

# ***Påverkan på luftkvaliteten från kryssningstrafiken i centrala Stockholm***

Spridningsberäkningar för 2018 och 2019

---

Michael Norman och Beatrice Säll



Utfört på uppdrag av Stockholms kommunfullmäktige

*SLB-analys, november 2020*



Uppdragsnummer	2020100
Daterad	2020-11-11
Handläggare	Michael Norman
Status	Granskad av Malin Täftefur

## Förord

Denna utredning är gjord av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. SLB-analys är även operatör för Östra Sveriges Luftvårdsförbunds system för övervakning och utvärdering av luftkvalitet inom luftvårdsförbundets geografiska område.

Stockholms kommunfullmäktige har i budget 2020 uppdragit åt miljö- och hälsoskyddsnämnden, att ge SLB-analys i uppdrag att mäta luftföroreningar från fartygen i Stockholms hamnar [1]. På grund av Coronapandemin upphörde i stort sett all kryssningstrafik under 2020 och därav kunde inga mätningar genomföras. För att ändå försöka omhänderta budgetuppdraget har istället modellberäkningar av kryssningssäsongerna 2018 och 2019 genomförts.

## Innehåll

Sammanfattning .....	1
Inledning .....	2
Beräkningsunderlag .....	3
Beräkningsområde.....	3
Receptorpunkter .....	3
Fartygen .....	4
Spridningsmodeller .....	6
Miljökvalitetsnormer.....	9
Kvävedioxid, NO <sub>2</sub> .....	9
Miljökvalitetsmål .....	10
Hälsoeffekter av luftföroreningar.....	11
Resultat.....	12
NO <sub>2</sub> -halter för ett genomsnittligt år.....	12
Resultat från tidsserieberäkningar för 2018 och 2019 .....	12
Fördelning mellan reguljär trafik och kryssningstrafik.....	13
Beräknad risk för påverkan av fartygsplym.....	14
Beräknad risk för höga halter.....	15
Diskussion .....	16
Osäkerheter i beräkningarna .....	18
Övriga osäkerheter .....	18
Referenser .....	19

## Sammanfattning

Den internationella kryssningstrafiken till och från Stockholm är viktig för både regionen och staden och bidrar med stora ekonomiska summor och sysselsätter många människor. Samtidigt får miljöförvaltningen i Stockholms stad årligen in klagomål på dålig luft i samband med plymer från reguljär och kryssningstrafik i centrala Stockholm. Projektet var planerat att omfatta mätningar av luftföroreningar under kryssningssäsongen 2020. Men på grund av Coronapandemin uteblev kryssningstrafiken under 2020 och mätningarna ställdes in. Istället utfördes beräkningar för halter i luften av kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, från kryssningstrafiken i centrala Stockholm.

Beräkningarna redovisar haltbidraget av NO<sub>2</sub>, det vill säga endast halten som kommer från kryssningsfartygen, och inte totalhalten (som även inkluderar bidrag från lokala och regionala källor samt intransport från mer avlägsna källor). Haltbidraget har beräknats för att urskilja fartygens påverkan på luftkvaliteten i området. Beräkningar har gjorts för ett genomsnittligt meteorologiskt år samt för kryssningssäsongerna 2018 och 2019 (maj till och med september). Resultatet har utvärderats i ett antal så kallade receptorpunkter. Receptorpunkternas geografiska placering är tänkt att medföra en så bred bild som möjligt av hur haltbidraget från Stadsgårdskajen påverkar omgivningen.

### Resultat

- Beräkningsresultatet indikerar att det inte finns någon risk att varken miljökvalitetsnormen eller miljökvalitetsmålet överskrids enbart på grund av utsläppen från fartygstrafiken.
- Resultaten visar att haltbidraget ökar med höjden vid samtliga utvärderade punkter. Högre haltbidrag beräknas också oftare på plaster där marken är högre över havsytan, tex Fåfången, Solliden och Sjökvärnsbacken (Nacka).
- Den reguljära kryssningstrafiken bidrar i medeltal till större del av det beräknade haltbidraget i de utvärderade receptorpunkterna.
- Fördelningen mellan bidraget från reguljära trafiken och kryssningstrafiken i de olika receptorpunkterna varierar beroende på den meteorologiska situationen och närheten till de olika fartygens anlösningsplatser.
- Under högst 10 % av tiden i beräkningsperioden maj-september 2018 respektive 2019 beräknas att risk finns för att de utvärderade receptorpunkterna påverkas av en fartygsplym.
- Antalet tillfällen med risk för högt haltbidrag av NO<sub>2</sub> varierar mellan 4 och 13 tillfällen vid receptorpunkterna under perioderna maj till och med september 2018 och 2019. I miljökvalitetsnormen tillåts maximalt 175 timmar med höga halter per år.
- Hur höga halter som kan förekomma i en fartygsplym skulle behöva verifieras med mätningar.
- Haltbidrag från fartygen för andra ämnen som PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> och sot har inte studerats i denna utredning. Bidraget från fartygen till halterna av dessa ämnen är ofta okända och skulle behöva verifieras med mätningar.

## Inledning

Den internationella kryssningstrafiken har ständigt ökat i Stockholm och är viktig för både regionen och staden eftersom den bidrar med stora ekonomiska belopp och sysselsätter många människor. Samtidigt bidrar fartygen med utsläpp som påverkar luftkvaliteten negativt i bland annat centrala Stockholm. Hur stor denna påverkan är nuläget är till stor del inte utrett. Miljöförvaltningen har under senare år tagit emot flertalet klagomål av dålig luftkvalitet orsakat av kryssningsfartygen. Flera av klagomålen kommer från boende på Södermalm i nära anslutning till Stadsgårdskajen.

Projektet, som var ett budgetuppdrag från Miljö och hälsoskydds nämnden, var planerat att omfatta mätningar av luftföroreningar under kryssningssäsongen 2020. Men på grund av Coronapandemin så uteblev kryssningstrafiken under 2020 och mätningarna ställdes in. Istället utfördes beräkningar för kryssningssäsongen 2018 och 2019. Det är haltbidraget från kryssningstrafik som beräknats.

