
RAPPORT

STADSBYGGNADSKONTORET GÖTEBORGS STAD

Luftmiljöutredning för detaljplan Norr om Nordstan

UPPDRAGSNUMMER 7002091000

LUFTUTRENING



[KONCEPT]

2017-01-16

REGIONLEDNING VÄST

LEIF AXENHAMN

CARL THORDSTEIN

Sammanfattning

Göteborgs stad arbetar med att upprätta en detaljplan för Norr om Nordstan med syfte att möjliggöra byggnation av bostäder, verksamheter och Västlänkens Station Centralens västra uppgångar. Planområdet är beläget i närheten av Götatunnelns östra mynning. Sweco har på uppdrag utfört spridningsberäkningar för planområdet, med syftet att visa på fördelningen av kvävedioxid (NO₂) och partiklar (PM₁₀) inom det aktuella området samt att jämföra uppmätta och beräknade halter mot föreskrivna miljökvalitetsnormer och det nationella miljökvalitetsmålet, "Frisk luft". Utredningen visar även hur uppförandet av ett ventilationstorn vid Götatunnelns östra mynning kan påverka luftföroreningshalterna i området.

En åtgärd för att minska exponeringen av höga föroreningshalter har varit byggnation av tunnlar. Grundsytet med tunnlar är att förbättra, inte enbart föroreningshalter utan även, trafikbuller, ljudstörningar och olycksrisk genom att leda bort trafiken ifrån vägar i befolkade områden. Det har dock kunnat påvisas att tunnlar i vissa fall inte endast gett de avsedda positiva resultaten, utan även orsakat en försämring av luftkvaliteten i närliggande lokalområden av tunnelmynningarna. Studier har visat att luftföroreningshalterna i en tunnel ökar successivt och är som högst i direkt anslutning till mynningarna (Brydolf, 2010). Ventilationstorn för tunnelbruk används därav för att förse tunneln med frisk luft och att ventilera ut förorenad luft och kan generellt ses som ett sätt att distribuera hälsobördan från tunnelutsläpp.

Beräkningar utfördes för den nuvarande situationen 2016, 2026 och 2035 med beräknade framtida trafikmängder. I framtidsscenarioet år 2026 överdäckas Götaleden från Stadstjänaregatan till Torsgatan och nya Hisingsbron byggs. I framtidsscenarioet år 2035 genomförs en förlängd överdäckning av Götaleden, öster om planområdet från Torsgatan till Falutorget. Överdäckningen leder till att två tunnelmynningsliknade områden skapas vid ändarna av överdäckningen.

Resultatet från spridningsberäkningarna visade på att halterna av både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀) minskade i scenariot med ett ventilationstorn. Nedanstående tabeller visar beräknade halter, med och utan ventilationstorn, vid byggnaden närmast Götatunnelns mynning där påverkan är som störst. År 2026 för scenariot utan ventilationstorn riskerar miljökvalitetsnormen att överskridas för både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). Med ett ventilationstorn minskar halterna både vid Götatunnelns mynning och vid byggnaden, och miljökvalitetsnormerna kommer med stor sannolikhet att klaras. År 2035 är halterna generellt lägre i hela beräkningsområdet för kvävedioxid, då bakgrundhalterna, enligt SMHIs beräkningar, förväntas minska med cirka 30% fram till år 2030 och att hårdare krav på utsläppsmängder kommer driva på teknikutvecklingen, vilket förväntas leda till lägre halter av framförallt kvävedioxider. Miljökvalitetsnormerna beräknas därav att klaras både med och utan ventilationstorn. För partiklar (PM₁₀) förändras inte års- och dygnsmedelvärde nämnvärt mellan scenariona 2026 och 2035. Årsmedelvärdet klaras både med och utan ventilationstorn, medan dygnsmedelvärdet riskerar att överskridas utan ventilationstorn men klarar normen i scenariot med tornet.

Det relativa utsläppet från ventilationstornet beräknas ha en mycket begränsad påverkan på föreslagna byggnader och på omgivning norr om Nordstan; för både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). För kvävedioxid minskade utsläppen från tornet mellan scenariot 2026 och 2035, tack vare att utsläppen från vägtrafiken förväntas minska. För partikelhalterna var det ingen större skillnad mellan 2026 och 2035. Den begränsade påverkan kan förklaras av ventilationstornets stora diameter (5 meter), vilket ger en mer diffust plym med lägre koncentrationer i plymens centrum, som lättare sprids och omblandas.

Sammanställning av högst beräknade halter (µg/m³) vid närmaste byggnad inom planområdet från Götatunneln

Luftförorening		2026 utan ventilation	2026 med ventilation	Diff (%)	MKN
Kvävedioxid (NO₂)	År	30	25	17	40
	Dygn (98%-il)	60	50	17	60
	Timme (98%-il)	92	70	24	90
Partiklar (PM₁₀)	År	26	22	15	40
	Dygn (90%-il)	45	33	27	50

Röda siffror indikerar överskridande av miljö kvalitetsnormen

Sammanställning av högst beräknade halter (µg/m³) vid närmaste byggnad inom planområdet från Götatunneln

Luftförorening		2035 utan ventilation	2035 med ventilation	Diff (%)	MKN
Kvävedioxid (NO₂)	År	19	16	16	40
	Dygn (98%-il)	37	33	11	60
	Timme (98%-il)	53	46	13	90
Partiklar (PM₁₀)	År	26	21	19	40
	Dygn (90%-il)	45	32	29	50

Upprättande av ventilationstorn förbättrar luftsituationen närmaste Götatunnelns mynning samt förbättrar möjligheten att klara miljö kvalitetsnormerna. Det är av betydelse att tillägga är att ventilationstornet enbart påverkar halterna vid Götatunnelns mynning. Halterna vid överdäckningens mynningar kommer således inte att påverkas nämnvärt och det kommer med stor sannolikhet att förekomma höga halter av både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀) i framtida scenarion även med ventilationstorn. Även vid låga nivåer förekommer negativa hälsoeffekter, i synnerhet för partiklar. Därför är fördelaktigt med så låga luftföroreningshalter som möjligt där folk vistas. För att minimera risken för att människor exponeras för höga föroreningshalter kan entréer placeras bort från de sidor av byggnaderna som vetter mot Götaleden och mynningsområdena. Det är även att föredra om tilluften för ventilation inte tas från fasader mot Götaleden och mynningsområdena, utan från taknivå eller från andra sidan av byggnaderna.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och syfte	1
2	Lagar, förordningar och miljömål	2
2.1	Miljökvalitetsnormerna	2
2.1.1	Bedömning av Miljökvalitetsnormen för omgivningsluft	3
2.2	Miljökvalitetsmålet "Frisk Luft"	3
3	Beräkningsförutsättningar	4
3.1	Utredningsområdet	4
3.1.1	Beräkningsscenarion	6
3.2	Spridningsmodeller	6
3.3	Validering av mätdata, bakgrundshalter och meteorologi	6
3.3.1	Meteorologi	8
3.4	Trafikförutsättningar	9
3.4.1	Vägtrafik	9
3.4.2	Spårtrafik	10
3.5	Emissionsdata använda i spridningsberäkningarna	10
3.6	Föroreningar i tunnlar	11
3.6.1	Tunnelmynningar	12
3.6.2	Ventilationsförutsättningar	12
3.7	Osäkerheter i modellberäkningar	14
4	Resultat från spridningsberäkningarna	15
4.1	Kvävedioxid	15
4.1.1	Genomförda mätningar av kvävedioxid	15
4.1.2	Nuläge år 2016	16
4.1.3	Framtida scenario 2026, utan och med ventilationstorn	19
4.1.4	Framtida scenario 2035 utan och med ventilationstorn	22
4.1.5	Bedömning av kvävedioxid	25
4.1.6	Ventilationstornets effekt på föreslagna byggnader	26
4.2	Partiklar som PM ₁₀	27
4.2.1	Genomförda mätningar av partiklar (PM ₁₀)	27
4.2.2	Nuläge år 2016	28
4.2.3	Framtida scenario 2026 utan och med ventilationstorn	30
4.2.4	Framtida scenario 2035 utan och med ventilationstorn	32
4.2.5	Bedömning av partiklar (PM ₁₀)	34
4.2.6	Ventilationstornets effekt på föreslagna byggnader	35
5	Luftföroreningsreducerade åtgärder	36
5.1	Bullerskärmar	36

5.2	Vegetation	37
5.3	Dubbdäcksförbud	38
5.4	Partikelbindande medel	39
5.5	Lokala trafikreglerande åtgärder	39
5.5.1	Bilförbud	39
5.5.2	Hastighetssänkningar	40
5.6	Ekonomiska styrmedel	40
5.7	Tekniska krav och utveckling	41
6	Sammanfattande bedömning	43
7	Referenser	45
	Bilaga A Trafik 2016	48
	Bilaga B Trafik för 2026 och 2035	49
	Bilaga C Föroreningshalter vid olika höjder	52

1 Bakgrund och syfte

Göteborgs stad har en växande befolkning och är regionens kärna. I de centrala delarna av staden finns även trafikleder och tunnelmynningar som orsakar hög utsläppsbelastning i områden som är lättillgängliga med kollektivtrafik och därför attraktiva för att förstärka möjligheten till ett vardagsliv utan bil för fler. I dessa områden är luftföroreningshalterna generellt sett höga och beräkningar samt kompletterande mätningar, påvisar att halterna riskerar att överskrida miljökvalitetsnormerna. Tunnelmynningarna blir i princip som skorstenar i marknivå där tunneltrafikens ansamlade emissioner av luftföroreningar släpps ut (Göteborgs Miljöförvaltning, 2006). Vid nybyggnation ändras även de lokala och samtidigt komplexa spridningsförhållandena i takt med att den omgivande topografin och trafikflödet ändras (Brydolf, 2010). Därav är det av betydelse att utreda i vilken omfattning luftföroreningarna påverkar den omgivande miljön runt tunnelmynningar.

Göteborgs stad arbetar med att upprätta en detaljplan Norr om Nordstan med syfte att möjliggöra byggnation av bland annat bostäder, verksamheter och kontor. Planområdet är beläget i centrala Göteborg och sträcker sig längs Götaledens södra sida mellan Götatunnelns mynning och Stadstjänaregatan. Tidigare luftutredning av COWI som togs fram i anslutning till arbetet med detaljplan för överdäckning av Götaleden mellan Stadstjänaregatan och Torsgatan, påvisade att miljökvalitetsnormerna riskerar att överskridas i detaljplansområdet för både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). I utredningen föreslogs därför luftföroreningsreducerande åtgärder för att minska halterna vid tunnelmynningen, klara miljökvalitetsnormerna i detaljplaneområdet vid antagandet. Ett av förslagen var bortventilation av luften från Götatunneln genom ett ventilationstorn ovanför Götatunnelns östra mynning. Sweco har på uppdrag utfört spridningsberäkningar för området runt Götatunnelns östra mynning. Syftet med spridningsberäkningarna var att dels visa på fördelningen av luftföroreningarna inom det aktuella området, dels att beräkna effekten i området av frånlufttorn vid Götatunnelns östra mynning på luftkvaliteten. Uppmätta och beräknade halter jämfördes sedan mot föreskrivna miljökvalitetsnormer och det nationella miljökvalitetsmålet, Frisk luft. Beräkningar utfördes för 2016, 2026 och 2035.

Luftföroreningarna som ingår i denna utredning är kvävedioxid (NO₂) och partiklar (PM₁₀). Partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid är de luftföroreningar som idag uppvisar höga halter i Göteborg och riskerar att överskrida de miljökvalitetsnormer som finns definierade. Luftföroreningar i stadsmiljö kommer främst från lokala källor. I Göteborg har vägtrafiken identifierats som den huvudsakliga källan till kvävedioxid och partiklar (PM₁₀) för det aktuella området, och högst haltnivåer uppmäts i närheten till de stora trafiklederna. Övriga källor är bland annat industriella verksamheter, sjöfarten, vedeldning men också långväga transporter från mer avlägsna källor, både inom Sverige och utanför landets gränser.

2 Lagar, förordningar och miljömål

2.1 Miljökvalitetsnormerna

För att skydda människors hälsa och miljön har regeringen utfärdat en förordning om miljökvalitetsnormer (MKN) för utomhusluft, i överensstämmelse med EU-direktivet 2008/50/EG.

I förordningen (2010:477) om miljökvalitetsnormer (MKN) för utomhusluft beskrivs dels föroreningsnivåer som inte får överskridas eller som får överskridas endast i viss angiven utsträckning och dels föroreningsnivåer som "ska eftersträvas". I tabell 1 till 2 nedan redovisas miljökvalitetsnormerna för kvävedioxid (NO₂) och partiklar som PM₁₀. Dessutom förekommer miljökvalitetsnormer för partiklar som PM_{2,5}, svaveldioxid, koloxid, bly, bensen, arsenik, kadmium, nickel, PAH (BaP) och ozon. Miljökvalitetsnormerna för arsenik, kadmium, nickel, PAH och ozon definierar nivåer som "ska eftersträvas".

Tabell 1. Miljökvalitetsnormer för kvävedioxid

Miljökvalitetsnormer för Kvävedioxid i utomhusluft		
Normvärde	Skydd för människors hälsa	Maximalt antal överskridanden
Årsmedelvärde ¹⁾	40 µg/m ³	Aritmetiskt medelvärde
Dygnsmedelvärde ²⁾	60 µg/m ³	7 ggr per kalenderår
Timmedelvärden ³⁾	90 µg/m ³	175 ggr per kalenderår om föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m ³ under 1 timme mer än 18 ggr per kalenderår

¹⁾ Årsmedelvärde definieras som aritmetiskt medelvärde där summan av alla värden divideras med antalet värden.

²⁾ För dygnsmedelvärde gäller 98-percentilvärde, vilket innebär att halten av kvävedioxid som dygnsmedelvärde får överskridas maximalt 7 dygn på ett kalenderår (2 % av 365 dagar).

³⁾ För timmedelvärde gäller 98-percentilvärde, vilket innebär att halten av kvävedioxid som timmedelvärde får överskridas maximalt 175 timmar på ett kalenderår (2 % av 8760 timmar) om halten 200 µg/m³ inte överskrids mer än 18 timmar (99,8 percentilvärden).

Tabell 2. Miljökvalitetsnormer för partiklar som PM₁₀

Miljökvalitetsnormer för Partiklar (PM₁₀) i utomhusluft		
Normvärde	Skydd för människors hälsa	Maximalt antal överskridanden
Årsmedelvärde ¹⁾	40 µg/m ³	Aritmetiskt medelvärde
Dygnsmedelvärde ²⁾	50 µg/m ³	35 ggr per kalenderår

¹⁾ Årsmedelvärde definieras som aritmetiskt medelvärde där summan av alla värden dividerats med antalet värden.

²⁾ För dygnsmedelvärde gäller 90-percentilvärde, vilket innebär att halten av partiklar (PM₁₀) som dygnsmedelvärde får överskridas maximalt 35 dygn på ett kalenderår.

2.1.1 Bedömning av Miljökvalitetsnormen för omgivningsluft

Miljökvalitetsnormerna gäller generellt för luften utomhus, dock förekommer undantag/riktlinjer enligt följande:

I luftkvalitetsförordningen (2010:477) anges att miljökvalitetsnormerna inte ska tillämpas för luften på arbetsplatser samt vägtunnlar och tunnlar för spårbunden trafik.

Enligt Naturvårdsverket handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft (Naturvårdsverket, 2014) bör Miljökvalitetsnormerna för luftkvalitet inte tillämpas för följande fall:

- luften på vägbanan som enbart fordonsresenärer exponeras för (normerna ska dock tillämpas för luften som cyklister och gående exponeras för på trottoarer och cykelvägar längs med vägar och i vägars mittremsa)
- där människor normalt inte vistas (t.ex. inom vägområdet längs med större vägar förutsatt att gång- och cykelbanor ej är lokaliserade där)
- i belastade mikromiljöer, t.ex. i direkt anslutning till korsning eller vid stationär förorenad frånluft. I gatumiljö bör därför luften där normer tillämpas vara representativ för en gatusträcka på minst 100 m.

När det gäller att bedöma huruvida en Miljökvalitetsnorm överskrids eller ej och om det finns behov av ett åtgärdsprogram har Naturvårdsverket beaktat de förutsättningar som kan betraktas för ett normalår. För att bedöma nivåerna på halterna under ett normalår använder Naturvårdsverket i första hand "Årstäckande mätdata från aktuell plats under helst den senaste femårsperioden med beaktande av rådande trend för utvecklingen av halterna" (Naturvårdsverkets, 2014).

2.2 Miljökvalitetsmålet "Frisk Luft"

Den 26 april 2012 beslutade regeringen om preciseringar och etappmål i miljömålssystemet, Svenska miljömål – preciseringar av miljökvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål, Ds 2012:23.

Miljökvalitetsmålet Frisk luft preciseras så att med målet avses att halterna av luftföroreningar inte överskrider lågrisknivåer för cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål.

Riktvärden sätts med hänsyn till känsliga grupper och innebär att:

- halten av partiklar PM₁₀ inte överstiger 15 µg/m³ luft beräknat som ett årsmedelvärde och 30 µg/m³ luft beräknat som ett dygnsmedelvärde (90-percentil),
- halten av kvävedioxid ett årsmedelvärde underskrider 20 µg/m³ och som 98-percentil för timmedelvärde underskrider halten på 60 µg/m³.

Dessutom finns delmål för partiklar som PM_{2,5}, bensen, bens(a)pyren, butadien, formaldehyd, ozon och korrosion.

3 Beräkningsförutsättningar

I Göteborg är det främst kvävedioxid och partiklar (PM₁₀), som periodvis förekommer i halter som överskrider eller riskerar att överskrida föreliggande gränsvärden (MKN). För bedömning av hälsoeffekterna hos människor som kommer att vistas i planområdet har beräknade halter i första hand jämförts mot miljökvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). Övriga luftföroreningar så som kolmonoxid, fina partiklar (PM_{2,5}), svaveldioxid, bensen och bly regleras också av miljökvalitetsnormerna. Dessa luftföroreningar förekommer dock långt under miljökvalitetsnormerna och brukar inte utgöra något problem i Göteborg.

Spridning av luftföroreningar vid vägbanan och tunnelmynningar är beroende av bland annat trafikflöden, meteorologiska förhållanden, topografi och förekomst av intilliggande byggnation och hinder. I följande avsnitt redogörs förutsättningarna för några dessa parametrar.

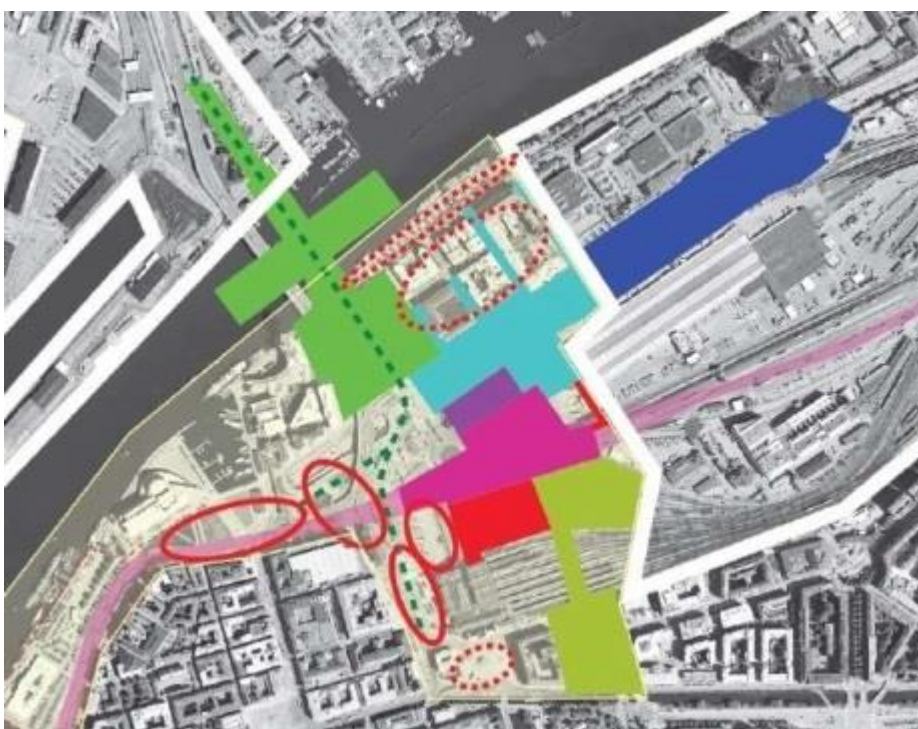
3.1 Utredningsområdet

Planområdet är centralt beläget och sträcker sig i dagsläget längs Götaledens södra sida mellan Kanaltorget och Regionens hus. Området har i dagsläget stor luftproblematik där påverkan från framförallt vägtrafiken leder till överskridande av miljökvalitetsnormerna för både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). Götaålvbrons ramper innebär trafikrörelser långt in över områden som med den nya Hisingsbron kommer att få kraftigt minskad trafik. Från Stadstjänaregatan och österut till Torsgatan pågår ett projekt för att däcka över Götaleden. Överdäckningen planeras förlängas till Falumotet som en andra etapp. I det långa tidsperspektivet kan även sträckan mellan Stadstjänaregatan och Götatunnelns mynning komma att överdäckas. Det är dock så långt fram att förutsättningarna för den här utredningen är ett öppet tråg på den sträckan. Tidigare utredning av COWI visar på höga halter i området och i synnerhet vid tunnelmynningen och vid kanten till överdäckningarna. Frånlufttorn kan hjälpa till att minska halterna av luftföroreningar vid Götatunneln genom att omfördela och sprida föroreningarna över ett större område.

