



UMEÅ UNIVERSITET

A wide-angle photograph of a city skyline at dusk, with various buildings and a clear sky. The text is overlaid on the upper half of the image.

Rapport till Naturvårdsverket
**Coronanedstängningens betydelse
för luftföroreningshalter,
beräknade hälsokonsekvenser och
registrerade uttag av
astmaläkemedel i
Stockholmsområdet**

Bertil Forsberg, Andreas Tornevi, Sanna Silvergren, Christer Johansson

Nr 3/2022

Rapport till Naturvårdsverket

Coronanedstängningens betydelse för luftföroreningshalter, beräknade hälsokonsekvenser och registrerade uttag av astmaläkemedel i Stockholmsområdet

Bertil Forsberg¹

Andreas Tornevi¹

Sanna Silvergren²

Christer Johansson^{2,3}

1/ Umeå universitet, Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Avd för hållbar hälsa

2/ Stockholms miljöförvaltning, SLB-analys

3/ Stockholms universitet, Institutionen för miljövetenskap, Avd för atmosfärvetenskap

Coronanedstängningens betydelse för luftföroreningshalter, beräknade hälsokonsekvenser och registrerade uttag av astmaläkemedel i Stockholmsområdet

Rapportförfattare Bertil Forsberg Andreas Tornevi Sanna Silvergren Christer Johansson	Utgivare Umeå universitet, Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Avdelningen för hållbar hälsa Postadress Umeå universitet 901 87 Umeå Telefon 090-786 50 00
Rapporttitel och undertitel Coronanedstängningens betydelse för luftföroreningshalter, beräknade hälsokonsekvenser och registrerade uttag av astmaläkemedel i Stockholmsområdet	Beställare Naturvårdsverket 106 48 Stockholm Finansiering Nationell
Nyckelord för plats Stockholm, Storstockholm, Stockholms län	
Nyckelord för ämne hälsorelaterad miljöövervakning, trafik, luftföroreningar, NO ₂ , ozon, hälsokonsekvenser, covid-19, astma	
Tidpunkt för insamling av underlagsdata 2020-2021	
Sammanfattning Nedstängningen av samhällen på grund av pandemin våren 2020 skedde tämligen globalt, varför åtföljande förändringar av utsläpp både lokalt och på långt avstånd kan ha påverkat luftkvaliteten i Stockholm. Denna rapport redovisar tre delstudier: en analys av hur föroreningshalterna i Stockholmsområdet påverkades av den inledande nedstängningen av samhället, en hälsokonsekvensberäkning av vilka hälsoeffekter en sådan förändring av halterna antas medföra, samt en epidemiologisk tidsseriestudie av sambanden mellan registrerat dagligt antal utköp av astmamediciner och halter av luftföroreningar under den inledande nedstängningen och före/efter denna period. Vi har i detta projekt använt två metoder, spridningsmodellering med emissionsdata respektive regressionsanalys med mätdata, för att beräkna hur främst kväveoxidhalterna påverkades av minskade emissioner lokalt, samt hur bl.a halterna av kvävedioxid och ozon i staden avvek ifrån förväntade värden efter hänsyn till meteorologins inverkan på halterna. Spridningsberäkningarna visade att halterna av kvävedioxid minskade med 0,7 µg/m³ under mars-juli till följd av minskad lokal trafik. Utifrån sammanvägningar av publicerade epidemiologiska samband skulle detta leda till cirka 2 dödsfall färre i 9 kommuner med totalt drygt 1,5 miljoner invånare, medan besök och inläggningar på sjukhus för andningsorganen förväntas minska med drygt 24 fall genom minskade lokala utsläpp. Den väderjusterade minskningen av totala NO₂ halterna var 2,8 µg/m³, vilket skulle förväntas leda till ungefär 97 färre besök och inläggningar på sjukhus för andningsorganen under samma 5 månader. Men eftersom minskade utsläpp av kväveoxider även följdes av en oväntat stor väderjusterad ökning av marknära ozon förväntas för vissa hälsoutfall en nettoökning av antalet fall, exempelvis av patienter med problem i andningsorganen. Eftersom utköp av förskrivna läkemedel inte kräver att man besöker sjukvården, inte ens att man besöker ett apotek, studerades dagligt antal utköp av astmaläkemedel i relation till variationer i luftföroreningshalterna. Trots en inledande hamstringsvåg med efterföljande svacka i utköp under maj och lägre uppmätta halter av kväveoxider (NO_x) och partiklar <10 mikrometer (PM₁₀) än normalt, fanns sammantaget även under april-juli 2020 en statistiskt säkerställd effekt av PM₁₀ och NO_x på dagligt antal utköp. När relativa riskökningen per 10 µg/m³ jämförs mellan denna nedstängningsperiod och övrig studieperiod kan konstateras att ökningen av utköp per haltökning var högre under april-juli 2020. För hela perioden 2018 - 2021 visade en meta-skattning över 21 kommuner i Stockholms län på 2,6 procent ökning i uttag av lång- och korttidsverkande astmaläkemedel per 10 µg/m³ ökning av PM₁₀ (medelvärde för samma dygn och det föregående).	

Sammanfattning

Nedstängningen av samhällen på grund av pandemin våren 2020 skedde tämligen globalt, varför åtföljande förändringar av utsläpp både lokalt och på långt avstånd kan ha påverkat luftkvaliteten i Stockholm. Denna rapport redovisar tre delstudier: en analys av hur föroreningshalterna i Stockholmsområdet påverkades av den inledande nedstängningen av samhället, en hälsokonsekvensberäkning av vilka hälsoeffekter en sådan förändring av halterna antas medföra, samt en epidemiologisk tidsseriestudie av sambanden mellan registrerat dagligt antal utköp av astmamediciner och dygnsmedelhalter av luftföroreningar under den inledande nedstängningen och före/efter denna period.

Vi har i detta projekt använt två principiellt olika metoder, spridningsmodellering med emissionsdata respektive regressionsanalys med mätdata, för att beräkna hur främst kväveoxidhalterna påverkades av minskade emissioner lokalt, samt hur bl.a. halterna av kvävedioxid (NO₂) och ozon i staden avvek ifrån förväntade värden efter hänsyn till meteorologin. Den beräknade totala väderjusterade minskningen av var 2,8 µg/m³ baserat på mätningar på Södermalm. En minskning på cirka 0,7 µg/m³ av NO₂ under samma 5-månadersperiod tillskrivs minskad trafik lokalt enligt beräkningarna med spridningsmodellen.

Lägre halter av NO₂ under mars-juli till följd av minskad trafik lokalt beräknades utifrån sammanvägningar av publicerade epidemiologiska samband leda till cirka 2 dödsfall färre i 9 kommuner med totalt drygt 1,5 miljoner invånare, medan besök och inläggningar på sjukhus för andningsorganen förväntas minska med drygt 24 fall genom minskade lokala utsläpp. Den väderjusterade minskningen totalt skulle förväntas leda till ungefär 97 färre besök och inläggningar på sjukhus för andningsorganen under samma 5 månader. Eftersom minskade utsläpp även följdes av en oväntat stor väderjusterad ökning av marknära ozon skulle dock för vissa hälsoutfall normalt förväntas en nettoökning av antalet fall, exempelvis av patienter med problem i andningsorganen.

Förändringen i patientströmmar i samband med pandemin begränsade möjligheterna att faktiskt studera eventuell inverkan på sambanden mellan luftföroreningar och exempelvis akutbesök för andningsorganen. Eftersom utköp av förskrivna läkemedel inte kräver att man besöker sjukvården, inte ens att man besöker ett apotek, har vi studerat dagligt antal utköp av astmaläkemedel i Stockholms län och kommuner relation till variationer i luftföroreningshalterna. Trots en inledande hamstringsvåg med efterföljande svacka i utköp under maj och lägre uppmätta halter av kväveoxider (NO_x) och partiklar <10 mikrometer (PM₁₀) än normalt, fanns sammantaget även under april-juli 2020 en statistiskt säkerställd effekt av PM₁₀ och NO_x på dagligt antal utköp. När relativa riskökningen per 10 µg/m³ jämförs mellan denna nedstängningsperiod och övrig studieperiod kan konstateras att utköpen trots lägre halt ökade mer vid haltökningar under april-juli 2020, vilket t.ex kan bero på att fler befann sig hemma. För hela perioden 2018 - 2021 visade en meta-skattning över 21 kommuner i Stockholms län på 2,6 procent ökning i uttag av lång- och korttidsverkande astmaläkemedel per 10 µg/m³ ökning av PM₁₀ som medelvärde för samma dygn och det föregående.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Bakgrund	5
Syfte	5
Planerade synergier.....	5
Effekter på luftkvalitet	5
Hälsokonsekvensberäkning.....	5
Epidemiologisk studie av läkemedelsuttag.....	6
Metod.....	7
Effekter på luftkvalitet	7
Hälsokonsekvensberäkning.....	10
Epidemiologisk studie.....	11
Resultat.....	14
Effekter på luftkvalitet	14
Hälsokonsekvensberäkning.....	20
Epidemiologisk studie.....	24
Diskussion	35
Effekter på luftkvalitet	35
Hälsokonsekvensberäkning.....	36
Epidemiologisk studie.....	36
Referenser	38

Bakgrund

Nedstängningen till följd av Covid-19 minskade resandet och därmed utsläppen av såväl hälso- som klimatpåverkande föroreningar från både väg- och flygtrafik. Inga styrmedel har kunnat åstadkomma så snabba och omfattande miljöförändringar, vilket motiverat att detta tillfälle utnyttjas för utvärdering av effekter och analyser av möjliga hälsovinster på kort och lång sikt.