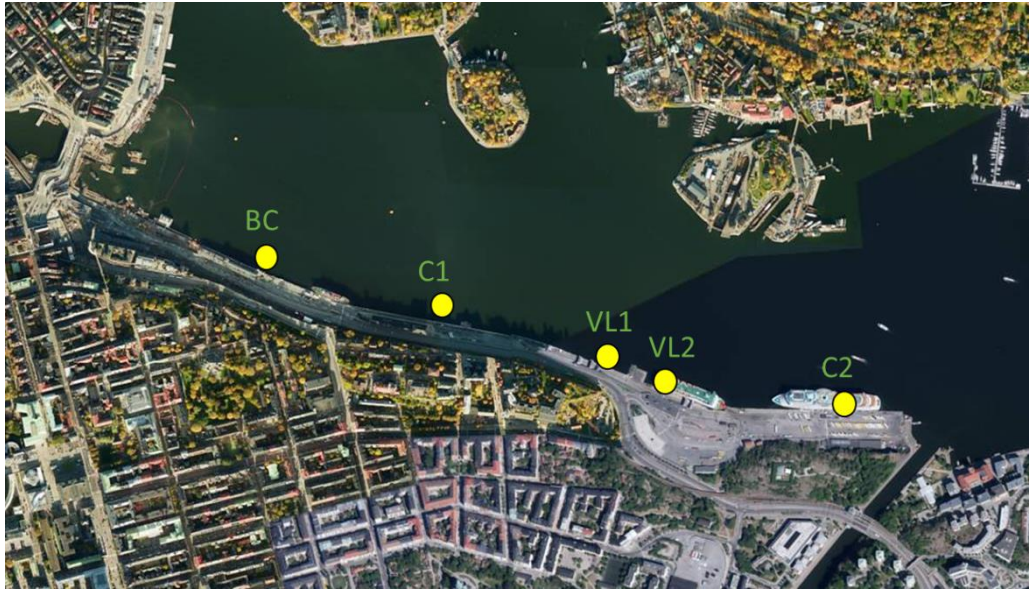
Syftet med projektet var att studera hur internationell kryssningstrafik och reguljär trafik påverkar luftkvaliteten i Stockholm. Målet med projektet var ta fram ett konkret underlag för hur stor påverkan kryssningsfartygen har på luftkvaliteten i Stockholm. Beräkningarna ger också en indikation på om fartygstrafiken kan bidra till om miljökvalitetsnormen eller miljökvalitetsmålet överskrids. Projektet har också som mål att ge underlag till Miljöförvaltningen och Stockholm hamnar för att studera behov av olika åtgärder för att minska utsläppen av fartygen.

I denna utredning har beräkningar gjorts av luftföroreningshalter av kvävedioxid, NO<sub>2</sub> i centrala Stockholm in anslutning till ankoringsplatserna för fartygen längs Stadsgårdskajen.

## Beräkningsunderlag

### Beräkningsområde

Bräkningarna har gjorts för ett område omkring stadsgårdskajen på Södermalm. Stadsgårdskajen är en hamn för kryssningsfartyg i Stockholms inlopp. Kryssningsfartyg och skärgårdsbåtar som anlöper Stockholms andra hamnar är inte inkluderade i beräkningarna. Den reguljära färjetrafiken, som trafikeras av rederierna Viking Line och Birka Cruises, har fasta kajplatser, se Figur 1. Det finns även två kajplatser för övrig kryssningstrafik.



**Figur 1.** Angöringsplatser för fartygstrafiken vid Stadsgårdskajen i centrala Stockholm som berörs i denna rapport. BC=Birka Cruise, VL1= Viking Line 1, VL2=Viking Line 2, C1 och C2 = kryssningstrafik.

### Receptorpunkter

För att läsa av timvisa halter i beräkningsresultatet har ett antal så kallade receptorpunkter skapats. I dessa receptorpunkter kan beräknad luftföroreningshalt visas timme för timme i marknivå samt på olika höjd över marken. Beräkningsresultatet har analyserats för 2 m, 20 m samt 40 m ovan mark. Receptorpunkterna har placerats både den sidan av Saltsjön som fartygen anlöper och på motsatta sidan, se Figur 2. Detta för att kunna få en så bred bild som möjligt av hur haltbidraget från Stadsgårdskajen påverkar omgivningen. Receptorpunkternas olika placeringar möjliggör en jämförelse av hur haltbidraget från fartygen varierar beroende på vertikal eller horisontell närhet till skorstenen. Topografin är relativt varierande i området kring Stadsgårdskajen. Vid kajen där fartygen anlöper är marknivån nära havsnivån. Receptorpunkterna på Södermalm och Nacka samt Solliden är 20 - 30 m över havsnivån. Genomsnittlig takhöjd för närliggande byggnaders bedöms vara ca 20 m över marken.





Figur 2. De receptorpunkter som resultaten från tidserie utvärderas ifrån.

## Fartygen

Uppgifter om fartygens skorstenar redovisas i Tabell 1. Vid BC, VL1 och VL2 utgår reguljära kryssningslinjer och samma fartyg trafikerar sträckan dagligen. Skorstenhöjder har beräknats från fotografier på fartygen. Skorstensuppgifter för Viking Line har erhållits från rederiet [3]. Vid C1 och C2 lägger övriga kryssningsfartyg till. Skorstenhöjden på dessa varierar och därav har medelvärden av de tre vanligaste kryssningsfartygens skorstenhöjd för respektive kajplats beräknats och använts som schablon för beräkningarna i utredningen. Rökgasernas hastighet och temperatur har erhållit från Viking Line [3] och de har antagits vara samma för samtliga fartyg, mer exakta rökgasuppgifter fanns inte tillgängliga vid när utredningen genomfördes. När rökgaserna lämnar skorstenen fortsätter plymen uppåt i ett så kallat plymlyft. Rökgasernas hastighet och temperatur påverkar bland annat hur högt plymlyftet blir. Andra parametrar som är viktiga för plymlyftet är exempelvis skorstensdiameter och vindhastigheten.

Emissionerna från de olika fartygen som ingår i beräkningarna redovisas i Tabell 2. Fartygens utsläpp skiljer sig åt beroende på om de sker då fartygen ligger i hamn eller om de påbörjar/avslutar färden. Utsläpp för färd har antagits gälla en timme före anlop och en timme efter avfärd. Utsläppen från några av Viking Lines fartyg har erhållits från rederiet [3], tyvärr inte för samtliga.



**Tabell 1.** Skorstenshöjd, rökgastemperatur och rökgashastighet för de olika fartygen vid Stadsgårdskajen.

	BC	VL1	VL2	C1	C2
Skorstenshöjd (M)	44	47	49	42	54
Rökgastemperatur (°C)	200	200	200	200	200
Rökgashastighet (m/s)	71	71	71	71	71

## Emissioner

Emissionsdata utgör nödvändiga indata för alla spridningsmodeller. Beräkningarna med gaussmodellen har enbart tagit med utsläppen från fartygen i Tabell 2.

**Tabell 2.** Emissioner av kväveoxider, NO<sub>x</sub>, från fartygen [3].

	Birka	Mariella	Grace	Cinderella	Kryssningsfartyg
Färd (ton/år)	137.3	866.9	121.2	137.3	866.9
Hamn (ton/år)	20.7	282.0		20.7	282.0

Fartygen Amorella och Gabriella angör också Stadsgårdskajen. Utsläppsuppgifter för de fartygen fanns inte tillgängliga vid genomförande av utredningen. Utsläppen för Mariella har antagits gälla även för Gabriella eftersom de två fartygen har liknade egenskaper. Gabriella skiljer sig till viss del från Mariella, men de använder samma kajplats (VL2) och turas om att angöra Stadsgårdskajen vartannat dygn. För modellberäkningar kan vi inte variera emissionerna mellan olika dygn har vi därför valt att använda Mariellas emissioner även för Gabriella. För Amorella har utsläppen från Cinderella använts eftersom de två fartygen har liknade Viking Line och Birkas fartyg går, med några få undantag, på fast tidtabell enligt Tabell 3. Gabriella och Amorella använder elanslutning under tiden vid kaj. För beräkningarna har därför enbart emissioner för färd använts vid tillägg och avfärd och inga emissioner däremellan. För övriga fartyg från Viking Line och Birka liksom kryssningsfartygen har emissioner för färd använts i anslutning till tillägg och avfärd och utsläpp för hamn använts under tiden där emellan.