Fordonstrafiken utgör den största och mest betydande utsläppskällan av luftföroreningar, som har en negativ inverkan på luftkvaliteten i området. Området är främst påverkat av kväveoxider från vägtrafiken (lokala bidraget) och bakgrundshalterna från stadens övriga utsläpp (urbana bidraget) samt den regionala intransporten av föroreningar. Den långväga och regionala intransporten av kväveoxider är i sammanhanget att betrakta som liten. I figur 1 återfinns en illustrationskarta över det aktuella planområdet och i figur 2 visas olika detaljplaner för hela centralen-området.



Figur 1. Illustrationskarta över planområdet sett från nordost. ©Karta från Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs Stad.



Figur 2. Aktuella detaljplaner och projekt i centralen-området. Detaljplanen norr om Nordstan markeras med heldragna röda ringar och den aktuella överdäckningen av Götaleden markeras med ljusblå färg.

3.1.1 Beräkningsscenario

Föreliggande utredning avser att ge information om möjligheter att bebygga planområdet utan att fastställda rikt- och gränsvärden överskrids samt att redovisa alternativa luftföreningsreducerande åtgärder för att uppnå en godtagbar luftkvalitet. För samtliga scenarion utreds hur kvävedioxid och partiklar (PM₁₀) förhåller sig till miljö kvalitetsnormerna (MKN) och miljö kvalitetsmålen samt ventilationstornens effekt på föroreningshalterna runt Götatunneln och vid planerad bebyggelse. Följande punkter belyses:

- Nuvarande situation gällande bebyggelse, infrastruktur och trafikmängder
- Framtidsscenario år 2026 där Götaleden överdäckas (Stadstjänaregatan till Torsgatan) och nya Hisingsbron byggs.
- Framtidsscenario år 2035 med Götaleden överdäckad även Torsgatan till Falutorget

3.2 Spridningsmodeller

Spridnings- och depositionsberäkningarna är utförda enligt de amerikanska miljömyndigheternas (US-EPA) godkända modellkoncept AERMOD. Inom EU saknas motsvarande system när det gäller krav på spridningsmodeller. I EU finns organisationen Eionet (European Topic Centre on Air and Climate Change) som har tagit fram en förteckning över spridningsmodeller som används inom EU. Modellen finns beskriven på Referenslaboratoriet för tätortslufts internetsida (SMHI):

<http://www.smhi.se/reflab/luftkvalitetsmodeller/mer-om-modellerna/aermod>.

Tre olika applikationer ingår i detta arbete, dessa är:

- **AERMET** är en specialanpassad beräkningsapplikation för att beräkna de meteorologiska parametrarna för bl.a. vertikala profiler i luftrummet.
- **AERMOD** är en spridningsmodell, speciellt utvecklad för att beskriva halter i närområdet av utsläppskällan
- **AERMAP** är en beräkningsmodell för definiering av de topografiska förhållandena

Resultatet redovisas som en geografisk spridning med kontinuerliga haltnivåer 1,5 meter ovan marknivå i enheten µg/m³. Beräkningsmodellen tar inte hänsyn till enskilda byggnader, men innehåller information gällande platspecifik topografi och råhetsfaktor; beskriver ytans skrovlighet och därmed motståndet av spridningen i luften, vilket motsvarar "stadsmiljö".

3.3 Validering av mätdata, bakgrundshalter och meteorologi

För att få en uppfattning om den totala noggrannheten i hela beräkningsgången har beräkningsmodellen i rapporten validerats/kalibrerats mot 2015 års mätdata av luftföreningar (mätstationen vid Bergslagsgatan) och meteorologiska parametrar

(mätstationen Lejonet). Validering av modellen görs även med syftet att utvärdera dess förmåga att reproducera representativa halter för det undersökta området. Naturvårdsverkets har tagit fram kvalitetsmål, som luftkvalitetsmodeller ska uppfylla. Kvalitetsmålen är i enlighet med kraven på modellberäkningar som finns definierade i EUs Luftdirektiv och baseras på jämförelse mellan beräknade halter och uppmätta halter. I tabell 3 framgår vilka krav som ställs på de luftföroreningar, som ingår i denna utredning.

Tabell 3. Kvalitetsmål för modellberäkningar enligt Naturvårdsverkets författningssamling (2010:8)

Kvalitetsmål	Partiklar (PM ₁₀)	Kvävedioxid (NO ₂)
Årsmedel	50 %	30 %
Dygnsmedel	Ännu ej fastställt	50 %
Timmedel	-	50 %

För att avgöra om modellberäkningarna uppfyllde kvalitetsmålen, nyttjades ett verktyg rekommenderat av referenslaboratoriet för tätortsluft (SMHI). I verktyget infogas modelldata respektive mätdata från mätplatsen vid Bergslagsgatan och från dessa beräknar verktyget kvalitetsmåten för både års-, dygns- och timmedelvärde. Kvalitetsmålen anges som osäkerhet med måtten RPE eller RDE. För årsmedelvärden rekommenderas att RDE används vid halter som väl underskrider gränsvärdena. För dygns- och timmedelvärden bör RPE användas om halterna väl underskrider gränsvärdena (Naturvårdsverket, 2014). Vad som kan vara bra att ha i åtanke är att ett perfekt uppnått modellresultat inte nödvändigtvis behöver innebära 100 % överensstämmelse med mätdata. Detta då varken mätningar eller modeller återger en perfekt beskrivning av atmosfärens kemiska tillstånd. Atmosfären påverkas av flertalet icke-linjära och till viss del stokastiska parametrar, varför en viss spridning är att vänta mellan uppmätta och beräknade halter.

Valideringen genomfördes mot mätstationen vid Bergslagsgatan, som var placerad på en parkeringsplats i närheten av centralstationen cirka 140 meter söder om Götaleden. Resultatet visade på låg modellosäkerhet och kvalitetsmålen innehölls med god marginal, se tabell 4. Då många parametrar är likartade mellan mätstationen och planområdet, så som avståndet till lokala emissionskällor, trafikmängder och meteorologiska förhållande, antas beräkningsparametrarna vid valideringen vara applicerbara för beräkningarna vid planområdet.

Tabell 4. Resultat av modellosäkerheten

Resultat	Partiklar (PM ₁₀)	Kvävedioxid (NO ₂)
Årsmedel*	1%	3%
Dygnsmedel**	-	11%
Timmedel**	-	4%

* Beräknad med det statistiska måttet RDE (Relativt Directive Erros), utgår från gränsvärdena i EUs Luftdirektiv

** Beräknad med det statistiska måttet RPE (Relativt Percentile Erros), utgår från percentiler

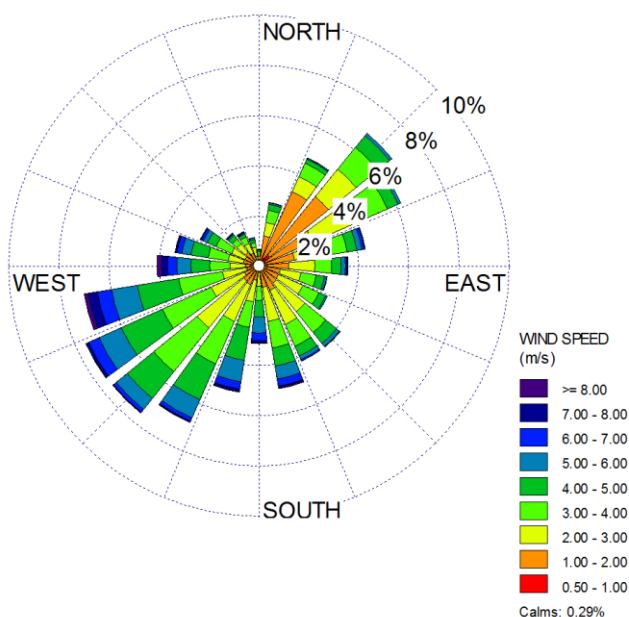
Modellberäkningarna återger inte, som tidigare nämnt, en exakt överensstämmelse med mätdata, vilket innebär att det finns vissa felkällor. Det är dock viktigt att framhålla att bättre beräkningsresultat erhålls genom att kalibrera mot mätdata. Framtagna kalibreringsfaktorer har därefter antagits vara tillämpliga för år 2030. Detta antagande görs under förutsättningarna att kalibreringen främst beror på plats- och modellspecifika faktorer, som inte ändras med tiden och att emissionsmodellen HBEFA återger korrekta emissionstrender.

Förutom lokala emissioner sker även intransport av luftföroreningar från andra regioner i Sverige, men även långdistanstransport från områden utomlands. I programvaran Aermod som används vid spridningsberäkningarna adderas bakgrundshalter för kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). Bakgrundshalterna som nyttjats i rapporten har hämtats från mätstationen Femman, som mäter den urbana bakgrundhalten i Göteborg. Bakgrundshalterna av kvävedioxid har justerats efter SMHIs antagande gällande en cirka 30% reduktion fram till 2030 (SMHI, 2013), vilket är den halt som användes för scenariot 2035. För scenariot 2026 interpoleras bakgrundhalten fram och gav en minskning på cirka 20% i jämförelse med dagsläget. För att beräkna halten av kvävedioxid (NO₂) har beräkningarna tagit ozonets oxidation av kvävemonoxid (NO) till kvävedioxid (NO₂) i beaktande. Bakgrundhalten av ozon hämtades från bakgrundsstationen Femman.

3.3.1 Meteorologi

Meteorologiska parametrar har stor inverkan på luftföroreningar. Detta genom att påverka diverse fysiska och kemiska processer så som koagulation, kondensation och avdunstning, kemisk omvandling samt torr och våtdeposition, som påverkar halterna i atmosfären (Tang et al., 2014). Förenklat transporterar vinden föroreningarna, turbulensen blandar och späder dem och nederbörden "sköljer" bort dem från atmosfären (Trafikverket, 2012).

Beräkningarna har gjorts med meteorologiska data från 2013, inhämtad från mätstationen Lejonet i Göteborg. En beskrivning av vädret år 2013 kan hittas på Göteborg stads hemsida. Skillnaden i beräkningsresultat för åren 2016, 2026 och 2035 inkluderar alltså inte meteorologiska skillnader utan enbart skillnader i emissioner. Variabiliteten av föroreningshalter som inträffar p.g.a. meteorologiska skillnader mellan olika år har det inte tagits hänsyn till. Dock betraktas år 2013 som ett normalår ur ett meteorologiskt perspektiv.



Figur 3. Vindros för meteorologiska data året 2013, Göteborg

3.4 Trafikförutsättningar

3.4.1 Vägtrafik

Fordonstrafiken utgör den största och mest betydande utsläppskällan av luftföroreningar, som har en negativ inverkan på luftkvaliteten i planområdet. I nuläget är det Götaleden som har högst trafikflöde av de intilliggande vägarna vid planområdet och dominerande föroreningsskällan.

Trafikökningens storlek antas vara av stor betydelse för framtida lufthalter i tätorter. Trafikökningen i en region antas dock i de flesta fall vara större än motsvarande trafikökning i regionens tätorter, detta beroende dels på platsbrist, dels på åtgärder för en bättre luftkvalitet i tätorter. Det föreligger därav osäkerheter i framtida prognoser om trafikmängder. På grund av detta användes samma trafikmängder för scenariona 2026 och 2035.

Trafikuppgifterna som nyttjats i rapporten är samma som i den tidigare genomförda luftutredningen (COWI, 2016). Dagens trafikmängder är från Göteborgs stads trafikmätningar och framtida trafikmängder har erhållits av Stadsbyggnadskontoret och Trafikkontoret. I modellberäkningen har trafikens dygnsfördelning under vardagar och helger tagits i beaktande.

I Bilaga A och B listas trafikmängderna för de vägar och scenarier, som ingick i beräkningarna.

3.4.2 Spårtrafik

Emissioner till luft från järnvägstrafiken består till största delen av metallpartiklar som frigörs vid slitage på hjul, räls, bromsar och kontaktledning. Dieseldrivna tåg ger upphov till emissioner av luftföroreningar som annan dieseltrafik, t.ex. koldioxid, svaveldioxid, kväveoxider, kolväten och partiklar. Partiklar förekommer i olika storlekar och kan ha olika kemiska sammansättningar (exempelvis metaller, sulfat, nitrat, organiska föreningar och sot). Höga halter av partiklar har kunnat påvisas i framförallt tunnelbanemiljöer och halterna är oftast många gånger högre jämfört med halter i gatamiljöer. Spårtrafiken ovan jord genererar också partikelemissioner, dock är dessa långt under den norm för luftkvalitet som finns för att skydda människors hälsa (Banverket, 2007). Turbulensen är högre ovan jord och emissionerna ventileras effektivt bort, varför endast höga halter uppstår under mycket korta tidsperioder i omedelbar närhet av spåren (Gehrig et al., 2007). En schweizisk studie visade att järnvägens relativa bidrag av PM₁₀ till den totala partikelhalten uppgick till mindre än 2 µg/m³ efter 120 meter från spåren. Studien genomfördes nära en av den mest trafikerade järnvägsstationen i Zürich. Metallpartiklar som genereras från järnvägstrafik är jämförelsevis tunga och depositionen av metaller sker generellt inom 50–100 meter från järnvägen (Gustavsson et al., 2003). En betydande del av partikelemissionerna är direktemitterade och källstyrkan kan antas vara som störst där inbromsning och eventuell acceleration sker.

Söder om planområdet mer än 300 meter passerar både pendeltåg och övrig tågtrafik från Göteborgs centralstation. I rapporten har det antagits att majoriteten av tågen som passerar planområdet utgörs av eldrivna tåg och därav har försumbar effekt på kvävedioxidhalterna. Tågen ger dock upphov till partikelemissioner (PM₁₀). Men med partiklarnas korta uppehållstid i luften och det långa avståndet till planområdet, bedöms tågtrafikens relativa bidrag av partikelemissioner till planområdet som små och har därför inte beaktats i beräkningarna. Partikelemissioner från spårvagnslinjer antas vara av underordnad betydelse i jämförelse med vägtrafiken och har därav inte tagits med i beräkningarna.

3.5 Emissionsdata använda i spridningsberäkningarna

Emissionsfaktorn är den mängd kvävedioxid och partiklar (PM₁₀) som ett genomsnittligt fordon skapar per körd sträcka. Emissionsfaktorn påverkas av många olika förhållanden, exempelvis fordonens typ och hastighet samt vägbanans beläggning, dammighet och fuktighet.

Avgasemissioner beräknas i huvudsak med hjälp av emissionsmodellen HBEFA för år 2014, 2020 och 2030 (emissionsuppgifter för 2016, 2026 och 2035 saknas). Det är en gemensam europeisk emissionsmodell för vägtrafik som har anpassats till svenska förhållanden. Trafiksammansättningen avseende fordonsparkens avgasreningsgrad (olika euroklasser) beräknas utifrån prognoser för år 2020 och 2030. HBEFA antar för år 2030 att andelen dieselfordon kommer vara cirka 60 % av den svenska personbilsflottan. I dagsläget utgörs Göteborgs personbilsflotta av cirka 29% dieselmotorer (Trafikanalys, 2016). Utsläppen av kväveoxider beräknas dock minska fram till år 2030 på grund av högre krav på avgasutsläppen. Emissionerna från fordonstrafiken beräknas utifrån dessa

antaganden. Det är dock osäkert att emissionsfaktorerna för kväveoxider faktiskt kommer att minska i samma utsträckning som HBEFA räknat med. För 2026 genomfördes scenariot med HBEFAs prognostiserade emissionsfaktorer för 2020 och scenariot 2035 genomfördes med emissionsfaktorerna för 2030. Genom att beräkna år 2026 och 2035 med "äldre" emissionsfaktorer minskar risken för underskattningen av halterna. Det erhålls även "worst case" scenarion, vilket belyser vilka halter som kan förekomma om de verkliga förbättringarna av utsläppen från vägtrafiken inte sker i samma takt som den prognostiserade utsläppsminskningen.

För partiklar beräknas det inte ske någon större skillnad i emissionsfaktorerna mellan åren 2014 och 2030, dessutom dominerar utsläppen av partiklar (PM₁₀) som uppkommer vid slitage och ej som avgaser. För emissionerna av partiklar är andelen tung trafik, dubbdäcksandel och antal fordon de viktigaste parametrarna. Dubbdäcksandelen har påvisats ha en avgörande inverkan på partikelhalterna. I dagsläget uppgår dubbdäcksandelen i Göteborg till cirka 50%. Då normen för PM₁₀ avser ett högsta tillåtna medelvärde för ett helt kalenderår, behövs information gällande dubbdäcksandelens påverkan på halterna under ett år. För beräkningarna av PM₁₀ användes därav genomsnittliga emissionsfaktorer under ett helt år.

3.6 Föroreningar i tunnlar

Vid anläggning av en vägtunnel, konverteras en linjekälla till en eller ett fåtal punktkällor, i form av mynningar eller skorstenar. En av de stora fördelarna med vägtunnlar är möjligheten att förbättra den lokala luftkvaliteten genom att placera mynningar och skorstenar bort från känsliga riskgrupper, och avlägsna emissioner från bostadsområden. Denna omfördelning av föroreningar innebär generellt att koncentrationer minskas över ett stort område, men samtidigt ökar i ett litet område kring tunnelmynningarna. De trafikrelaterade föroreningarna som uppkommer i tunnelmiljö är av samma karaktär som luftföroreningar längs ytvägnätet. Dessa utgörs av avgaskomponenter respektive slitagepartiklar från fordon och vägbana (Vägverket, 2009). Mätningar som utförts i tunnelmiljöer har kunnat visa på halter av kvävedioxid på mer än 1000 µg/m³. Andelen kvävedioxid i vägtunnlarna beror främst tillgång på ozon, men även på fordonssammansättningen där t.ex. dieselfordon emitterar en större andel än bensinfordon. (Burman L, 2010).

Luftföroreningar som emitteras från vägtrafiken sprids under normala förhållanden snabbt från vägen genom vind och olika turbulenseffekter. Vägtunnelns inre del är generellt sett skyddad från vinden och effekterna av eventuell turbulens begränsas av tillgången till luft som kan späda den förorenade luften. Detta leder i många fall till ackumulering av luftföroreningar och mängden är beroende av antalet fordon i tunneln och intensiteten av fordonsutsläppen. Studier visar att emissionerna kommer att vara högre om fordon är gamla, om andelen tunga fordon är hög, om fordonen kör i uppførsbacke och vid hög trafikbelastning förhållanden.

Sammanfattningsvis så bidrar tunnlar till bättre luftkvalitet än om en utomhus vägsträcka låg på samma plats. Men vid tunnelmynningar och skorstenar frigörs förorenad luft när ett luftflöde släpps ut från tunneln genom kolvverkan, trafik och/eller ventilationssystem.

Kolvverkan avser det forcerade luftflödet inuti en tunnel som orsakas av fordon i rörelse (WRA, 2008). Det mest effektiva sättet att hantera luftkvaliteten både i och runt tunnlar är genom utsläppsminskningar från fordonsflottan. Detta är fördelaktigt eftersom man angriper orsakerna till dålig luftkvalitet, snarare än att hantera effekterna (NHMRC, 2008).

3.6.1 Tunnelmynningar

Utsläppen från tunnelmynningar kan bidra till kraftigt förhöjda halter i det närliggande området. Detta eftersom luftföroreningarna ackumulerats inne i tunnel och släpps ut genom mynningar till den omgivande miljön med höga koncentrationer av luftföroreningar (NHMRC, 2008). Detta kan i sin tur påverka exponeringen för boende eller för de som vistas i närheten av mynningarna. De faktorer som kan påverka betydelsen av mynningsutsläppens effekt på halterna i det direkta närområdet av mynningarna är vindhastighet, vindriktning, fordonsflöden, fordons hastigheter, tunnelventilationshastigheter/luftvolym, andel tung trafik, samt utformningen av mynningen och den omgivande topografin. Den fordonsgenererade turbulensen kan vara mycket betydelsefull, speciellt vid svaga vindar (Brydolf, 2010). Föroreningshalterna lämnar mynningen som en relativt rörlig plym och precis utanför mynningen är den främst beroende av halterna i tunnelmynningen och vindhastigheten i tunneln. I omedelbar närhet (cirka 10 meter) av mynningen kan luftkvaliteten försämrats avsevärt och riskera att överskrida miljö kvalitetsnormerna. När plymen kommit en bit från mynningen, så är det framförallt den omgivande vindhastigheten och turbulensen som är avgörande för utspädningen och spridningen av föroreningarna (Johansson et al., 2013). Halterna av luftföroreningar minskar drastiskt med avståndet till mynningen. Effekterna av utsläppen från mynningarna sträcker oftast enbart upp till ca 100-200 meter från själva mynningen. Bortom detta avstånd är det svårt att urskilja effekterna av mynningen från närliggande vägar (NSW, 2014).

