varpå uppstart av reversering försenas, men om ingen av de andra gränserna har fungerat för att fånga höghaltstillfällen kan en mätning utgöra den slutliga kontrollen/uppstarten om än med viss försening.

9 Diskussion

Arbetet med luftutredningen för bebyggelse ovanpå Götaleden har pågått under nästan ett års tid under 2018-2019, och uppdraget har utformats och utvecklats

genom en process tillsammans med Stadsbyggnadskontoret, Trafikkontoret, Länsstyrelsen och Trafikverket. Flera olika scenarion och möjliga åtgärder har diskuterats och utvärderats utifrån effekt, möjlighet till genomförande och rimlighet.

9.1 Spridningsberäkningar år 2026 och 2035

Initialt omfattade uppdraget beräkning av halter för år 2026 med och utan ventilation av Götatunneln samt år 2035 med ventilation. Resultaten av dessa ursprungliga spridningsberäkningar visas i kapitel 5. En sammanfattning av resultaten av alla spridningsberäkningar som gjorts visas i Tabell 9.

För nuläget ses halter av NO_2 över MKN i stora delar av Centralenområdet och längs Götaleden, medan MKN för PM_{10} överskrids runt Götatunnelns mynning. För NO_2 år 2026 med bortventilering av 95 % av utsläppen från Götatunnelns östra mynning ses betydligt lägre halter vid Götatunnelns mynning, men MKN överskrids vid Gullbergstunnelns västra mynning och norr om kvarter A samt på några andra platser där spridningsförutsättningarna begränsats av den nya bebyggelsen i överdäckningsplanen och andra planer, i kombination med relativt stora trafikmängder även på övriga gator. Bortventileringen skulle däremot medföra att halterna vid detaljplanområdet Norr om Nordstan klarar MKN och även nästan klarar miljökvalitetsmålet. I beräkningarna för år 2026 utan ventilation av Götatunneln överskrids MKN för NO_2 även vid Norr om Nordstan. För PM_{10} ses högre halter år 2026 än i nuläget, vilket beror på ökade trafikmängder generellt, men speciellt på Götaleden. Även med ventilation av Götaleden ses halter över MKN vid Gullbergstunnelns västra mynning vid kvarter A.

Även år 2035 med ventilation ses halter över MKN vid Gullbergstunnelns västra mynning. Detta medför att det är av extra vikt att vidta åtgärder för att lösa problemen med de höga halterna här, eftersom man inte kan förvänta sig att teknikutvecklingen kommer lösa problemet med tiden. Trots att beräkningarna förutsätter att framtidens fordonsflotta kommer släppa ut mindre per genomsnittsfordon riskeras halter över MKN. För PM_{10} ser haltbilden ungefär likadan ut som i beräkningarna för år 2026 med ventilation, vilket beror på att samma trafikmängder använts för båda scenarioåren. Samtidigt anger Trafikverkets trafikuppräkningstal att personbilstrafiken ska öka med 29 % från 2014 till 2040, och den tunga trafiken med 64 % under samma period. Detta innebär en årlig ökning på ca 1 % per år för personbilar och nästan 2 % för tung trafik. Därmed kan man anta att trafikmängderna och andelen tung trafik troligtvis kommer vara större år 2035 än vad de är 2026, även om det är svårt att göra någon prognos för hur mycket större de kommer vara. Detta skulle innebära högre partikelhalter år 2035 än 2026. Därmed kommer varken problemet med partiklar eller NO_2 försvinna till år 2035 utan att åtgärder vidtas. Det här innebär att ventilation av Götatunneln och andra åtgärder inte är något som bara kommer behövas i en övergångsperiod, utan under en längre tid framöver.

Tabell 9. Sammanfattning av resultaten av spridningsberäkningarna för de olika scenariona. Resultaten har bedömts dels för hela Centralenområdet (C), bebyggelsen på överdäckningen av Götaleden (ÖD) och för detaljplanen Norr om Nordstan (NN). Grönt innebär att både MKN och miljökvalitetsmålen för frisk luft klaras i hela området, gul att MKN klaras men miljökvalitetsmålen överskrids någonstans i området och röd att MKN överskrids någonstans i området. Vit – parameter ej bedömd för scenariot.

Scenario	Årsmedelvärde NO_2			98-percentil av dygnsmedelvärdet NO_2			98-percentil av timmedelvärdet NO_2			99,8-percentil av timmedelvärdet NO_2			Årsmedelvärde PM_{10}			90-percentil av dygnsmedelvärdet PM_{10}		
	C	ÖD	NN	C	ÖD	NN	C	ÖD	NN	C	ÖD	NN	C	ÖD	NN	C	ÖD	NN
Nuläge																		
2026 med ventilation																		
2026 utan ventilation																		
2035 med ventilation																		
2028 utan ventilation																		
2026 med reversering och ventilation																		

För att kunna sätta in relevanta åtgärder som har tillräcklig effekt på höga NO_2-halter visualiserades haltbidraget dels från Götaleden, tunnelmynningar och -ramper för sig, dels övriga gator för sig, för beräkningarna år 2026 med ventilation av Götatunneln. Dessa visade att en stor del av haltbidraget till de höga halterna runt kvarter A kommer från Gullbergstunnelns västra mynning, men att haltbidraget från gatorna norr och söder om kvarter A-D även i sig är nog för att ge överskridanden av MKN där spridningsförutsättningarna är dåliga. Det betyder att även vid en total överdäckning och/eller bortventilation av tunnelmynningsutsläppen så kommer luftkvaliteten på vissa ställen vara dålig eftersom trafikmängderna förväntas vara så pass stora och spridningsförutsättningarna dåliga på grund av den täta och höga bebyggelsen.

Den befintliga godsterminalen planeras att kortas av så att kvarter E och ett till nytt kvarter söder om det får plats att byggas. Sedan beräkningarna påbörjades har Stadsbyggnadskontoret beslutat att korta av terminalbyggnaden ytterligare något jämfört med vad beräkningarna visar, vilket innebär att haltnivåerna öster om kvarter E och kvarteret söder om kvarter E troligtvis kommer att bli lägre än vad beräkningarna visar.

Utsläppen från ventilationstornet modellerades med en modell som är specialiserad på att beräkna utsläpp från punktkällor. Beräkningarna visade att haltbidraget i markplan från ventilationsutsläppen med en 45 m hög skorsten var försumbara inom Centralenområdet. Luftföroreningarna sprider sig i högre luftlager och transporteras längre bort och får ses som ett bidrag till den allmänna urbana bakgrundshalten i Göteborgsområdet.

I utredningen har samma urbana bakgrundshalter använts som i den tidigare luftutredningen (COWI 2016) för att öka jämförbarheten mellan utredningarna. Samma bakgrundshalter har använts för alla scenarioår, eftersom det är svårt att förutsäga hur de urbana bakgrundshalterna kommer utvecklas. Statistik från Naturvårdsverkets mätningar för de senaste åren visar dock på en sjunkande trend, både i Västra Götaland och i Sverige generellt. Därmed är det rimligt att anta att bakgrundshalterna år 2026 och framför allt 2035 kommer vara lägre än vad som använts i beräkningarna, och att halterna därmed kommer vara något lägre i framtiden än vad som redovisats i beräkningsbilderna.

För NO_2 har även halten den 18:e värsta timmen på året visualiserats, eftersom timhalterna är så pass höga att de riskerar att överskrida gränsvärdet för denna timme, vilket är ett EU-gränsvärde på 200 µg/m³. Beräkningarna visar på risk för timmedelhalter långt över 200 µg/m³ i alla scenarion, både år 2026 och 2035. Det finns såklart osäkerheter vid modellberäkningar, som riskerar att slå igenom vid extremfallen med de högsta halterna, men då de beräknade halterna är så pass mycket högre än 200 µg/m³ finns det ändå stor risk för halter över gränsvärdet. Halterna reduceras markant i beräkningarna med ventilation av Götatunneln, och ännu mer vid reversering, men även då finns risk för överskridanden. Detta indikerar att ventilationsanläggningar i Götatunneln och Gullbergstunneln skulle vara önskvärda, allra helst i kombination med överdäckning av hålet mellan tunnlarna.

I en ny prognos av Powercircle (Kulin 2019) bedöms att runt 2022 kommer eldrivna lätta lastbilar används *för stadsleveranser* till nästan 100 %. Detta har inte inkluderats i emissionsberäkningarna här, utan de beräknade utsläppen av luftföroreningar i beräkningarna för 2026 och framåt troligen är något för höga.

9.2 Analys av möjliga åtgärder

I det ursprungliga uppdraget ingick även analys utan spridningsberäkningar av ett antal andra möjliga åtgärdsscenarion, vilka redovisas i kapitel 7. Av dessa bedömdes bortventilation av tunnelutsläppen från Gullbergstunneln (åtgärdsscenario 3) ha potential för att ge tillräcklig förbättring av luftkvalitetssituationen i området. Åtgärdsförslag 4, överdäckat hål utan ventilationstorn, skulle flytta utsläppen till öster om överdäckningsplanen och riskera att ge mycket höga halter här. Dock skulle de nog ha god effekt för detaljplanen Norr om Nordstan. Åtgärdsscenario 5 innebär samma som scenario 4 men med ytterligare överdäckning fram till Falutorget, vilket skulle ge höga halter här istället. Dock skulle det troligtvis lösa problemet för båda detaljplanerna, men inte för området i stort eftersom utsläppen fortfarande sker i markplan inom Centralenområdet. Både scenario 4 och 5 skulle kunna medföra att det blir problem med för höga halter vid Järnvågen, eftersom tunneln förlängs.

Åtgärdsförslag 6 och 7 innebär överdäckat hål med ventilation, scenario 7 med överdäckning ändå bort till Falutorget. Båda dessa har bättre potential än scenario 4 och 5 utan ventilation, eftersom de flyttar bort utsläppen från Centralenområdet genom utsläpp på högre höjd där de kan spridas mer effektivt i högre luftlager. Ventilationslösningarna måste utredas vidare om det blir aktuellt.