Utsläppsuppgifter för kryssningsfartygen fanns inte tillgängliga vid när utredningen genomfördes. Merparten av de kryssningsfartyg som anlöper kajplatserna längs Stadsgårdskajen är länge, har större displacement och större motoreffekt än samtliga Viking Lines fartyg. Men vi har använt emissionerna för Viking Lines fartyg Mariella, även för kryssningsfartygen. I emissionsdatabasen kan enbart utsläpp under hela timmar användas. Därför används emissionerna för färd under hela timmen vid tillägg och hela timmen vid avfärd. Är fartyget vid hamn under enbart en eller två timmar används således enbart emissionerna för färd. Denna fördelning av emissionerna ger en överskattning av de beräknade halterna, men kan ses som ett värsta (worst case) scenario.

Tabell 3. Tidtabell för fartygen.

Fartyg	Birka	Gabriella/ Mariella	Grace	Cinderella	Amorella	Kryssningsfartyg <sup>1)</sup>
Kajplats	BC	VL2	VL1	VL1	VL2	C1 & C2
Dagar	dagligen	dagligen	dagligen	dagligen	dagligen	Varierande
Ankomst	15:00	10:00	06:30	15:15	19:00	08:30 <sup>1)</sup>
Avfärd	18:00	16:30	07:45	18:00	20:00	17:00 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Tidtabellen för kryssningsfartygen varierar något, det som visas här är genomsnittet.

De internationella kryssningsfartygens emissioner är enbart med i beräkningar under de dagar som de verkligen har varit på plats. Information om den internationella kryssningstrafiken längs Stadsgårdskajen har erhållits från Stockholms hamnar [4]. Vid kajplats C1 har över 30 angöringen gjorts under kryssningssäsongerna 2018 och 2019 och vid kajplats C2 över 80 angöringar, se Tabell 3. De flesta fartyg angör Stockholm flera gånger under en kryssningssäsong.

Tabell 4. Antalet angöringar vid de olika kajplatserna under perioden maj - september

Kajplats	C1	C2
2018	34	84
2019	30	83

### Spridningsmodeller

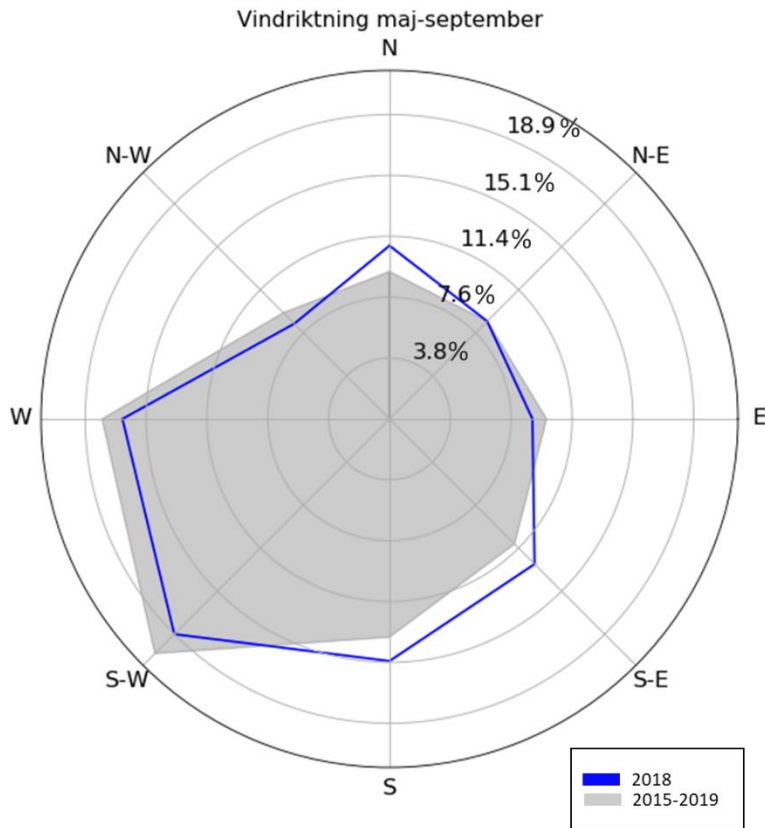
Beräkningar av luftföroreningshalter har gjorts med en gaussisk spridningsmodell integrerad i Airviro [5]. Meteorologin för spridningsmodellen tas från Airviro's vindfältmodell [5], som drivs av klimatologiska vind- och temperaturprofiler.

### Meteorologi

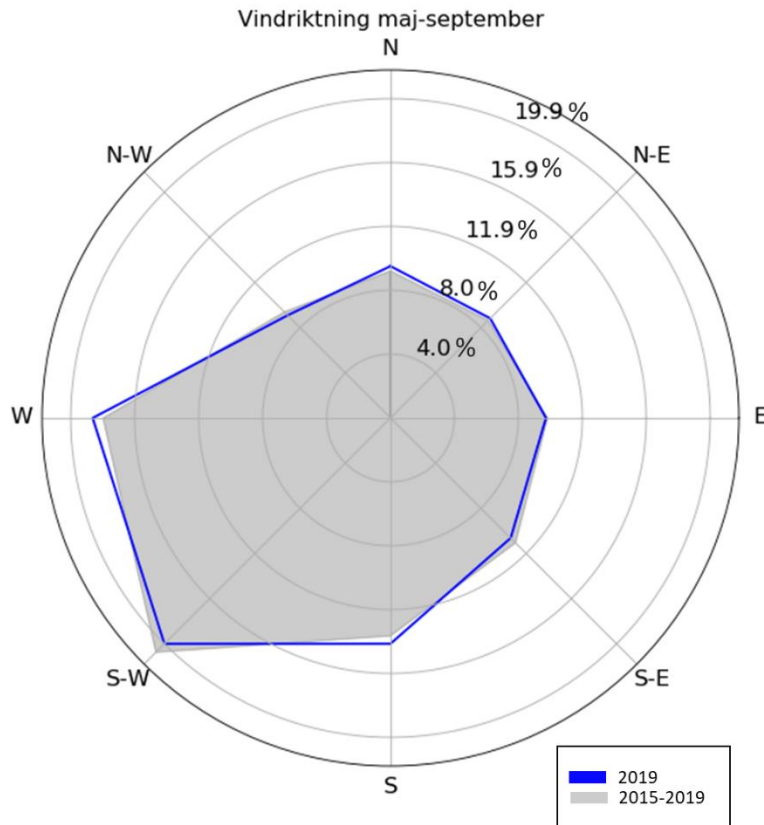
Variationer i de meteorologiska förhållandena leder till att halten av luftföroreningar varierar mellan olika år. Beräkningarna för haltbidraget från fartygen har utförts dels som ett scenario för ett genomsnittligt meteorologiskt år och dels som tidsserieberäkningar med meteorologi för maj – september år 2018 samt 2019. Samtliga meteorologiska mätningarna har hämtats från en 50 meter hög mast i Högdalen i Stockholm och inkluderar horisontell och vertikal vindhastighet, vindriktning, temperatur, temperaturdifferensen mellan tre olika nivåer samt solinstrålning. Som indata till Airviro's vindmodell i scenariot med ett genomsnittligt meteorologiskt år används en klimatologi baserad på meteorologiska mätdata under en flerårsperiod (1993 - 2010).