Utsläppen från mynningarna påverkar inte enbart den omgivande luften, utan även luften i tunneln, genom överläckage från ena tunnelröret. Överläckage innebär att luft från det ena röret sugas in i det parallellt motriktade röret. Avgörande faktorer är mynningens geometriska struktur, vindhastigheten samt tunnelrörets riktning i förhållande till rådande meteorologiska förhållanden. Studier har påvisat att tunnlar utan skiljeväggar, leder till de högsta halterna i tunneln (Johansson et al., 2013).

Kvävedioxid genererar plymer som skiljer sig från andra typer av luftföroreningar. Detta beror på att extra kvävedioxid kan bildas när tunnelluften blandas med bakgrundsluft, genom att ackumulerat kväveoxid från tunneln reagerar med ozon i luften (NSW, 2014)

3.6.2 Ventilationsförutsättningar

Halten av luftföroreningar i en tunnel och i utsläpp från tunnelmynningarna beror till stor del på ventilationen. Tre grundläggande utformningar av ventilationssystem är passiv ventilation, längsgående ventilation och tvärgående ventilation (NHMRC, 2008).

Ventilationstorn för tunnelbruk används för att förse tunneln med frisk luft och att ventilerat ut förorenad luft. Tornen är allt som oftast cirka 10-20 meter höga och kan generellt ses

som ett sätt att distribuera hälsobördan från tunnelutsläpp (NHMRC, 2008). Tack vare att luftföroreningarna emitteras på hög höjd, sker omblandning och spridningen mer effektivt, vilket resulterar i lägre marknära koncentrationer. Riktigt höga skorstenar har minimal eller ingen effekt alls på sitt lokala närområde. Studier har påvisat att utsläpp vid tunnelmyningar har en 50 gånger så stor inverkan i marknivå än om samma utsläpp skett från en skorsten (WRA, 2008). Det kan vara fördelaktigt att ha två ventilationstorn, då det minskar kostnaderna för att pumpa luft runt systemet till den enda skorsten. Den andra skorstenen utgör även ett alternativ om en skorsten ej är i drift (NHMRC, 2008).

Beräkningarna i föreliggande rapport har utgått ifrån de ventilationsförutsättningar som beskrivs i Vägverkets rapport från 2001. Där föreslogs att det installeras en ventilationsanläggning och en frånluftkanal samt att ett torn byggs med en flödeskapacitet om 250 m³/s. I beräkningarna togs även hänsyn till plymlyftet, som påverkas av luftflödet i utsläppet och temperaturskillnaden mellan luften som släpps ut och omgivande luft. Låg luftflöde och liten temperaturskillnad ger ett lågt plymlyft, vilket ger sämre spridning och omblandning och därigenom högre halter i marknivå. Omvänt ger högt luftflöde och stor temperaturskillnad ett högt plymlyft, vilket ger ett större spridningsområde och lägre halter i marknivå. Utsläppets storlek i ventilationstornet beror av mängden luftföroreningar i tunneln, vilket påverkas av trafikmängden i tunneln. Ventilationstornets utsläpp har därför kopplats till dygnsfördelning av trafik i Götatunneln. I tabell 5 framgår vilka ingångsvärden som användes i beräkningarna som utredde ventilationstornet effekt på tunnelbidraget.

Tabell 5. Utsläppsuppgifter för ventilationstornet

Utsläppskälla	Höjd (m)	Gasflöde (m ³ /s)	Diameter (m)	Temp (°C)
Ventilationstorn	10	250	5	1 °C över omgivande luft

Utredningen ska även visa hur uppförandet av ett ventilationstorn vid Götatunnelns östra mynning påverkar luftföroreningshalterna i området. Då höjden på ventilationstornet har stor inverkan på föroreningshalterna valdes att utreda tre olika höjder på ventilationstornet 10, 20, och 30 meter. Planförslaget föreslår uppförande av byggnader i varierande byggnadshöjder 18-62 meter. För att säkerställa att byggnaderna inte kommer att träffas av "plymen" från ventilationstornet valdes olika receptorspunktshöjder eller olika höjder (mellan marknivå och 60 m) för att mäta luftföroreningarna. I figur 4 visas ventilationstornets placering samt närmaste byggnad ("Byggnad 1") som bedöms bli mest påverkat av luftföroreningarna från ventilationstornet.



Figur 4. Det föreslagna ventilationstornets placering markeras med svart cirkel (ej skalenlig) och närmaste byggnad ("Byggnad 1").

3.7 Osäkerheter i modellberäkningar

Modeller är aldrig fullständiga beskrivningar av verkligheten och resultaten som erhålls från en modellberäkning innehåller osäkerheter och måste därför alltid kvalitetsgranskas och resonemangsbeskrivas. Det föreligger alltid en risk att vissa felkällor uppkommer när modellen inte på ett korrekt sätt förmår ta hänsyn till alla faktorer som kan påverka halterna av luftföroreningar. Sådana felkällor beror på flera faktorer och återfinns bland annat i beräkningarna (förenklingar i modellerna), i mätdata (icke representativa mätdata) och i emissionsdata.

Spridningsmodeller som används för att beräkna vägars påverkan på luftkvaliteten är i allmänhet inte helt anpassade för tunnelmynningar. Modellerna är inte konstruerade för att modellera spridningen för de speciella förhållandena som råder vid tunnelmynningen, som exempelvis nedsjunkna vägar, lokal topografi och fordonsinducerad turbulens. Vid tunnelmynningen förekommer även turbulenta effekter av den så kallade jetströmmen, som för med sig förorenad luft när den lämnar tunneln. Jetströmmen blandas med den omgivande vinden, som i allmänhet kommer att färdas i en annan riktning och med en annan hastighet.

Beräknade halter i ett framtidsscenario innehåller större osäkerheter i jämförelse med beräknade nulägeshalter. Detta beror på att det i dessa beräkningsscenarioer tillkommer osäkerheter. De största osäkerheterna i denna studie antas finnas i emissionsdata, prognostiserade trafikflöden, fordonssammansättningen (t.ex. andelen dieslbilar) och andelen bilar med dubbdäck. Utsläppsförändringen hos fordon är även den osäker och påverkas till stor del av utvecklingen och användningen av bränslen, motorer och däck. De beräkningar som legat till grund för denna rapport ligger inom de av Naturvårdsverket tillåtna felmarginalerna.

4 Resultat från spridningsberäkningarna

4.1 Kvävedioxid

Kväveoxider (NO_x) utgörs av kväveoxid (NO) och kvävedioxid (NO_2). Halten kvävedioxid i omgivningsluften härrör dels från direkta utsläpp av kvävedioxid från bland annat fordon och förbränningsanläggningar, dels från atmosfäriska reaktioner genom oxidation av kväveoxid till kvävedioxid under inverkan av ozon och solljus. Vid nybildning av kväveoxider från vägtrafik består den största delen av kväveoxid men även till viss del av kvävedioxid. All kväveoxid oxideras förr eller senare till kvävedioxid. Kvävedioxid kan under soliga dagar med hjälp av UV-strålning bidra till bildandet av marknära ozon.

Kväveoxid är en färglös, luktfri gas, medan kvävedioxid är gulbrun och har en irriterande lukt. Kvävedioxid är inte klassat som carcinogent, men kan påverka människors hälsa genom att verka irriterande på andningsorgan. Personer med exempelvis astma har påvisats extra känsliga vid exponering av omgivningskoncentrationer på 200-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Staxler et al., 2001). För friska personer har liknande effekt rapporterats, dock vid betydligt högre halter på uppemot 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Barck et al, 2005). Vid rangordning av luftföroreningars påverkan på hälsan, placeras kvävedioxid på fjärde plats efter $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} och ozon (EEA, 2013).

Kvävedioxiden vid planområdet härrör från fordonsavgaser från vägtrafiken samt intransport. Trots att det går flertalet mindre vägar runt omkring området som påverkar luftmiljön, så är det Götaleden och Götaälvsbron som dominerar föroreningsskildningen runt omkring planområdet på grund av dess väsentligt högre trafikflöden.

4.1.1 Genomförda mätningar av kvävedioxid

Göteborgs stad bedriver kontinuerligt mätningar av luftföroreningar i centrala Göteborg. Urbana bakgrundsmätningar bedrivs vid mätstationen Femman på taket till Nordstan cirka 300 meter från Götaleden. Miljöförvaltningen i Göteborg har tre mobila mätstationer, som används för att kartlägga luftkvaliteten på olika platser i Göteborgsregionen. En mätning med en av deras mobila mätstationer genomfördes vid Bergslagsgatan under 2015. Mätstationen var placerad på en parkeringsplats vid centralstationen cirka 150 meter söder om Götaleden.

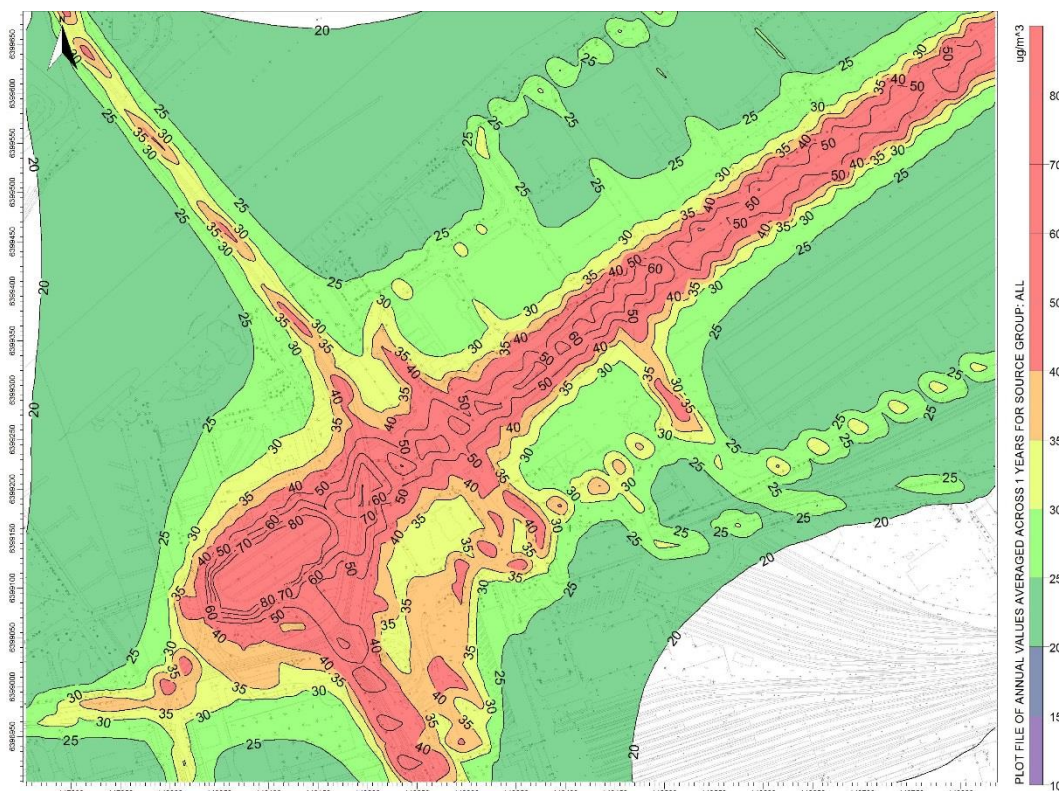
I nedanstående tabell sammanfattas mätningar av kvävedioxid från de senaste fem åren.

Tabell 6. Halter av kvävedioxid vid den urbana bakgrundstationen Femman och vid Bergslagsgatan

Kvävedioxid NO ₂ (µg/m ³)	MKN	Femman					Bergslagsgatan
		2011	2012	2013	2014	2015	2015
Medelvärde	40	21,9	21,9	20,5	18,7	18,4	25,4
98 %-il dygn	60	51,6	52,9	51,4	44	41,9	54
98 %-il tim	90	68,5	66,4	70,7	61,5	62,2	73

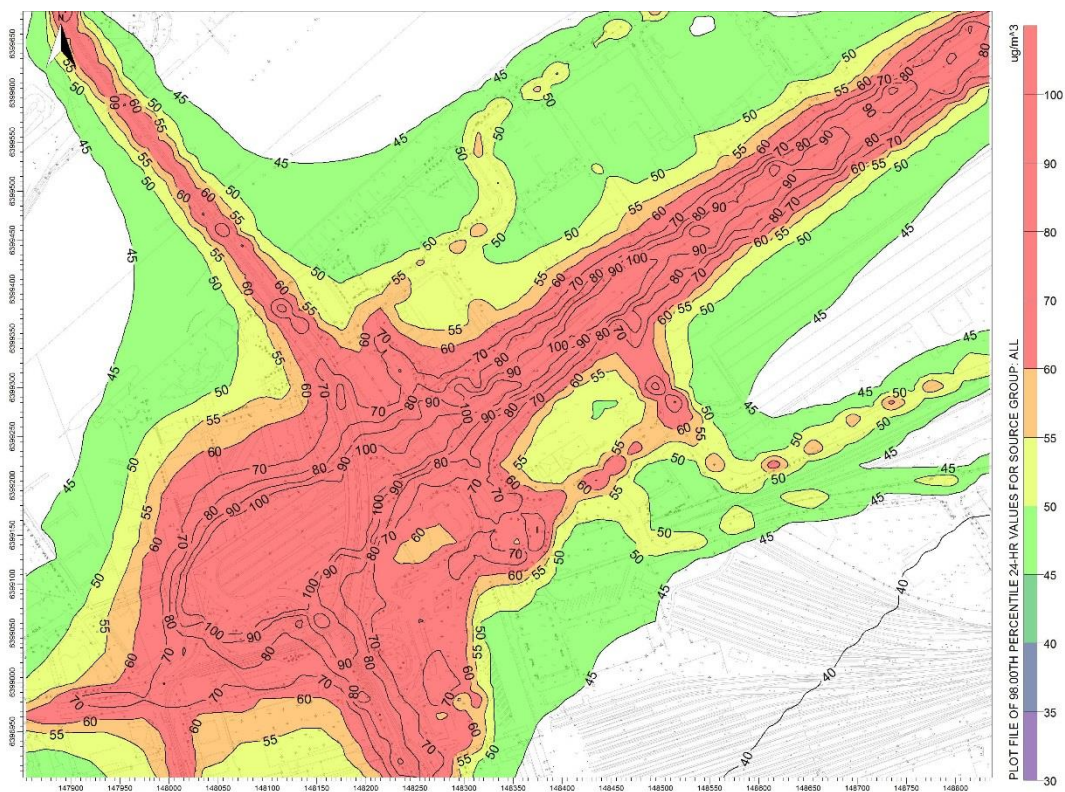
Mätresultatet påvisade inga överskridanden av miljökvalitetsnormerna. Halterna har fluktuerat något mellan de senaste årens mätningar och i dagsläget tyder inte halterna på en tydlig långsiktig nedåtgående trend. Vid Bergslagsgatan uppmättes relativt höga halter, dock klarades samtliga miljökvalitetsnormer under perioden som mätningen genomfördes.

4.1.2 Nuläge år 2016



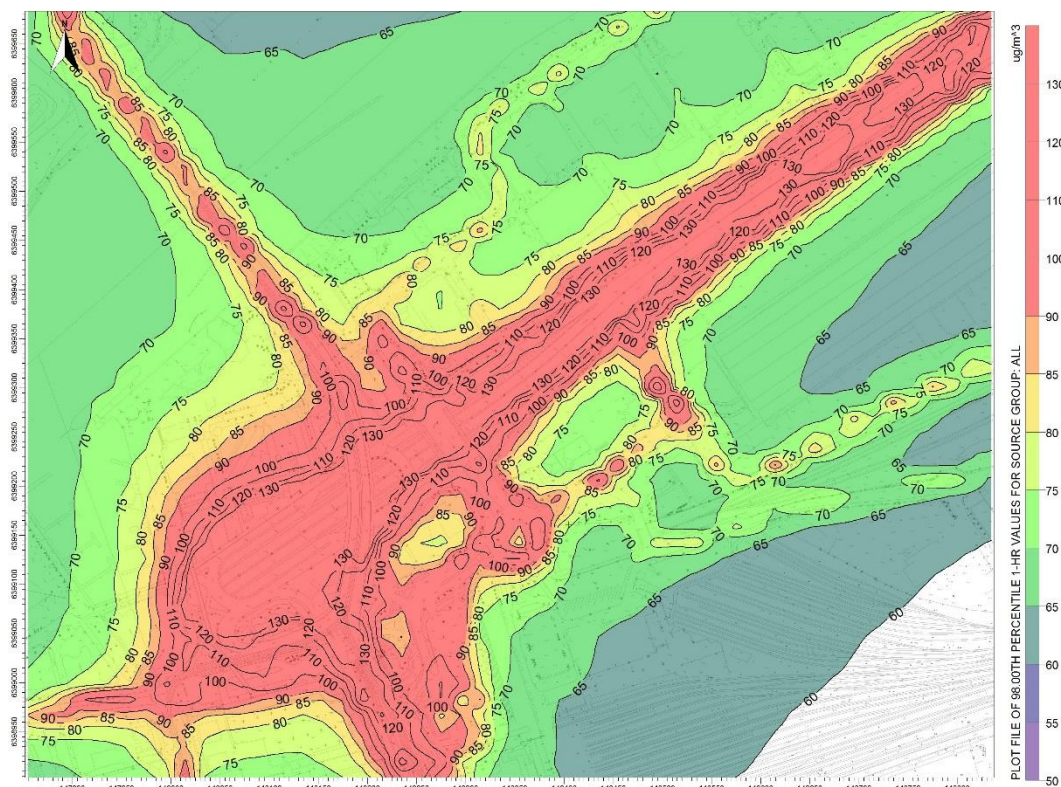
Figur 5. Nuvarande situation 2016, beräknade halter av kvävedioxid som årsmedelvärden.

Värdena ska jämföras mot miljökvalitetsnormens gränsvärde på 40 µg/m³. Miljökvalitetsmålet Frisk Luft för kvävedioxid ligger på 20 µg/m³.



Figur 6. Nuvarande situation 2016, beräknade halter av kvävedioxid som **dygnsmedelvärden** (98-percentil).

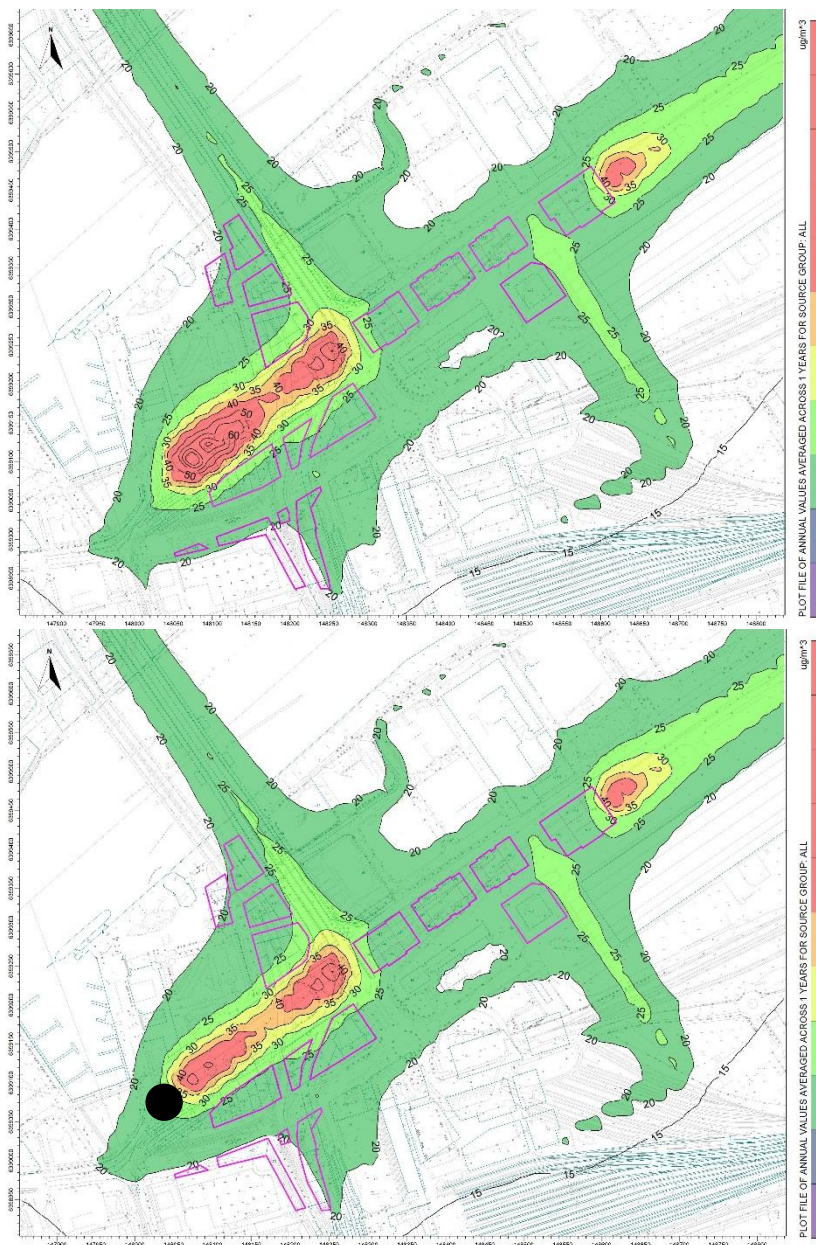
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens dygnsmedelvärde på 60 µg/m³ för dygnsmedelvärdet som 98-percentil och år. Det finns inget upprättat miljö kvalitetsmål för kvävedioxid som dygnsmedelvärde.