Snabba förändringar i trafikflöden rapporterades exempelvis i Stockholm (figur 1) och lokala utsläpp av avgaser innebär att lokala, geografiska skillnader i exponering ”slås av och på”. Minskade utsläpp av bl a kvävemonoxid (NO) från trafiken medförde samtidigt mindre reduktion och därmed högre halter av ozon (O₃). Nedstängningen bedömdes ge en ovanlig möjlighet till epidemiologiska studier av en plötsligt förbättrad luftkvalitet, eller åtminstone unika haltdata för hälsokonsekvensberäkningar. Samtidigt medförde situationen dock att de hälsoutfall som blev lämpliga att epidemiologiskt studera var begränsade, främst på grund av att infektionsrisken och önskan att isolera sig orsakade en minskning av patienter vid vårdcentraler och på sjukhus med annat än symtom på Covid-19. När man vid 21 franska sjukhus snabbt noterade en minskning i antal akuta hjärtinfarkter på 30% nämndes den kraftiga sänkningen av föroreningshalterna som en möjlig delförklaring (Mesnier et al, 2020), men andra liknande publikationer om möjliga effekter av haltminskningen saknades. I det läget planerades denna studie av halt- och hälsopåverkan.

Syfte

Planerade synergier

Denna studie avsåg att åstadkomma en synergieffekt genom att omfatta två delar, där del 1 syftade till att kvantifiera lokala trafikförändringars betydelse för det urbana bidraget till föroreningshalter och befolkningens exponering i olika områden i Stockholmsregionen och förväntades kunna utföras av SLB-analys vid Stockholms miljöförvaltning med ett bidrag sökt hos Region Stockholm. Del 2 syftade till att beräkna hälsovinster av luftförbättringar under nedstängningen, potentiellt möjliga hälsovinster vid motsvarande bestående förändringar samt en epidemiologisk analys om effekter av exponeringsminskningen, och skulle i huvudsak utföras vid Umeå universitet finansierat av Naturvårdsverket inom den hälsorelaterade miljöövervakningen.

Effekter på luftkvalitet

Då bidrag från Region Stockholm till del 1 uteblev beslutade SLB att ändå genomföra analyser av förändringarna i uppmätta halter samt med hjälp av bl a meteorologi, bakgrundshalter och emissionsdata använda modellberäkningar för att kunna bedöma effekterna av nedstängningens förändrade trafikarbete. Dessa haltdata är också nödvändiga för hälsokonsekvensanalysen.

Hälsokonsekvensberäkning

Erfarenheter finns från många tidigare studier där medverkande i denna studie beräknat hälsokonsekvenser av olika trafikscenarier såsom införandet av trängselskatten (Johansson et al, 2009), Förbifart Stockholm (Orri et al, 2015), överföring till ökad cykelpendling (Johansson et al, 2017) eller för olika källor (Segersson et al, 2017; Segersson et al, 2021). Umeågruppen har också återkommande svarat för de nationella hälsokonsekvensberäkningarna för luftföroreningar i IVLs uppdrag inom HÄMI (Gustafsson et al, 2018). Gemensamt för sådana konsekvensberäkningar är att man lägger en beräknad årsmedelhalt som exponeringsskikt på ett faktiskt befolkningsskikt (skriven befolkning) samt tillämpar relevanta exponerings-responssamband på aktuell grundfrekvens av respektive hälsoutfall. De mest betydelsefulla hälsokonsekvenserna av en förändring blir därvid

långtidseffekten på dödlighet och uppkomst av kroniska sjukdomar, vilken skulle få fullt genomslag först efter flera år med förändrad exponeringsnivå. Det finns dock hälsoeffekter som är beroende av exponeringen med kort fördröjning, bestämda av halterna under de senaste dygnet. För Stockholmsområdet är detta inom HÄMI kvantifierat bland annat för akutbesök på sjukhus för astma och uttag av astmaläkemedel (Tornevi & Forsberg, 2019), men även för dagligt antal dödsfall (Olstrup et al, 2019).

De planerade hälsokonsekvensanalyserna ska dels uppskatta hälsokonsekvenserna av halt- och exponeringsminskningen under nedstängningen i Stockholmsregionen våren 2020, dels uppskatta potentialen för hälsovinster som bestående regionala trafikförändringar av samma storleksordning skulle få för befolkningen.

Epidemiologisk studie av läkemedelsuttag

Förändringen i patientströmmar i samband med pandemin begränsar möjligheterna att studera exempelvis akutbesök för andningsorganen. Eftersom utköp av förskrivna läkemedel inte kräver att man besöker sjukvården, inte ens att man besöker ett apotek, befanns utköp av läkemedel i pandemisituationen vara mer lämpligt än akutbesök som indikator på astma- och andningsproblem.

Metod

Effekter på luftkvalitet

Nedstängningen av samhällen våren 2020 skedde tämligen globalt, varför förändringar av utsläpp både lokalt och på långt avstånd kan ha påverkat luftkvaliteten i Stockholm. Vi har i detta projekt använt två olika metoder för att beräkna dels hur luftföroreningshalterna påverkades av minskade emissioner lokalt, dels hur luftföroreningshalterna totalt avvek ifrån förväntade värden efter hänsyn till meteorologin.

Beräknade effekter av lokala emissionsminskningar

Effekterna genom den minskade biltrafiken i området har studerats genom att kombinera mätdata och modellberäkningar med emissionsdata. I Östra Sveriges Luftvårdsförbunds länstäckande utsläppsdata (Eneroth et al. 2006) finns utsläpp från trafiken, industrin, individuell uppvärmning, arbetsmaskiner mm. Utsläppen i databasen uppdateras kontinuerligt och motsvarar normalläget. För vägtrafikens avgasutsläpp används emissionsfaktorer från HBEFA modellen (version 4.1, <https://www.hbefa.net/e/index.html>). För partiklar som kommer från slitage av vägbanor, bromsar och däck används NORTRIP modellen, som också tar hänsyn till variationerna i suspensionen på grund av vägbanornas fuktighet med mera (Denby et al. 2013a, Denby et al. 2013b).

Utifrån uppmätta förändringar av trafikmängden under år 2020 då Covid-19 pandemin bröt ut skapades en alternativ databas för år 2020 som tog hänsyn till minskade lokala trafikutsläpp.

Vägdatabasen anpassades i två årsversioner, 2019 som normalår och 2020 som pandemiår. Varje års trafik var uppdelad i tre delar; innerstadsvägar i Stockholm, statliga vägar samt övriga vägar. För innerstadsvägarna samt övriga vägar togs en aktuell årsvariation fram av trafiken baserat på trafikmätningar i Stockholms stad (hämtat från miljöbarometern) för år 2019 respektive år 2020. För statliga vägar användes veckovis trafikdata från väg 226 Årstafältet, E18 Rinkeby, E4/E20 Rönninge samt E4 Tureberg för att ta fram statliga vägars årsvariation för år 2019 respektive år 2020 till databasen. Samtliga vägar fick samma årsvariation men uppdelat på de bägge åren. De tidigare nämnde statliga vägarna användes för att beräkna de statliga vägarnas förändring i trafikarbete, vilken uppgick till -3,6 %.

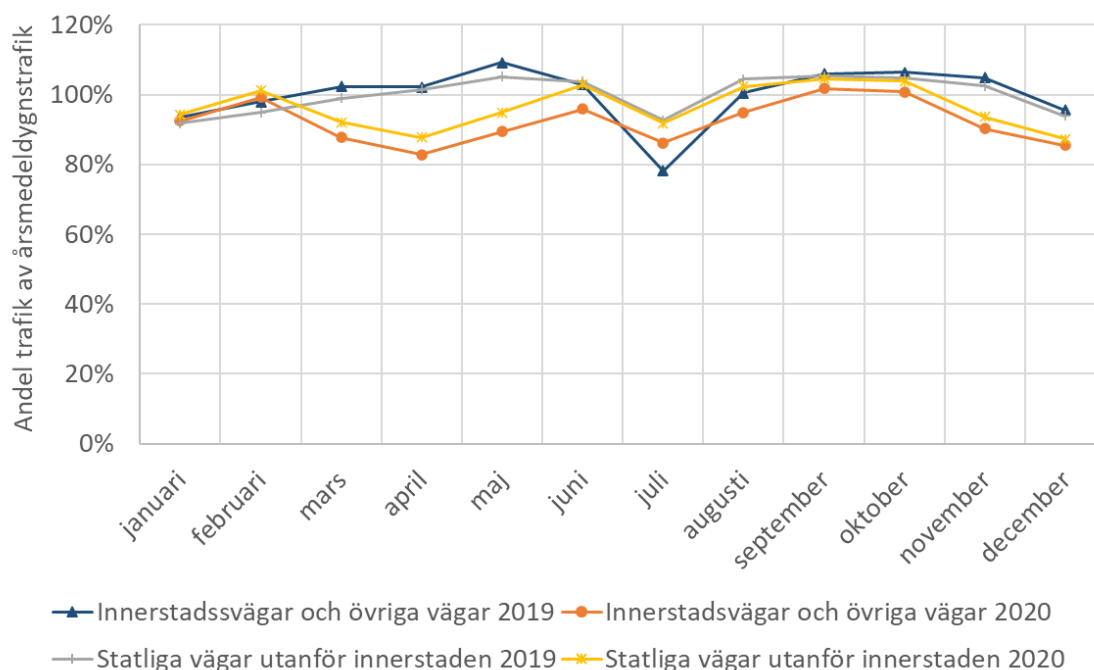
Trafikkontoret i Stockholm tar årligen fram det totala trafikarbetet inom staden och en generell skillnad mellan år 2019 och år 2020 kunde beräknas för hela Storstockholm, vilken uppgick till 5,2 % minskning från år 2019 till år 2020. Samtidigt noteras en minskning på 7,8 % i antalet fordonspassager in och ut från innerstadssnittet i Stockholm baserat på trängselportaldata (miljöbarometern.stockholm.se).