I tidsserieberäkningarna används meteorologi för maj till och med september år 2018 respektive 2019 indata till vindmodellen. Spridningsriktningen för haltbidraget från en skorsten beror till störst del på vindriktningen Figur 3 och Figur 4 redovisar vindriktningen uppmätt på 20 meters höjd vid masten i Högdalen för maj till och med september år 2018 samt 2019 samt för motsvande period år 2015 - 2019. Att jämföra vindriktningen i maj – september år 2018 och 2019 med motsvarande period under en flerårsperiod ger en

indikation på om beräkningsperioden avviker från ett meteorologiskt normalt år. År 2018 avvek vindriktningen relativt lite från motsvarande period under åren 2015 - 2019. Vindriktningen var något oftare sydlig, sydostlig och nordlig och något mer sällan östlig västlig och sydvästlig under år 2018 jämfört med flerårsperioden. Under år 2019 var avvikelserna från flerårsperioden mycket små.



**Figur 3.** Vindriktning maj-september 2018, jämfört med 2015 - 2019.



**Figur 4** Vindriktning maj-september 2019, jämfört med 2015 - 2019.

Airviros vindmodell genererar ett lokalt anpassat vindfält för hela beräkningsområdet genom att ta hänsyn till variationer i de lokala topografiska förhållandena, friktionseffekter (markens ”skrovlighet”) och vertikala värmeflöden.

#### Airviro gaussmodell

Beräkningarna för haltbidraget från fartygen har utförts dels för ett genomsnittligt meteorologiskt år där klimatologin som nämns i stycket ovan används och dels som tidsserieberäkningar. Beräkningarna för ett genomsnittligt meteorologiskt ger ett årsmedelvärde över storleken på haltbidraget från fartygen. Tidsserieberäkningarna ger halten för alla timmar under beräknade perioden med uppmätta meteorologiska parametrar vid samma timme under ett specifikt år. Tidsserieberäkningarna kan därför beskriva snabbare variationer i luftföroreningshalterna beskriver således korttidsexponering i området.

Beräkningarna av fartygens utsläpp ger halter av kväveoxider, NO<sub>x</sub>. För att jämföra halterna med miljö kvalitetsnormen måste en omvandling till kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, beräknas. I denna utredning har beräknad NO<sub>x</sub>-halt korrigerats mot den uppmätta medelkvoten mellan NO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub> åren 2017 - 2019 vid den urbana bakgrundsstationen på ett tak på Torkel Knutssons gatan på Södermalm. Den uppmätta medelkvoten för åren 2017 - 2019 var 0.78.

## Miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormer syftar till att skydda människors hälsa och naturmiljön. Normerna är juridiskt bindande föreskrifter som har utarbetats i anslutning till miljöbalken. De baseras på EU:s regelverk om gränsvärden och vägledande värden. Från Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) [2] framgår att miljökvalitetsnormer gäller för utomhusluften med undantag av arbetsplatser samt väg- och tunnelbanetunnlar.

Vid planering och beslut ska kommuner och myndigheter ta hänsyn till miljökvalitetsnormen. I plan- och bygglagen anges bl.a. att planläggning inte får medverka till att en miljökvalitetsnorm överträds. För närvarande finns miljökvalitetsnormer för kvävedioxid, partiklar (PM10 och PM2.5), bensen, kolmonoxid, svaveldioxid, ozon, bens(a)pyren, arsenik, kadmium, nickel och bly [6].

Förutom för PM10, kvävedioxid och ozon är halterna i området i allmänhet så låga att miljökvalitetsnormerna för respektive ämne klaras. Miljökvalitetsnormen för kolmonoxid överskrids regelbundet vid ett årligt motorevenemang med gamla bilar på Sveavägen i Stockholm. I övriga delar av regionen och under övriga tider är halterna av kolmonoxid väl under miljökvalitetsnormen till skydd för människors hälsa [7, 8].

Miljökvalitetsnormer innehåller värden för halter av luftföroreningar både för lång och kort tid. Från hälsoskyddssynpunkt är det viktigt att människor både har en låg genomsnittlig exponering av luftföroreningar (motsvaras av årsmedelvärde) och att minimera antalet tillfällen då de exponeras för höga halter under kortare tid (dygns- och timmedelvärden). För att en miljökvalitetsnorm ska klaras får inget av normvärdena överskridas.

### Kvävedioxid, NO<sub>2</sub>

Tabell 5 visar gällande miljökvalitetsnorm för kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, till skydd för hälsa. Normvärden finns för kalenderårsmedelvärde, dygnsmedelvärde och timmedelvärde. Miljökvalitetsnormens årsmedelvärde får inte överskridas och dygns- och timmedelvärdet får inte överskridas fler än 7 respektive 175 gånger under ett kalenderår för att normen ska klaras. NO<sub>2</sub>-halterna minskar i urban bakgrundsluft i Stockholm sedan 1980-talet då mätningarna startade [7, 8]. Normen för dygnsmedelvärdet för NO<sub>2</sub> har varit svårare att klara än årsmedelvärdet och timmedelvärdet. Detta bekräftas i kartläggningen av NO<sub>2</sub>-halter i Stockholms och Uppsala län 2015 [9] där det också framgår att miljökvalitetsnormen regelmässigt överskrids längs de större vägarna i regionen samt i gaturum med ett stort trafikflöde, en hög andel tung trafik samt och/eller ofördelaktig utformning av gaturummet ur omblandningssynpunkt.

**Tabell 5.** Miljökvalitetsnorm för kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, avseende skydd av hälsa [2].

Tid för medelvärde	Normvärde (µg/m <sup>3</sup> )	Anmärkning
Kalenderår	40	Värdet får inte överskridas
Dygn	60	Värdet får inte överskridas fler än 7 dygn per kalenderår.
Timme	90	Värdet får inte överskridas fler än 175 timmar per kalenderår förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m <sup>3</sup> under en timme fler än 18 gånger under ett kalenderår

## Miljö kvalitetsmål

Det nationella miljö kvalitetsmålet Frisk luft är definierat av Sveriges riksdag [10]. Halterna av luftföroreningar ska inte överskrida lågrisknivåer för cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål. Miljö kvalitetsmålen med preciseringar anger en långsiktig målbild för miljöarbetet och ska vara vägledande för myndigheter, kommuner och andra aktörer. Miljö kvalitetsnormerna fungerar som rättsliga styrmedel för att uppnå miljö kvalitetsmålen.