Figur 7. Nuvarande situation 2016, beräknade halter av kvävedioxid som **timmedelvärden** (98-percentil).

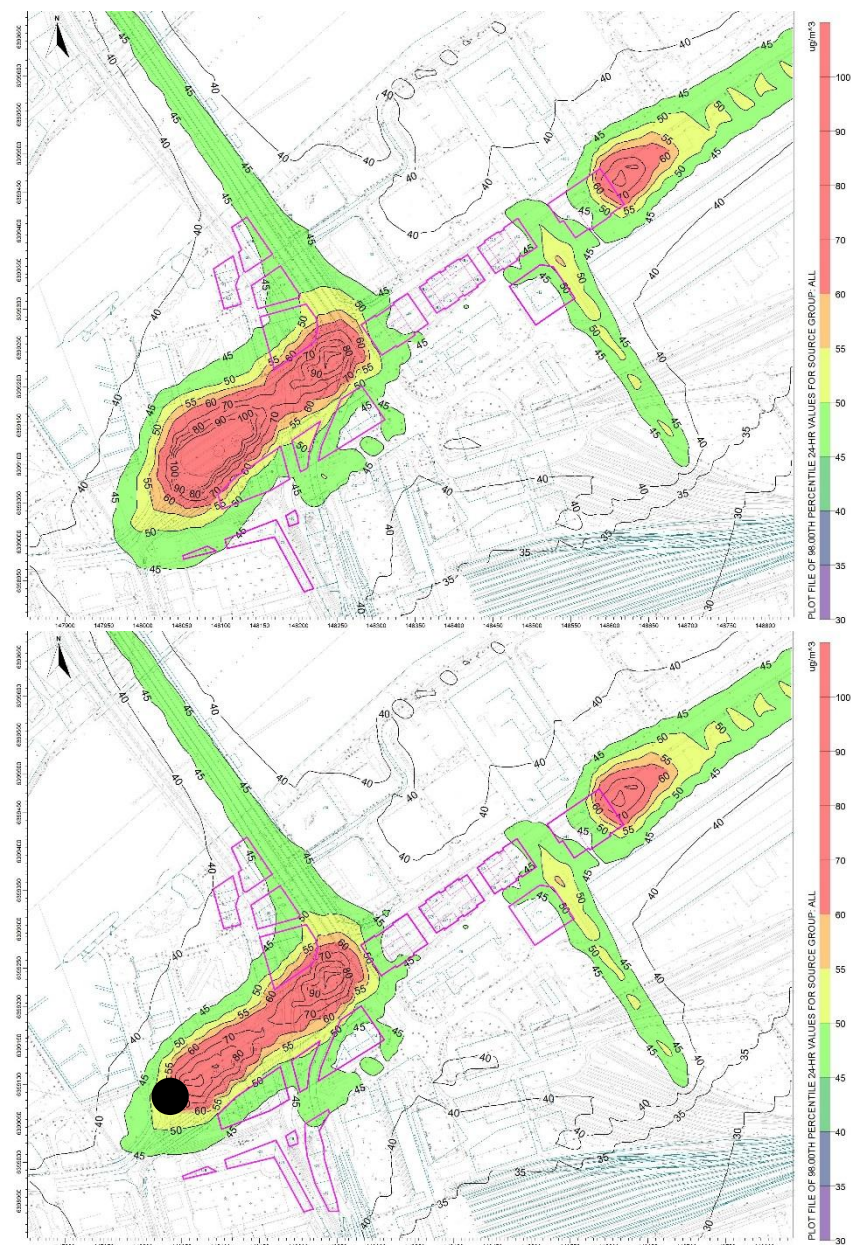
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens timmedelvärde på 90 µg/m³ som 98-percentil för timmedelvärdet och år. Miljö kvalitetsmål Frisk Luft för kvävedioxid ligger på 60 µg/m³ för timmedelvärdet som 98-percentil och år.

4.1.3 Framtida scenario 2026, utan och med ventilationstorn



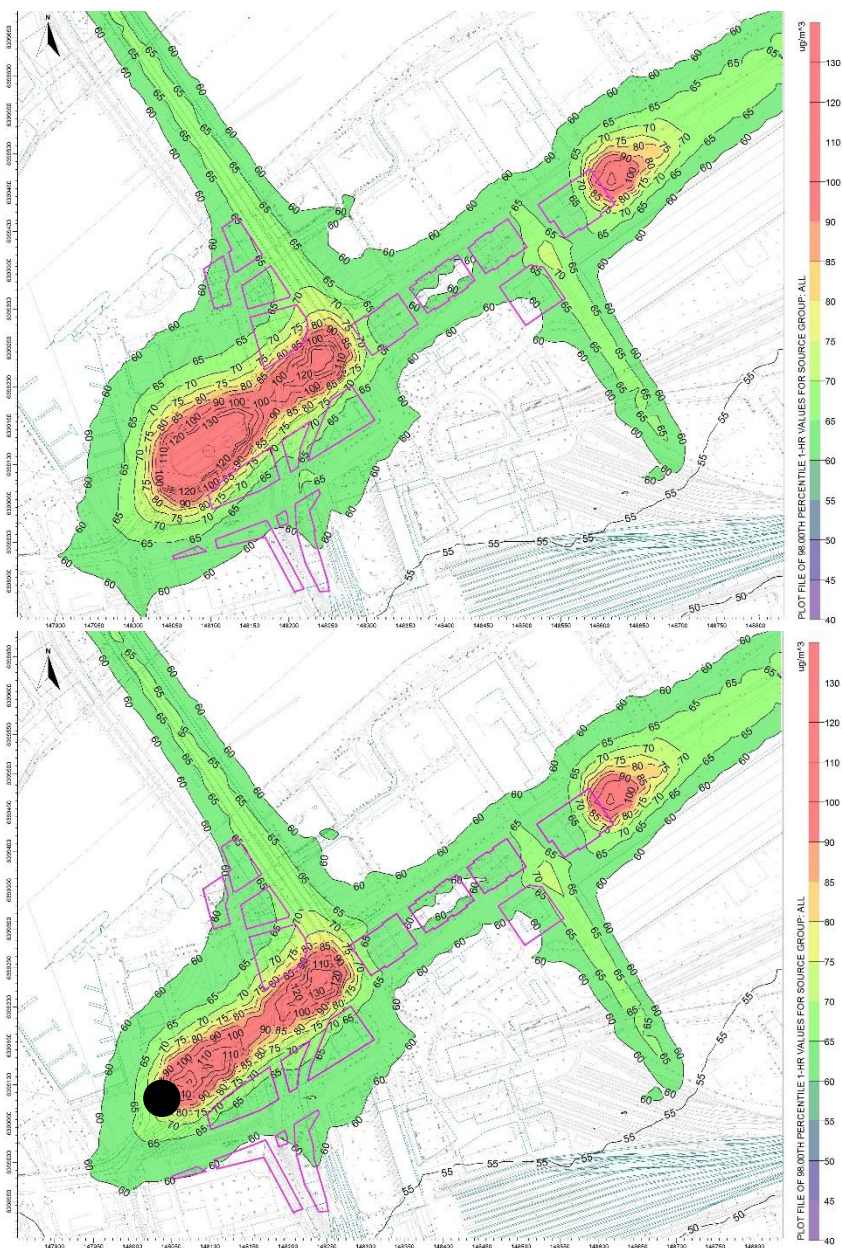
Figur 8. Framtida scenario 2026, beräknade halter av kvävedioxid som **årsmedelvärden**. Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalenlig).

Värdena ska jämföras mot miljökvalitetsnormens gränsvärde på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Miljökvalitetsmålet Frisk Luft för kvävedioxid ligger på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 9. Framtida scenario 2026, beräknade halter av kvävedioxid som **dygnsmedelvärden** (98-percentil). Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalnig).

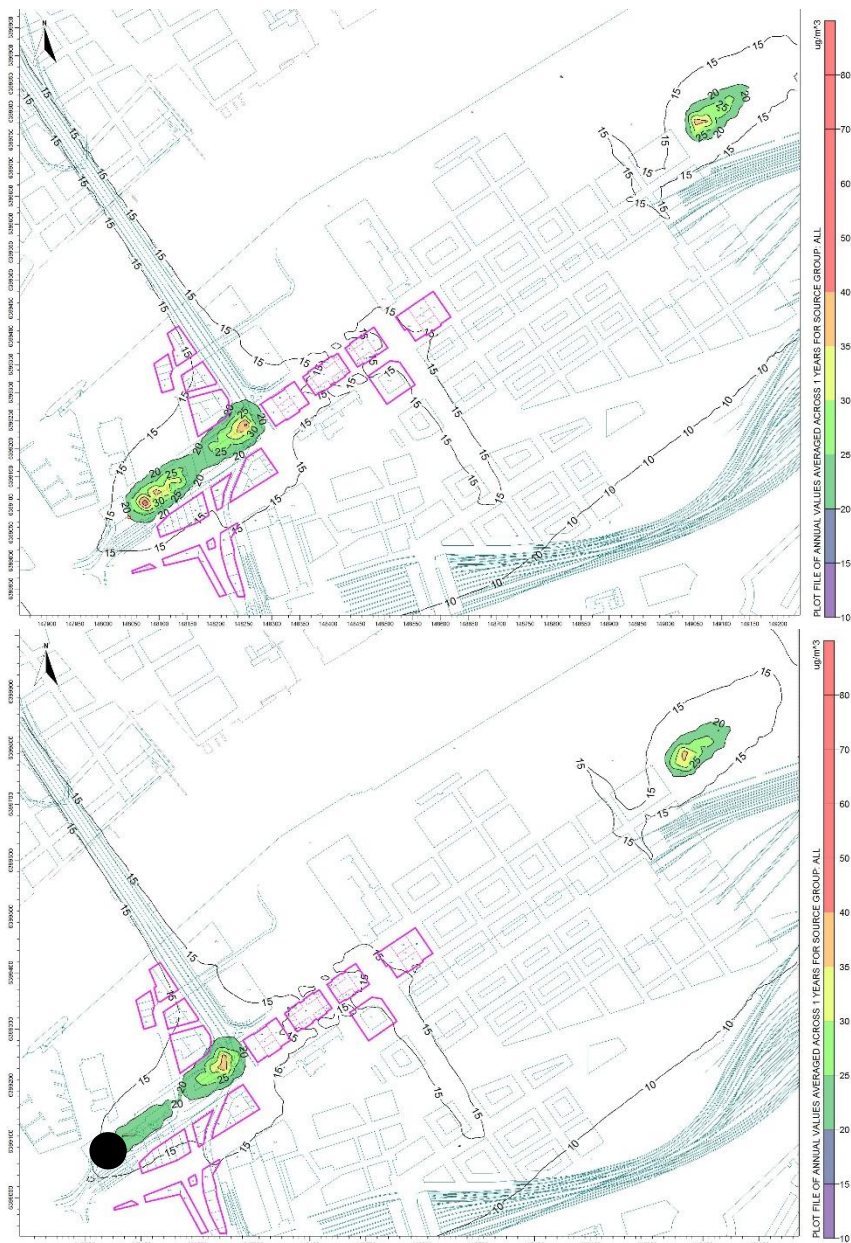
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens dygnsmedelvärde på 60 µg/m³ för dygnsmedelvärdet som 98-percentil och år. Det finns inget upprättat miljö kvalitetsmål för kvävedioxid som dygnsmedelvärde.



Figur 10. Framtida scenario 2026, beräknade halter av kvävedioxid som **timmedelvärden** (98-percentil). Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalnig).

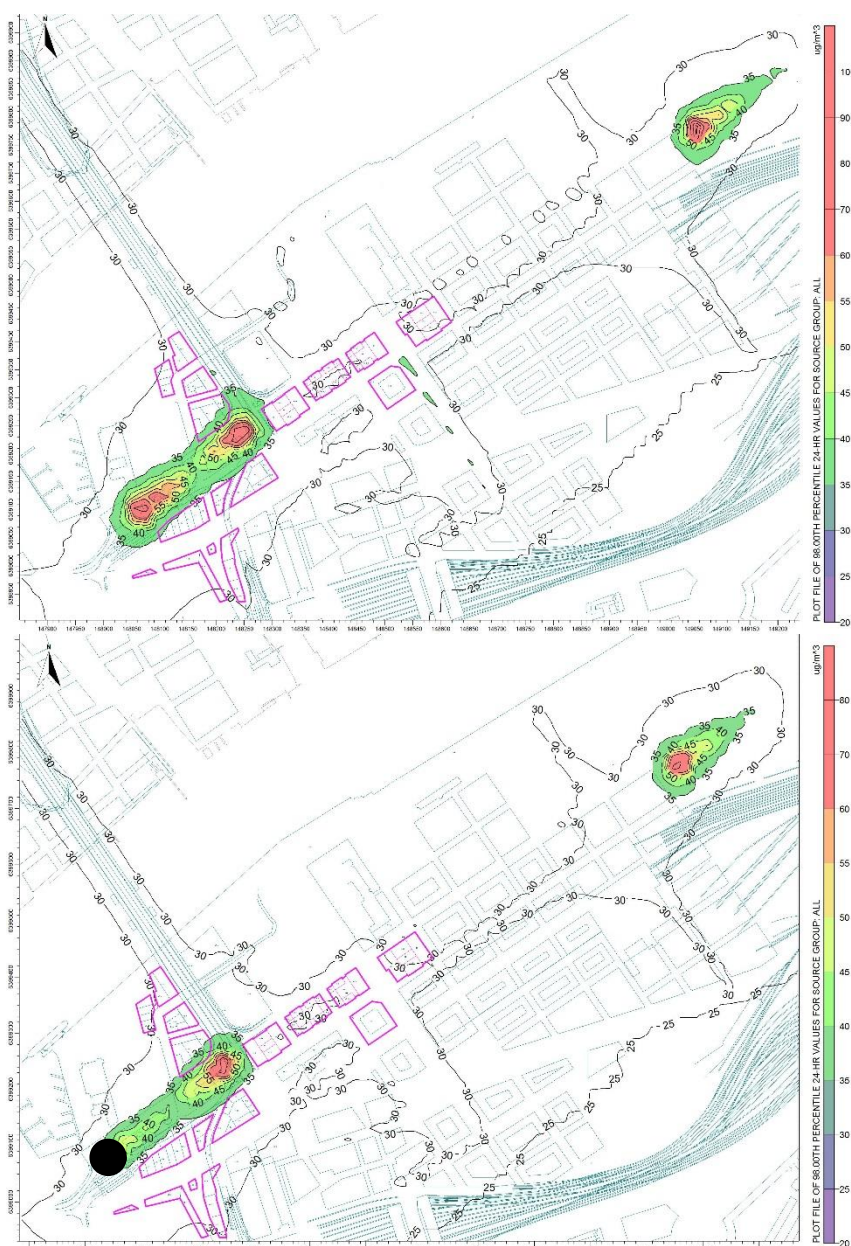
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens timmedelvärde på 90 µg/m³ som 98-percentil för timmedelvärdet och år. Miljö kvalitetsmål Frisk Luft för kvävedioxid ligger på 60 µg/m³ för timmedelvärdet som 98-percentil och år.

4.1.4 Framtida scenario 2035 utan och med ventilationstorn



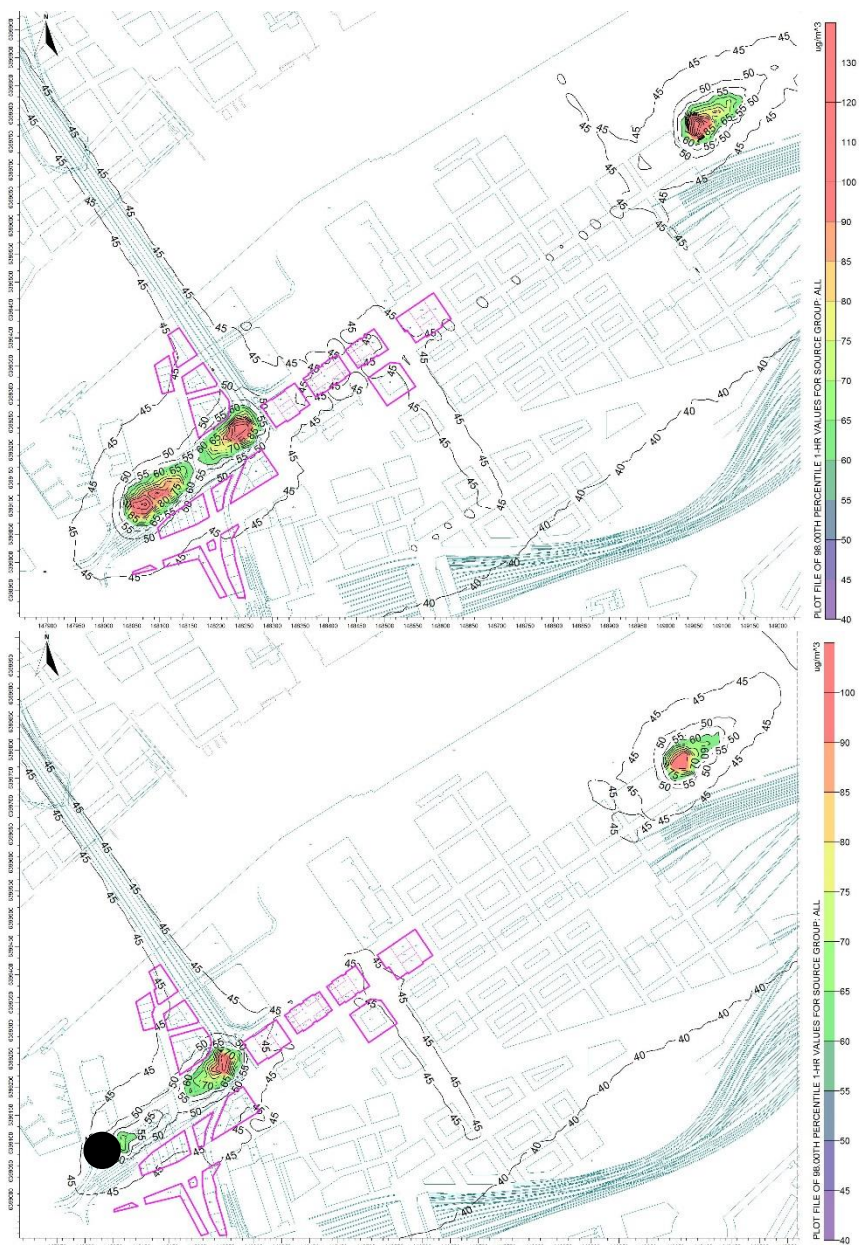
Figur 11. Framtida scenario 2035, beräknade halter av kvävedioxid som **årsmedelvärden**. Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalenlig).

Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens gränsvärde på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Miljö kvalitetsmålet Frisk Luft för kvävedioxid ligger på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 12. Framtida scenario 2035, beräknade halter av kvävedioxid som **dygnsmedelvärden** (98-percentil). Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalenlig).

Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens dygnsmedelvärde på 60 µg/m³ för dygnsmedelvärdet som 98-percentil och år. Det finns inget upprättat miljö kvalitetsmål för kvävedioxid som dygnsmedelvärde.



Figur 13. Framtida scenario 2035, beräknade halter av kvävedioxid som **timmedelvärden** (98-percentil). Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalnig).

Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens timmedelvärde på 90 µg/m³ som 98-percentil för timmedelvärde och år. Miljö kvalitetsmål Frisk Luft för kvävedioxid ligger på 60 µg/m³ för timmedelvärde som 98-percentil och år.

4.1.5 Bedömning av kvävedioxid

Halterna beräknas vara som högst vid Götatunneln och mynningarna för överdäckningen, men avtar snabbt med avståndet. Halterna bedöms utanför vägområdet där människor exponeras för luftföroreningar och där miljö kvalitetsnormerna ska tillämpas. De beräknade haltnivåerna av kvävedioxid minskade för år 2026 och 2035 i jämförelse med nulägeshalterna.

För nulägesberäkningarna visar resultatet från spridningsberäkningarna på god överensstämmelse med uppmätta halter vid Bergslagsgatan. Miljö kvalitetsnormen som årsmedelvärde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskrids på och intill Götaleden samt längs Nils Ericsonterminalen. Miljö kvalitetsmålet klaras inte i nuläget för större delen av beräkningsområdet. Miljö kvalitetsnormen som dygnsmedelvärde 98-percentil ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskrids i ett större område runt Götaleden och Götaälvsbron ramper och innefattar även vissa delar av Hinsingsbron. Miljö kvalitetsnormen för timmedelvärde ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskred likt dygnsmedelvärdet ett större område runt Götaleden. Miljö kvalitetsmålet överskrids i stort sett hela beräkningsområdet.