Utöver detta studerades förändringar i trafik på Hornsgatan utifrån SLB-analys egna mätningar -7,7 %, vilket verifierade bilden att minskningen i innerstaden var större än övriga vägar i Stockholmsregionen. Trafikdata från statliga vägar i innerstaden, Södra och Norra länken visade också på en större minskning innerstad jämfört med ytterregionen. För att få fram en minskning i trafik för de "övriga vägar" inom Storstockholm som varken är statliga eller innerstadsvägar användes antagandet att det totala trafikarbetet inom Storstockholm (med förändringen -5,2 %) består till 1/3 av innerstadstrafik (-7,8 %) och 2/3 av icke-innerstadstrafik. Detta innebär då att trafiken för "övriga vägar" bör ha minskat ca 3,9 %.

Med dessa förenklade schabloniseringar av pandemins inverkan på trafiken kunde spridningsberäkningar av trafikens bidrag till luftföroreningshalterna därmed göras för respektive årlig vägdatabas.

Tabell 1. Översikt av trafikdatabaser som skapats för år 2019 samt år 2020 för Storstockholm. Årstidsvariationsvariation framgår i Figur 1 nedan.

2019		2020	
Årsvariation innerstadsvägar 2019	Normal trafikmängd	Årsvariation innerstadsvägar 2020	Pandemianpassad trafikmängd (-7,8%)
Årsvariation statliga vägar 2019	Normal trafikmängd	Årsvariation statliga vägar 2020	Pandemianpassad trafikmängd (-3,6%)
Årsvariation övriga vägar 2019	Normal trafikmängd	Årsvariation övriga vägar 2020	Pandemianpassad trafikmängd (-3,9%)



Figur 1. Årstidsvariation av trafik på innerstadsvägar och övriga vägar respektive på statliga vägar. 100 % motsvarar den genomsnittliga trafikmängden som årsmedeltrafik.

Spridningsberäkningar

Halterna av NO_x, PM₁₀ och PM_{2.5} beräknas med en gaussisk spridningsmodell

(<https://www.airviro.com/airviro/>). Halterna av NO₂ beräknades utifrån en formel baserad på empiriska samband mellan uppmätt NO_x och NO₂ under 2019-2020 i urban bakgrund Stockholm (Romberg et al. 1996; se även https://www.slbanalys.se/slb/rapporter/pdf8/slb2017_011.pdf).

Beräkningar av den tidsmässiga och geografiska fördelningen av luftföroreningshalterna avser två meter ovan öppen mark. I områden med tät bebyggelse representerar beräkningarna halter två meter ovan taknivå. Upplösningen i beräkningarna är 100x 100 meter och halterna beräknas för varje timme. Timvisa meteorologiska data hämtas från en 50 m hög mast i Högdalen i södra Stockholm. En vindmodell används för att beräkna den geografiska variationen i vindhastighet, vindriktning med flera parametrar i hela beräkningsområdet. Beräkningsområdet begränsades till StorStockholm (Sweref 99 TM nedre vänstra hörn X: 655 900 Y: 656 6600, högre övre hörn X: 690 500 Y: 660 2000). Området är ca 35 x 35 km stort.

Beräkningar gjordes dels för 2019 års databaser och därefter för 2020 årsdatabas med den aktuella meteorologin. För att utvärdera vad förändringarna mellan åren berott på gjordes ytterligare beräkningar med samma meteorologi men med vanlig trafikmängd. Detta bidrar till att förstå trafikminskningens effekt. Dessutom påverkas avgasutsläppen utan pandemin i och med att

fordonsflottan kontinuerligt ändras och skärpta utsläppsregler prognosticeras att få effekt. HBEFA-modellen (ver 4.1, <https://www.hbfa.net/e/index.html>) användes för att se hur trafikarbetet i hela staden väntas minska sina avgasutsläpp. För att se hur enbart meteorologin påverkat halterna gjordes beräkningar med exakt samma utsläppsdata (normaltrafik) men med 2019 respektive 2020 års meteorologi.

För att ta hänsyn till de utsläpp som sker utanför Stockholmsregionen användes även mätdata från regionala bakgrundsstationer som drivs av SLB-analys (Norr Malma) respektive Stockholms universitet (Norunda). Båda bakgrundsstationerna är belägna norr om Stockholm. De regionala bakgrundshalten för respektive beräkningsår läggs på det beräknades haltbidragen för varje ämne för att få fram en totalhalt. Den beräknade totalhalten jämförs här med mätningar i urban bakgrund i centrala Stockholm (Torkel Knutssonsgatan på Södermalm).

Utifrån beräknade halter och kommunkartor beräknades dygnsmedelhalter baserat på de beräkningsrutor (100x100 m) vars centrumpunkt faller inom kommungränsen. De kommuner som huvudsakligen ligger inom beräkningsområdet StorStockholm är; Danderyd, Järfälla, Lidingö, Nacka, Sollentuna, Solna, Stockholm, Sundbyberg och Täby.

Befolkningsviktad exponering

Den befolkningsviktade exponeringen har gjorts för varje dygn genom att räkna medelhalten i ett geografiskt område viktat med antal människor som bor där. En hög siffra för ett geografiskt område visar att det bor många personer i områden som är utsatta för höga halter luftföroreningar, t ex många boende längs en hårt trafikerad väg.

Som underlag för beräkning av befolkningsexponering och dess förändring under nedstängningen har befolkningsdata från Statistiska Centralbyrån (SCB) används. Data representerar befolkningsmängden den 31/12 2020. Befolkningen i datafilen redovisas i 100 x 100 meters rutor över hela beräkningsområdet där totala befolkningen (antal folkbokförda) finns angiven för varje ruta. Beräkningarna av befolkningsviktade värden omfattar 1 524 692 personer i dessa 9 kommuner, eller nära 64 % av länets befolkning. I beräkningen för befolkningsexponering avses exponering vid bostadsadressen d v s hänsyn tas inte till exponering vid arbetsplatser, vid arbetspendling etc.

Väderjusterade effekter på uppmätta totala ozon- och kväveoxidhalter

Effekterna av förändrade utsläpp och annat av pandemin på den urbana bakgrundshalten av ozon har uppskattats med hjälp av en observationsbaserad metod som beskrivs i Grange et al (2021). Skillnaderna i luftföroreningshalterna mellan olika dagar under exempelvis mars månad år 2019 och 2020 beror till stor del på skillnader i väderförhållanden (vindhastighet, solinstrålning, nederbörd mm). Skillnader i utsläppen kan ha betydligt mindre betydelse för enstaka dagar och månader. Metoden går ut på att kvantifiera meteorologins påverkan på de totalt uppmätta halterna. På många platser i Europa noterades exceptionella väderförhållanden under början av 2020, vilket måste beaktas om man ska kunna kvantifiera effekterna av minskade utsläpp på de uppmätta halterna av primära och sekundära luftföroreningar (Grange et al, 2021).

Metoden som används bygger på en maskininlärningsmodell ("rmweather"). Modellen är en slags regressionsmodell (Random forest) där historiska mätningar används för att kvantifiera samband mellan uppmätta halter och (i detta fall) meteorologiska observationer. Rent allmänt kan modellen "tränas" på många olika typer av mätningar eller andra data som kan ha betydelse för halterna.

I detta projekt har modellen tränats på timmedelvärden från mätningar och kalenderdata för varje timme från 1 januari 2018 till 1 februari 2020. Mätdata från Torkel Knutssonsgatan på Södermalm i Stockholm inkluderade ozon, vindhastighet, vindriktning, temperatur, standardavvikelse i horisontell och vertikalvindhastighet, standardavvikelse i vindriktning, relativ fuktighet, globalstrålning, skillnad i temperatur mellan ca 22 och 35 m samt lufttryck. Kalenderdata inkluderade dagnummer, veckodag, timme på dygnet och tid sedan år 1970 ("unixtid"). De meteorologiska mätningarna används alltså

för att kvantifiera betydelsen av meteorologiska variationer för halterna. Kalenderdata används för att modellera regelbundet återkommande variationer i trafikens utsläpp som beror på tiden på dygnet, veckodag, tid på året och mer långsiktig tidstrend i halterna. Modellens resultat optimerades genom att variera olika parametrar i modellen såsom antal "träd" och antal oberoende variabler per "nod".

Med hjälp av modellen, uppmätt meteorologi och kalenderdata har sedan halterna av ozon beräknats för perioden från 1 februari 2020 till 31 december 2021. Samma metod har även använts för att beräkna halterna av PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NO₂ och sotpartiklar, men i denna rapport redovisas enbart resultaten för ozon och NO₂ med fokus på mars-juli 2020.

Hälsokonsekvensberäkning

Luftföroreningshalternas avvikelse från normalt i samband med pandemin kan beskrivas på olika sätt, dels totalt oavsett orsak, dels begränsat till den del som inte förklaras av meteorologi, tidstrender etc. Förändringarna kan vara större i gaturum än i urban bakgrundsluft, och större i mer trafikbelastade områden än i övriga delar. Halterna under nedstängningen i Stockholm har beskrivits som betydligt lägre än tidigare i ett par publicerade artiklar (Sokhi et al, 2021; Schneider et al, 2022), men dessa data har inte uppfattats som lämplig grund för att beskriva effekterna av trafikminskningen i samband med nedstängningen våren 2020 eftersom beräknade haltförändringar har oklart samband med nedstängningen.

Vår hälsokonsekvensuppskattning baseras främst på beräkningen av nedstängningens effekter på avgashalterna indikerat med NO₂ och fokus på haltreduktionen tack vare lokala trafikminskningar, därutöver berörs något konsekvenserna utifrån beräkningen av väderjusterade totala avvikelser under mars-juli 2020 från förväntade halter utan någon nedstängning.