Miljö kvalitetsmålet Frisk luft omfattar preciseringar för kvävedioxid, partiklar (PM10 och PM2.5), bensen, bens(a)pyren, butadien, formaldehyd, marknära ozon, ozonindex och korrosion [11].

### Kvävedioxid, NO<sub>2</sub>

Tabell 6 visar gällande miljö kvalitetsmål för kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, till skydd för hälsa. Miljö kvalitetsmål finns preciserade för kalenderårsmedelvärde och timmedelvärde. För att målet ska uppnås ska årsmedelvärdet inte överskridas och timmedelvärdet inte överskridas fler än 175 timmar under ett kalenderår. Miljö kvalitetsmålet för NO<sub>2</sub> klaras i regel inte vid SLB-analys mätstationer i Stockholmsområdet [7,8].

**Tabell 6.** Miljö kvalitetsmål för kvävedioxid, NO<sub>2</sub> [11].

Tid för medelvärde	Målvärde (µg/m <sup>3</sup> )	Anmärkning
Kalenderår	20	
Timme	60	För att målet ska nås ska antal timmar med halt >60 µg/m <sup>3</sup> inte vara fler än 175 per kalenderår



## Hälsoeffekter av luftföroreningar

Det finns tydliga samband mellan luftföroreningar och effekter på människors hälsa. I en nyligen publicerad studie [12] uppskattades antalet förtida dödsfall, i Sverige, orsakade av luftföroreningar till 7600 per år.

Effekter på hälsan har konstaterats även om luftföroreningshalterna underskrider gällande gränsvärden; renare luft sparar liv och innebär en bättre hälsa för flertalet [13]. Barn är mer känsliga än vuxna eftersom deras lungor inte är färdigutvecklade och på grund av att de generellt tillbringar mer tid utomhus än vuxna [14]. Människor som redan har sjukdomar i hjärta, kärl och lungor riskerar att bli sjukare av luftföroreningar [13]. Luftföroreningar kan utlösa astmaanfall hos både barn och vuxna [15]. Äldre människor löper också större risk än yngre att få en hjärt- och kärlsjukdom och risken att dö i förtid av sjukdomen ökar om de utsätts för luftföroreningar [13].

## Resultat

### NO<sub>2</sub>-halter för ett genomsnittligt år

Figur 5 visar beräknat årsmedelvärde av haltbidraget av NO<sub>2</sub> på 20 m över marknivån från enbart kryssningstrafiken vid Stadsgårdskajen i centrala Stockholm. Varken andra källor såsom trafik eller bakgrundshalten är medräknad. Vindar mellan sydväst och väst dominerar under ett år och den största påverkan på halterna över land beräknas i Nacka och uppe på Djurgården.

Haltbidraget i hela beräkningsområdet understiger 4,0 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>. Miljökvalitetsnormen för NO<sub>2</sub> som årsmedel är 40 µg/m<sup>3</sup> och bakgrundshalten i centrala Stockholm har under åren 2014 - 2018 i snitt varit 12 µg/m<sup>3</sup>. Enligt beräkningarna bidrar kryssningstrafiken i genomsnitt relativt lite till de totala halterna i staden.



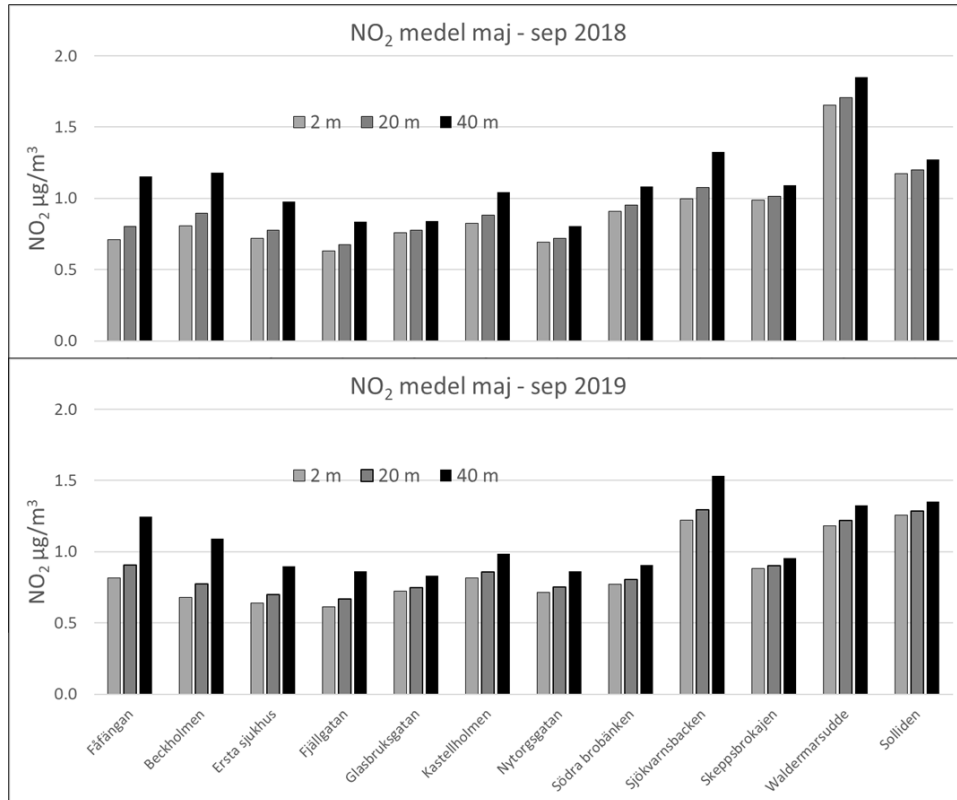
**Figur 5.** Beräknad medelhalt av kvävedioxid, NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) från kryssningstrafiken. Halterna gäller 20 m ovan mark för ett meteorologiskt normalår. Normvärdet som ska klaras är 40 µg/m<sup>3</sup>. (Observera att detta inte är den totala halten utan enbart från kryssningstrafiken)

### Resultat från tidsserieberäkningar för 2018 och 2019

Maj till och med september är den så kallade kryssningssäsongen i Stockholm och den period då de allra flesta kryssningsfartyg anlöper Stockholm. Tidsserieberäkningar har gjorts för kryssningssäsongen 2018 och 2019. Resultaten från tidsserieberäkningarna utvärderas för 12 stycken valda receptorpunkter (Figur 2).

Figur 6 visar de beräknade medelhaltbidraget under kryssningssäsongen för 2018 respektive 2019. Eventuell påverkan från byggnader på halterna inte är inkluderade i beräkningarna.