I framtidsscenarioet år 2026 överdäckas Götaleden från Stadstjänaregatan till Torsgatan och nya Hinsingsbron byggs. Överdäckningen leder till att två tunnelmynningsliknade områden skapas vid ändarna av överdäckningen. Utan ventilationstornet överskrids miljö kvalitetsnormen som årsmedelvärdet ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) på Götaleden vid Götatunnelns mynning och vid överdäckningens mynningsområden. Byggnaden närmast Götatunnelns mynning (Byggnad 1) är nära att tangera miljö kvalitetsnormen. Med ventilationstornet minskar halterna och normen som årsmedelvärde klaras med viss marginal. Ventilationstornet har ingen större inverkan på miljö kvalitetsmålet ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och målet överskrids i hela planområdet. Med ventilationstornet minskar halterna vid tunnelmynningen och vid byggnad 1. För dygnsmedelvärde som 98-percentil så tangerar byggnad 1 miljö kvalitetsnormen och halterna är mycket höga runt tunnelmynningen i scenariot utan ventilationstorn. Med ventilationstornet minskar halterna och men är fortfarande hög vid Götaledens väg- och mynningsområde. Vid byggnad 1 minskar halterna och miljö kvalitetsnormen klaras. Timmedelvärdet som 98-percentil överskrids vid byggnad 1 i scenariot utan ventilationstorn och halterna är mycket höga i området runt tunnelmynningen. I scenariot med ventilationstorn minskar halterna och miljö kvalitetsnormen beräknas att klaras vid byggnad 1. Miljö kvalitetsmålet ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskrids i hela planområdet och det är ingen större skillnad mellan scenarierna med och utan ventilationstorn.

I framtidsscenarioet år 2035 genomförs en förlängd överdäckning av Götaleden, öster om planområdet från Torsgatan till Falutorget. Resultatet visar på minskade halter i hela beräkningsområdet. Årsmedelvärde för miljö kvalitetsnormen klaras i hela planområdet och riskerar enbart att överskridas vid Götatunnelns mynning i scenariot utan ventilationstorn. Med ventilationstorn minskar halterna ytterligare vid Götatunnelns mynning och miljö kvalitetsnormen klaras med god marginal. Miljö kvalitetsmålet klaras i hela planområdet och överskrids på Götaleden och dess mynning samt vid överdäckningens mynningar i scenarierna med och utan ventilationstorn.

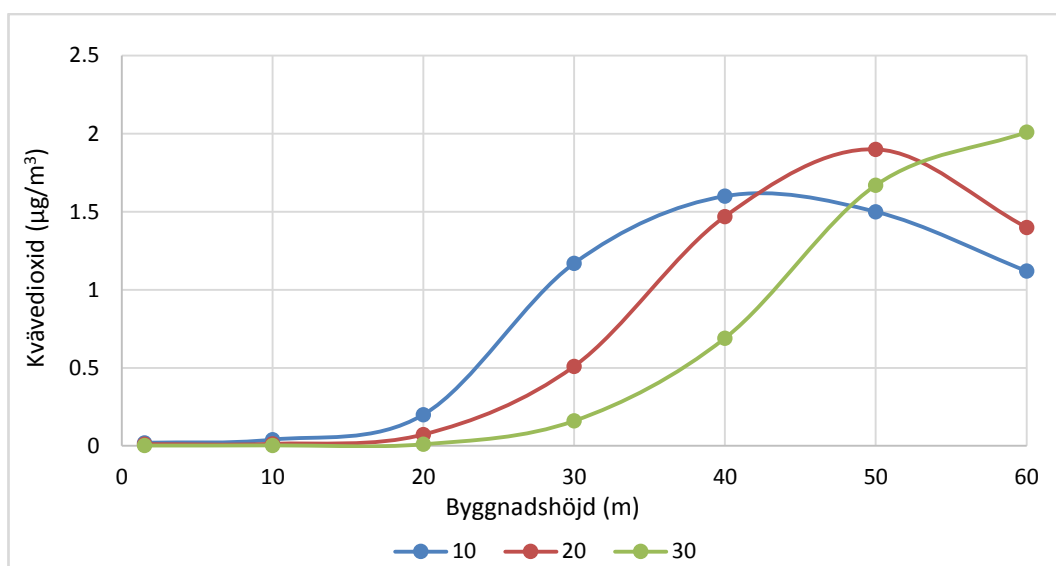
Dygnsmedelvärdet som 98-percentil överskrids enbart vid Götatunnelns mynning och vid överdäcknings mynningar i scenariot utan ventilationstorn. Normen klaras i hela planområdet och med ventilationstornet klaras normen även i Götatunnelns mynning. Miljökvalitetsnormen som timmedelvärdet (98-percentil) klaras både med och utan ventilationstornet i hela planområdet. I scenariot med ventilationstornen klaras normen även vid Götatunnelns mynning. Miljökvalitetsmålet klaras i mer eller mindre hela beräkningsområdet i både scenariot med- och utan ventilationstorn. I scenariot utan ventilationstorn överskrids målet vid Götatunnelns mynning och överdäckningens mynningar, medan målet klaras vid Götatunnelns mynning i scenariot med ventilationstorn.

Vid överdäckningens kanter blidas två mynningsområden där höga föroreningshalter beräknas förekomma i scenariot för 2026 och samtliga miljökvalitetsnormer för kvävedioxid överskrids inom mynningarnas närområde. I scenariot 2035 förflyttas den östra mynningen genom att överdäckningen av Götaleden förlängs öster om planområdet från Torsgatan till Falutorgen. Då halterna generellt beräknas minska till 2035, minskar även halterna vid mynningarnas närområde. Miljökvalitetsnormen för årsmedelvärde klaras i hela beräkningsområdet och miljökvalitetsnormerna för dygns- och timmedelvärde (98-percentiler) överskrids enbart i den direkta närheten av mynningen och klaras i planområdena. Beräkningarna visar att ventilationstornet enbart påverkar halterna vid Götatunnelns mynning. Halterna vid överdäckningens mynningar påverkas således inte mellan scenariona med- och utan ventilationstorn.

Förklaringen till de reducerade kvävedioxidhalterna för scenariot 2035 är en kombination av att bakgrundhalterna, enligt SMHIs beräkningar, förväntas minska med cirka 30 % och att hårdare krav på utsläppsmängder kommer driva på teknikutvecklingen, vilket förväntas leda till lägre halter av framförallt kvävedioxider. I detta antagande är de framtida trafikökningarna medräknade.

4.1.6 Ventilationstornets effekt på föreslagna byggnader

Spridningsberäkningar genomfördes för att utreda vilken påverkan ventilationstorns utsläpp har på föreslagna byggnader. Olika höjder på ventilationstornet och byggnaderna valdes för att se vilka halter som kan förekomma vid dess höjder. Figur 14 visar det relativa bidraget från ventilationstornet som dygnsmedelvärdet (98-percentil) för scenariot 2026. Resultatet visade att ventilationstornet har en nästan försumbar påverkan vid föreslagna byggnader vid samtliga höjder. För scenariot 2035 var halterna ännu lägre tack vare lägre emissioner från vägtrafiken. I figur 4 åskådliggörs ventilationstornets och byggnadernas placering, se kapitel 3.6.2.



Figur 14. Ventilationstornets påverkan på närmaste byggnad inom planområdet vid olika höjder på ventilationstornet

4.2 Partiklar som PM₁₀

Partiklar utgörs av mikroskopiska delar av fast materia eller flytande ämnen som är suspenderade i atmosfären. Partiklar tillförs atmosfären genom både naturliga och mänskliga aktiviteter. Naturliga aktiviteter innefattar skogsbränder samt uppvirvling av jorddamm, sand och havssalt. Mänskliga aktiviteter har generellt sett större inverkan på partikelhalten i urbana miljöer. Sådana aktiviteter som bidrar till partikelhalten är väg-, båt- och spårtrafik samt industriella processer och vedeldning.

PM₁₀ är ett storleksintervall för inandningsbara partiklar med en diameter mindre än 10 µm. Partiklar med en diameter större än 10 µm fastnar i de övre andningsvägarna. Partiklar har negativ inverkan på människors hälsa och det har genom epidemiologiska studier kunnat påvisas negativa hälsoeffekter redan vid låga partikelhalter.

I Göteborg utgör bakgrundhalten, som tillförs genom långdistanstransporter, ett betydande bidrag till partikelhalten. För partiklar utgör bakgrundhalten i dagsläget den största delen av partikelhalten, allteftersom det lokala bidraget fortsätter att minska. För det lokala bidraget står i huvudsakligen vägtrafiken, genom slitage av vägbanan och uppvirvling av vägdamm. Vid planområdet dominerar vägtrafikleden Götaleden även för partiklar.

4.2.1 Genomförda mätningar av partiklar (PM₁₀)

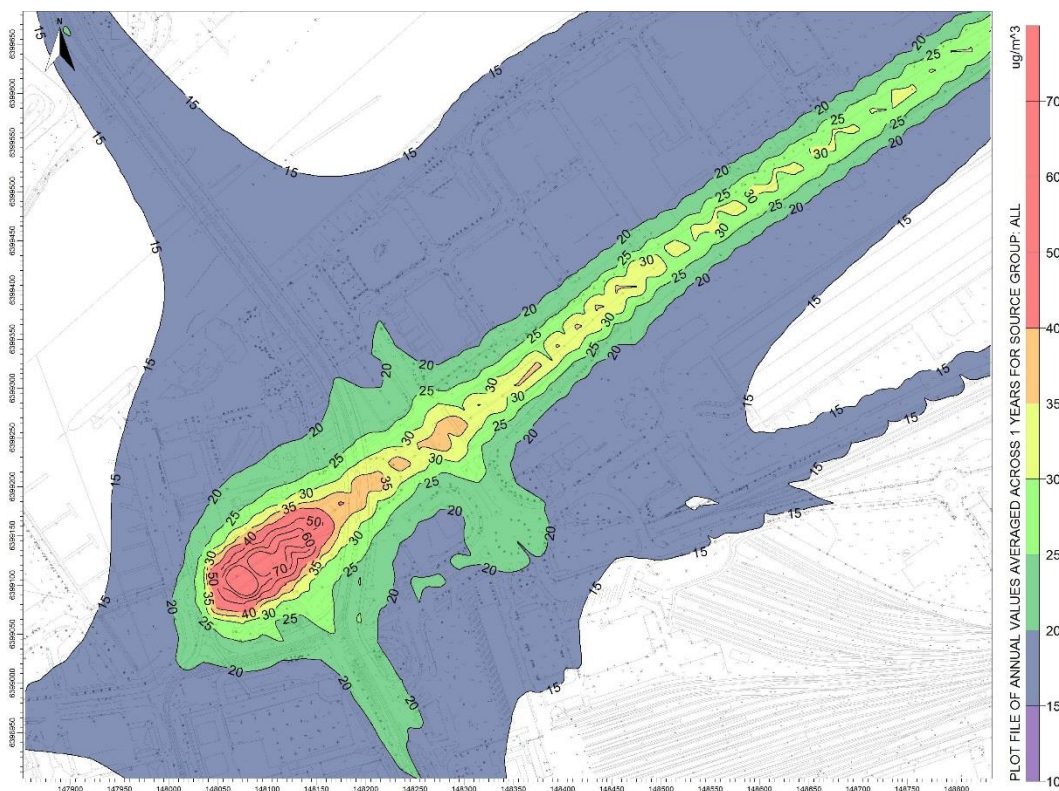
Kontinuerliga mätningar av partiklar (PM₁₀) påbörjades under hösten 2010. Genomförda mätningar av PM₁₀ har under de senaste åren visat på måttliga partikelhalter i den urbana bakgrunden i Göteborg. I dagsläget uppehålls miljö kvalitetsnormerna vid mätstationerna.

Tabell 7. Halter av partiklar (PM₁₀) vid den urbana bakgrundstationen Femman och vid Bergslagsgatan

Partiklar PM ₁₀ (µg/m ³)	MKN	Femman					Bergslagsgatan
		2011	2012	2013	2014	2015	2015
Medelvärde	40	17,7	15,6	15	14,6	14,2	16,8
90 %-il dygn	50	28,3	24,2	24,9	22,8	19,8	27,7

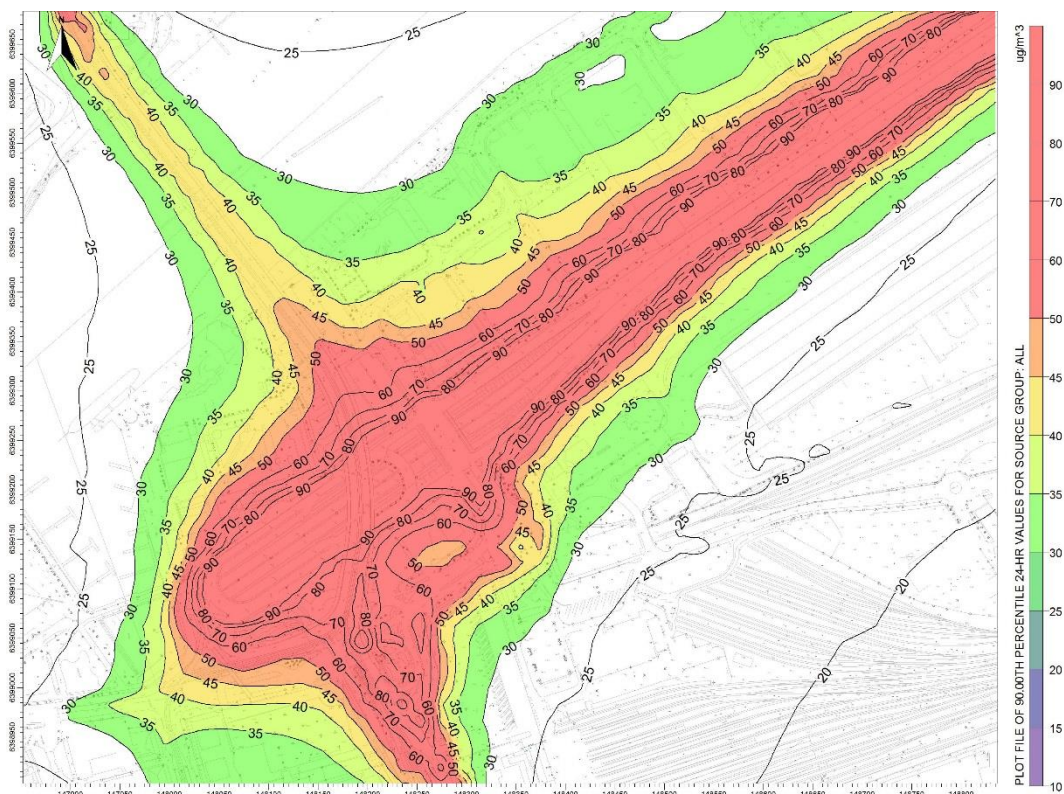
Det har inte skett något överskridande av miljö kvalitetsnormen för partiklar som PM₁₀ under de år som mätningarna genomförts.

4.2.2 Nuläge år 2016



Figur 15. Nuvarande situation 2016, beräknade halter av partiklar (PM₁₀) som årsmedelvärden.

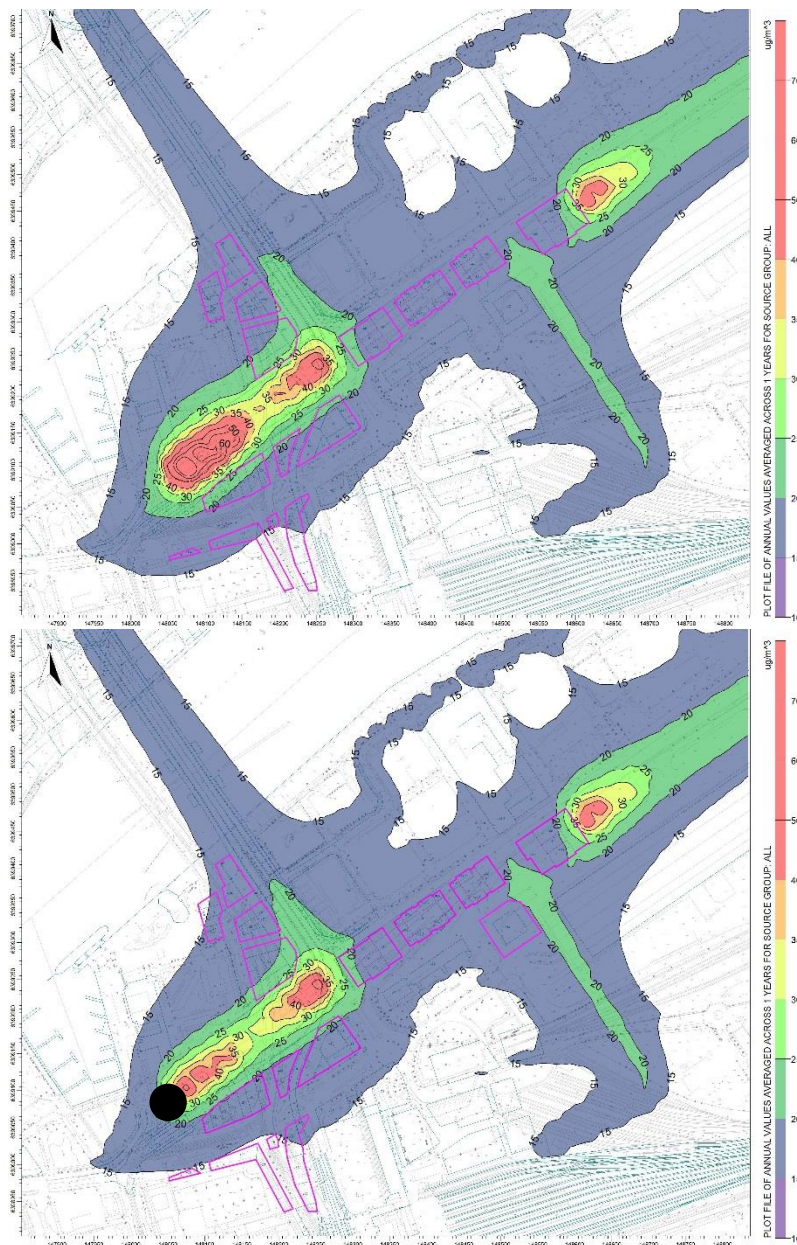
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens gränsvärde för PM₁₀ på 40 µg/m³. Miljö kvalitetsmålet Frisk Luft för partiklar som PM₁₀ ligger på 15 µg/m³.



Figur 16. Nuvarande situation 2016, beräknade halter av partiklar (PM_{10}) som **dygnsmedelvärden** (90-percentil).

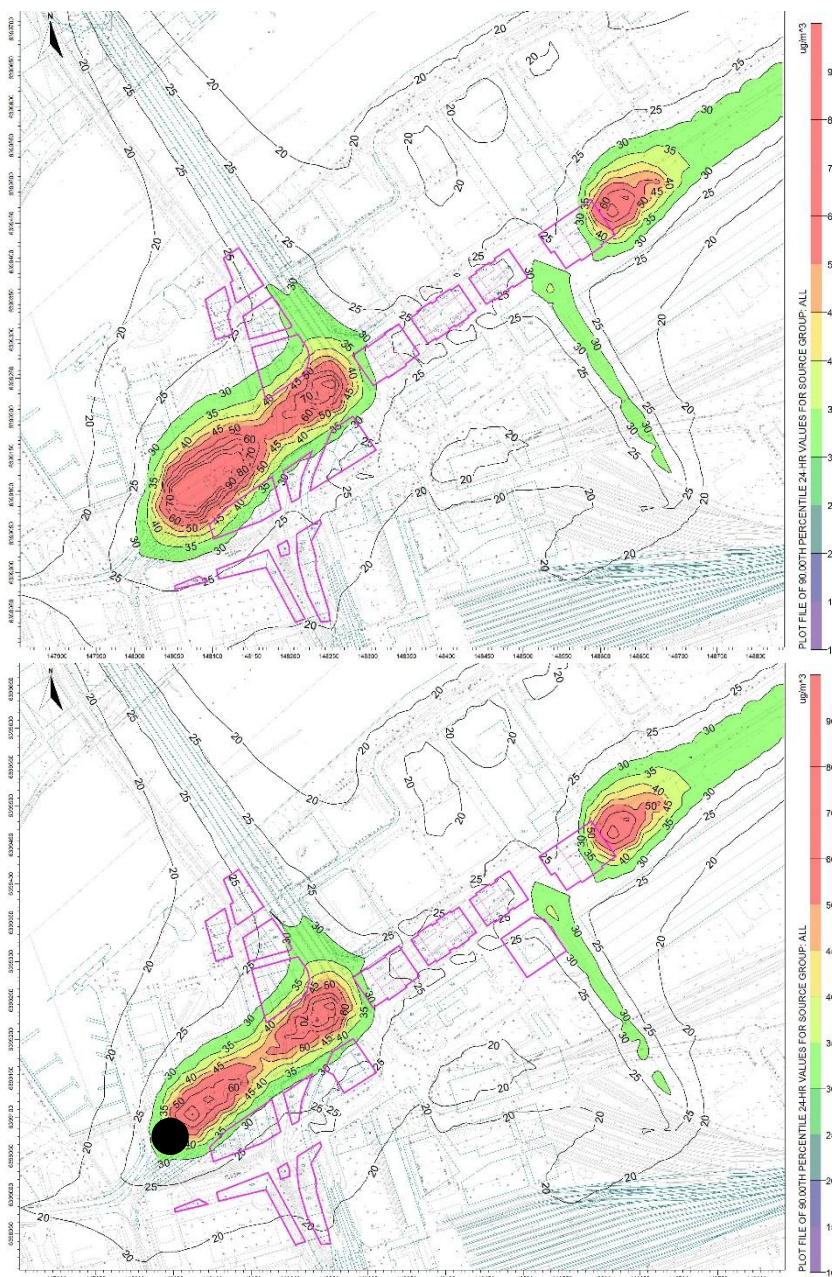
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens dygnsmedelvärde på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för dygnsmedelvärdet som 90-percentil och år. Miljö kvalitetsmål Frisk Luft för partiklar som PM_{10} avseende dygnsmedelvärdet som 90-percentil ligger på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2.3 Framtida scenario 2026 utan och med ventilationstorn



Figur 17. Framtida scenario 2026, beräknade halter av partiklar (PM_{10}) som årsmedelvärden. Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalenlig).