Enligt en tidig rapport från SLB avvek den urbana bakgrundshalten av NO_x i Stockholm mest från åren innan under mars-april 2020. 2019 var medelvärdet 12,8 µg/m³ och 2020 motsvarande tid 9,1 µg/m³. Under våren minskade trafikmängderna på Hornsgatan med cirka 15-20 % och på Essingeleden med cirka 5-10 % (SLB, 2021). I detta projekt används modellberäknad förändring av NO_x-halten som indikator på trafikens föroreningar, särskilt lämplig för avgaser. Hälsoriskerna enligt epidemiologiska studier är dock mer ofta beskrivna för NO₂ än för NO_x. För Stockholm bedömer SLB att ungefärligen 80% av NO_x påverkar NO₂-halten, vilket man behöver ta hänsyn till vid utsläppsrelaterade hälsokonsekvensberäkningar.

Beräkningen avser koordinatsatt befolkning i 9 kommuner: Danderyd, Järfälla, Lidingö, Nacka, Sollentuna, Solna, Stockholm, Sundbyberg och Täby, totalt 1 524 692 personer, varav 970 299 personer 30 år eller äldre.

Förändringen i antalet fall beräknas standardmässigt utifrån grundantalet fall (beräknat med grundfrekvens x populationsstorlek) och dess relativa förändring som beror av förändringen i halt och relativ risk per förändring i halten (WHO, 2014).

De två scenarier som här används ska illustrera några av de hälsokonsekvenser som kan förväntas av en minskning av avgasutsläppen motsvarande den som inträffade under första nedstängningsperioden 2020:

1. Korttidseffekter av att medel exponeringen förändrades under mars-juli 2020
2. Långtidseffekt på mortaliteten om den befolkningsviktade årsmedel exponeringen skulle förändras lika mycket som årsmedelvärde

Då studier av korttidseffekter i en stadsbefolkning bygger på haltförändringar vid en centralt placerad mätstation, kan resultaten för mätplatsen vid Torkel Knutssongatan användas för att skatta denna typ av konsekvenser. Moderna studier av långtidsexponeringens betydelse för riskökningen bygger på skillnader i halt mellan deltagarnas bostadsadress eller bostadsområde, varför den modellberäknade

befolkningsviktade haltförändringen är lämpligast att använda för att beräkna hälsokonsekvenserna.

Dessutom analyseras storleken på exponeringsminskningen av att människor under nedstängningen i högre grad arbetade hemifrån och i mindre utsträckning pendlade in till mer centralt belägna områden med högre halter av föroreningar från trafiken.

För korttidseffekten av NO₂ på dagligt antal dödsfall antas en relativ risk på 1,0072 (95 % KI: 1,0059–1,0085) per 10 µg/m³ NO₂ från en litteraturöversikt för WHO (Orellano et al, 2020). För korttidseffekten av NO₂ på dagligt antal inläggningar på sjukhus med ischemisk hjärtsjukdom antas en relativ risk på 1,022 (95 % KI: 1,016–1,029) per 10 ppb (19 µg/m³ = 1,012) från en nyligen genomförd litteraturgenomgång med meta-analys (Stieb et al, 2020), och för inläggningar orsakade av stroke en relativ risk på 1,023 per 10 µg/m³ NO₂ från meta-analysen i en litteraturöversikt (Niu et al, 2021). För korttidseffekten av NO₂ finns en översikt för WHO där akutbesök för ”astmarelaterade problem” fick en relativ risk på 1,014 (95 % KI: 1,008–1,02) per 10 µg/m³ i meta-analysen (Zheng et al, 2021), vilken här tillämpas på akutbesök och inläggningar på sjukhus för andningsorganen eftersom korttidseffekten av NO₂ på dagligt antal akuta sjukhusbesök för andningsorganen var något högre, en relativ risk på 1,0180 per 10 µg/m³, enligt en tidigare litteraturgenomgång för WHO (Heroux et al, 2015). För långtidseffekten av NO₂ på mortaliteten i åldersgruppen 30+år antas en relativ risk på 1,03 (95 % KI: 1,01–1,04) per 10 µg/m³ enligt en meta-analys utförd inför WHOs nya guidelines med begränsning till 19 studier av hög kvalitet (Huangfu & Atkinson, 2020).

För korttidseffekten av ozon på dagligt antal dödsfall finns en relativ risk i en systematisk litteraturöversikt med meta-analys för WHO (Orellano et al, 2020) där ökningen beräknades till 1,0043 (95% KI: 1,0013–1,0073) per 10 µg/m³. Beträffande långtidsexponering för ozon och mortalitet fanns i en motsvarande systematisk litteraturöversikt med meta-analys inte något signifikant samband (Huangfu & Atkinson, 2020). För korttidseffekten av ozon finns för dagligt antal inläggningar med stroke från en meta-analys redovisat en relativ risk på 1,002 (95% KI: 1,000–1,003) per 10 µg/m³ (Niu et al, 2021), och för akutbesök för ”astmarelaterade problem” en relativ risk 1,008 (95% KI: 1,005–1,011) per 10 µg/m³ från meta-analysen av Zheng et al (2021), vilken här (liksom för NO₂) tillämpas på alla akutbesök och inläggningar för andningsorganen.

I samtliga fall antas att ingen nedre tröskel för sambanden begränsar effekterna av en sänkt halt.

Epidemiologisk studie

Denna epidemiologiska studie syftar till att analysera hur en varierande luftkvalitet påverkar graden av astmabesvär i Stockholmsområdet med utköp av astmaläkemedel som indikator. En tidigare studie med data över tidsperioden 2013–2018 har visat på samband mellan ökat uttag av astmamediciner i Stockholm, Göteborg och Malmö och förhöjda halter av kvävedioxid (Tornevi & Forsberg, 2019).

Utifrån förändringarna under Coronapandemin som bröt ut i början av 2020, där det bland annat tycks ha blivit en ökad vistelsetid på hemadressen under våren, och också en minskad halt av trafikavgaser, har denna studie utformats för att belysa om förhållandena under den lågintensiva perioden har påverkat utköpsmönstret för astmaläkemedel. Även om Sverige inte införde någon formell nedstängning av samhället, refererar denna rapport till en så kallad nedstängningsperiod i analyserna, och syftar då på den första perioden av påtagliga begränsningar för många aktiviteter.

I denna studie används som hälsoutfall (beroende variabel) dygnsvis antal uttag av långtidsverkande astmamediciner (ATC-koder R03BA, R03DC och R03AK) och korttidsverkande astmamediciner (ATC-kod R03AC). Kommunvisa uppgifter från Läkemedelsregistret har erhållits från Socialstyrelsen. Som en referens utan förväntat samband med variationer i luftföroreningshalten inhämtades också dygnsvis antal uttag av blodtrycksmedicin av typ beta-blockerare (ATC-kod C07).

Uttagen studeras i relation till luftkvalitetparametrar (PM₁₀, NO_x, ozon) perioden 2018 - 2021 (juni). Data om luftkvalitet hämtades i denna analys från miljöförvaltningens mätstation belägen på Torkel Knutssonsgatan på Södermalm i Stockholm, vilken använts i många epidemiologiska studier av korttidshalternas betydelse för dagligt antal akutbesök, sjukhusinläggningar och dödsfall i Stockholmsområdet. Denna mätstation är anpassad för att mäta urban bakgrundsexponering och är placerad 20 meter över gatunivå. De använda halterna avser dygnsmedelvärden. Uttag om astmamediciner inhämtades visserligen för alla Stockholms läns 26 kommuner, men för att få bättre representativitet beträffande förändringarna i exponering av befolkningen exkluderades i analysen kommuner med långt avstånd till Södermalm (Södertälje, Salem, Norrtälje, Nykvarn, Nynäshamn), varför 21 kommuner ingår i analyserna.

Människor med astmabesvär är ofta känsliga för koncentrationen av pollen och dessa nivåer bör justeras för i analyser av luftföroreningars effekt på andningsorganen. Data om dygnsvis pollenförekomst inhämtades från Naturhistoriska riksmuseet för 46 olika pollen. Pollenmätningar sker på cirka 15 meters höjd över marken (Meteorologiska institutionens tak i Stockholm) för att återge en bakgrundsnivå och inte störas av eventuell närliggande vegetation. I analyser separerades pollengrupperna gräs, björk, al och gråbo och resterande pollengrupper summerades som 'övriga pollen'.

Tidsserieanalyser har använts för att utvärdera hur förhöjda värden av luftkvalitetindikatorer (PM₁₀, NO_x, ozon) påverkar dygnsvis antal astmamedicinuttag. Analyserna syftar till att beräkna hur stor ökning (procentuellt) det typiskt kan förväntas bli vid en luftkvalitetsförsämring, exempelvis vid en tillfällig ökning av dygnsmedelvärdet med 10 µg/m³ för respektive luftkvalitetsindikator. På grund av fördröjningseffekter bör man också studera hälsovariabeln (i detta fall antalet uttag av astmamedicin per dygn) i relation till exponeringen under tidigare närliggande dagar. För luftföroreningssstudier brukar 1 eller 2 dagars fördröjning vara tillräckligt, och i denna analys beräknades ett 3 dagars medelvärde av PM₁₀, NO_x, och ozon (dvs med hänsyn två dagars fördröjning (lag 0-2)). Effektskattningarna erhöles genom regressionsmodeller (quasi-Poisson fördelade) och studerar därmed hur luftkvaliteten tre senaste dygnen samvarierar med antalet uttag av astmamediciner. I regressionsmodellerna justeras det även andra tänkbara faktorer som kan påverka antalet uttag, såsom veckodag och "röda" helgdagar, dygnsmedelvärden för temperatur (lag 0-1) och relativ luftfuktighet (lag 0-1) i Stockholm. Regressionsmodellerna innehöll även antalet uttag av betablockerare som variabel för att justera för ett allmänt mönster i antalet läkemedelsuttag, och antas därmed inte vara beroende av rådande luftkvalitet. I tidsserie-regressioner bör även tas hänsyn till långtidstrender och detta gjordes med en mjuk s k spline-funktion (penaliserande) med flexibiliteten upp till 7 frihetsgrader per år, vilket innebär att både säsongsvariationer (som kan vara olika från år till år) och långtidstrender justeras för med denna funktion, och därmed undersöks enbart korttidssambanden i analyserna. Att spline-funktionen är penaliserande innebär att antalet parametrar i den mjuka funktionen begränsas om de inte behövs för att beskriva variationen, och kan därmed anpassas linjärt där linjära samband anses tillräckligt belagda. Spline-funktioner med restriktioner för sambandens mjuka former (penaliserande med 4 frihetsgrader) användes också för väder- och pollenvariablerna och tillåter därmed eventuella icke-linjära effekter mellan utfallsvariabeln och temperatur, luftfuktighet och pollenförekomst. Effekter av halter av PM₁₀, NO_x och ozon skattas simultant i modellerna, och för att underlätta kvantifieringen av effekterna anpassades linjära samband med antalet astmamedicinuttag,