Resultaten visar att halterna vid samtliga punkter ökar med höjden. Detta beror på att utsläppen från fartygens skorstenar sker på ganska hög höjd över marken samt att rökgaserna fortsätter uppåt i ett så kallat plymlyft. Haltbidraget från skorstenen blir därför inte störst på samma nivå som skorstenen utan på högre höjd. Halterna avtar sedan både uppåt och neråt när skorstensplymen blandas ut med omgivande luft. Det är alltså en stor skillnad jämfört med utsläppen från t.ex. vägtrafik som sker i marknivå. Högre halter beräknas också oftare på plaster där marken är högre över havsytan, tex Fåfängan, Solliden och Sjökvärnsbacken. Detta eftersom den relativa höjdskillnaden mellan marken och skorstenens mynning är mindre på de plaster som är högre över havsytan. Resultaten skiljer sig mellan åren vilket visar på betydelsen av meteorologin.



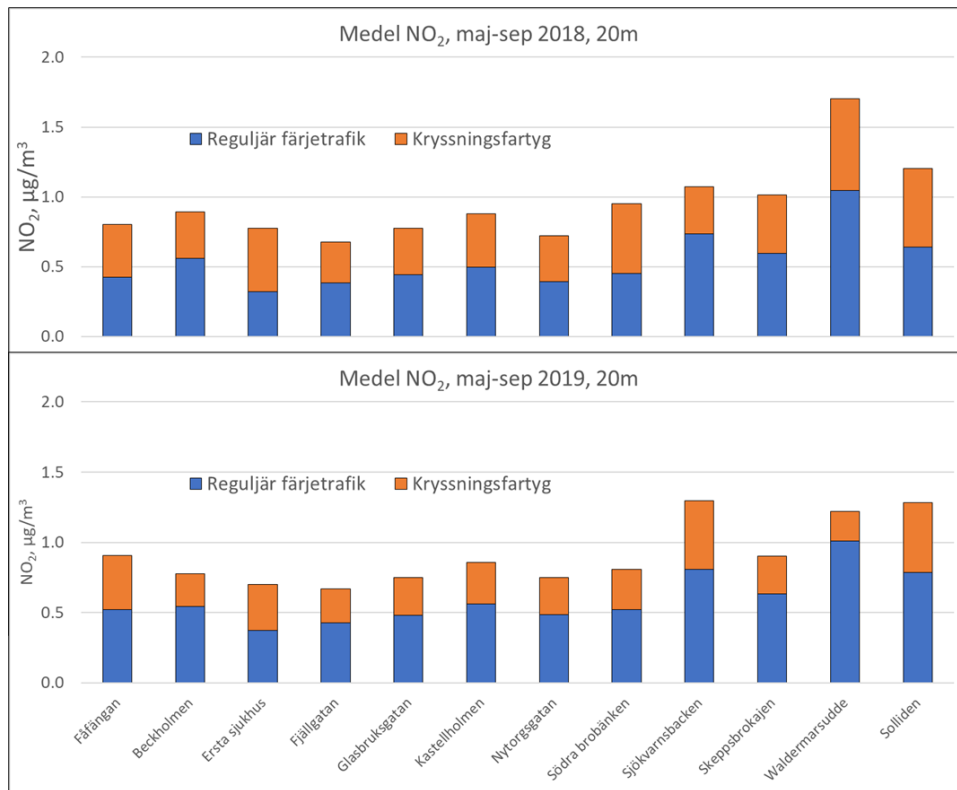
Figur 6. Beräknade medelhalter av NO<sub>2</sub> från kryssningstrafiken på 2, 20 och 40 meters höjd för perioden maj-september 2018 och 2019.

För den fortsatta analysen redovisas enbart resultaten från 20 meters höjd.

#### Fördelning mellan reguljär trafik och kryssningstrafik

I beräkningarna delades källorna upp i reguljär trafik (Viking Line och Birka Cruise) och kryssningstrafik. I Figur 7 visas den beräknade medelhaltbidraget på 20 meters höjd för de olika receptorpunkterna uppdelat på reguljär och kryssningstrafik. Den reguljära kryssningstrafiken anlöper Stockholm dagligen och därför bidrar den i medeltal till större del av de beräknade halterna. Beroende på den meteorologiska situationen och närheten till de olika fartygens anlöpsplatser så varierar fördelningen mellan bidraget från reguljära trafiken och kryssningstrafiken i de olika receptorpunkterna. Till exempel för Ersta sjukhus kom ungefär hälften av haltbidraget från Kryssningsfartygen både år 2018 och 2019, medan

för Waldemarsudde var det stor skillnad i fördelningen mellan den reguljära trafiken och kryssningstrafiken mellan 2018 och 2019.

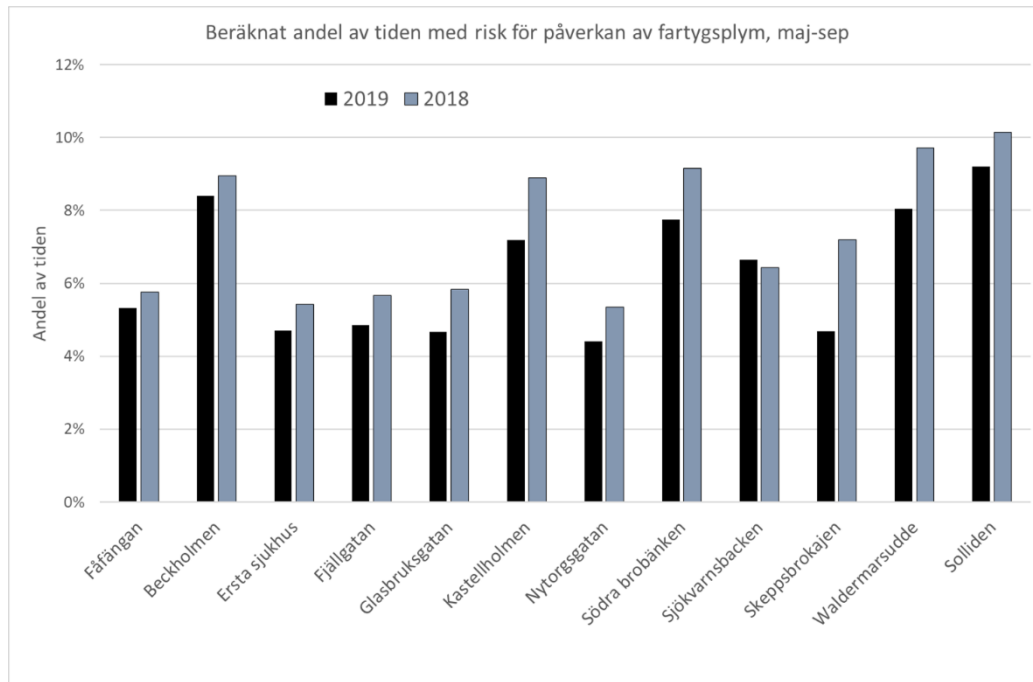


Figur 7. Beräknad medelhalt för NO<sub>2</sub> från kryssningstrafiken uppdelat på reguljär färjetrafik och kryssningstrafik för maj till och med september 2018 och 2019. Halten visas för 20 m över markytan.