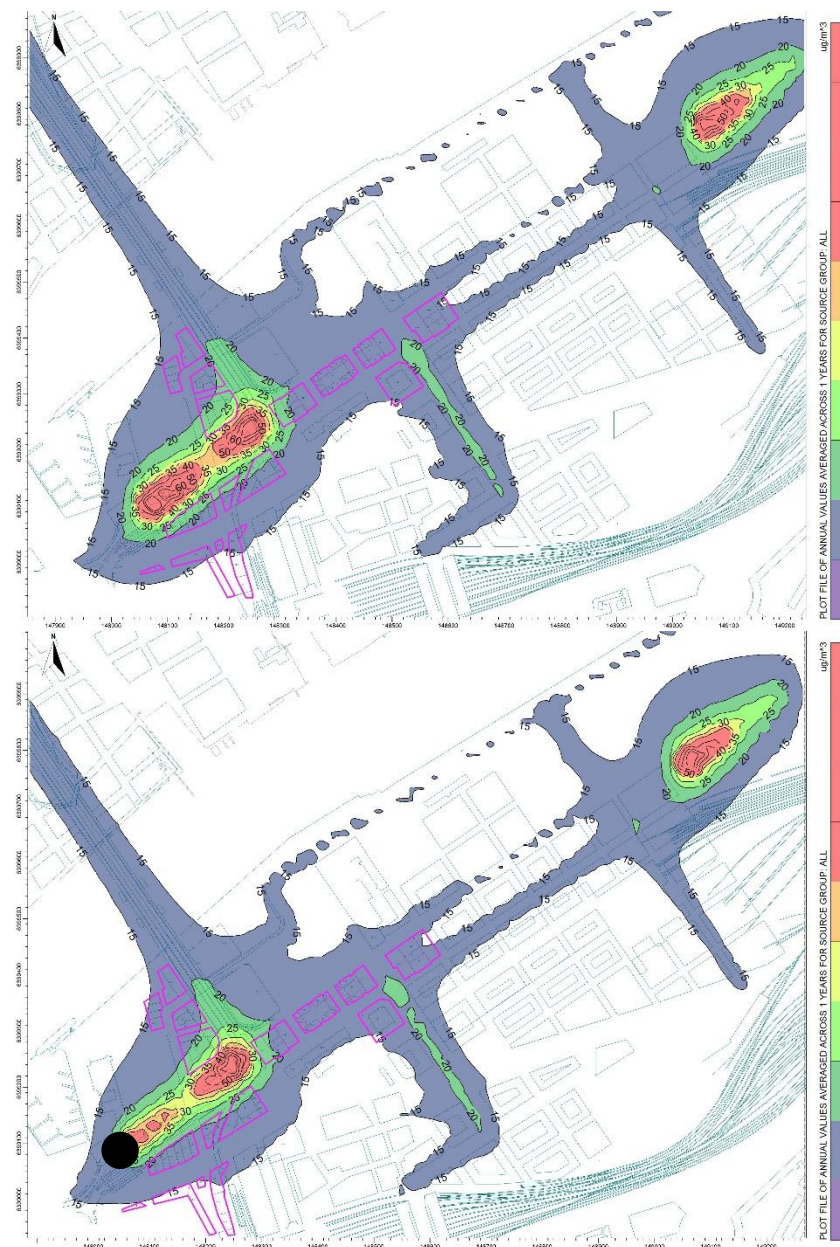
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens gränsvärde för PM_{10} på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Miljö kvalitetsmålet Frisk Luft för partiklar som PM_{10} ligger på $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 18. Framtida scenario 2026, beräknade halter av partiklar (PM_{10}) som **dygnsmedelvärden** (90-percentil). Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalenlig).

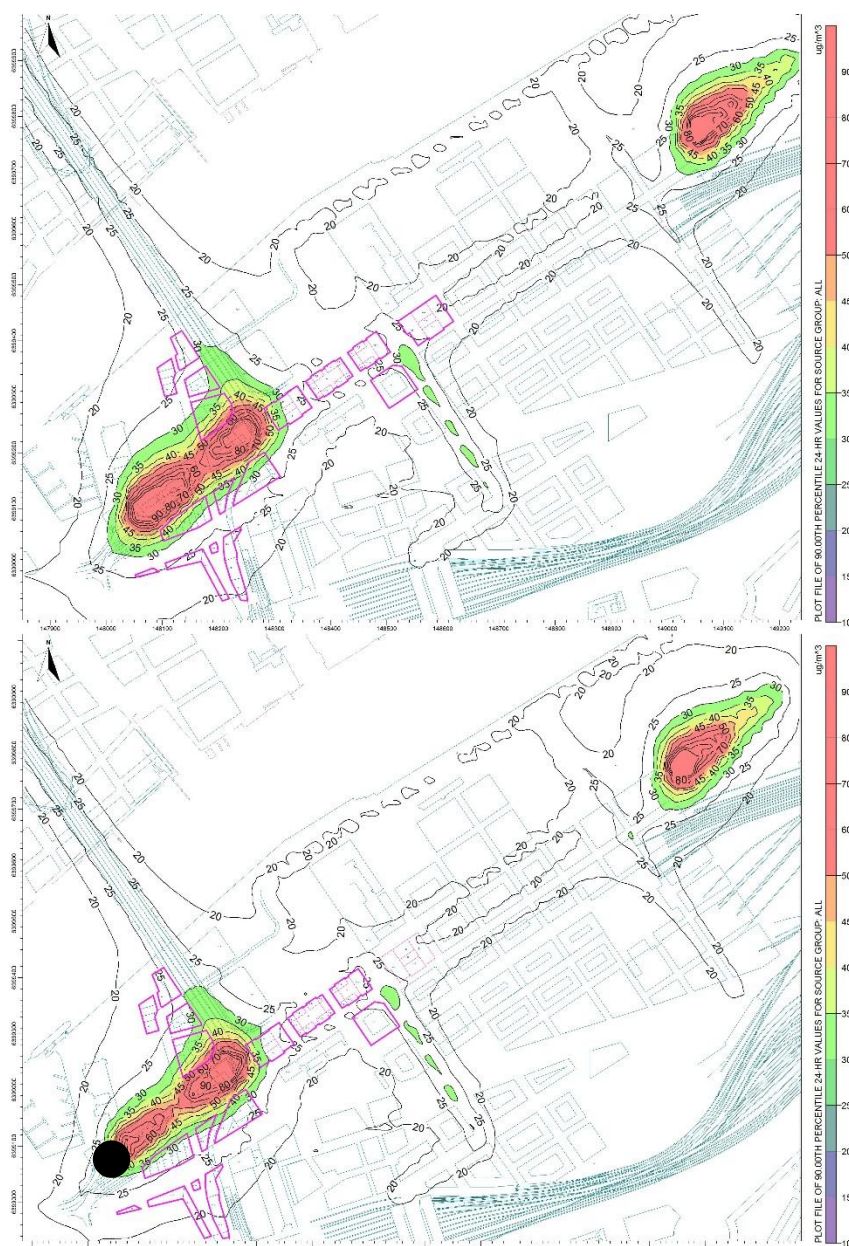
Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens dygnsmedelvärde på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för dygnsmedelvärdet som 90-percentil och år. Miljö kvalitetsmål Frisk Luft för partiklar som PM_{10} avseende dygnsmedelvärdet som 90-percentil ligger på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2.4 Framtida scenario 2035 utan och med ventilationstorn



Figur 19. Framtida scenario 2035, beräknade halter av partiklar (PM_{10}) som årsmedelvärden. Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalenlig).

Värdena ska jämföras mot miljö kvalitetsnormens gränsvärde för PM_{10} på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Miljö kvalitetsmålet Frisk Luft för partiklar som PM_{10} ligger på $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 20. Framtida scenario 2035, beräknade halter av partiklar (PM_{10}) som **dygnsmedelvärden** (90-percentil). Övre bilden är utan ventilationstorn och nedre bilden är med ventilationstorn. Planerad bebyggelse markeras med lila linje och ventilationstornet med svart cirkel (ej skalenlig).

Värdena ska jämföras mot miljökvalitetsnormens dygnsmedelvärde på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för dygnsmedelvärdet som 90-percentil och år. Miljökvalitetsmål Frisk Luft för partiklar som PM_{10} avseende dygnsmedelvärde som 90-percentil ligger på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2.5 Bedömning av partiklar (PM₁₀)

Resultatet visade på god överensstämmelse med uppmätta mätvärden vid Bergslagsgatan. Partikelhalterna uppvisade en mycket lägre variation mellan scenarierna i jämförelse med kvävedioxidhalterna. Halterna beräknas dock, likt kvävedioxidhalterna, vara som högst vid Götatunneln och vid mynningarna för överdäckningen, för att sedan avta snabbt med avståndet. Halterna bedöms utanför vägområdet där människor exponeras för luftföroreningar och där miljö kvalitetsnormerna ska tillämpas.

För nulägesberäkningarna visar resultatet från spridningsberäkningarna att miljö kvalitetsnormen som årsmedelvärde (40 µg/m³) överskrids vid och intill Götatunnelns mynning. Miljö kvalitetsmålet årsmedelvärde för partiklar som PM₁₀ ligger på 15 µg/m³ och klaras inte för större delen av beräkningsområdet. Miljö kvalitetsnormen som 90-percentil (50 µg/m³) överskrids i ett större område runt Götaleden och längs Nils Ericsonterminalen. Miljö kvalitetsmålet för dygnsmedelvärde (30 µg/m³) överskrids i liknade omfattning som årsmedelvärde.

I framtidsscenario år 2026 överdäckas Götaleden från Stadstjänaregatan till Torsgatan och nya Hisingsbron byggs. Överdäckningen leder till att två tunnelmynningsliknade områden skapas vid ändarna av överdäckningen. Utan ventilationstornet överskrids miljö kvalitetsnormen som årsmedelvärdet (40 µg/m³) på Götaleden vid tunnelmynningen och vid överdäckningens mynningsområden. Byggnaden närmast Götatunneln mynning (Byggnad 1), se figur 4. klarar dock miljö kvalitetsnormen. I scenariot med ventilationstorn minskar halterna vid Götatunnelns mynning och såldes något vid byggnad 1 .

Ventilationstornet har ingen större inverkan på miljö kvalitetsmålet (15 µg/m³) och målet överskrids i hela planområdet. För dygnsmedelvärde som 98-percentil är byggnad 1 nära att tangerar miljö kvalitetsnormen och halterna är höga runt tunnelmynningen; i scenariot utan ventilationstorn. Med ventilationstornet minskar halterna men är fortfarande höga vid Götaledens väg- och mynningsområde. Vid byggnad 1 minskar halterna och miljö kvalitetsnormen klaras med större marginal. Miljö kvalitetsmålet för dygnsmedelvärde klaras för större delen av planområdet och det är marginell skillnad i scenariona med- och utan ventilationstorn.

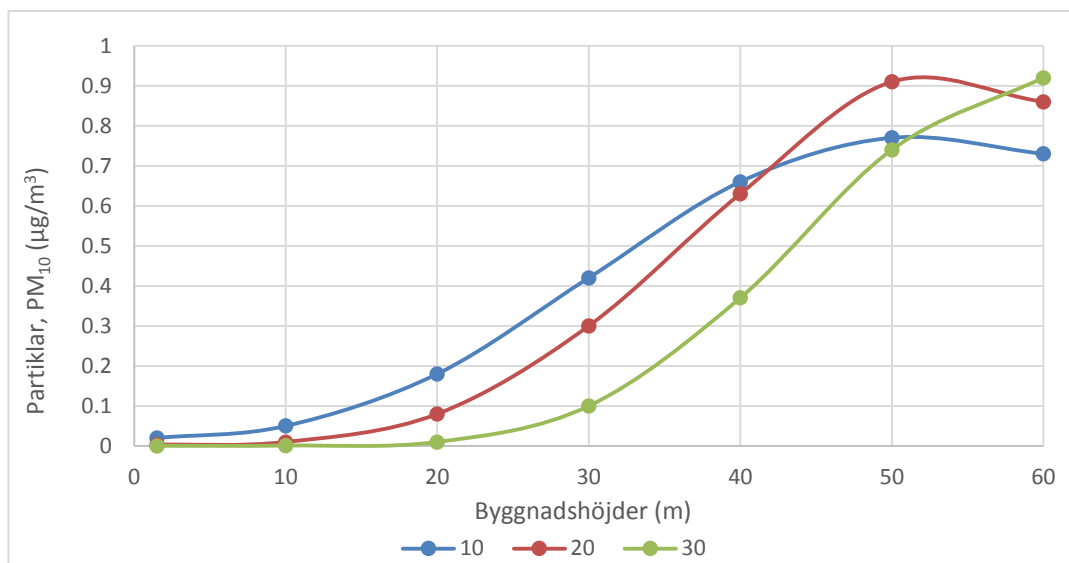
I framtidsscenario år 2035 genomförs en förlängd överdäckning av Götaleden, öster om planområdet från Torsgatan till Falutorget. Resultatet visade därav på ökade partikelhalter vid överdäckningens mynningar. Längre tunneln leder till större risk för ansamling av föroreningar som frigörs vid mynningarna. I övrigt skiljde sig inte halterna nämnvärt i jämförelse med scenariot 2026, då trafikmängderna var densamma. Årsmedelvärde för miljö kvalitetsnormen klars vid byggnad 1 både med och utan ventilationstorn, dock är halterna något lägre i scenariot med ventilationstorn. Miljö kvalitetsmålet som årsmedelvärde överskrids i hela planområdet och påverkas inte uppförande av ventilationstornet. Dygnsmedelvärdet som 90-percentil överskrids vid Götatunnelns mynning och vid överdäcknings mynningar i scenariot utan ventilationstorn. Normen klaras i hela planområdet men är nära att tangera gränsvärdet. Miljö kvalitetsmålet för dygnsmedelvärde klaras för större delen av planområdet och det är marginell skillnad i scenariona med- och utan ventilationstorn.

Vid överdäckningens två mynningsområden beräknas höga föroreningshalter förekomma i scenariot för 2026. Miljökvalitetsnormen som årsmedelvärde överskridande är relativt begränsad till mynningen direkta närområdet på Götaleden, medan miljökvalitetsnormen som dygnsmedelvärde överskrider i ett något större område runt mynningarna. I scenariot 2035 förflyttas den östra mynningen genom att överdäckningen av Götaleden förlängs öster om planområdet från Torsgatan till Falutorgen. Halterna beräknas inte minska till 2035 på samma sätt som för kvävedioxid. Överdäckningen blir även längre, vilket leder till att mer partiklar kan ansamlas under överdäckningen och sedan frigöras i mynningsområdena. Detta leder till att partikelhalterna ökar vid mynningarnas närområde i 2035 scenariot. Miljökvalitetsnormen för års- och dygnsmedelvärde (90-percentil) överskrider en bit utanför Götaledens område. Beräkningarna visar att ventilationstornet enbart påverkar halterna vid Götatunnelns mynning. Halterna vid överdäckningens mynningar påverkas således inte mellan scenarierna med- och utan ventilationstorn.

Miljökvalitetsmål för årsmedelvärde kan dock i framtiden vara svårt att nå. Detta eftersom bakgrundhalterna, som utgör en stor del av den totala partikelhalten, beräknas ligga runt årsmedelvärdet, som innebär att det kommer vara svårt att uppnå även om vägtrafiken kraftigt reduceras. Anledningen till att partikelhalterna inte minskar i samma utsträckning som kvävedioxidhalterna mellan scenarierna är att den antagna minskningen i andelen fordon med dubbdäck antogs vara densamma för samtliga scenarier. Den prognostiserade trenden när det gäller partiklar och särskilt bakgrundshalter är inte lika positiv som för kvävedioxid.

4.2.6 Ventilationstornets effekt på föreslagna byggnader

Spridningsberäkningar genomfördes för att utreda vilken påverkan ventilationstornets utsläpp har på föreslagna byggnader. Olika höjder på ventilationstornet och byggnaderna valdes för att se vilka halter som kan förekomma vid dess höjder. Figur 21 visar det relativa bidraget från ventilationstornet som dygnsmedelvärdet (90-percentil) för scenariot 2026. Resultatet visade att ventilationstornet har en nästan försumbar påverkan vid föreslagna byggnader vid samtliga höjder. Då emissionsfaktorerna inte skiljer sig nämnvärt mellan 2026 och 2035 för partiklar (PM₁₀), samt att trafikmängderna är densamma, så är det ytterst liten skillnad mellan 2026 och 2035. I figur 4 åskådliggörs ventilationstornets och byggnadernas placering, se kapitel 3.6.2.



Figur 21. Ventilationstornets påverkan på närmaste byggnad inom planområdet vid olika höjder på ventilationstornet

5 Luftföroreningsreducerade åtgärder

Det finns många sätt att minska emissioner av luftföroreningar. I många fall är det av betydelse att vidta åtgärder för att reducera luftföroreningarna till nivåer som naturen och vi människor tål; utan ekonomiska och materiella uppoffringar. Generellt kan tre tillvägagångssätt övervägas för att förbättra luftkvaliteten i urbana miljöer: kontrollera mängden av luftföroreningen, kontrollera intensiteten av föroreningen, och kontrollera spridningsvägarna mellan källan och mottagarna.

5.1 Bullerskärmar

Bullerskärmars primära syfte är att minska bullernivåerna från trafiken genom att blockera och avböja ljudvågor. Det har dock visat sig att bullerskärmar även kan ha en positiv effekt på luftkvaliteten. Genomförda mätningar och modellberäkningar har påvisat både en begränsande och reducerande effekt på luftföroreningar omedelbart bakom bullerskärmen (SLB-analys, 2013:1; Bowker et al., 2007). Detta då skärmen håller kvar luftföroreningarna på vägsidan och därmed minskar inblandningen av trafikavgaser i luften på andra sidan av bullerskärmen (Janhäll, 2015). Skärmarna kan öka den lokala turbulens (blandning och utspädning) och inducera den vertikala rörelse hos plymen, vilket i sin tur leder till reducerade koncentrationer. Studier tyder på att denna vertikala rörelse eller uppåtböjning av luft skapar en cirkulär hålighet i vindriktning från barriären, som innehåller en välblandad, och potentiellt lägre av koncentration av luftföroreningar (Brechler et al. 2014; Baldauf et al. 2009). Bullerskärmens höjd har stor inverkan på spridningen och effekten minskar med minskad skärmshöjd. Mätningar bakom en 4 meter hög skärm har påvisats ge signifikant lägre halter i jämförsele med mätningar utan

skärmar (Danish road institute, 2011). En skärm kan påverka vindfältet på ett avstånd mer än 10 meter skärmens höjd (Tiwary et al., 2005).

Bullerskärmarnas effekt på ämnen som genomgår mer komplexa processer efter att de emitterats, som exempelvis partiklar är dock till viss del begränsad. Partiklar kan genomgå olika koagulerings och kondensations processer, efter att de emitterats, samt att de kan deponeras på bullerskärmarnas yta. Detta innebär att det är många osäkerhetsparametrar som försvårar noggranna antaganden och beräkningar.

Det finns i nuläget inga bullerskärmar mot planområdet. De planerade byggnaderna i planområdena bildar dock en barriär mot de omkringliggande vägarna. Stora, fasta strukturer så som byggnader kan också påverka luftflödet på ett liknande sätt som de som beskrivits för bullerskydd (Baldauf et al. 2009). Byggnaderna antas därför ha en avskärmande effekt på luftföroreningarna, som genereras från vägtrafiken. I områden där byggnader upphör har högre halter påträffats. Detta då luftföroreningar kan ackumuleras längs väggen för att sedan frigörs vid slutet av byggnaden. Det anses därför som fördelaktigt om bostadskropparna tills stor del byggs ihop, då en viss ökning kan ske om det fanns en öppningen mellan byggnadskropparna.