En lämplig regressionsmodell (med avseende på flexibiliteten i trendfunktionen, och eventuell exkludering av justeringsvariabler) kalibrerades med data om astmamedicinuttag i Stockholms kommun, och samma modell användes sedan på alla inkluderade kommuner i Stockholms län. Detta innebär att samma justeringsvariabler användes i alla analyser, men varje kommun får sin egen justering av exempelvis veckodagsmönster och långtidstrend. Slutligen beräknades en sammanvägd meta-skattning av sambanden mellan luftkvalitetparametrar och antalet läkemedelsuttag per dygn från alla analyserande kommuner.

För analysen av om människors minskade arbetspendling och rörlighet under nedstängningens första månader påverkat sambanden mellan luftkvalitet och astmamedicinuttag skapades en indikatorvariabel för en definierad tidsperiod ("nedstängningsperiod") som sedan användes som interaktionsvariabel för att få separata effektskattningar för PM₁₀, NO_x och ozon för denna nedstängningsperiod och övrig period 2018 till och med juni 2021. I denna analys definierades nedstängningsperioden från april till och med juli under 2020. Som känslighetsanalys jämfördes även effekter under denna nedstängningsperiod med effekter skattade under motsvarande perioder övriga år (2018, 2019).

Programvaran R (v 4.3.2) tillsammans med programpaketet mgcv (för penalisering splines) och MV-meta användes för de statistiska analyserna. Alla statistiska test var två-sidiga med signifikansnivå 0,05.

Resultat

Effekter på luftkvalitet

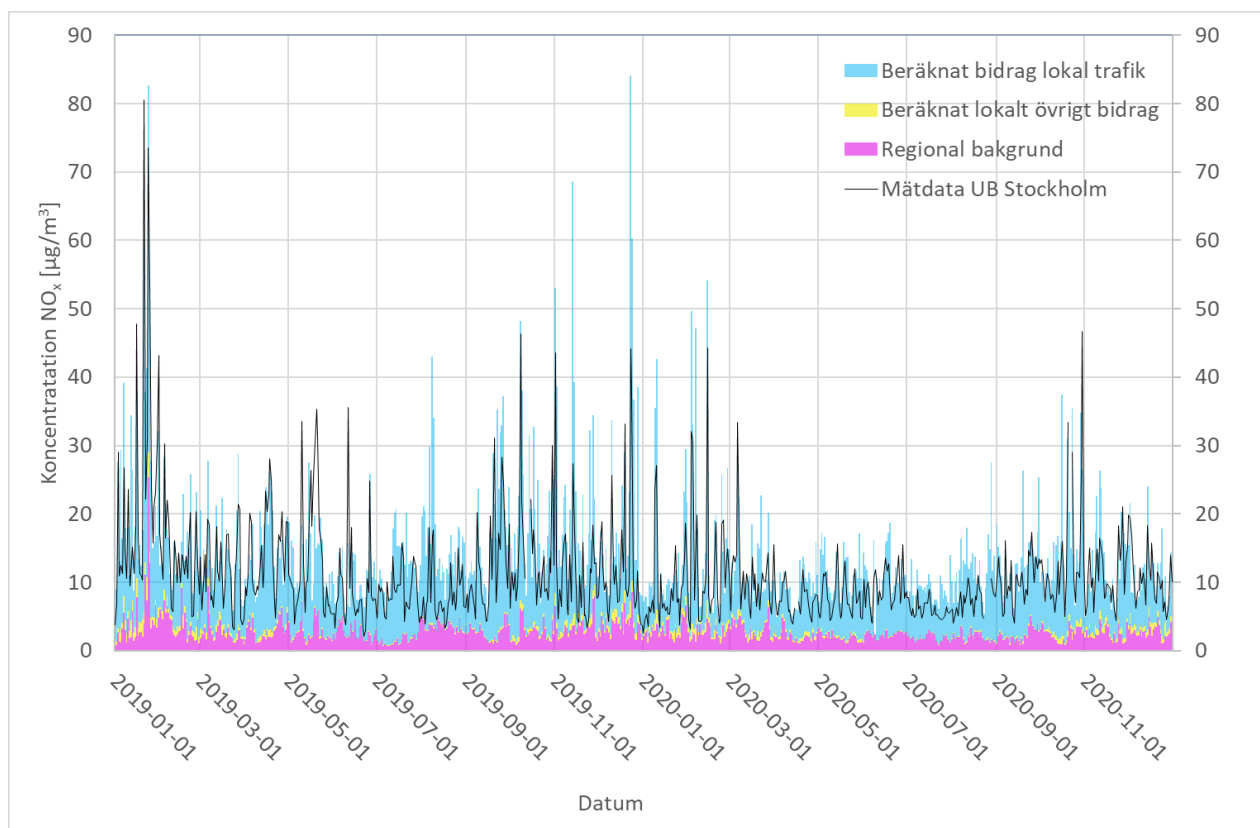
Beräknade effekter av lokala emissionsminskningar

I Figur 2 framgår uppmätta och beräknade halter av kväveoxider NO_x i urban bakgrund (Torkel Knutssongatan på Södermalm) under 2019–2020, vilka sammanfattningsvis även presenteras i Tabell 2. Både beräkningar och mätningar av NO_x visar att halterna sjunkit både som årsmedel under pandemiåret 2020 men framförallt under vårperioden då första smittovågen inträffade, vilket även framgår i Tabell 3. I samband med det minskade trafiken i stor utsträckning enligt mätningarna. År 2019 var årsmedelhalten av NO_x 12,8 µg/m³ och år 2020 9,6 µg/m³, dvs 25 % lägre under 2020. Under perioden mars-juli 2019 var medelhalten av NO_x 11,4 µg/m³ och mars-juli 2020 var medelhalten 8,2 µg/m³. Uppmätta halter därmed sjunkit med 28 % i urban bakgrund år 2020 jämfört med föregående år.

Enligt beräkningarna var minskningen mellan åren 2019 och 2020 ca 26 % på helår och 21 % under mars-juli. De absoluta värdena visar att beräkningsmodellen generellt överskattar halterna jämfört med mätningar men att förändringen mellan åren är relativt lik uppmätta halter.

Genom att förändra en parameter i taget och jämföra beräkningsresultaten kunde en förklaring tas fram till de lägre halterna år 2020 jämfört med föregående år, vilka presenteras i Tabell 3 nedan. De allra största faktorerna var minskade avgasutsläpp från fordonsflottan tack lägre utsläpp från fordonsflottan, vilket i teorin bidrog med 1,4 µg/m³ lägre halter i urban bakgrund. Denna faktor fås tas med ett visst mått av osäkerhet eftersom den baseras på generella prognoser för utbyte av fordonsflottan i kombination med utsläppsmodellen HBEFA. Meteorologiska faktorer en viktig del i de minskade halterna, 1,7 µg/m³. På årsbasis gav trafikminskningen en relativt liten effekt på halterna, 0,5 µg/m³ lägre halter. Sett på helår är det inte oväntat att trafikminskningen gett en begränsad effekt på halterna eftersom trafikmätningarna visade att trafiken inte påverkats kraftigt hela året utan var relativt normal under sommaren och hösten 2020.

Eftersom att trafiken påverkats framförallt inledningsvis är perioden mars-juli intressant att analysera separat, se tabeller 2 och 3. Beräkningarna visar att meteorologin hade begränsad inverkan för haltminskningen under mars-juli 2019 jämfört med mars-juli 2020. Ungefär 20 % av den lokala haltminskningen berodde på meteorologiska faktorer. Resterande 80 % berodde på reducerade trafikutsläpp, varav nästan hälften tillskrivs kraftigt minskat antal fordon och hälften på minskade utsläpp från en förbättrad fordonsflotta som helhet.



Figur 2. Uppmätta och beräknade dygnsmedelvärden av NO_x under 2019–2020.

Tabell 2. Uppmätta halter av NO_x i regional bakgrund (RB) samt urban bakgrund (UB) samt beräknade haltbidrag från trafik och övriga källor i urban bakgrund.