9.3 Förskjuten genomförandetid till 2028

En ytterligare åtgärd som diskuterades och utreddes var förskjuten genomförandetid, för att se om bostäderna kan byggas i ett senare skede när halterna är lägre. Först gjordes emissionsberäkningar för att ta reda på vilket år som MKN skulle kunna klaras och därefter gjordes spridningsberäkningar för det året, som visade sig vara år 2028 (se kapitel 6).

Utredningen visade att MKN för NO_2 klaras vid kvarter B, som ska innehålla bostäder, år 2028 men inte vid de planerade kontoren inom kvarter A eller på gång- och cykelbanan öster om kvarter A. För PM_{10} såg haltbilden ut ungefär som för år 2026 utan ventilation. En översikt av resultaten visas i Tabell 9. Överskridanden av MKN kvarstår öster och norr om kvarter A även i beräkningarna för år 2035.

9.4 Reversering

Som en åtgärd för att förbättra luftmiljön vid kvarter A vid Gullbergstunnels västra mynning har i denna utredning slutligen undersökts effekten av reversering av tunnelluften i Gullbergstunnelns norra rör. Reversering innebär att norra röret ventileras mot trafikens riktning så att den förorenade luften inne i tunneln

släpps ut vid Gullbergstunnelns östra mynning istället för vid den västra mynningen.

NO_2-halter vid utvalda punkter ovanför västra mynningen belägna närmast kvarter A studerades detaljerat för att undersöka när och hur ofta det föreligger behov för reversering. Analysen baserades på Scenario 1 år 2026 med bortventilation av 95 % av Götatunnelns emissioner. TFIP gjorde en utredning av tunnelventilationen där de även bedömde om reversering är genomförbart, och rent tekniskt är det möjligt (se Bilaga G). Generellt rekommenderas dock inte ventilering emot trafikens riktning, och reverseringen bör därför begränsas till de tillfällen när det är risk för höga halter vid kvarter A.

De faktorer som har identifierats att orsaka höga halter i område är dels dåliga spridningsförutsättningar, dvs. låga vindhastigheter, dels när vinden blåser mot kvarter A och transporterar trafikemissioner mot området, dels timmar med mycket biltrafik, dvs. rusningstiden på morgonen och eftermiddagen/kvällen under vardagar samt dels höga urbana bakgrundshalter. Det finns dock även tillfällen då det förekommer situationer med för höga halter (> MKN) då det inte blåser från ”hålet” som främst beror på hög urban bakgrundshalt. Vid sådana situationer hjälper såklart ingen reversering av tunnelluften.

Analysen visar tydligt att det är ett mycket komplex system och att det generellt krävs flera faktorer för att MKN ska överskridas samt att det är samspelet mellan flera faktorer som leder till höghaltstillfällen. Ett exempel är att överskridanden av MKN vid kvarter A kan förekomma både vid relativt låga och höga urbana bakgrundshalter. Vid en hög bakgrundshalt är marginalen till MKN för 98-percentilen av timmedelvärdet relativt liten, och därmed räcker det med ett litet bidrag från Gullbergstunneln för att överskridanden ska ske. I det omvända fallet med låga bakgrundshalter är höghaltstillfällen istället relaterade till höga bidrag från tunnelemissioner pga. mycket trafik, i kombination med begränsad spridning och vindriktningar mot kvarteret.

Analysen har visat att om de föreslagna gränserna för de olika parametrarna används fångas men utan trafikindex fångas 76% av alla tillfällen. Det är alltså svårt att enbart baserat på ovanstående analys styra när en reversering i Gullbergstunneln ska användas. För att vara på den säkra sidan rekommenderas därför att dessa parametrar kompletteras med en mätning vid ca punk 3 mot vilken kontroll kan göras. Enbart mätning skulle kunna innebära att höga halter detekteras först i efterhand varpå uppstart av reversering försenas, men om ingen av de andra gränserna har fungerat för att fånga höghaltstillfällen kan en mätning utgöra den slutliga kontrollen/uppstarten om än med viss försening.

Spridningsberäkningar av NO_2 år 2026 visar att MKN fortfarande överskrids norr och väster om kvarter A med full reversering av Gullbergstunnelns norra rör, även om området där MKN överskrids är mindre än utan reversering. Detta visar att en stor del av haltbidraget i detta område kommer från andra källor än tunnelmynningarna, vilket även ses i Figur 14b (se sidan 32), där enbart haltbidraget från övriga gator visualiserats, inklusive bakgrundshalt. I dessa beräkningar ses att norr och väster om kvarter A är halterna utan något tillskott från

tunnelmynningarna och Götaleden ca 40-50 µg/m³ för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet, vilket innebär att redan ett ganska litet tillskott av förorenad luft från Gullbergstunnelns mynning, Götaleden mellan tunnlarna eller från Götatunneln riskerar att ge halter över nivån för MKN.

9.5 Slutsats och rekommendationer

Sammanfattningsvis är det nödvändigt att på något sätt minska utsläppen från både Götatunnelns och Gullbergstunnelns mynningar och ramper för att klara MKN i markplan vid detaljplaneområdena. Även från gatorna i markplan runt bebyggelsen ovanpå överdäckningen är de lokala utsläppen höga på grund av relativt stora trafikmängder, och i kombination med tät och hög bebyggelse som i sig gör att haltnivåerna blir förhöjda.

Ur luftkvalitetssynpunkt rekommenderas därför en total överdäckning av Götaleden, dvs. att hålet mellan Götatunneln och Gullbergstunneln täcks över för att förhindra utsläpp av luftföroreningar här, i kombination med bortventilering av utsläppen vid tunnelmynningen. Även med bortventilation av 95 % av tunnelmynningsutsläppen från Götatunneln och Gullbergstunneln (motsvarande reversering hela tiden) riskeras halter långt över nivåerna för MKN år 2026. Det är den samlade luftföroreningsbördan från Götaleden, Götatunneln, Gullbergstunneln och övriga lokala gator, i kombination med den planerade stadsutvecklingen med förtätning av gaturummen som gör att de höga halterna är så pass svåra att komma till rätta med.

Spridningsberäkningarna för år 2035 visar dessutom att detta problem inte kommer att försvinna med tiden. Om trafikmängderna dessutom skulle fortsätta öka efter år 2026, vilket denna utredning inte inkluderat enligt indata från Göteborgs stad, riskerar problemet med partiklar bli det dominerande i detta område i framtiden.

10 Referenser

COWI (2016). *Luftkvalitetsutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden*. COWI-rapport A079228.

COWI (2017) *Luftkvalitetsutredning till detaljplan för Järnvågsgatan m fl inom stadsdelen Masthugget*. Underlagsrapport för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad. COWI-rapport A096695 v.1. och v.2.

Düring, Bächlin, Ketzel, Baum, Friedrich & Wurzler, (2011). A new simplified NO/NO_2 conversion model under consideration of direct NO_2-emissions, *Meteorologische Zeitschrift* (20:1) 67-73

Göteborgs Stad (2017) Trafikmängder på olika gator. http://goteborg.se/wps/portal/start/gator-vagar-och-torg/gator-och-vagar/statistik-om-trafiken/trafikmangder-pa-olika/

Göteborgs stad (2017a). Frisk luft Indikatorer. Hämtad 2018-03-12 från http://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/goteborgs-tolv-miljomal/frisk-luft/indikatorer

Göteborgs Stad (2017b). *Modellberäkningar av kvävedioxidhalter 2015 Göteborgs stad*, https://catalog.goteborg.se/portal/#view=public&resource=https://catalog.goteborg.se/store/6/resource/230.

Göteborgs Stad (2017c). *Luftkvaliteten i Göteborgsområdet. Årsrapport 2016*. Miljöförvaltningen, R 2017:06.

Göteborgs Stad, miljöförvaltningen (2016). *Beräkningar av källbidrag och minskningsscenarier för kvävedioxid i Göteborgsregionen.* Utredningsrapport 2016:18

Haeger-Eugensson M, Andersson S och Kindell S. (2018). Modellering av luftkvalitet i markplan i tätbebyggda områden – jämförelse mellan CFD- och OSM-modell samt två Gaussiska modeller. Göteborgs universitet, rapport C124, ISSN 1400-383X.

Kulin, Daniel, Powercircle (2019). Mail om utvecklingen av eldriven andel av lätta lastbilar till Trafikkontoret Göteborgs stad 2019-01-09.

Naturvårdsverket (2019). Luftguiden. *Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft*. Handbok 2019:1

Sweco (2017). *Luftmiljöutredning för detaljplan norr om Nordstan*. Sweco rapport, uppdragsnummer 7002091000.

Sveriges riksdag (2010). *Luftkvalitetsförordning*. SFS 2010:477.

Bilaga A Trafik nuläge

Gata	ÅDT Bil	ÅDT Lastbil	ÅDT buss på egen vägbana	ÅDT spår-vagn
Mårten Krakowgatan	48 386	6 598	0	
Götatunneln	46 702	6 368	0	
Stadstjänaregatan S om Götaleden	19 140	2 610	0	
Götaälvbron	16 438	1 049	0	690
Bergslagsgatan V om rondellen	13 781	1 879	0	
Nils Ericsonsgatan (Köpmansgatan – Spannmålsgatan)	12 632	1 723	1 700	370
Drottningtorget	12 128	2 140	0	
Stadstjänaregatan N om Götaleden	9 187	1 253	0	
Götaleden	7 886	1 075	0	
St Eriksgatan	7 656	1 044	0	
Gullbergs Strandgata (Falutorget – Tingstadstunneln)	6 729	1 188	0	
Falutorget	6 499	722	0	
Påfart Götatunneln	5 895	804	0	
Gullbergs Strandgata (Kilsgatan – Falutorget)	5 090	566	0	
Gullbergs Strandgata (Hamntorgsgatan – Kilsgatan)	4 698	522	0	
Bergslagsgatan Ö om rondellen	4 176	1 044	0	
Vikingsgatan	4 133	218	0	
Partihandelsgatan väster om Gullbergsmotet	3 946	1 535	0	
Västra Sjöfarten	3 698	0	653	
Kämpegatan	2 480	131	0	
Torsgatan	2 480	131	0	
Trollhättegatan	2 480	131	0	
Kruthusgatan	2 182	689	0	
Östra Hamngatan norr om Nordstan	1 566	174	550	320
Östra Hamngatan (Norra Hamngatan – Köpmansgatan)	1 455	198	900	320
Avfart Götatunneln	1 378	188	0	
Nils Ericsonsgatan (Norra Hamngatan – Köpmansgatan)	1 281	111	0	370
Östra Hamngatan (Köpmansgatan – Spannmålsgatan)	1 225	167	900	320
Kilsgatan	827	44	0	
Nils Ericssonterminalens bussområde och utfart	0	0	800	