5.2 Vegetation

Vegetation som placerats i närheten av vägtrafik har påvisats ha en inverkan på föroreningskoncentrationen. Trädens grenar och löv bildar en komplex och porös struktur, som kan öka turbulensen och därigenom underlätta spridningen och blandningen av luftföroreningar. Träd och annan vegetation kan även verka luftföroreningsreducerande genom att öka upptaget (depositionen) av luftföroreningar, i synnerhet för partiklar (Baldauf et al. 2009). Studier har visat på betydelsen av att placera vegetationen nära källan för att uppnå största möjliga deposition (Pugh, 2012).

Det finns flera faktorer som påverkar depositionen av partiklarna på träden. Skillnader i partiklarnas egenskaper, så som storleken, geometrin och kemiska sammansättningen anses som de viktigaste. Det är de allra minsta (<0.1 mikrometer, μm) och de allra största partiklarna (1 – 10 μm), som har högst chans att deponeras på träden. Den lokala vägtrafiken ger upphov till just dessa två partikelfraktioner, varav den största partikelfractionen utgör det största lokala bidraget till PM_{10} halterna. Detta innebär att trädplantering skulle utgöra ett bra sätt att reducera halterna vid planområdet. Val av trädart har visat sig vara av betydelse, då studier påvisat relativt stora skillnader i partikelupptag mellan olika trädarter. Trädplanterings utformning och omfattning påverkar också hur mycket partiklar som kommer att deponera.

Trädplanteringar kan minska ozonhalterna genom att ozonet, som är en reaktiv gas, deponeras på träden eller absorberas (passerar in) via t ex bladens/barrens klyvöppningar. Kvävedioxidhalterna i gatumiljö påverkas och begränsas av mängden ozon som finns tillgänglig för oxidation av kväveoxid till kvävedioxid. Träden kan därmed ha en indirekt påverkan på kvävedioxidhalterna, genom att träden tar upp ozonet, vilket innebär att även kvävedioxidhalterna kan minska. Kvävedioxid kan även deponeras direkt

på träden, dock är upptagseffektiviteten relativt låg, i synnerhet för barrträd (Johansson, 2009).

Det föreligger vissa osäkerheter gällande vegetationens exakta effekter på luftföroreningar. Variabler som exempelvis typ av träd, planthöjd, växtlighet tjocklek och trädartens blad- eller Barryta samt kronutbredning kommer sannolikt att påverka blandningen och depositionen. Kunskapsläget om de specifika förhållandena mellan dessa faktorer är i dagsläget begränsad (Baldauf et al. 2009).

Generellt är det ur luftsynpunkt fördelaktigt att anordna en trädlinje så nära vägen som möjligt, för att kunna uppnå bästa möjliga deposition. Utformningen av vegetationen kommer att påverka möjligheten till spridningen och filtrering av luften och deponering av luftföroreningarna på vegetationsytorna. Vegetationen inom planområdet kan antas ha en luftförorengsreducerande effekt. Detta då en del av luftföroreningarna skulle kunna deponeras på träden och därigenom minska den totala föroreninghalten inom planområdet. Vegetationen kan dock även leda till minskad turbulens och därigenom omblandningen och spridningen av luftföroreningarna. Detta kan framför allt ske i täta stadsmiljöer där utspädningen redan utan vegetation är begränsad (Janhäll, 2015). Vissa delar inom området kommer bli något slutna genom byggnation av de föreslagna byggnaderna. Därför att det viktigt att inte plantera träden tätt så gaturummen ytterligare sluts. Vid för tätt planterade träd finns risken att luftföroreningarna stängs in under trädkronorna, vilket kan öka människors exponering av luftföroreningar. Förslagsvis skulle låga häckar eller buskar kunna placeras i den direkta närheten av gatan.

5.3 Dubbdäcksförbud

Dubbdäck ökar slitaget av asfalten avsevärt mer än dubbfria alternativ och är en betydande källa av grova partiklar under torra barmarksförhållanden. Högsta emissionerna av partiklar uppkommer på senvintern/våren. Under denna period är dubbdäcksanvändningen fortfarande hög, vägbanorna är ofta torra och ackumulerat material från sand och saltning på vägbanan efter vintern, virvlas upp och hålls suspenderande. Under vintern förekommer generellt något lägre partikelhalter, tack vare att vägbanorna är frusna och/eller våta vilket gör att partiklarna till stor del binds i vägbanan (Johansson et al. 2008).

Göteborgs Stad har infört dubbdäcksförbud på Friggagatan och Odinsgatan, och Miljöförvaltningen har utvärderat effekten av dubbdäcksförbudet på luftkvaliteten och kommit fram till förbudet dels har en direkt effekt på dubbdäcksanvändningen på gatan, dels en indirekt effekt i Göteborg som helhet. För att fastställa effekten av dubbdäckförbudet på den generella luftkvaliteten i Göteborg, krävs detaljerad mätdata över den totala fordonsmängden samt trafikarbetsfördelningen mellan olika fordonslag (Göteborgs Stad, 2013:8).

Vid uppskattningar baserat på mätningarna har man försökt visa hur många procent av personbilarna skulle få använda dubbdäck för att miljö kvalitetsnormerna ska klaras vid olika gaturum. Dessa uppskattningar är dock befästa med viss osäkerhet, då toleransen vad gäller dubbandel, eller hur stor dubbdäcksandel en väg "tål", varierar mellan olika år,

beroende på meteorologiska förhållanden och bakgrundshalterna (Johansson et al. 2008). Det kan dock fastställas att minskad dubbdäcksandel leder till minskade partikelhalter.

5.4 Partikelbindande medel

Partikelbindande medel är en saltlösning, som sprids på vägbanan för att hålla vägbanan fuktig. Därigenom minskar uppvirvling av vägdamm och minskar halterna av partiklar (PM₁₀) i luften. Högst effekt erhålls ett par dagar efter det att medlet spridits och avtar därefter gradvis. Efterföljande mätningar på platser där det partikelbindande medlet spridits har kunnat visa på en 20-30 procentig reducering av halten partiklar i luften.

Miljöförvaltningen sprider partikelbindande medel på Götaleden, från mynningen och förbi hela planområdet. Detta antas reducera antalet tillfällen med förhöjda partikelhalter i området.

5.5 Lokala trafikreglerande åtgärder

5.5.1 Bilförbud

Enligt lagen (1990:1079) om tillfälliga bilförbud får Regeringen, eller efter dess bemyndigande en kommun, fatta beslut om tillfälligt förbud mot trafik med person- och lastbilar inom vissa områden av kommunen. För att fatta ett sådant beslut måste luftföroreningarna uppnå nivåer som innebär akuta hälsorisker för dem som vistas i kommunen.

Göteborgs kommun har rätt att fatta beslut om tillfälligt bilförbud inom vissa delar av kommunen (så kallade förbudsområden) i enlighet med regeringens utfärdade förordning (SFS 1990:1080). För att förordningen ska kunna tillämpas måste vissa kriterier uppfyllas. Halten av bland annat kvävedioxid måste uppgå till minst 240 µg/m³ luft under minst fyra timmar i följd samt att halterna väntas bestå under minst ett dygn. Föroreningarna ska mätas på lägst 15 meters höjd, och i lägen som inte är direkt exponerade mot föroreningskällan. Kommunen ska ha antagit en särskild beredskapsplan, där förbudsområdena utformas så att genomgående trafik inte hindras i onödan.

Göteborgs kommun har gjort bedömningen att det är mycket osannolikt att den beskrivna luftföroreningssituationen uppkommer och har därför inte upprättat en beredskapsplan, som lagen föreskriver. Detta innebär för närvarande att Göteborgs kommun inte på rättslig grund kan utfärda ett bilförbud, även om en situation med ovannämnda luftföroreningar trots allt skulle uppstå.

Enligt förordningen (SFS 1990:1080) skulle Göteborgs kommun, om förordningens bestämmelser vore uppfyllda, kunna stänga av Götaleden och därigenom minska luftföroreningarna i planområdet. Detta anses dock som osannolikt dels med tanke på förordningens bestämmelser om att genomgående trafik inte får hindras i onödan och dels att Götaleden är en statlig allmän väg och ett riksintresse för kommunikationer. Att vidta trafikregleringar som en åtgärd för att reducera luftföroreningar är till viss del tvetydigt när det kommer till att mäta effekten av den vidtagna åtgärden. En avstängning

av ett antal gator antas ha en reducerande effekt på dessa gator, men det kommer sannolikt inte att minska den totala trafiken, utan endast omfördela den. Det föreligger därför en risk att man endast förflyttar problemet med överskridanden.

5.5.2 Hastighetssänkningar

Fler och fler kommuner i Sverige använder sig av olika former av hastighetsdämpande åtgärder i sina tätorter, i första hand för att åstadkomma säkrare trafikmiljöer och förbättra transportsystemets funktionssätt. Det är idag allmänt accepterat att det finns en stark koppling mellan körförlopp (dvs. hur fordonet framförs) och avgasutsläpp, liksom mellan avgasutsläpp och fordonets frekvens och storlek på såväl acceleration som retardation. Därför kan hastighetsdämpande åtgärder vara viktiga utifrån ett luftkvalitetsperspektiv.

Det kan konstateras att körförloppet med accelerationer, retardationer och hastighetsnivåer är avgörande för åtgärdernas effekt på bränsleförbrukning och utsläpp av kolväten (HC), kväveoxider (NO_x) och kolmonoxid (CO). Vid införande av hastighetsdämpande åtgärder, t.ex. lägre hastighetsgränser, är det mycket viktigt att se till att åtgärderna inte ger upphov till ökade variationer i körförloppet eller köbildning. Väl utformade hastighetsdämpande åtgärder skulle kunna medföra lägre utsläppsnivåer än fysiska konstruktioner, som kan ge upphov till inbromsningar och accelerationer. Införda åtgärder har påvisats medföra minskade avgasutsläpp av NO_x, HC och CO, framför allt på 30-gatorna, men även på det totala gatunätet (Svensson & Hedström, 2003). För partiklar är effekten av minskade hastigheter lite mer oviss. Med ökad hastighet, ökar fordonens emissioner av partiklar och uppvirvling av partiklar från vägbanan. Samtidigt med ökad hastighet ökar också den fordonsgenererade turbulensen vilket ökar utspädningen av partikelemissionerna. Fordonsturbulensen har påvisats vara mycket viktig för utspädningen i smala gaturum, där luftkvalitetsproblemen oftast är störst. Då partikelhalterna är så beroende av platsspecifika variabler, saknas det därför verifierade samband mellan hastighet och partikelhalter (Trivector, 2012).

För att åstadkomma bästa möjliga hastighetsändring måste gatumiljön stödja de önskade hastighetsnivåerna. Att enbart minska hastighetsbegränsningen från 50-40 km/h och 40-30 km/h, har visat sig minska medelhastigheten med ca 2-3 km/h. Om trafikanterna verkligen ska förändra hastigheterna med 10 km/h, bör begränsningen kännas både naturlig och acceptabel. Oavsett hastighetsgräns är de verkliga medelhastigheterna betydligt högre på breda gator med god sikt än på smalare gator med begränsad sikt.

5.6 Ekonomiska styrmedel

Ekonomiska styrmedel, i form av bidrag, skatter eller avgifter, används i många sammanhang för att påverka människors beteende, och har också visat sig fungera förhållandevis effektivt. Detta innebär att ekonomiska instrument kan vara verksamma även när det gäller att påverka transportbeteende.

Trängselskatt har som syfte att minska trängseln i hårt trafikbelastade områden och under tider med kapacitetsproblem, genom att införa en högre kostnad för resor vid dessa platser och tider. Resultatet blir att en viss andel av resenärerna, från innan

trängselskattens införande, nu väljer att avstå från just dessa bilresor eller att i viss mån samordna sig med andra. Resenärer kan även alternativt välja andra färdmedel, som kollektivtrafik, cykel, resa vid andra tidpunkter, byta målpunkt eller resväg för ärendet.

På så sätt fungerar trängselskatt som ett incitament, vilket inte är att förväxla med en reglering, som istället styr vad som är tillåtet och inte. Reglerande åtgärder är exempelvis att förbjuda biltrafik på utvalda gator eller endast tillåta varutransporter under vissa tider. Åtgärder med incitament (trängselskatt) ger resenärer möjligheten att själv välja hur de ska anpassa sig, men som även innebär att de kan behålla sitt ursprungliga beteende. De resenärer för vilka det skulle varit en särskilt stor uppoffring att avstå från bilresan blir kvar i sitt gamla beteende (och betalar trängselskatten) (Trivector, 2014).

Trängselskatt infördes den 1 januari 2013 i Göteborg med syftet att bland annat förbättra luftkvaliteten och bidra till finansiering av Västsvenska Paketet. Planområdet ligger inom trängselskattsområdet där närliggande vägar är förseddes med portaler för trängselskatt. Biltrafiken minskade generellt i Göteborg under 2013 jämfört med 2012 vilket ledde till mindre miljöpåverkan i planområdet. Antalet resande med andra transportmedel så som cykel- och kollektivtrafik ökade under samma tidsperiod. Detta mycket tack vare satsningar på utbyggnad och upprustning av cykelbanor, och utökning av busskörfält, vilket gav bättre framkomligheten och därigenom ökad punktlighet och i viss mån minskade restider. Störst minskning i både trafikmängd och därav luftföroreningar erhålls på gator i direkt anslutning till portalerna, där uppoffringen att köra är som störst. Effekten antas avta med avståndet till gatorna med portalerna.

Miljöförvaltningen i Göteborg har utrett effekten av trängselskattens införande på luftkvaliteten i Göteborgsområdet. Utredningen framhåller att halter av både partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid har minskat sedan införandet av trängselskatten. Partiklar uppvisar en större minskning än kvävedioxid. En förklaring till varför minskningen av kvävedioxid var så låg och varför trängselskatten inte haft större effekt antas vara den ökade andelen dieselmotorer i fordonsflottan. Dieselmotorer har en högre andel direktemitterad kvävedioxid än bensinmotorer och utgör ett ökande problem för varför det är svårt att klara miljö kvalitetsnormerna.

Det är många faktorer som påverkar halterna av kvävedioxid och partiklar, och det är därav svårt att dra slutsatser om vilket effekt trängselskatten har haft på minskningarna av luftföroreningarna. Kvävedioxid- och framförallt partikelhalterna avgöras till stor del av rådande meteorologiska förhållanden. Vid jämförelser mellan olika halter och år är det därför viktigt att bedöma om året föregicks av meteorologiska förhållanden som gynnade uppkomsten av låga eller höga halter (Göteborgs stad, 2015).

5.7 Tekniska krav och utveckling

Upprättande av en miljözon anses som en viktig åtgärd för att klara miljö kvalitetsnormerna, som föreskriver att staden ska kunna garantera invånarna en godtagbar luftkvalitetsnivå. Miljözonen ställer utsläpps krav på tunga lastbilar och bussar (totalvikt över 3,5 ton) som trafikerar stadens inre delar. På så sätt uppnås en emissionsminskning där nyttan är som störst eller med andra ord där flest människor bor,

arbetar och därigenom exponeras för luftföroreningar. Miljözonen utgör ett viktigt och behövt komplement till de utsläppskrav som ställs på nya fordon, då den kan reglera att gamla och högemitterande fordon inte nyttjas i staden.

Miljözonens regleringar är även tänkt att stimulera fordonsägare att investera i fordon med högre miljöklasser, för att på så sätt kunna öka utnyttjandetiden i miljözonen. Alla svenska städer med miljözon följer samma lokala bestämmelser och baseras på de föreskrivna reglerna i Trafikförordningen (SFS 1998:1276, kapitel 10). Detta medför att EU:s miljöklassning av fordon avgör vilka fordon som är tillåtna inom miljözon. Planområdet ligger i dagsläget inom Göteborgs kommuns miljözon och de anslutande vägarna innefattas därför av de utsläppskrav som ställs på fordonen inom miljözonen.

Krav på utsläpp av en rad olika luftföroreningar från fordon regleras i gemensamma bestämmelser inom EU. Detta innebär att Sverige måste implementera eventuella ändringar och tillägg, vilket ger små möjligheter att agera på egen hand. Sedan 1982 finns fastställda regler för tillåtna avgasutsläpp från tunga fordon i Europa. Bestämmelserna avser utsläppen av kväveoxider, kolmonoxid, kolväten och partiklar. Fokus har lagts på att minska utsläpp av partiklar och kväveoxider (NO_x), från i synnerhet dieselfordon. Då kväveoxider och kolväten är ozonbildande ämnen bör en utsläppsreduktion av dessa ämnen leda till märkbara förbättringar av hälsoförhållandena. Beteckningen Euroklass infördes 1990 (Euro 0). Därefter har kraven stegvis skärpts genom åren 1993 (Euro 1), 1996 (Euro 2), 2000 (Euro 3), 2005 (Euro 4) och 2008 (Euro 5). År 2014 införs Euro 6 och då sänks kraven på högsta tillåtna utsläpp av kväveoxider till 0,06 g/km (bensin) och 0,08 g/km (diesel) för personbilar och 0,40 g/km (2 g/km för Euro 5) för tunga fordon.

Hårdare krav på utsläppsmängder kommer driva på teknikutvecklingen, vilket förväntas leda till lägre halter av framförallt kvävedioxid. Denna slutsats görs även med den förväntade trafikökningen i åtanke. Personbilsflottan antas i framtiden förändras och andelen dieselfordon förväntas att öka markant. Den ökade användningen av diesel som bränsle i personbilar och ökade flöden av bussar skulle leda till högre direktemissioner av kvävedioxid från vägtrafiken (FAIRMODE, 2011).

6 Sammanfattande bedömning

För att skydda människors hälsa och miljön har regeringen utfärdat en förordning om miljö kvalitetsnormer (MKN) för utomhusluft. Miljö kvalitetsnormerna bör inte tillämpas för luften på vägbanan som enbart fordonsresenärer exponeras för. Dock ska luften utanför vägområdet där människorna vistas och exponeras för luftföroreningar, bedömas mot upprättade miljö kvalitetsnormer.

Göteborgs stad arbetar med att upprätta en detaljplan för Norr om Nordstan med syfte att möjliggöra byggnation av bostäder, verksamheter och Västlänkens Station Centralens västra uppgångar. Planområdet är beläget i närheten av Götatunnelns östra mynning. Sweco har på uppdrag utfört spridningsberäkningar för planområdet, med syftet att visa på fördelningen av luftföroreningarna inom det aktuella området samt att jämföra uppmätta och beräknade halter mot föreskrivna miljö kvalitetsnormer och det nationella miljö kvalitetsmålet, "Frisk luft". Utredningen har även visat hur uppförandet av ett ventilationstorn vid Götatunnelns östra mynning påverkar luftföroreningshalterna i området och hur tornet påverkar genomförandet av detaljplanen. Beräkningar utfördes för den nuvarande situationen 2016, 2026 och 2035 med beräknade framtida trafikmängder.

Föreslagna bostäder, verksamheter och kontor i planområdet kommer byggas i närhet av Götaleden. Detaljplanen medför att fler människor utsätts för exponering av luftföroreningar jämfört med nuläget inom planområdet. Genom att trafikföringen med den nya Hisingsbron och endast kollektivtrafik på Nils Ericsonsgatan minskar trafikrörelserna markant i hela planområdet vilket leder till bättre luftkvalitet än dagens situation överallt utom i Götaledens direkta närhet. Viktigt att tillägga är att spridningsmodellen varken tagit enskilda byggnaderna eller vegetationen i beaktning. Byggnaderna antas ha en viss reducerande effekt på kvävedioxid- och partikelhalten, genom att verka som en avskärmande barriär. Samtidigt kan byggnaderna dock leda till sämre ventilationsförhållanden om gaturummen sluts, vilket skulle kunna leda till högre luftföroreningshalter än beräkningarna visar.

Resultatet från spridningsberäkningarna stämde väl överens med tidigare genomförda mätningar vid Bergslagsgatan. I dagsläget överskrider samtliga miljö kvalitetsnormer vid och intill Götaleden, med mycket höga halter i mynningsområdet.

Beräknade halter, med och utan ventilationstorn, utgick från byggnaden närmast Götatunnelns mynning där påverkan och luftproblematiken är som störst. För kvävedioxid beräknades halterna att minska till både 2026 och 2035 i jämförelse med nuvarande situation. Förklaringen till de reducerade kvävedioxidhalterna för scenariot 2035 är en kombination av att bakgrundhalterna, enligt SMHIs beräkningar, förväntas minska med cirka 30% fram till år 2030 och att hårdare krav på utsläppsmängder kommer driva på teknikutvecklingen, vilket förväntas leda till lägre halter av framförallt kvävedioxider. År 2026 för scenariot utan ventilationstorn riskerar miljö kvalitetsnormen som dygns- och timmedelvärde (98-percentil) att överskridas för kvävedioxid. Med ett ventilationstorn minskar halterna och miljö kvalitetsnormerna kommer med stor sannolikhet att klaras vid byggnaden. År 2035 är halterna generellt lägre i hela beräkningsområdet för kvävedioxid. Miljö kvalitetsnormerna beräknas därav att klaras både med och utan ventilationstorn.