Halter NO _x µg/m ³	2019	2020	mars-juli 2019	mars-juli 2020
Uppmätt regional bakgrund (intransport)	3,1	2,4	2,5	2,2
Lokalt beräknat haltbidrag trafik	12,9	9,4	10,1	8,0
Övrigt beräknat lokalt haltbidrag	0,6	0,5	0,3	0,3
Summa lokalt beräknad halt + intransport	16,6	12,2	13,0	10,5
Uppmätt totalhalt urban bakgrund	12,8	9,6	11,4	8,2

Tabell 3a-b. Uppmätt haltminskning av NO_x i urban bakgrund och regional bakgrund Stockholm mellan år 2019 och år 2020, där skillnaden antas vara lokalt haltbidrag, samt hur mycket som beräknas förklaras av olika faktorer.

a/ Skillnad NO _x mellan år 2019-2020	Haltförändring µg/m ³		Procent av totalhalt	
	Årsmedel	mars-juli	Årsmedel	mars-juli
Uppmätt regional bakgrund (intransport)	-0,7	-0,3	-5,4%	-2,5%
Lokalt haltbidrag	-2,5	-2,9	-19,6%	-25,5%
Uppmätt totalhalt urban bakgrund	-3,2	-3,2	-25%	-28%
b/ Beräknad minskning av lokalt haltbidrag NO _x i urban bakgrund	Haltförändring µg/m ³		Procentuell förändring av totalhalt av lokala faktorer	
	Årsmedel	mars-juli	Årsmedel	mars-juli
Övrigt lokalt bidrag	0	0	0%	0%
Meteorologi	-1,7	-0,5	-9,5%	-3,6%
Minskade trafikutsläpp	-1,9	-2,0	-10,9%	-15,7%
- Varav tack vare minskad trafik	-0,5	-0,9	-2,9%	-7,1%
- Varav förnyad fordonsflotta med mindre avgasutsläpp	-1,4	-1,1	-8,0%	-8,5%
Summa	-3,6	-2,5	-20,4%	-19,2%

Den befolkningsviktade reduktionen i NO_x-halt som tillskrivs minskad trafik under mars-juli 2020 redovisas i tabell 4 som medelvärde per kommun samt sammanvägt efter andel av den totala befolkningen i de 9 kommunerna.

Tabell 4. Befolkningsviktad haltreduktion (µg/m³) av minskad trafik under mars-juli 2020 per kommun samt sammanvägt utifrån befolkningstal

Kommun	Befolkning	Bef andel	Haltreduktion	Viktat
Danderyd	32838	0,02	0,31	0,007
Järfälla	80907	0,05	0,24	0,013
Lidingö	47937	0,03	0,3	0,009
Nacka	106428	0,07	0,29	0,020
Sollentuna	74277	0,05	0,39	0,019
Solna	82220	0,05	0,69	0,037
Stockholm	975483	0,64	0,67	0,429
Sundbyberg	51874	0,03	0,58	0,020
Täby	73226	0,05	0,3	0,014
Total befolkning	1524692		Tot bef viktat	0,57

PM10 i urban bakgrund Stockholm

I Figur 3 framgår beräknade och uppmätta halter av PM10 under 2019–2020, vilka sammanfattningsvis även presenteras i Tabell 5. Både beräkningar och mätningar av PM10 för åren 2019–2020 visar att halterna sjunkit både som årsmedel under pandemiåret 2020 och under vårperioden, vilket även framgår i Tabell 6.

År 2019 var årsmedelhalten av PM10 11,0 µg/m³ och år 2020 9,9 µg/m³, dvs 10 % lägre under 2020. Under perioden mars-juli 2019 var medelhalten av PM10 13,9 µg/m³ och mars-juli 2020 var medelhalten 10,0 µg/m³. Uppmätta halter var därmed 28 % lägre i urban bakgrund under pandemiåret 2020 jämfört med 2019.

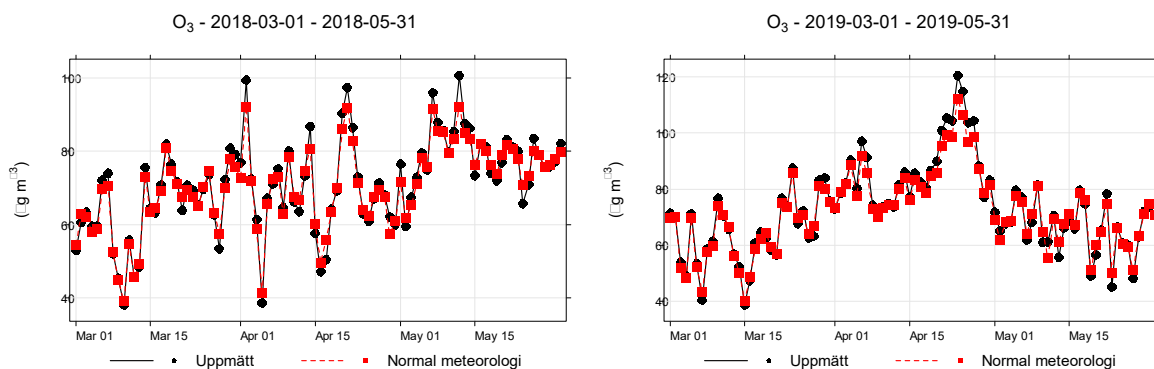
Enligt beräkningarna var minskningen mellan åren 2019 och 2020 ca 6 % på helår och 26 % under mars-juli. De absoluta värdena visar att beräkningsmodellen underskattar halterna jämfört med mätningar medan den procentuella förändringen mellan åren är relativt lik uppmätta halter. Särskilt under vårperioden har beräkningsmodellen svårt att fånga de halttoppar som normalt sker enligt mätningar, som beror på att vägbanan torkar upp och frigör vägdamm som samlats på vägbanan under vintern. Eftersom beräkningarna endast kan förklara en liten del av resultaten är underlaget till orsakerna osäkra.

Beräkningsresultat med förändringar av en parameter (trafikminskning, meteorologi) i taget jämfördes med syfte att förklara de lägre halterna år 2020 jämfört med föregående år, vilka presenteras i Tabeller 5 och 6 nedan. Endast en tiondel av den uppmätta minskningen kunde förklaras genom beräkningarna av PM10 men relativt sett var den allra största bidragande faktorn trafikminskningen. Meteorologiska faktorer hade knappt alls någon effekt på årsmedelhalterna men under mars-juli rädde det gynnsamma förhållanden 2020 jämfört med 2019.

Beräkningarna visar att meteorologin hade begränsad inverkan på haltminskningen under mars-juli 2019 jämfört med mars-juli 2020. Ungefär 50 % av den lokala haltminskningen berodde på meteorologiska faktorer. Resterande 50 % berodde på reducerade trafikutsläpp, varav nästan hela minskningen beror på minskade trafikflöden. En liten del av de minskade trafikutsläppen berodde på minskade avgasutsläpp tack vare en förnyad fordonsflotta.

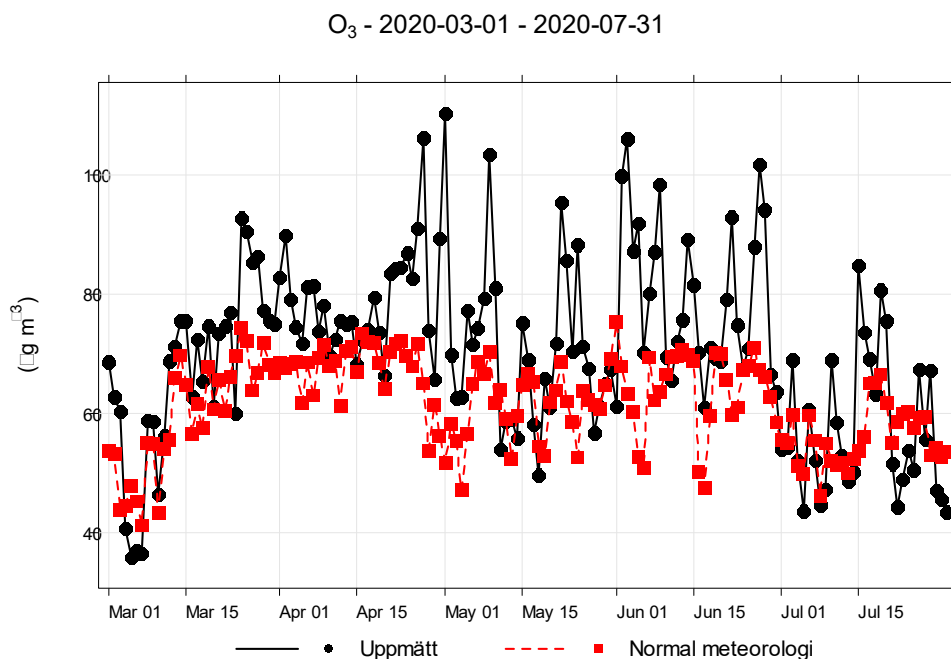
Väderjusterade effekter på uppmätta totala ozon- och kväveoxidhalter

Den tillämpade maskininlärningsmodellen ("rmweather") förklarar 85 % av variationen i timmedelvärdena av ozon. Detta avser en jämförelse mellan beräknade och uppmätta ozonhalter för data som inte använts för att träna upp modellen (s k "out of bag data"). De 10 viktigaste parametrarna för att förklara variationen i ozonhalterna var dag på året (Julian day), relativ fuktighet, temperatur, tidstrend (Unixtid), vindhastighet, standardavvikelse av vertikalvind, standardavvikelse av horisontell vindhastighet, globalstrålning, timme på dygnet och vindriktning. Figur 4 visar på god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade dygnsmedelvärden av halterna för vårmånaderna under perioden som modellen tränats på 2018 och 2019. I dessa värden ingår alla timmedelvärden för dessa perioder ("in-bag" och "out-of-bag").



Figur 4a-b. Uppmätta och beräknade dygnsmedelvärden av ozon under inlärningsperioden mars – maj 2018 och 2019.

Figur 5 visar förväntade variationer i ozonhalterna 2020 om meteorologin haft samma betydelse för halterna som under 2018 och 2019. Skillnaden mellan de beräknade och uppmätta värden antas bero på annat än annorlunda meteorologi 2020. Exempelvis leder minskade utsläpp av kväveoxider till att ozonhalterna blir högre. Men i detta fall noteras större skillnader mellan de uppmätta ozonhalterna och de beräknade väderjusterade halterna än vad som förväntas på grund av enbart minskade NO_x -halter.