Bilaga B Trafik framtid

Numrering*	Gata	ÅDT Bil	ÅDT Last-bil	ÅDT Buss	ÅDT Spår-vagn
1	Hisingsbron	20 600	0	1 900	1 300
2	Stadstjänarebron	17 700	900	400	0
3	Stadstjänaregatan	9 800	500	600	0
4	Bergslagsgatan västra delen	9 200	500	1 600	0
5	Bussgata till NE-terminalen	0	0	1 100	0
6	Nils Ericsonsgatan	1 000	100	1 500	600
7	Busspåfart till Hisingsbron 1	0	0	1 500	600
8	Ö Hamngatan norr om Nordstan	0	0	500	0
9	Busspåfart till Hisingsbron 2	0	0	700	700
10	Östra Hamngatan	0	0	700	700
11	St Eriksgatan	0	0	700	0
12	Götatunneln	54 600	6 100	100	0
13	Götaleden tunnel-Stadstjänaregatan	47 300	5 300	0	0
14	Påfart Götatunneln	5 100	300	0	0
15	Norra Sjöfarten	2 600	100	0	0
16	Avfart från Götatunneln	2 500	100	0	0
17	Södra Sjöfarten	5 500	300	0	0
18	Västra Sjöfarten	8 000	400	0	0
20	Södra Sjöfarten efter avfart	7 900	400	0	0
21	Norra Sjöfarten innan påfart	7 500	400	0	0
22	Hamntorgsgatan	1 800	100	0	0
24	Bergslagsgatan östra delen	1 000	0	1 000	0
25	Ny gata	13 200	700	100	0
26	Ny gata	10 900	600	100	0
27	Ny gata	15 800	800	0	0
28	Avfart från Götaleden efter Stadstjänarebron	2 600	100	100	0
29	Påfart till Götaleden innan Stadstjänarebron	3 300	200	0	0
30	Ny gata	16 400	900	100	0
31	Kämpegatan	2 480	131	0	0
32	Ny bro över leden vid Kämpegatan	16 700	900	100	0
33	Kämpegatan söder om leden	20 800	1 100	200	0
34	Kämpegatan söder om rondellen	23 600	1 200	600	0
35	Götaleden Stadstjänarebron-Kämpebron	41 800	4 600	0	0
36	Götaleden öster om Kämpegatan	41 700	4 600	100	0
37	Norra Sjöfarten öster om Kämpegatan	5 900	300	200	0
38	Södra Sjöfarten öster om Kämpegatan	10 700	600	100	0
39	E45 Mårten Krakowgatan	57 300	6 400	400	0
40	Ny gata	1 653	87	0	0
41	Bergslagsgatan östra delen, sista biten	1 653	87	0	0
42	Ny gata	1 653	87	0	0
43	Ny gata	1 653	87	0	0

44	Ny gata	827	44	0	0
45	Ny gata	1 240	65	0	0
46	Ny gata	6 200	326	0	0
47	Ny gata	15 290	805	0	0
48	Ny gata	1 653	87	0	0
49	Ny gata	5 786	305	0	0
50	Ny gata	1 240	65	0	0
51	Vikingsgatan	4 133	218	0	0
52	Kilsgatan	827	44	0	0
53	Torsgatan	2 480	131	0	0
54	Trollhättegatan	2 480	131	0	0
55	Ny gata	2 480	131	0	0
56	Falutorget	7 439	392	0	0
57	Gullbergs Strandgata öster om Falutorget	5 786	305	0	0
58	Gullbergs Strandgata väster om Falutorget	6 612	348	0	0
59	Partihandelsgatan öster om Falutorget	5 786	305	0	0
60	Partihandelsgatan väster om Falutorget	2 480	131	0	0
61	Gata över leden från Vikingsgatan	827	44	0	0
62	Ny gata	5 786	305	0	0
63	Ny gata	3 306	174	0	0

**Numrering: Samma numrering som i föregående utredning (COWI 2016).*

Bilaga C Beskrivning Miskam-modellen

MISKAM (Microscale Climate and Dispersion Model). MISKAM-modellen är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Det är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägavsnitt till kvarter eller i delar 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), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under-flow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt-, linje- eller ytkällor.

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.

MISKAM är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden. Modellen är utvecklad av Institut für Physik der Atmosphäre vid University of Mainz.

MISKAM-modellen ingår i ett modellsystem, s.k. SoundPLAN där även externbuller kan beräknas. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder, inklusive nordiska beräkningsmetoder för buller från industri, vägtrafik och tågtrafik. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller skrivas ut som färgkartor för större ytor.

Bilaga D Beskrivning TAPM-modellen

För spridningsberäkningarna har TAPM (The Air Pollution Model) används, vilket 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 automatiskt 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 kalluftsflöden mot bakgrund av den storskaliga meteorologin. Även luftens skiktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd m.m. beräknas horisontellt och vertikalt.

Med utgångspunkt från den beräknade meteorologin beräknas halter för olika föroreningsparametrar timme för timme och inkluderar, förutom dispersion, även kemisk omvandling av SO_2 och partikelbildning, fotokemiska reaktioner (bl.a. NO_x, O_3 och kolväte) i gasfas samt våt- och torrdeposition. Man kan även själv definiera den kemiska nedbrytnings- samt depositionshastigheter på ett eller flera ämnen i modellen.

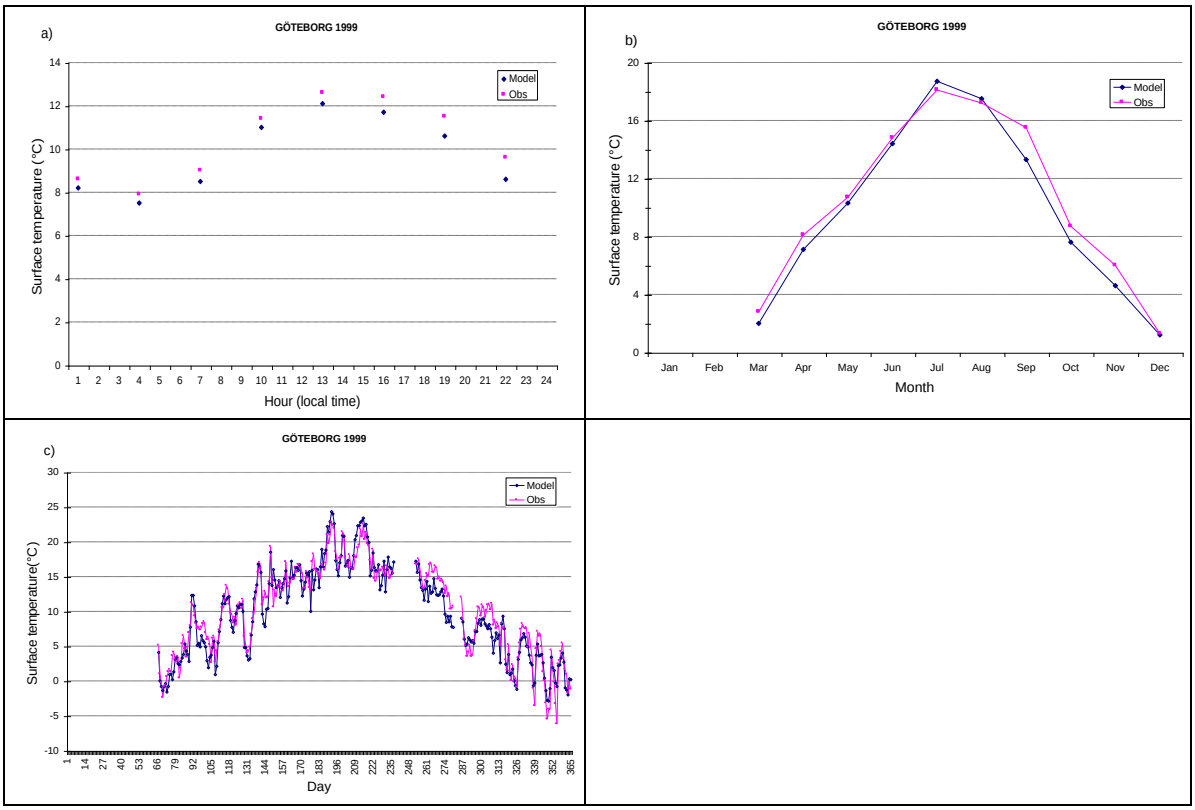
Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogeniska ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. (2002).

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).

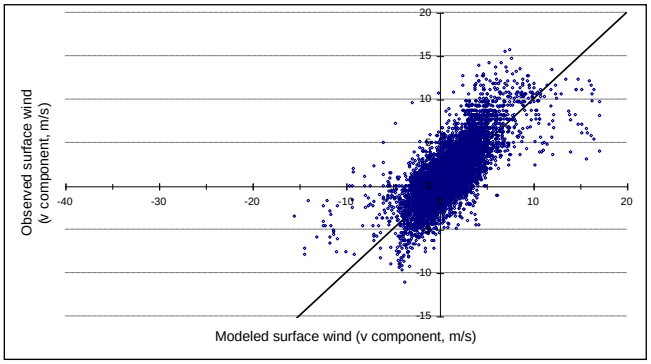
Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL har också genomfört valideringar för svenska förhållanden i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. I Chen m.fl., (2002) gjordes även en jämförelse mellan uppmätta (med TAPM) och beräknade parametrar. I Figur B.1 presenteras jämförelsen av temperatur i olika tidsupplösning. I Figur B.2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO_2-halter har genomförts i Australien (se Figur B.3).