För partiklar (PM₁₀) förändras inte års- och dygnsmedelvärde nämnvärt mellan scenariona 2026 och 2035. Årsmedelvärdet klaras både med och utan ventilationstorn, medan dygnsmedelvärdet riskerar att överskridas utan ventilationstorn men klarar normen i scenariot med tornet. Partikelhalternas års- och dygnsmedelvärde förändras inte nämnvärt mellan scenariona 2026 och 2035. Anledningen till att partikelhalterna mer eller mindre hålls konstanta är trafikmängden var samma för båda scenariona och den största delen av partikelhalten (PM₁₀) uppstår genom slitage av vägbanan. Andelen fordon med dubbdäck hölls även konstant mellan scenariona och framtidsprognoserna av partiklarnas bakgrundshalter är inte heller lika positiv som för kvävedioxid.

De relativa utsläppen från ventilationstornet antas ha en mycket begränsad påverkan på föreslagna byggnader och på omkringliggande omgivning för både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). För kvävedioxid minskade utsläppen från tornet mellan scenariot 2026 och 2035, tack vare att utsläppen från vägtrafiken förväntas minska. För partikelhalterna var det ingen större skillnad mellan 2026 och 2035. Den begränsad påverkan kan förklaras av ventilationstornets stora diameter (5 meter), vilket ger en mer diffust plym med lägre koncentrationer i plymens centrum, som lättare sprids och omblandas.

Generellt sett är det ur luftsynpunkt fördelaktigt att anordna en trädlinje så nära den dominerande källan som möjligt. Detta då studier har kunnat påvisa att störst reducerande effekt uppnås vid kombination av ett fysiskt hinder, så som byggnader/bullerskärmar, och vegetation. Gaturummen inom och runtomkring planområdet blir dock något mer slutna vid genomförandet av detaljplanen. Detta skulle kunna föranleda situationer med högre haltnivåer. Vegetation kan försämra omblandningen och spridningen av luftföroreningar genom minskad turbulens i slutna gaturum och det är därav viktigt att inte plantera träden för tätt så gaturummet ytterligare sluts.

Det bedöms som fördelaktigt att uppföra ett ventilationstorn vid Götaledens östra mynning, då det förbättrar möjligheten till att klara miljö kvalitetsnormerna. Det är av betydelse att tillägga är att ventilationstornet enbart påverkar halterna vid Götatunnelns mynning. Halterna vid överdäckningens mynningar kommer således inte att påverkas nämnvärt och det kommer med stor sannolikhet att förekomma höga halter av både kvävedioxid och partiklar (PM₁₀) i framtida scenarion. Det finns det inte någon nivå under vilken inga negativa hälsoeffekter uppkommer, i synnerhet för partiklar. Därför är fördelaktigt med så låga luftföroreningshalter som möjligt där folk vistas. De högsta halterna beräknas ske i närhet av överdäcknings mynningsområde och det är bra om planen utformas så att människor inte uppmuntras till vistelse i dessa områden. Förslagsvis kan entréer placeras bort från den utsatta sidan av huset som vetter mot Götaleden och mynningsområdena. Det är även att föredra om tilluften för ventilation inte tas från fasader som vetter mot Götaleden och mynningsområdena, utan från taknivå eller från andra sidan av byggnaden.

7 Referenser

Baldauf, R., Watkins, N., Heist, D., Bailey, C., Rowley, P., & Shores, R. (2009). Near-road air quality monitoring: Factors affecting network design and interpretation of data. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2(1), 1-9.

Barnverket. (2007). Järnvägens bidrag till samhällsutvecklingen – inriktningsunderlag 2010–2019. Underlagsrapport – Miljöbedömning

Barck C., Lundahl J., Halldén G. et al. Brief exposures to NO₂ augment the allergic inflammation in asthmatics. *Environ Res.* 2005; 97(1):58-66

Bowker, G. E., Baldauf, R., Isakov, V., Khlystov, A., & Petersen, W. (2007). The effects of roadside structures on the transport and dispersion of ultrafine particles from highways. *Atmospheric Environment*, 41(37), 8128-8139.

Brechler, J. & Fuka, V. (2014). Impact of Noise Barriers on Air-Pollution Dispersion. *Natural Science*, 6, 377-386 <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2014.66038>

Brydolf M. & Johansson C. (2010). Avståndets betydelse för luftföroreningshalter vid vägar och tunnel-mynningar. LVF 2010:22

Burman L. (2010). Tunnelluftmätningar - Underlag FUD-projekt. SLB 1:2010. s. 15-22

COWI. (2016). Luftkvalitetsutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden.

Danish road institute. (2011). Optimized noise barriers. Report 194

EEA. (2013). Air quality in Europe 2013. Report No 9/2013. ISSN 1725-9177

FAIRMODE. (2011). Guide on modelling Nitrogen Dioxide (NO₂) for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive. ETC/ACM Technical Paper 2011/15

Gehrig, R., Hill, M., Lienemann, P., Zwicky, C. N., Bukowiecki, N., Weingartner, E., Baltensperger U., & Buchmann, B. (2007). Contribution of railway traffic to local PM₁₀ concentrations in Switzerland. *Atmospheric Environment*, 41(5), 923-933

Gustavsson M., Blomquist G., Franzén L. & Rudell B. (2003). Föroreningsnedfall från järnvägstrafik. VTI 947

Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution—Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, 105, 130-137.

Johansson, C. (2009). Påverkan på partikelhalterna av trädplantering längs gator i Stockholm. SLB 2:2009

Johansson, J., Norman, M. & Gustafsson, M. (2008). Genomsnittliga emissionsfaktorer för PM₁₀ i Stockholmsregionen som funktion av dubbdäcksandel och fordonshastighet. SLB 2:2008

- Johansson C., Norman N. & Silvergren S. (2013) Mynningsutsläppens inverkan på halterna inne i vägtunnlar. SLB 12:2013
- Naturvårdsverket. (2014). Luftguiden – Handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft. Handbok 2014:1
- NHMRC (National Health and Medical Research Council). (2008). Air Quality in and Around Traffic Tunnels. ISBN online 1864964510
- NSW. (2014). Advisory Committee on Tunnel Air Quality - Road Tunnel Portal Emissions. TP06
- Pugh, T. A., MacKenzie, A. R., Whyatt, J. D., & Hewitt, C. N. (2012). Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environmental science & technology*, 46(14), 7692-7699
- SLB-analys. (2013:1). Luftutredning vid kv Månstenen i Solberga. LVF 2013:5
- SLB-analys. (2013:2). Vertikal variation av luftföroreningshalter i ett dubbelsidigt gaturum. SLB 11:2013
- SMHI. (2012). Luftkvaliteten i Sverige år 2020. Meteorologi Nr 150. ISSN: 0283-7730
- SMHI. (2013). Luftkvaliteten i Sverige år 2030. Meteorologi Nr 155. ISSN: 0283-7730
- Staxler L., Järup L. & Bellander T. (2001). Hälsoeffekter av luftföroreningar - En kunskapssammanställning inriktad på vägtrafiken i tätorter. Rapport från Miljömedicinska enheten 2001:2
- Svensson, T. & Hedström, R. 2003. Hastighetsdämpande åtgärder och integrerad stadsplanering – En litteraturstudie. VTI meddelande 946. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Tang, L., Haeger-Eugensson, M., Sjöberg K., Wichmann J., Molnár P., & Sallsten G. (2014). Estimation of the long-range transport contribution from secondary inorganic components to urban background PM10 concentrations in south-western Sweden during 1986-2010. *Atmospheric Environment*, 89, 93-101
- Tiwary, A., Morvan, H. P., & Colls, J. J. (2006). Modelling the size-dependent collection efficiency of hedgerows for ambient aerosols. *Journal of aerosol science*, 37(8), 990-1015.
- Trafikanalys. (2016). Fordon i län och kommuner.
- Trafikverket. (2012). Handbok för vägtrafikens luftföroreningar
- Trivector. (2012). Effekter av generell hastighetssänkning i Göteborg. PM 2012:22
- Trivector. (2014). Trängselskattens principer och effekter i staden – en beskrivning av trängselskattens effekter jämfört med andra styrmedel. PM 2014:57

Vägverket. (2001). Väg 45, Götatunneln. Obj. 429011

Vägverket. (2009). E 4 Förbifart Stockholm - En bedömning av hälsorisker vid färd i långa tunnlar. Komplettering Tillåtlighet fråga 11, PM. s. 1-11

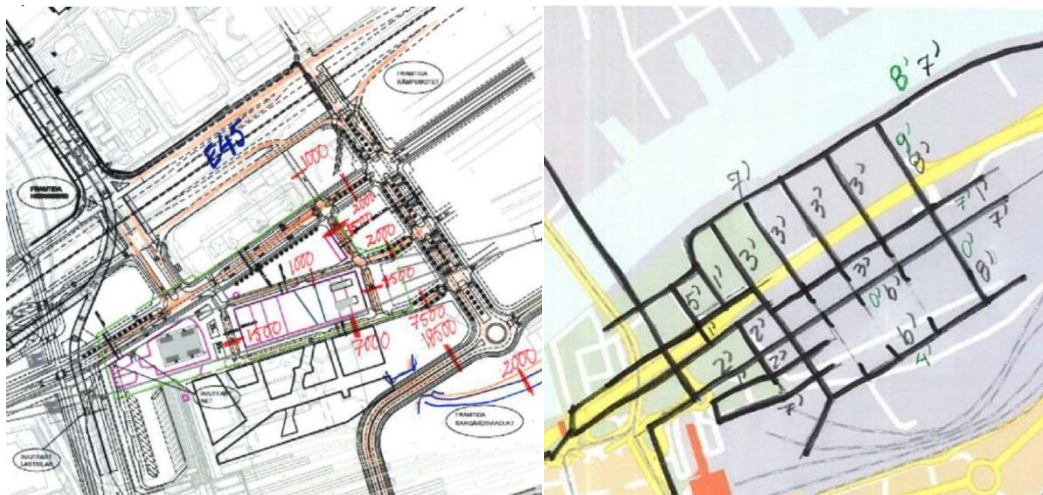
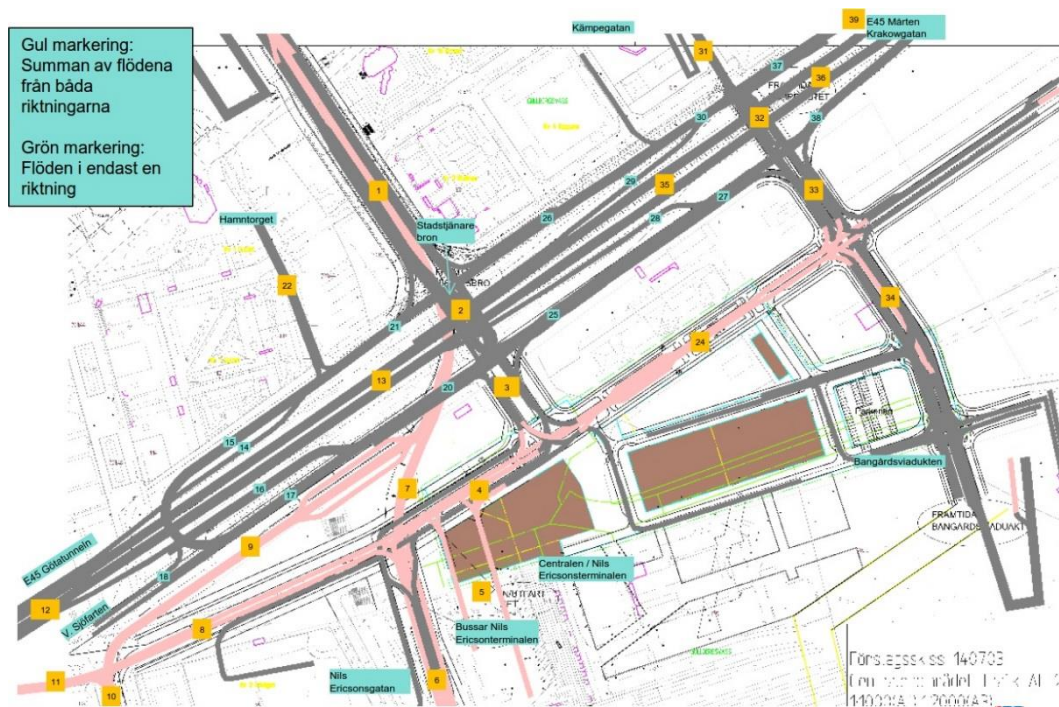
WRA, World Road Association. (2008). Road Tunnels – A guide to optimizing the air quality impact upon the environment. R04. s. 1-91

Bilaga A Trafik 2016

Tabell 8. Trafikmängder för dagens situation

Gata	ÅDT Bil	ÅDT Lastbil	ÅDT bussfil
Mårten Krakowgatan	48386	6598	
Götatunneln	46702	6368	
Stadstjänaregatan S om Götaleden	19140	2610	
Götaälvbron	16438	1049	690
Bergslagsgatan V om rondell	13781	1879	
Nils Ericsonsgatan (Köpmansgatan-Spannmålgatan)	12632	1723	370
Drottningtorget	12128	2140	
Stadstjänaregatan N om Götaleden	9187	1253	
Götaleden (1)	7886	1075	
St Eriksgatan	7656	1044	
Gullbergs Strandgata (Falutorget-Tingstadstunneln)	6729	1188	
Falutorget	6499	722	
Påfart Götatunneln	5895	804	
Gullbergs Strandgata (Kilsgatan-Falutorget)	5090	566	
Gullbergs Strandgata (Hamntorgsgatan-Kilsgatan)	4698	522	
Bergslagsgatan Ö om rondellen	4176	1044	
Vikingsgatan	4133	218	
Partihandelsgatan väster om Gullbergsmotet	3946	1535	
Västra Sjöfarten	3698	0	
Kämpegatan	2480	131	
Torsgatan	2480	131	
Trollhättegatan	2480	131	
Kruthusgatan	2182	689	
Östra Hamngatan norr om Nordstan	1566	174	320
Östra Hamngatan (Norra Hamngatan-Köpmansgatan)	1455	198	320
Avfart Götatunneln	1378	188	
Nils Ericsonsgatan (Norra Hamngatan-Köpmansgatan)	1281	11	370
Östra Hamngatan (Köpmansgatan-Spannmålgatan)	1225	167	320
Kilsgatan	827	44	
Nils Ericssonterminalen bussområde och utfart	0	0	

Bilaga B Trafik för 2026 och 2035



Figur 22. Framtidens trafikmängder och vägsträckningar för år 2026 och 2035. Kartbilden överst visar beräknade trafikflöden genomförda av WSP. Kartbilderna nederst visar ÅMVD (årsmedelvardagsdygn).

Tabell 9. Trafikmängder för framtida scenarion 2026 och 2035

Numrering	Gata	ÅDT Bil	ÅDT Lastbil	ÅDT Buss
1	Hisingsbron	26800	1400	1900
2	Stadstjänarebron	1770	900	400
3	Stadstjänaregatan	9800	500	600
4	Bergslagsgatan västra delen	9200	500	1600
5	Bussgata till NE-terminalen	0	0	1100
6	Nils Ericsonsgatan	100	100	1500
7	Busspåfart till Hisingsbron 1	0	0	1500
8	Ö Hamngatan norr om Nordstan	0	0	500
9	Busspåfart till Hisingsbron 2	0	0	700
10	Östra hamngatan	0	0	700
11	St Eriskgatan	0	0	700
12	Götatunneln	54600	6100	100
13	Götaleden tunnel-Stadstjänaregatan	47300	5300	0
14	Påfart Götatunneln	5100	300	0
15	Norra Sjöfarten	2600	100	0
16	Avfart från Götatunneln	2500	100	0
17	Södra Sjöfarten	5500	300	0
18	Västra Sjöfarten	8000	400	0
20	Södra Sjöfarten efter avfart	7900	400	0
21	Norra Sjöfarten innan påfart	7500	400	0
22	Hamntorgsgatan	1800	100	0
24	Bergslagsgatan östra delen	1000	0	1000
25	Ny gata	13200	700	100
26	Ny gata	10900	600	100
27	Ny gata	15800	800	0
28	Avfart från Götaleden efter Stadstjänarebron	2600	100	100
29	Påfart till Götaleden innan Stadstjänarebron	3300	200	0
30	Ny gata	16400	900	100
31	Kämpegatan	2480	131	0
32	Ny bro över leden vid Kämpegatan	16700	900	100
33	Kämpegatan söder om leden	20800	1100	200
34	Kämpegatan söder om rondellen	23600	1200	600
35	Götaleden Stadstjänarebron-Kämpebron	41800	4600	0
36	Götaleden öster om Kämpegatan	41700	4600	100
37	Norra Sjöfarten öster om Kämpegatan	5900	300	200
38	Södra Sjöfarten öster om Kämpegatan	10700	600	100
39	E45 Märten Krakowgatan	57300	6400	400
40	Ny gata	1653	87	
41	Bergslagsgatan östra delen, sista biten	1653	87	

42	Ny gata	1653	87	
43	Ny gata	1653	87	
44	Ny gata	827	44	
45	Ny gata	1240	65	
46	Ny gata	6200	326	
47	Ny gata	15290	805	
48	Ny gata	1653	87	
49	Ny gata	5786	305	
50	Ny gata	1240	65	
51	Vikingsgatan	4133	218	
52	Kilsgatan	827	44	
53	Torsgatan	2480	131	
54	Trollhättegatan	2480	131	
55	Ny gata	2480	131	
56	Falutorget	7439	392	
57	Gullbergs Strandgata öster om Falutorget	5786	305	
58	Gullbergs Strandgata västra om Falutorget	6612	348	
59	Partihandelsgatan öster om Falutorget	5786	305	
60	Partihandelsgatan väster om Falutorget	2480	131	
61	Gata över leden från Vikingsgatan	827	44	
62	Ny gata	5786	305	
63	Ny gata	3306	174	

Bilaga C Föroreningshalter vid olika höjder

Kvävedioxid

Tabell 10. Visar ventilationstornets påverkan på närmaste bostad inom planområdet vid olika höjder

2026								
	Ventilationstorn (m)	Marknivå	Receptorshöjd (m)					
			10	20	30	40	50	60
Årsmedelvärde	10	0,004	0,01	0,04	0,17	0,26	0,25	0,2
	20	0,001	0,002	0,01	0,08	0,23	0,29	0,25
	30	0,0001	0,0003	0,002	0,019	0,1	0,25	0,3
Dygnmedelvärde	10	0,02	0,04	0,2	1,17	1,6	1,5	1,12
	20	0,011	0,013	0,073	0,51	1,47	1,9	1,4
	30	0,002	0,003	0,01	0,16	0,69	1,67	2,01
Timmedelvärde	10	0,03	0,05	0,32	1,34	2,29	2,36	1,97
	20	0,009	0,011	0,063	0,44	1,26	1,63	1,2
	30	0,00004	0,0001	0,0007	0,12	0,85	2,37	2,99

Tabell 11. Visar ventilationstornets påverkan på närmaste bostad inom planområdet vid olika höjder

2035								
	Ventilationstorn (m)	Marknivå	Receptorshöjd (m)					
			10	20	30	40	50	60
Årsmedelvärde	10	0,002	0,004	0,025	0,062	0,099	0,1	0,079
	20	0,0004	0,001	0,006	0,033	0,087	0,11	0,097
	30	0,00003	0,00015	0,001	0,0076	0,04	0,096	0,12
Dygnmedelvärde	10	0,02	0,04	0,14	0,45	0,62	0,58	0,43
	20	0,002	0,008	0,056	0,19	0,54	0,73	0,55
	30	0,001	0,008	0,0076	0,065	0,26	0,64	0,78
Timmedelvärde	10	0,0059	0,027	0,18	0,48	0,87	0,91	0,76
	20	0,0005	0,003	0,042	0,27	0,76	1,1	0,96
	30	0,00001	0,0002	0,003	0,053	0,33	0,91	1,16

Partiklar (PM₁₀)

Tabell 12. Visar ventilationstornets påverkan på närmaste bostad inom planområdet vid olika höjder

2026								
	Ventilationstorn (m)	Receptorshöjd (m)						
		Marknivå	10	20	30	40	50	60
Årsmedelvärde	10	0,01	0,02	0,06	0,14	0,23	0,27	0,25
	20	0,003	0,007	0,03	0,1	0,22	0,3	0,3
	30	0,0009	0,002	0,007	0,036	0,12	0,25	0,32
Dygnmedelvärde	10	0,02	0,05	0,18	0,42	0,66	0,77	0,73
	20	0,003	0,01	0,08	0,3	0,63	0,91	0,86
	30	0,0003	0,001	0,01	0,1	0,37	0,74	0,92

Tabell 13. Visar ventilationstornets påverkan på närmaste bostad inom planområdet vid olika höjder

2035								
	Ventilationstorn (m)	Receptorshöjd (m)						
		Marknivå	10	20	30	40	50	60
Årsmedelvärde	10	0,009	0,018	0,057	0,14	0,23	0,27	0,25
	20	0,003	0,006	0,27	0,97	0,22	0,3	0,3
	30	0,0009	0,002	0,007	0,035	0,12	0,25	0,32
Dygnmedelvärde	10	0,019	0,051	0,17	0,42	0,65	0,76	0,72
	20	0,003	0,01	0,078	0,3	0,63	0,92	0,86
	30	0,0003	0,001	0,013	0,11	0,36	0,72	0,91