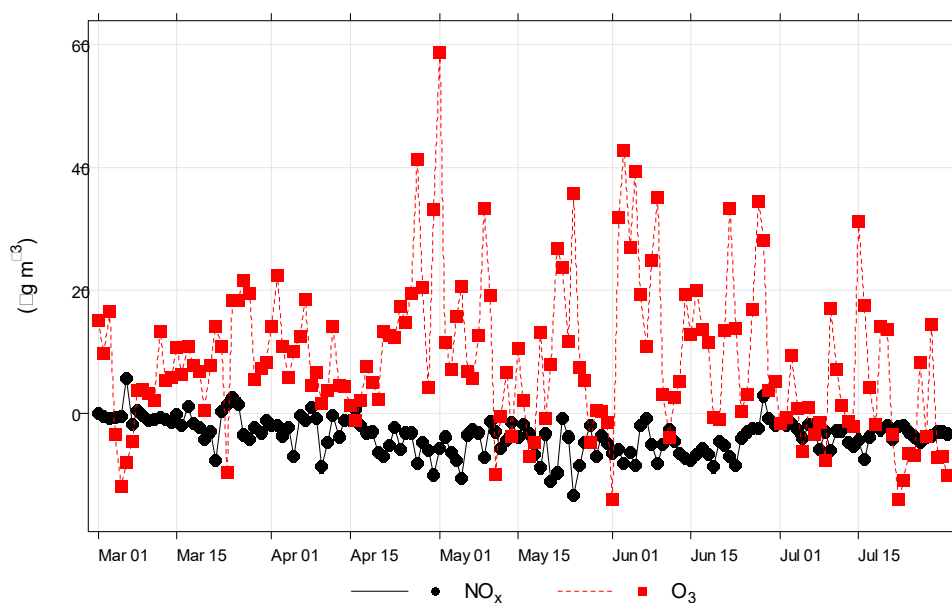


Figur 5. Uppmätta och beräknade dygnsmedelvärden av ozon för perioden mars – juli 2020.

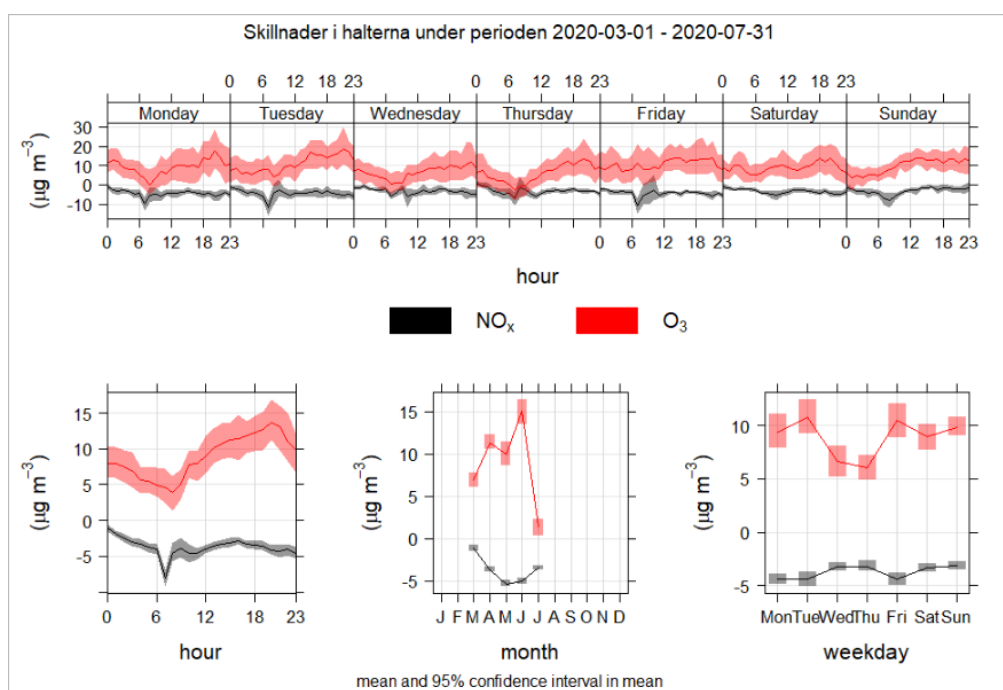
Figur 6 visar skillnaderna i uppmätta och väderjusterade ozon och NO_x -halter för samma period. De genomsnittliga halterna av ozon var mellan 5 och 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ högre under mars – juli 2020 jämfört med halterna som skulle förväntats med samma meteorologi 2018 och 2019 (Figur 7). För NO_x var motsvarande halter 1 till drygt 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lägre än förväntat.

De kan också vara intressant att beräkna nettoförändringen i summan av O_3 och NO_2 (brukar benämnas Ox och beräknas i ppb istället för som masskoncentration). Eftersom både O_3 och NO_2 kan ha negativ påverkan på människors hälsa utgör nettoförändringen av Ox ett visst mått på nettoförändringen i hälsopåverkan av dessa två ämnen. Beräkningar visar att de genomsnittliga väderjusterade halterna av Ox är 1 till 5 ppb högre under mars – juli 2020 (figur 8).

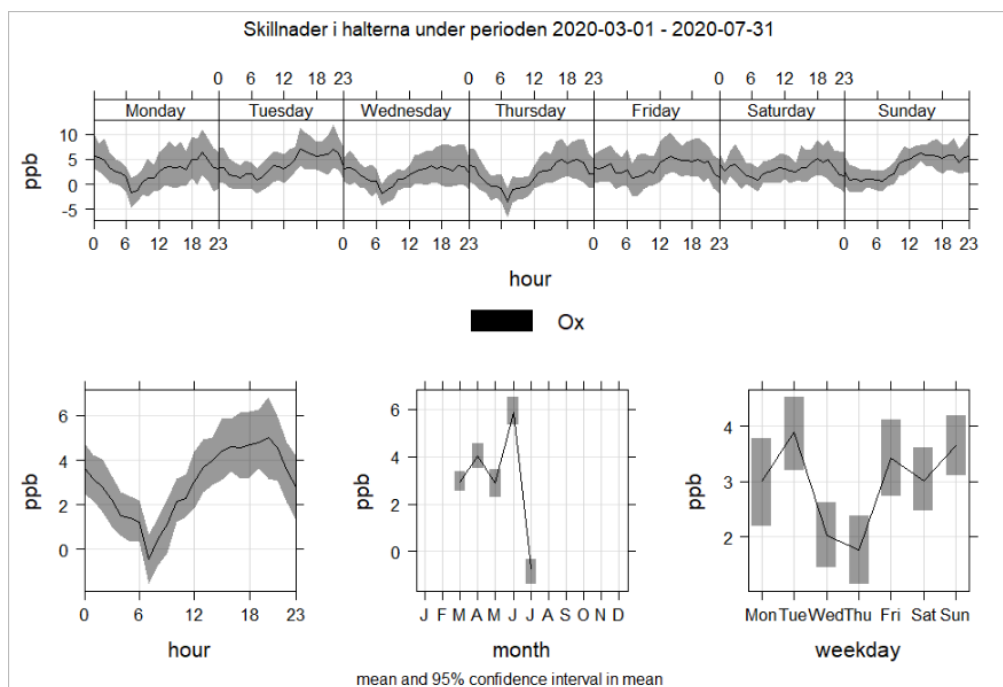
Skillnader i halterna under perioden 2020-03-01 - 2020-07-31



Figur 6. Skillnader mellan uppmätta och väderjusterade dygnsmedelvärden av NO_x och ozon under mars – juli 2020.



Figur 7. Genomsnittliga skillnader mellan väderjusterade och uppmätta halter av NO_x och ozon under veckodagar, medeldygn och månader för perioden mars – juli 2020.



Figur 8. Genomsnittliga väderjusterade halter av Ox (summan av ozon och NO₂) under mars – juni 2020.

En sammanställning av genomsnittliga avvikelser mellan uppmätta halter och väderjusterade halter av NO₂, ozon och Ox för mars – juli visas i tabell 7.

Tabell 7. Genomsnittliga avvikelser (medelvärden $\pm$ 95 % konfidensintervall) mellan uppmätta halter 2020 och väderjusterade halter för mars-juli 2020 (O_x = summan av O₃ och NO₂ omräknat till ppbv för att justera för olika molekylvikter).

Månad	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	O _x (ppbv)
mars	-0.9 $\pm$ 0.3	6.0 $\pm$ 0.9	2.5 $\pm$ 0.4
april	-3.0 $\pm$ 0.3	10.9 $\pm$ 1.0	3.9 $\pm$ 0.5
maj	-4.2 $\pm$ 0.3	9.7 $\pm$ 1.3	2.7 $\pm$ 0.6
juni	-3.3 $\pm$ 0.3	15.1 $\pm$ 1.4	5.8 $\pm$ 0.7
juli	-2.7 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 1.1	-1.0 $\pm$ 0.5
mars-juli	-2.8 $\pm$ 0.1	8.4 $\pm$ 0.5	2.7 $\pm$ 0.3

Hälsokonsekvensberäkning

Effekter av minskad trafik

Den största minskningen av avgashalterna i urban bakgrundsluft relaterad till mindre trafik under den initiala nedstängningsperioden inträffade i Stockholm enligt SLB under mars-april 2020. 2019 var medelvärdet denna period 12,8 µg/m³ och 2020 motsvarande tid 9,1 µg/m³. Beräkningarna här baseras på den modellberäkning från SLB som tar hänsyn till andra faktorer och fann att haltbidraget av NO_x från den lokala trafiken blev 32 % lägre under perioden till följd av trafikminskningen. I absoluta tal var minskningen av NO_x som tillskrivs den lokala trafikminskningen under mars-juli 0,9 µg/m³ (Tabell 3), vilket gjorde att trafikminskningens inverkan på NO₂-halten i urban bakgrundsluft kan uppskattas till cirka 0,7 µg/m³ i centrala Stockholm. Den totala väderjusterade minskningen av NO₂ under mars-juli beräknas vid mätstationen på Södermalm till 2,8 µg/m³ (tabell 7), varav en

minskning på cirka 0,7 kan förklaras av lokala emissioners förändring. Den befolkningsviktade haltreduktion som uppkom mars-juli 2020 till följd av lokal trafikminskning beräknas till 0,57 µg/m³ för NO_x, d v s ca 0,46 µg/m³ NO₂.