Referenser

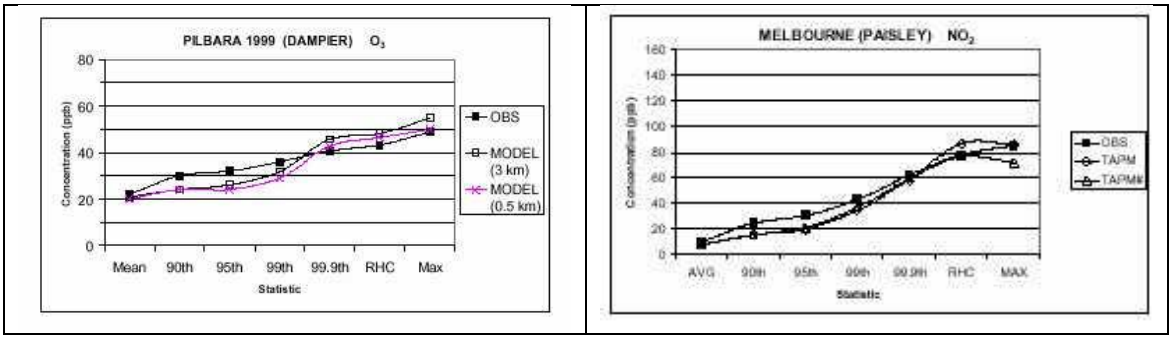
-Chen m.fl. 2002, IVL-rapport L02/51 "Application of TAPM in Swedish West Coast: validation during 1999-2000"
-Pun, B K. Wu S-Y and Seigneur C. 2002: "Contribution of Biogenic Emissions to the Formation of Ozone and Particulate Matter in the Eastern United States" Environ. Sci. Technol., 36 (16), 3586 -3596, 2002.



Figur B.1. Uppmätt och modellerad lufttemperatur i Göteborg för 1999 (a) timvariation; (b) säsongsvariation; (c) dygnsvariation.



Figur B.2. Jämförelse mellan beräknad och uppmätt vindhastighet vid Säve 1999.



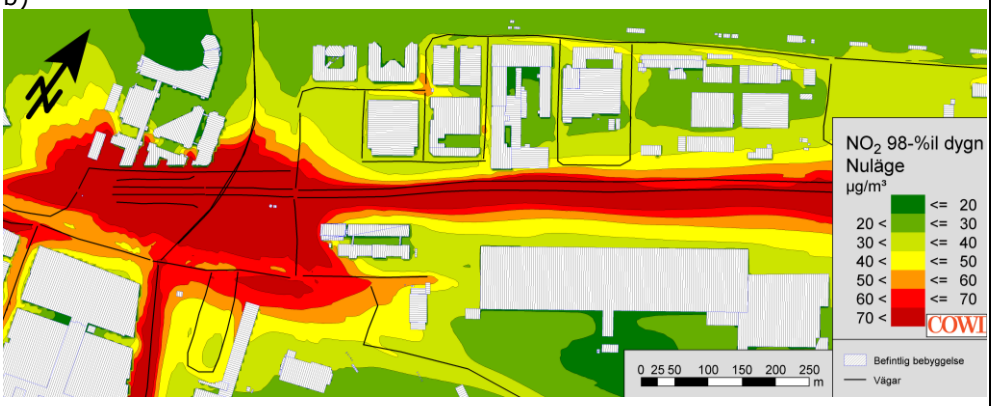
Figur B.3. Jämförelse mellan uppmätta O_3- och NO_2-halter i Australien, gridupplösning 3 x 3 km.

Bilaga E Haltkartor NO_2

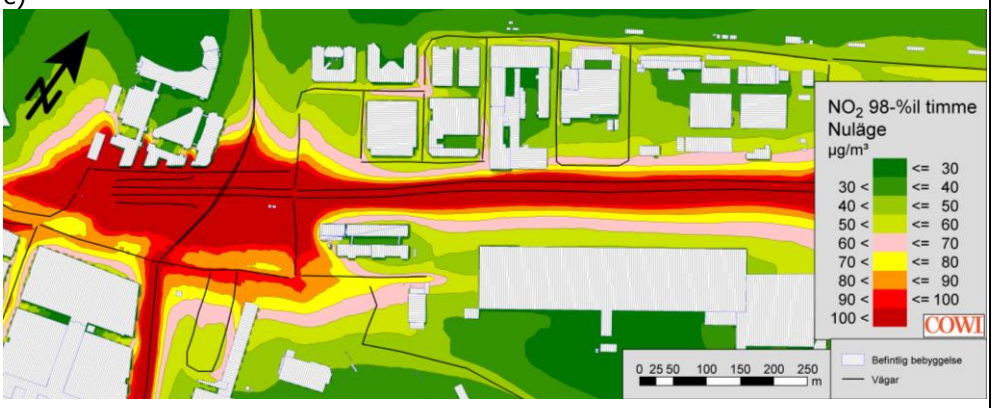
E.1 Nuläge

a)

b)



c)

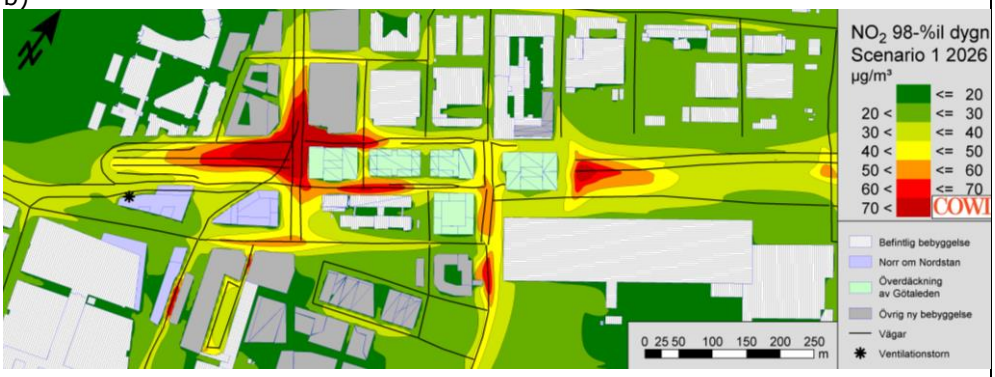


E.2 Scenario 1 år 2026

E.2.1 Centralenområdet

a)

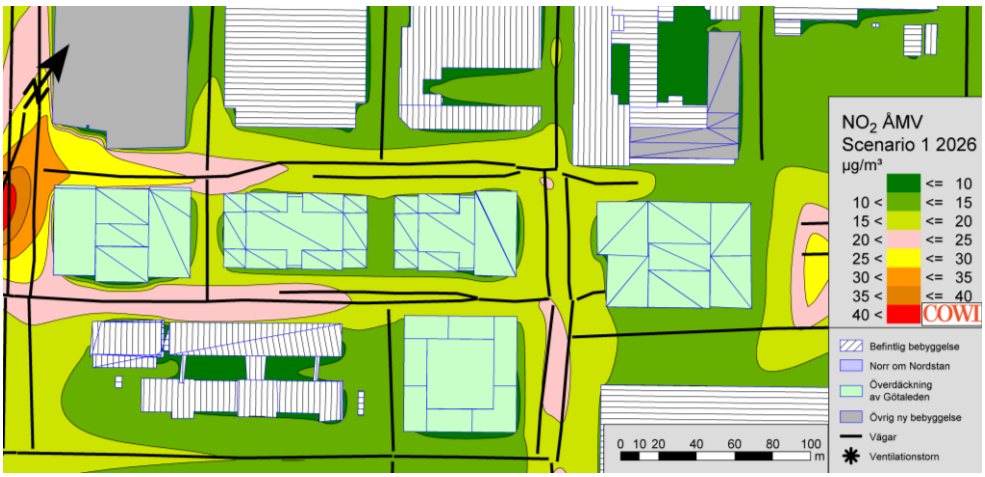
b)



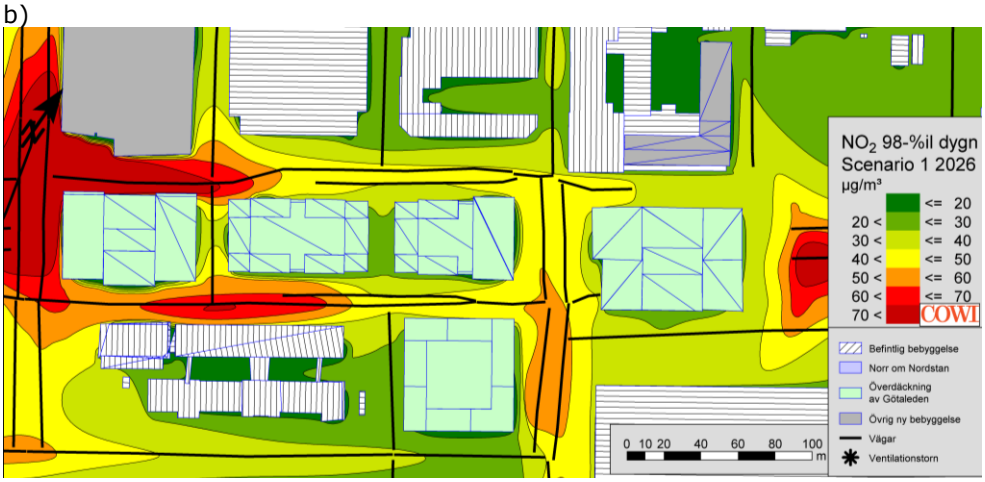
c)