#### Beräknad risk för påverkan av fartygsplym

Andel av tiden med risk för påverkan från fartygsplym vid de olika receptorpunkterna visas i Figur 8. Träff av fartygsplym har i detta fall definierats som när beräkningarna i en receptorpunkt visar halter av kväveoxider NO<sub>x</sub> (summan av NO och NO<sub>2</sub>) från fartygen som överstiger 1 µg/m<sup>3</sup>. Det är en låg halt och kan jämföras med miljökvalitetsnormen för NO<sub>2</sub> som timmedelvärde är 90 µg/m<sup>3</sup>.

Resultaten visar att det är låg risk att påverkas av en fartygsplym då samtliga receptorpunkter visar risk på eller mindre än 10 % av tiden. De receptorpunkter som till största del ligger nedvinds kajplatserna uppvisar störst andel av tiden med risk för påverkan av fartygsplym, tex Beckholmen, Kastellholmen, Sjökvärnsbacken och Solliden.



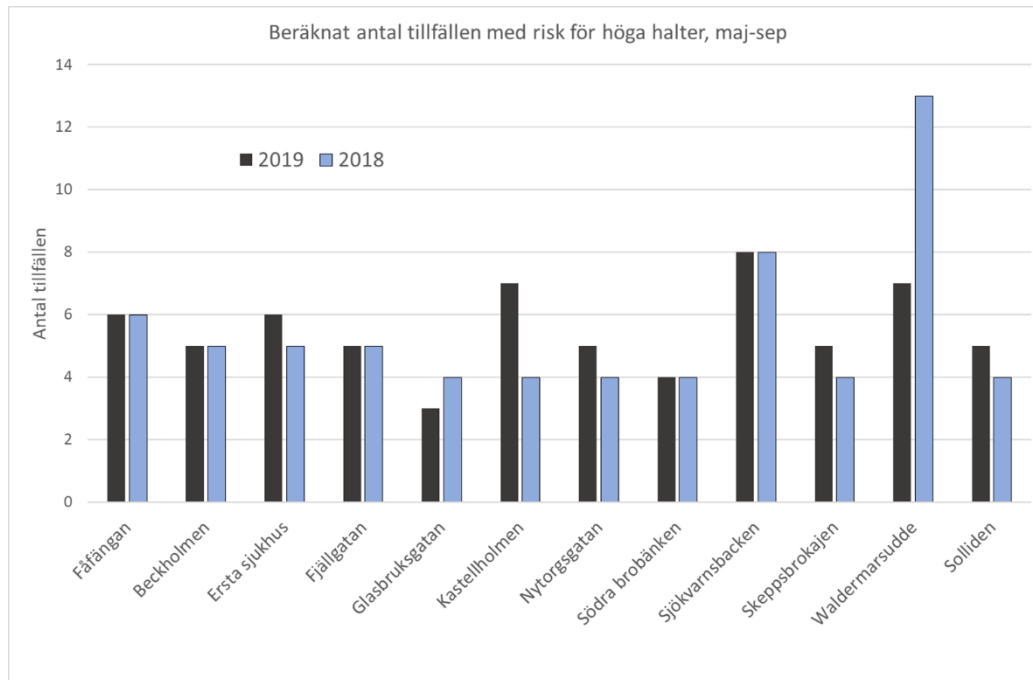
Figur 8. Enligt beräkningarna hur stor del av tiden det finns risk för påverkan av fartygsplym under maj till och med september 2018 och 2019. Med påverkan menas att halten från fartygen överstiger  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  NO<sub>x</sub>. Resultatet visas för 20 m över markytan.

#### Beräknad risk för höga halter

Det beräknade antalet tillfällen med risk för höga haltbidrag av NO<sub>2</sub> visas i Figur 9. Höga halter har i detta fall definierats som en beräknad halt av NO<sub>2</sub> över  $90\mu\text{g}/\text{m}^3$  vilket är gränsvärdet för miljö kvalitetsnormen med avseende på timmedelvärde som får överskridas maximalt 175 gånger under ett kalenderår. För de flesta receptorpunkterna beräknas risken för höga haltbidrag till mellan 4 och 7 tillfällen per år. För Sjökvarnsbacken i Nacka visar beräkningar på lite större risk med 8 tillfällen per år och för Waldermarsudde beräknas 13 tillfällen under 2018.

För miljö kvalitetsmålet tillåts maximalt att gränsvärdet för NO<sub>2</sub>-halter på  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$  överskrids under 175 timmar under ett kalenderår. Beräkningarna visade på maximalt 32 tillfällen med risk för att haltbidraget av NO<sub>2</sub> skulle överskrida  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$  vid någon av receptorpunkterna (inte i någon figur).

Att det finns risk för höga haltbidrag kan inte likställas med att det finns risk för att miljö kvalitetsnormen eller miljö kvalitetsmålet för NO<sub>2</sub> skulle överskridas till följd av fartygsutsläppen under den timman. Det beror på att de högsta utsläppen från fartygen sker under tilläggning och i samband med avfärd. Exakt under hur lång tid de högre utsläppen sker varierar från tillfälle till tillfälle. Men det är under några minuter och betydligt kortare än en hel timma. I beräkningarna har de högre utsläppen använts under hela timman i samband med tillägg och avfärd.



Figur 9. Enligt beräkningarna hur många tillfällen det finns risk för höga halter av fartygsplym under maj till och med september under 2018 och 2019. Med höga halter menas att halten från fartygen överstiger  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ . Resultatet visas för 20 m över markytan.

## Diskussion

När luftföroreningshalter jämförs med miljö kvalitetsnormer ska totalhalter användas. I denna studie har enbart bidraget från fartygstrafiken beräknats och inte de totala halterna. Enligt beräkningarna föreligger ingen risk att miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid,  $\text{NO}_2$ , kommer att överskridas enbart på grund av utsläppen från fartygen i centrala Stockholm. Det genomsnittliga bidraget från fartygen är lågt och en tredjedel av den genomsnittliga bakgrundshalten i centrala Stockholm. Utmed delar av Stadsgårdskajen överskrider miljö kvalitetsnormen för  $\text{NO}_2$  enligt SLB-analys kartläggning av luftföroreningar [19]. Eftersom haltbidraget från fartygen är en del av totalhalterna i området bidrar fartygen till att miljö kvalitetsnormen överskrider, dock är bidraget förhållandevis litet. Istället är det utsläppen från trafiken längs stadsgårdskajen som bidrar med absolut störst andel till totalhalterna och som därav också är viktigast för huruvida miljö kvalitetsnormen överskrider eller inte.

Utsläppen från fartygen ger enligt beräkningarna däremot upphov till risk för höga halter under de perioder som en plym träffar en plats. Kortvariga tillfällen med höga halter vara en orsak till negativ hälsopåverkan samt en olägenhet för de som drabbas. Även om miljö kvalitetsnormerna klaras i området är det viktigt med så låg exponering av luftföroreningar som möjligt för människor som bor och vistas i området. Detta beror på att det inte finns någon tröskelnivå under vilken inga negativa hälsoeffekter uppkommer. Särskilt känsliga för luftföroreningar är barn, gamla och människor som redan har sjukdomar i luftvägar, hjärta eller kärl. Hur höga halterna är i samband med en fartygsplym skulle behöva verifieras med mätningar.