E.2.2 Detaljplan för överdäckning av Götaleden

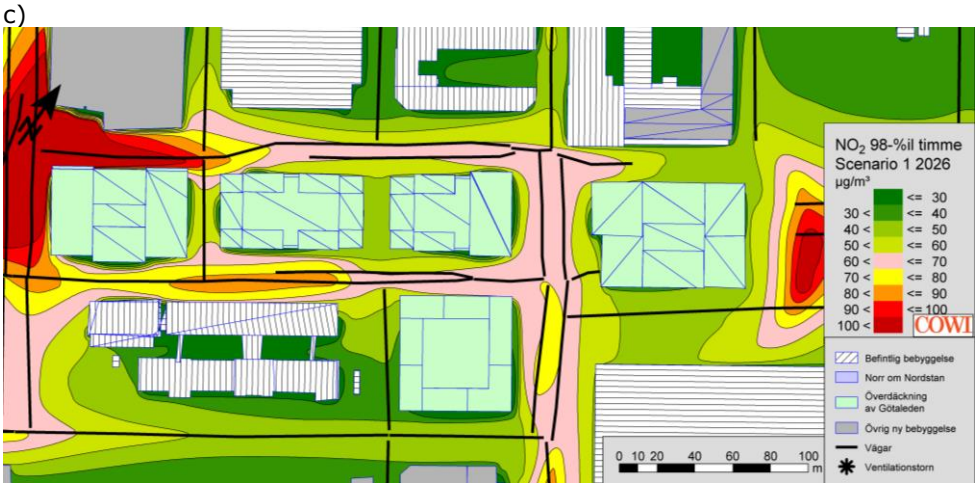
a)



b)

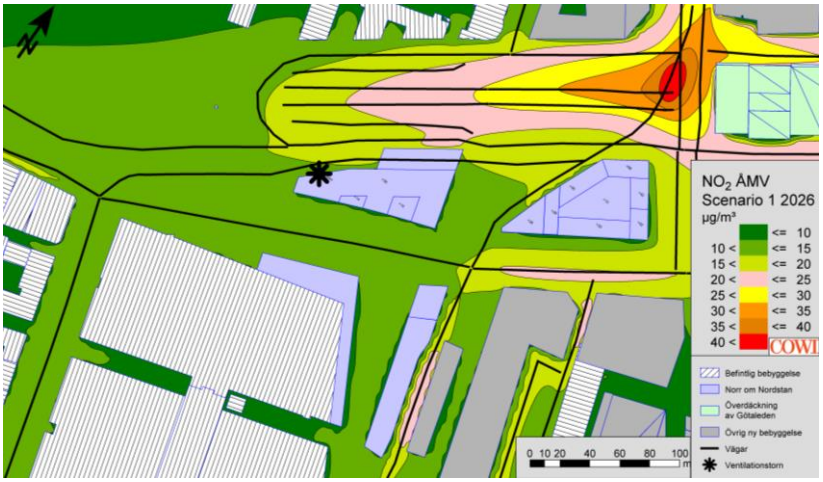


c)

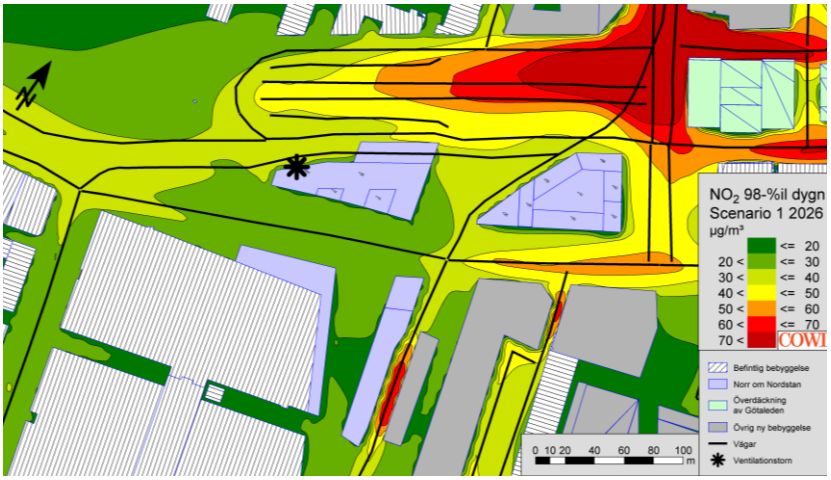


E.2.3 Detaljplan norr om Nordstan

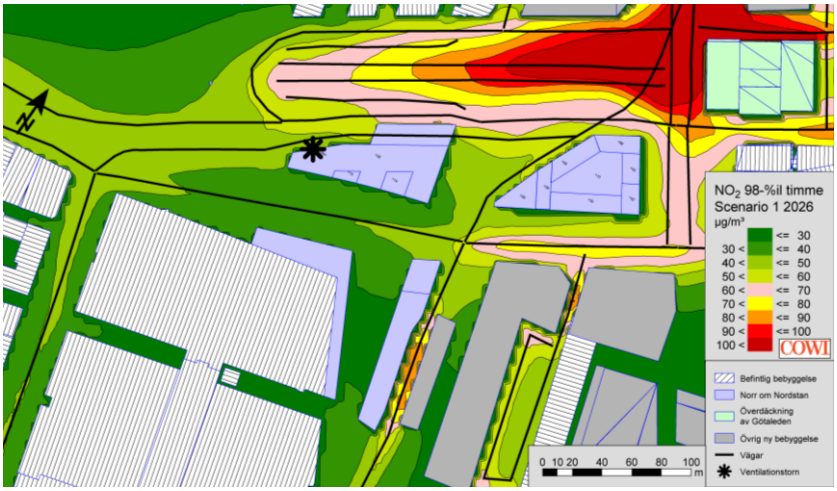
a)



b)

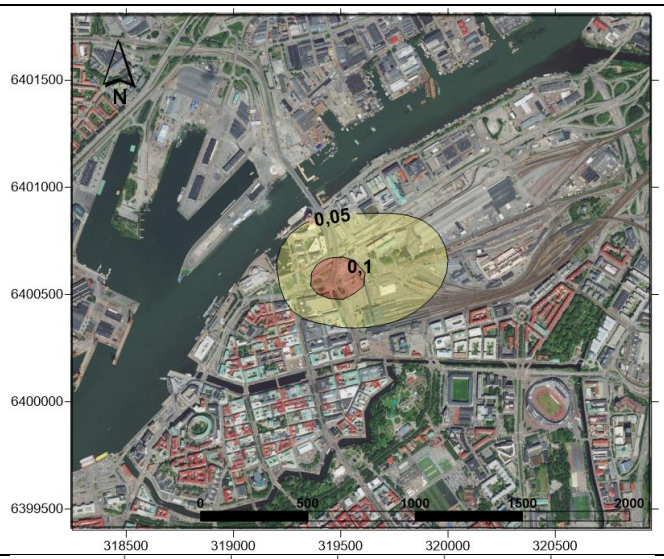


c)

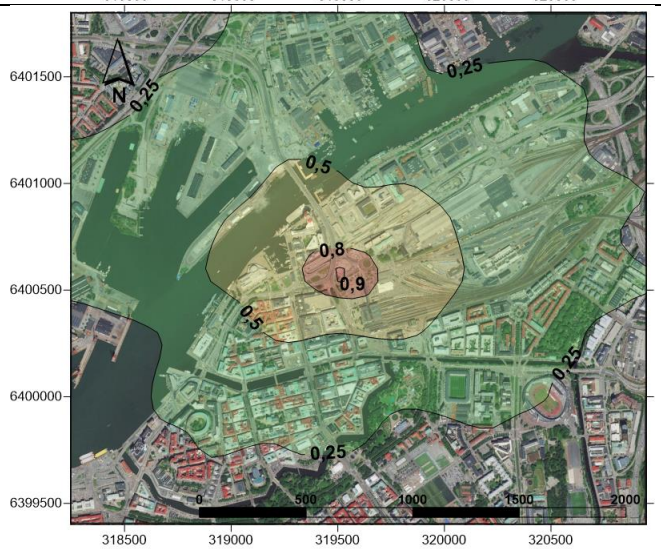


E.2.4 Utsläpp från tunnelventilationen

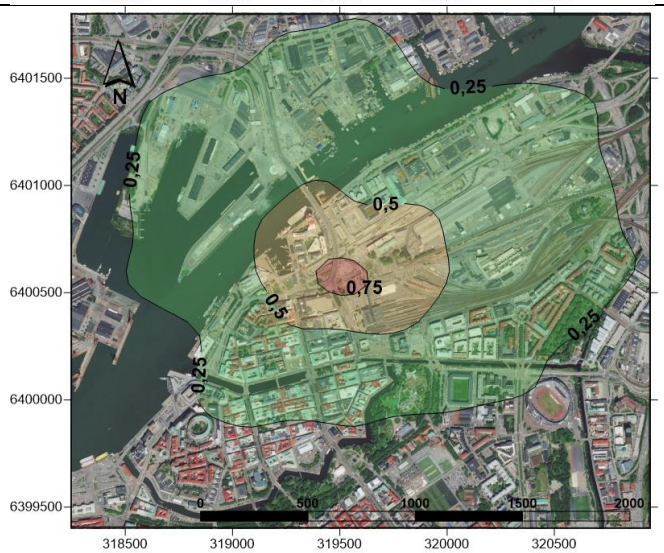
a) Årsmedelvärde



b) 98-percentil av dygnsmedelvärdet



c) 98-percentil av timmedelvärdet

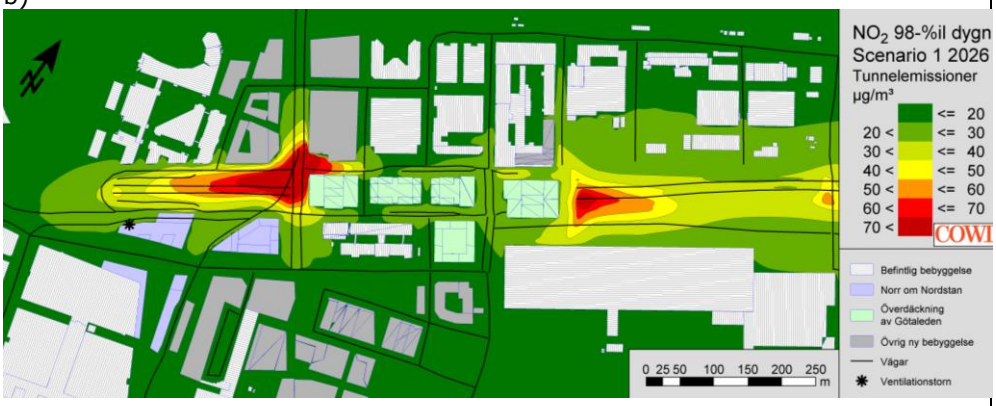


E.3 Scenario 1 år 2026 bara tunnelemissioner

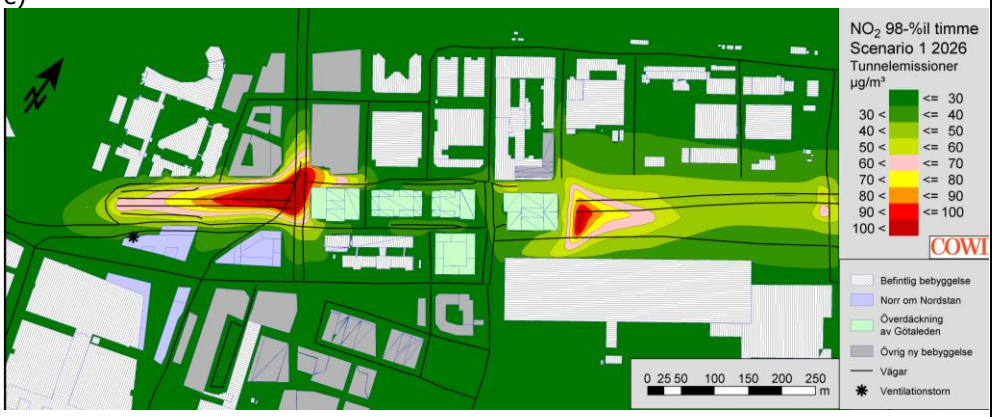
E.3.1 Centralenområdet

a)

b)

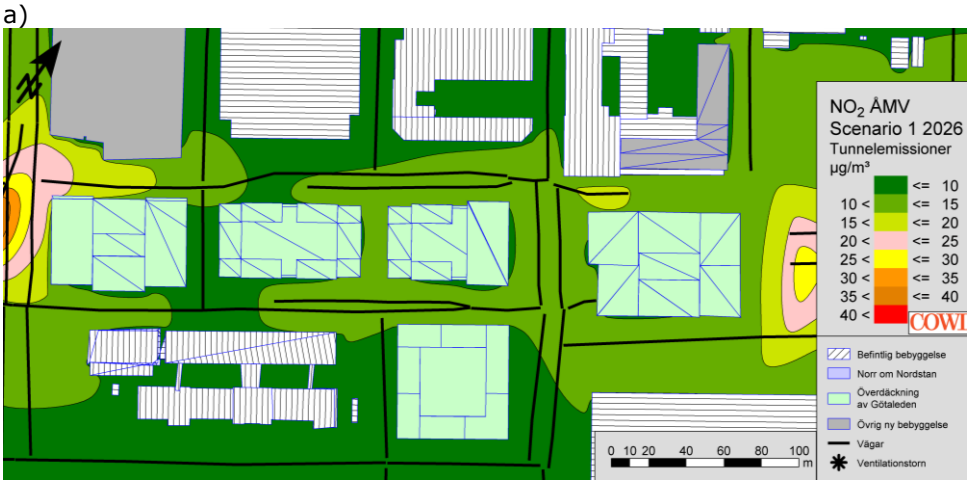


c)

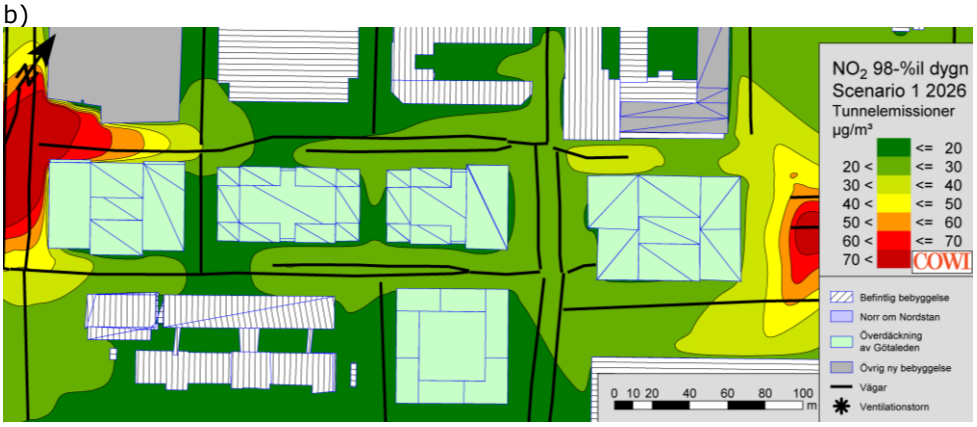


E.3.2 Detaljplan för överdäckning av Götaleden

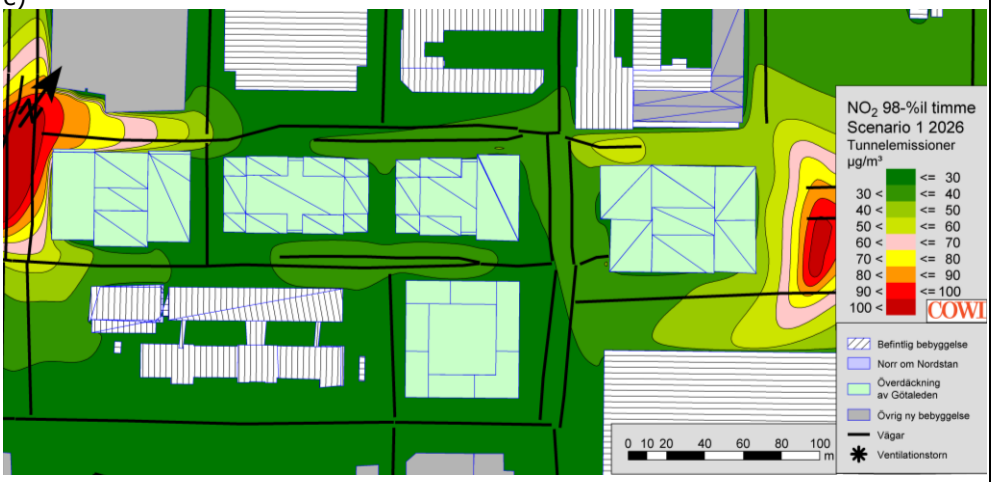
a)



b)



c)



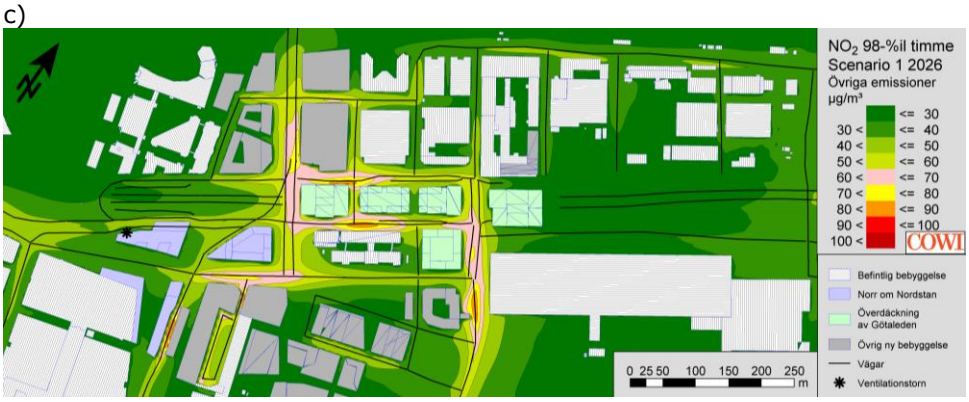
E.4 Scenario 1 år 2026 övriga emissioner

E.4.1 Centralområdet

a)

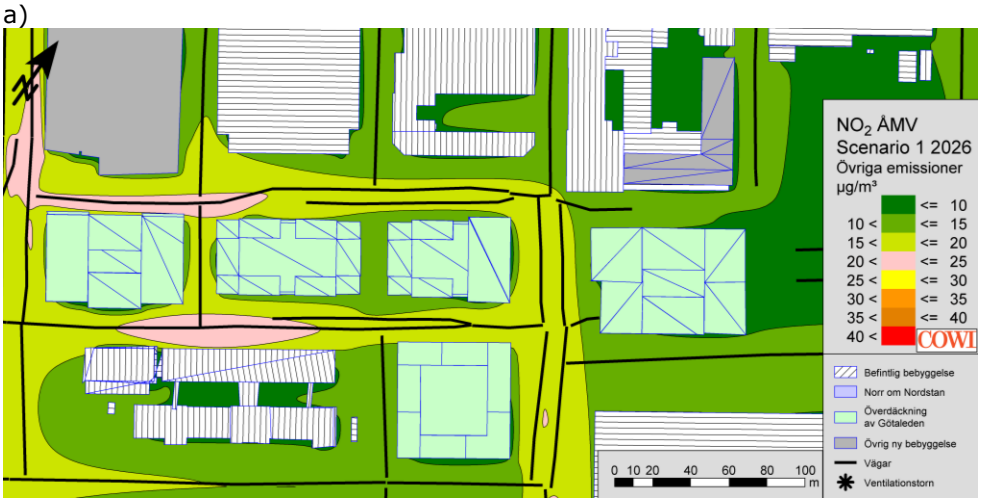
b)

c)