I denna studie har enbart kväveoxider (NO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub>) beräknats. Andra ämnen emitteras också från fartygen såsom partiklar såsom PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> och sot, och till viss svaveldioxid (SO<sub>2</sub>). Anledningen till att studera enbart NO<sub>2</sub> är dels att det finns miljö kvalitetsnormer och miljö kvalitetsmål definierade för såväl för års-, dygns- och timmedelvärden samt att utsläppen är relativt kända från fartygen. För andra ämnen än kväveoxider saknas oftast uppgifter om emissionerna.

Mätningar var planerade att genomföras under kryssningssäsongen 2020 som en del av projektet. Mätningarna var planerade att ske på taket till Ersta sjukhus. På grund av Coronapandemin så avstannade kryssningstrafiken och mätningarna ställdes in. Mätningarna hade kunnat ge viktig information om såväl vad halterna kan vid de tillfällen en fartygsplym träffar samt om hur ofta en detekterbar plym påverkar mätningarna. Mätningarna skulle även ha omfattat andra ämnen såsom PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> och sotpartiklar. För framförallt sotpartiklar är fartyg en stor källa och även om sotpartiklar inte är reglerade genom miljö kvalitetsnormer så har de tydlig negativ hälsopåverkan [18].

## Osäkerheter i beräkningarna

Modellberäkningar av luftföroreningshalter innehåller osäkerheter och antaganden. I denna utredning framförallt gällande emissioner. För att säkerställa kvaliteten i beräkningarna har SLB-analys kalibrerat våra modeller genom att jämföra beräknade halter med mätningar på platser och under perioder där det finns kvalitetssäkrade observationer.

Det finns krav på beräkningar för kontroll av miljökvalitetsnormer och enligt Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet [16] ska avvikelser i beräknade årsmedelvärden för NO<sub>2</sub> vara mindre än 30 % och för dygnsmedelvärden ska den vara mindre än 50 %.

I rapporten SLB 11:2017 [17] presenteras beräkningsmetoderna som används av SLB-analys vid luftkvalitetsberäkningar för kontroll av miljökvalitetsnormer. Rapporten redovisar också vilka osäkerheter som finns i beräkningarna samt jämförelser mellan uppmätta halter och beräknade halter efter att korrektion genomförts. Sammanfattningsvis konstateras att de genomsnittliga avvikelserna efter justeringar för NO<sub>2</sub> är mindre än 10 % från uppmätta halter, vilket betyder att kvalitetskraven på beräkningar för kontroll av miljökvalitetsnormer uppfylls med god marginal.

### Övriga osäkerheter

Antaganden kring rögkastemperatur och rögkasthastighet samt kring kryssningsfartygens utsläpp innebär en osäkerhet i beräkningsresultatet. Resultatet skulle kunna förbättras om mätningar av dessa parametrar fanns tillgängliga.

Även omvandlingen av den beräknade NO<sub>x</sub>-halten till NO<sub>2</sub> medför osäkerhet till beräkningarna. Man kan förvänta sig att huvuddelen av den kväveoxid, NO, som kommer ut från fartygens skorstenar oxideras till NO<sub>2</sub>. Hur snabbt detta går beror bl. a. på ozonhalten och hur väl omblandad plymen är. I denna utredning har beräknad NO<sub>x</sub>-halt korrigerats mot den uppmätta medelkvoten mellan NO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub> åren 2017 - 2019 vid den urbana bakgrundsstationen på ett tak på Torkel Knutssons gatan på Södermalm. Mätningar av NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub> i närheten av fartygen skulle behövas för att validera beräkningarna och det skulle i sin tur kunna förbättra beräkningsresultatet.

Beräkningarna har en timme som lägsta tidsupplösning. Luftföroreningshalterna från utsläppen från fartygen, förväntas variera under kortare tidsperioder än en timme. Ogynnsamma väderförhållanden, så som inversion, under perioder med höga utsläpp från fartygen kan sammanfalla. Momentant, under några minuter, kan högre halter förekomma än de som motsvarar medelvärdet för en hel timme. Sådana perioder är dock svåra att förutsäga. För sådana kortvariga toppar finns inte heller gränsvärden att jämföra med.

## Referenser

1. Miljö- och hälsoskyddsnämnden Stockholm stad.
2. Förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft, Luftkvalitetsförordning (2010:477). Miljödepartementet 2010, SFS 2010:477.
3. Viking Line ABP. Environmental Manager, Susanna Airola via email.
4. Stockholm hamnar. Hamnstyrman Roger Backlund via email.
5. Airviro Dispersion:  
<https://www.airviro.com/airviro/modules/dispersion/dispersion-1.6846>
6. Miljökvalitetsnormer i utomhusluft:  
<https://www.naturvardsverket.se/mknluft>
7. Luftkvalitet inom Östra Sveriges Luftvårdsförbund. Mätresultat år 2019. SLB 3:2020.
8. Luften i Stockholm Årsrapport 2019. SLB-rapport 2:2020.
9. Kartläggning av luftföroreningshalter i Stockholms och Uppsala län samt Gävle och Sandvikens kommun. Spridningsberäkningar för halten av partiklar (PM10) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) år 2015 LVF-rapport 2016:32.
10. Miljökvalitetmål: <http://www.sverigesmiljomal.se/>
11. Frisk luft: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Frisk-luft/>
12. Quantification of population exposure to NO<sub>2</sub>, PM2.5 and PM10 and estimated health impacts. IVL rapport C317. Juni 2018.
13. Luftföroreningar och hälsa:  
[http://dok.slo.sll.se/CAMM/Faktablad/Luftfororeningar\\_och\\_halsa\\_stockholm\\_webb.pdf](http://dok.slo.sll.se/CAMM/Faktablad/Luftfororeningar_och_halsa_stockholm_webb.pdf)
14. Luft och Miljö - Barns hälsa:  
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-1303-5.pdf?pid=21462>
15. Luftföroreningar och astma:  
<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/EHP3766>
16. Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet, NFS 2019:9:  
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs2019/nfs-2019-9.pdf>
17. Luftkvalitetsberäkningar för kontroll av miljökvalitetsnormer – Modeller, emissionsdata, osäkerheter och jämförelser med mätningar. SLB-rapport 11:2017.
18. Health effects of black carbon. World Health Organization, Regional office for Europe.  
[https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/162535/e96541.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf)
19. Luftföroreningskartor på SLB-analys hemsida.  
<http://slb.nu/slbanalys/luftfororeningskartor/>

---

Rapporter från SLB-analys finns att hämta på: [www.slb.nu](http://www.slb.nu)

**SLB-analys**, Miljöförvaltningen i Stockholm.  
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.  
Box 8136, 104 20 Stockholm.  
[www.slb.nu](http://www.slb.nu)