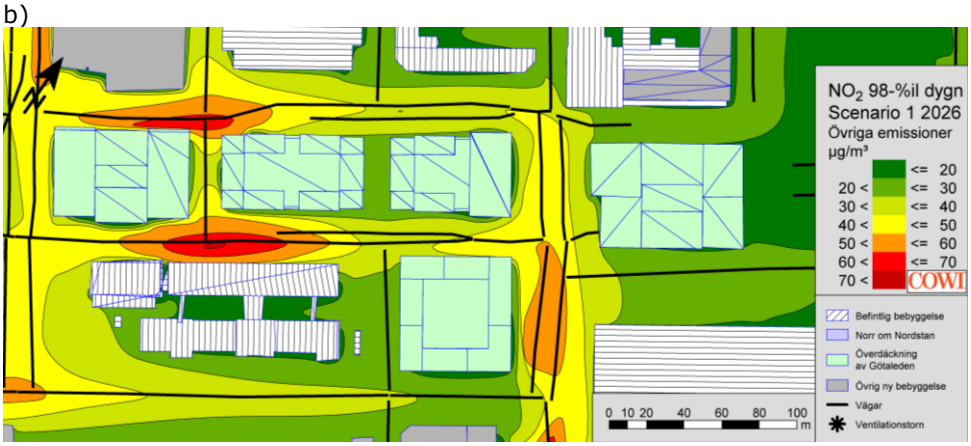


E.4.2 Detaljplan för överdäckning av Götaleden

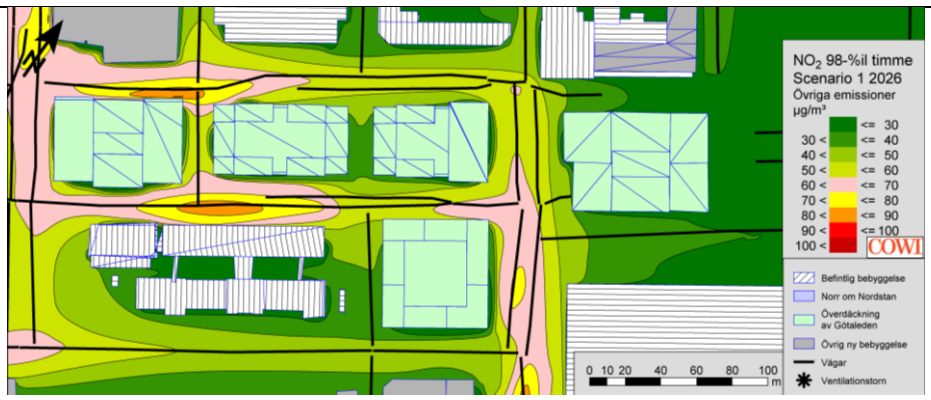
a)



b)



c)

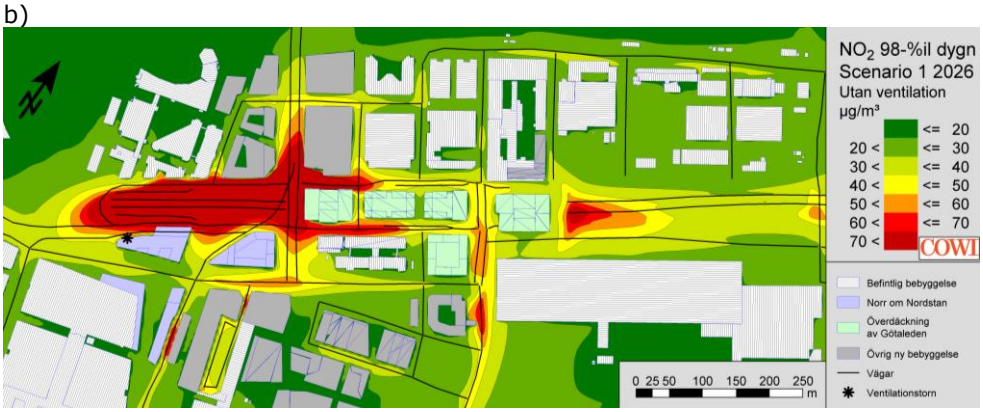


E.5 Scenario 1 år 2026 utan ventilation

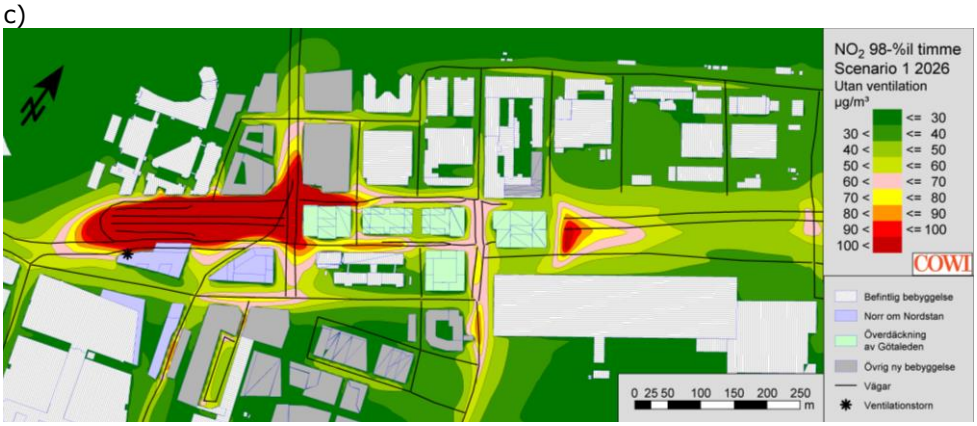
E.5.1 Centralenområdet

a)

b)

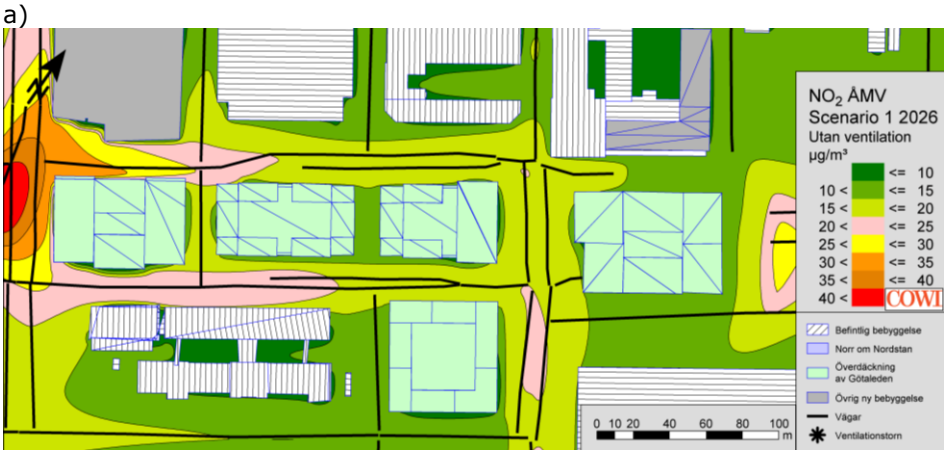


c)

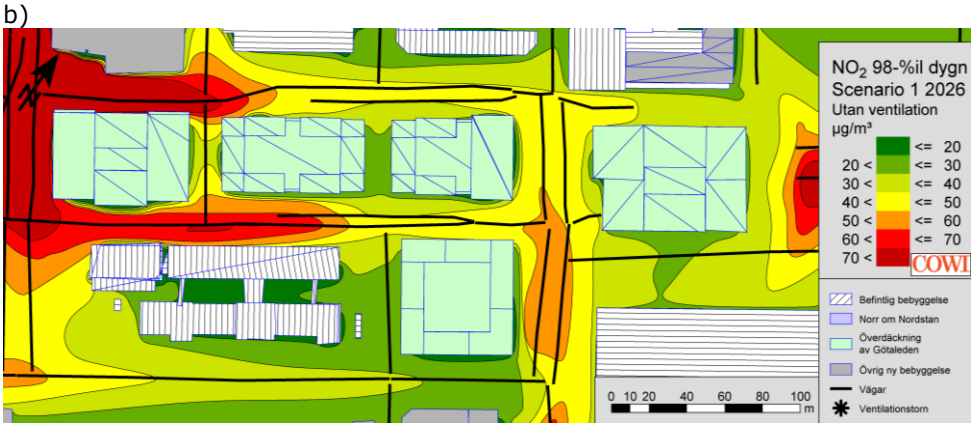


E.5.2 Detaljplan för överdäckning av Götaleden

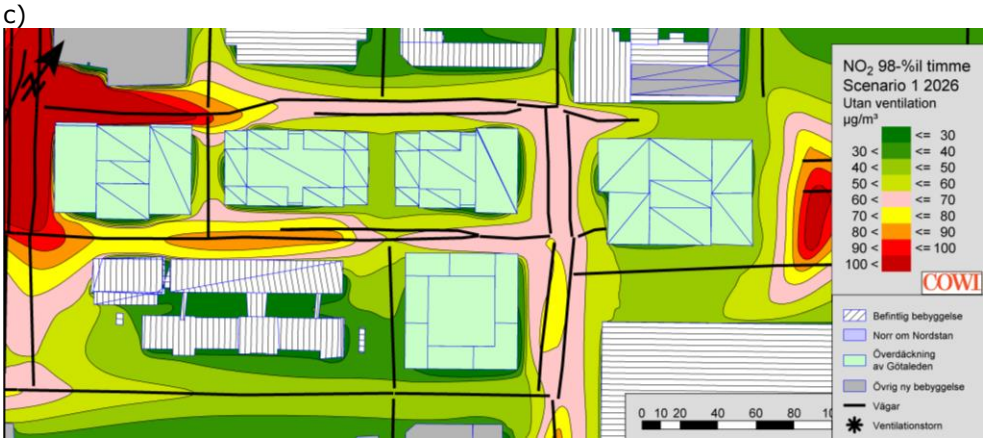
a)



b)

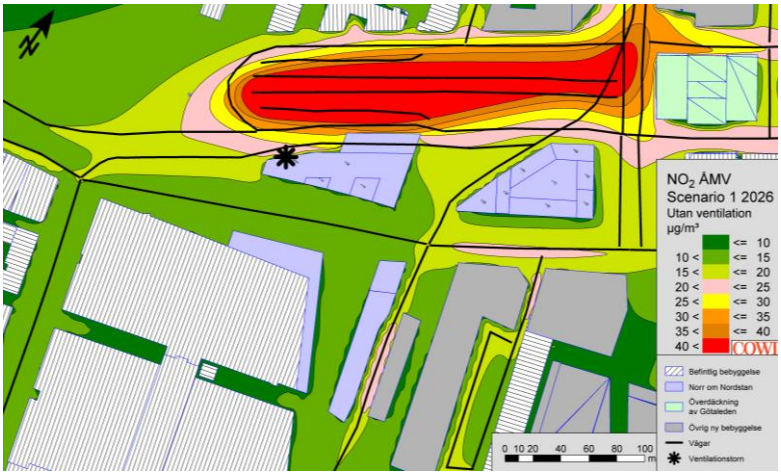


c)

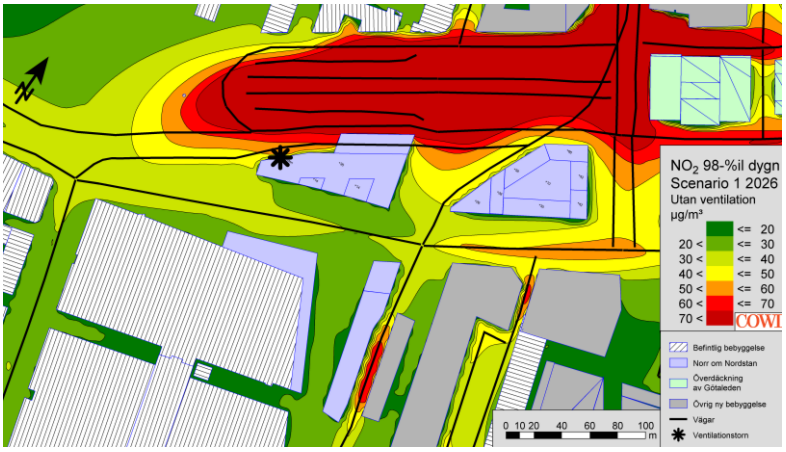


E.5.3 Detaljplan norr om Nordstan

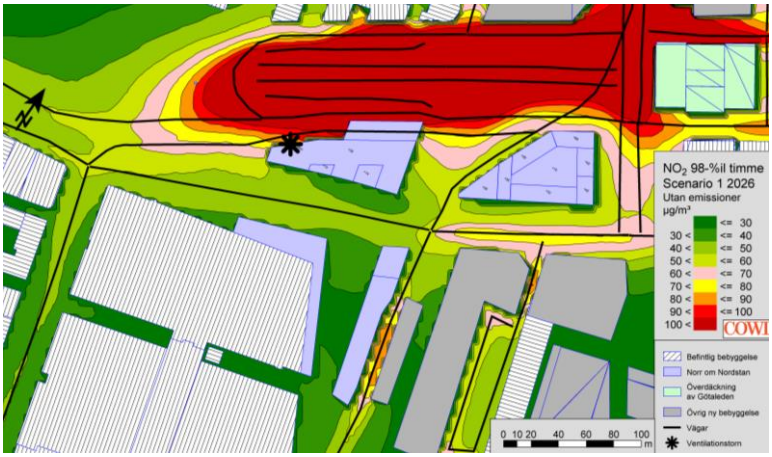
a)



b)



c)



E.6 Scenario 1 år 2035

E.6.1 Centralområdet

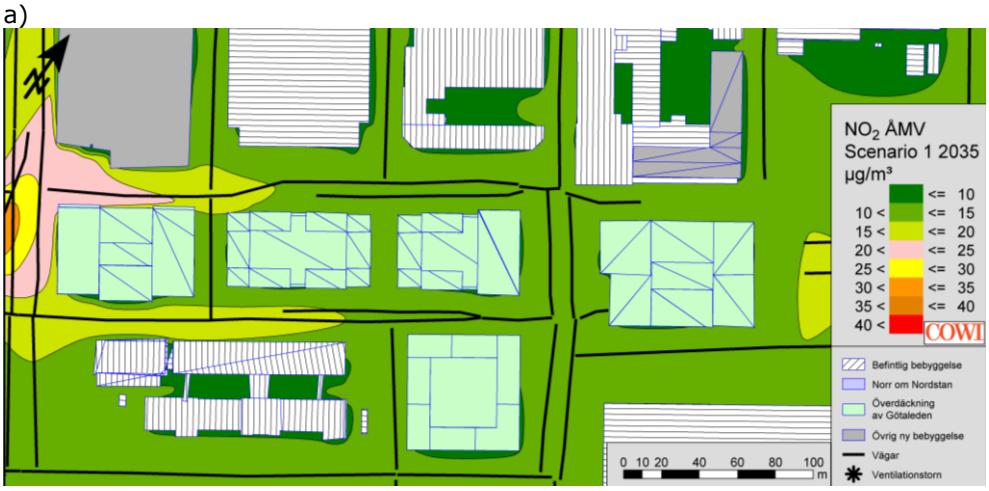
a)

b)

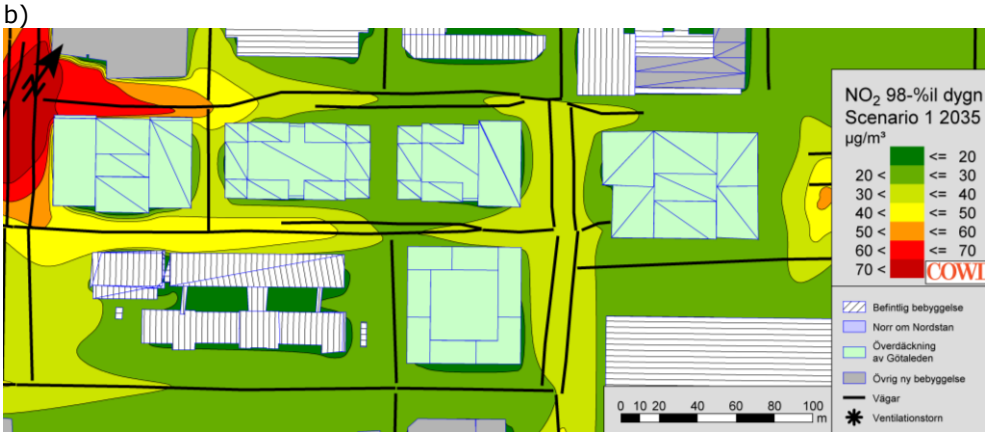
c)

E.6.2 Detaljplan för överdäckning av Götaleden

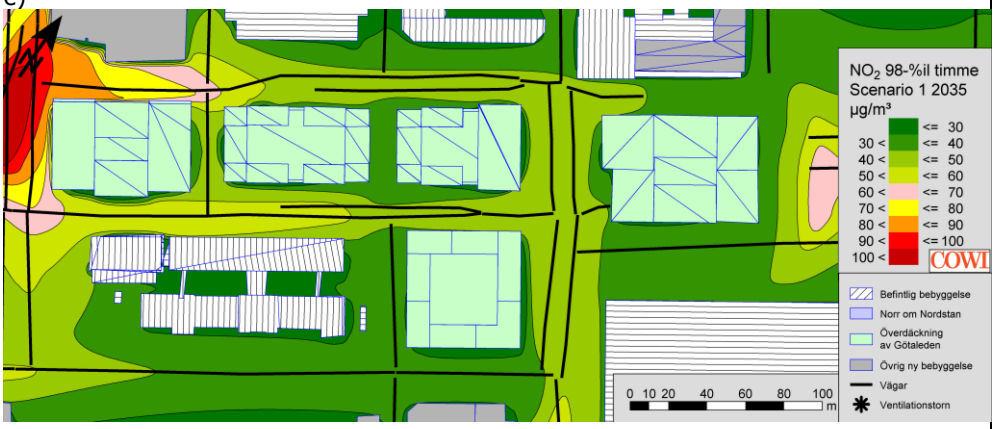
a)



b)



c)

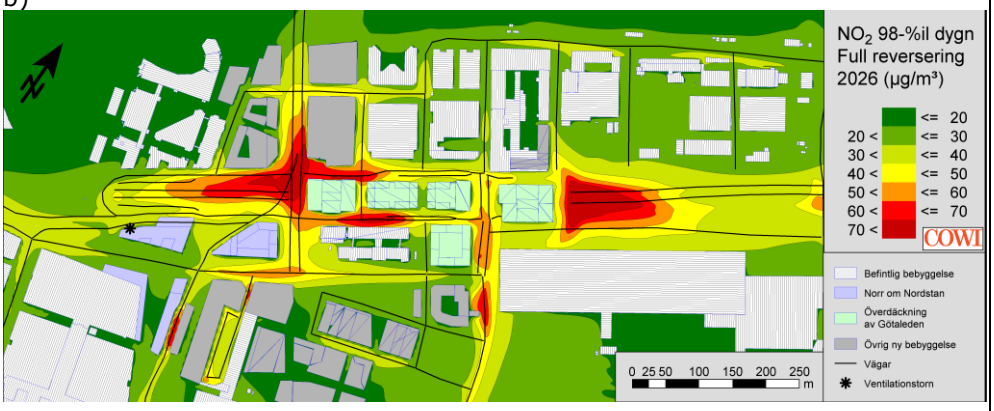


E.7 År 2026 full reversering

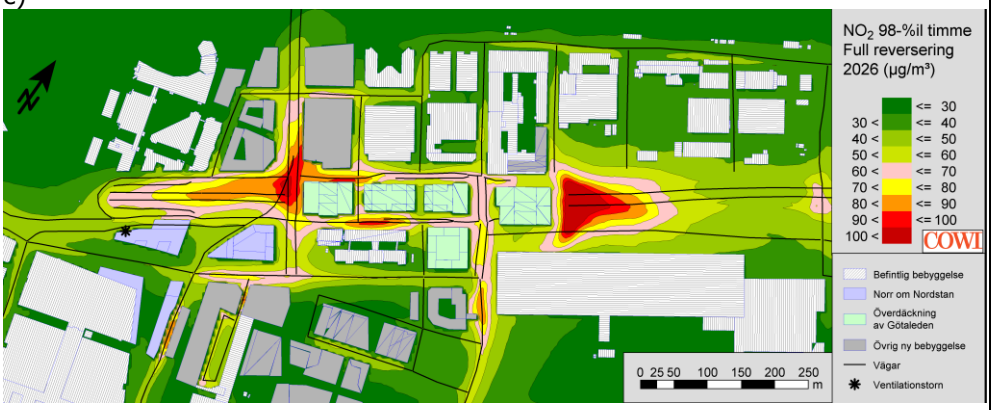
E.7.1 Centralområdet

a)

b)



c)



Bilaga F Haltkartor PM_{10}

F.1 Nuläge

a)

b)

F.2 Scenario 1 år 2026

a)

b)

F.3 Scenario 1 år 2026 utan ventilation

a)

b)

F.4 Scenario 1 år 2035

a)

b)

Bilaga G Underlagsutredning reversering

TFIPs rapport om reversering