Den totala väderjusterade ökningen av ozon under perioden uppskattas till 8,4 µg/m³.

I tabell 8 redovisas beräkningen av förändring i hälsokonsekvenser vid två olika scenarier för exponeringsförändringen, dels för lägre halt av NO₂ under mars-juli genom lokal trafikminskning där riskförändringen uppkommer direkt vid en minskning av exponeringen, dels ett scenario som beskriver förändringen i hälsokonsekvenser om minskningen av NO₂-halten gällt för årsmedelvärdet, där förändringen i mortaliteten (redovisat som antal dödsfall/år) fullt ut uppkommer vid en bestående förändring av medelvärdet över flera år.

Tabell 8a-b. Beräknade förändringar i hälsokonsekvenserna av den lokala trafikens utsläpp för olika scenarios med registerbaserad grundfrekvens och från litteraturen antagna exponerings-respons samband.

a/ Scenario för NO₂	Hälsoutfall	Grundfrekvens	ER-samband	Konsekvens
Påverkan av lokal trafikminskning under mars-juli 2020	Dagligt antal dödsfall	651,53/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,0072 (95 % KI: 1,0059-1,0085) per 10 µg/m ³ Orellano et al, 2020	2,1 fall färre
Påverkan av lokal trafikminskning under mars-juli 2020	Dagligt antal inläggningar på sjukhus för ischemisk hjärtsjukdom	485,6/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,022 (95 % KI: 1,016-1,029) per 10 ppb (19 µg/m ³ = 1,012) Stieb et al, 2020	4,8 fall färre
Påverkan av lokal trafikminskning under mars-juli 2020	Dagligt antal inläggningar på sjukhus för stroke	246/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,023 (95 % KI: 1,015–1,030) per 10 µg/m ³	2,5 fall färre
Påverkan av lokal trafikminskning mars-juli 2020	Dagligt antal sjukhusbesök/inl för andningsorganen	3866/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,014 (95 % KI: 1,008–1,02) per 10 µg/m ³ Zheng et al, 2021	24,3 fall färre
Vid helårsreduktion lika stor som påverkan av lokal trafikminskning mars-juli 2020	Dagligt antal dödsfall	651,53/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,0072 (95 % KI: 1,0059-1,0085) per 10 µg/m ³ Orellano et al, 2020	5,1 fall färre
Vid helårsreduktion lika stor som påverkan av lokal trafikminskning mars-juli 2020	Dagligt antal inläggningar på sjukhus för ischemisk hjärtsjukdom	485,6/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,022 (95 % KI: 1,016-1,029) per 10 ppb (19 µg/m ³ = 1,012) Stieb et al, 2020	11,5 fall färre
Vid helårsreduktion lika stor som påverkan av lokal trafikminskning mars-juli 2020	Dagligt antal inläggningar på sjukhus för stroke	246/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,023 (95 % KI: 1,015–1,030) per 10 µg/m ³	6,0 fall färre
Vid helårsreduktion lika stor som påverkan av lokal trafikminskning mars-juli 2020	Dagligt antal sjukhusbesök/inl för andningsorganen	3866/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,014 (95 % KI: 1,008–1,02) per 10 µg/m ³ Zheng et al, 2021	57,8 fall färre

Vid helårsreduktion lika stor som påverkan av lokal trafikminskning mars-juli 2020	Mortalitet 30år+ (årlig)	1024,87 per 100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	NO ₂ 1,03 (95 % KI: 1,01-1,04) [19 studier låg RoB] Huangfu & Atkinson R, 2020	13,7 fall färre Endast en liten del av ökningen av dagligt antal dödsfall kan antas ligga utanför detta antal per år.
--	--------------------------	--	---	--

b/ Scenario för ozon	Hälsoutfall	Grundfrekvens	ER-samband	Konsekvens
Väderjusterad påverkan under mars-juli 2020	Dagligt antal dödsfall	651,53/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	ozon 1,0043 (95 % KI: 1,0034-1,0052) per 10 µg/m ³ Orellano et al, 2020	15,2 fall fler
Väderjusterad påverkan under mars-juli 2020	Dagligt antal inläggningar på sjukhus för ischemisk hjärtsjukdom	485,6/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	ozon Antas ej påverkas	Ingen påverkan
Väderjusterad påverkan under mars-juli 2020	Dagligt antal inläggningar på sjukhus för stroke	246/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	ozon 1.002 (95 % KI: 1.000–1.003) per 10 µg/m ³ (Niu et al, 2021)	2,6 fall fler
Väderjusterad påverkan under mars-juli 2020	Dagligt antal sjukhusbesök/inl för andningsorganen	3866/100000 (2019) enligt Socialstyrelsens register	ozon 1.008 (95 % KI: 1.005–1.011) per 10 µg/m ³ Zheng et al (2021)	166,7 fall fler

Den haltminskning på cirka 0,7 µg/m³ NO₂ som minskad trafik lokalt enligt beräkning med spridningsmodellen gav upphov till, beräknades under en 5-månadersperiod leda till cirka 2 dödsfall färre till följd av exponeringens korttidseffekter. För den totala avvikelsen som väderjusterad halt av NO₂, 2,8 µg/m³, skulle minskningen bli drygt 8,5 fall för dessa månader. Hade minskningen av den lokala trafiken varit i genomsnitt lika stor i ett år skulle cirka 5 dödsfall färre ha inträffat på grund av korttidseffekten, men om en sådan minskning bestått i flera år beräknas den minskade långtidsexponeringen efter några år leda till cirka 14 färre döda per år. Med den totala avvikelsen i väderjusterad halt av NO₂ skulle minskningen i mortaliteten beräknas ännu större.

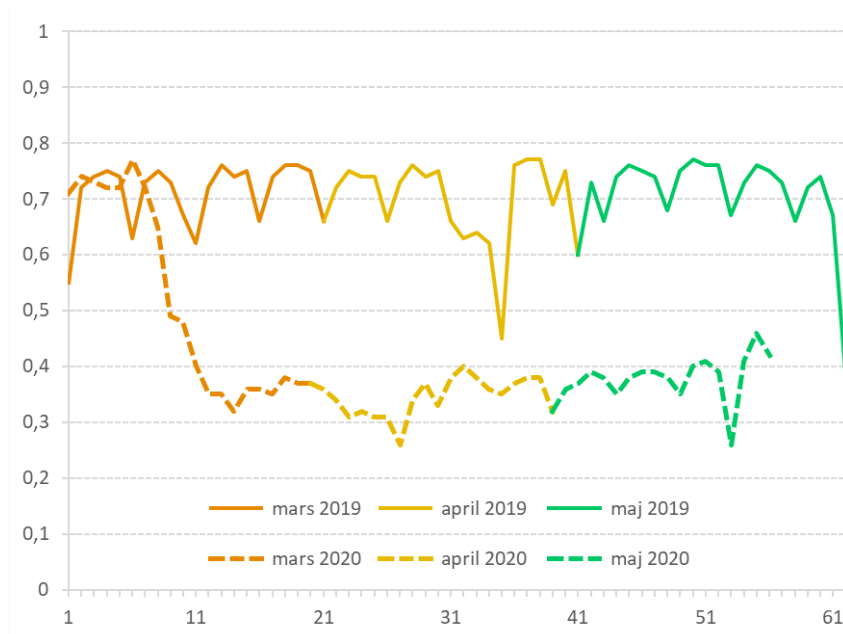
Besök och inläggningar på sjukhus för andningsorganen beräknas genom den sänkta halt av NO₂ som minskad trafik lokalt medförde ha minskat med drygt 24 fall unders perioden mars-juli, medan den väderjusterade minskningen totalt skulle förväntas leda till ungefär 97 fall färre under dessa 5 månader.

Även om den minskade korttidsexponeringens betydelse för reduktion av antal akuta fall av hjärt-kärl- och lungsjukdom också har beräknats, så vore de totala effekterna även av denna modesta minskning av exponeringen mer omfattande än vad som redovisats. Dels finns fler hälsoutfall än de inkluderade som påverkas av NO₂-halten, fast med mindre väl etablerade exponerings-responssamband. Dels medförde minskad trafik även en minskning av andra luftföroreningar, t.ex avgas- och slitagepartiklar, men även av trafikbuller.

De beräknade ökade hälsokonsekvenserna av den väderjusterade förändringen av ozonhalten centralt i Stockholm under mars-juli (8,4 µg/m³) överstiger den minskning som skulle förväntas följd av lägre väderjusterad NO₂-halt (2,8 µg/m³) för korttidseffekten på dagligt antal dödsfall (−8 mot +15 fall) samt akutbesök och sjukhusinläggningar för andningsorganen (+167 mot −97 fall). Det bedöms dock inte visat att det finns någon långtidseffekt av ozon på mortaliteten, och någon korttidseffekt av ozon på dagligt antal inläggningar för ischemisk hjärtsjukdom är heller inte styrkt.

Betydelsen av ändrat vistelsemönster

Nedstängningen under pandemin innebar inte bara något lägre halter av föroreningar från trafiken, dessutom minskade arbetspendlingen då många arbetade hemifrån. I en studie för Trafikverket (Forsberg et al, 2021) har data över mobiltelefoners positioner i Stockholms-området använts för att beskriva förskjutningen mot mer vistelse i hemmet dagtid. Figur 9 hämtad från rapporten visar att ungefär 1/3 av dem som våren 2019 dagtid på vardagar hade varit på sin arbetsplats under motsvarande veckor 2020 istället stannade i bostaden.



Figur 9. Kvoten mellan genomsnittligt antal personer som befann sig på arbetet respektive i bostaden under timmarna kl 06-18 under vardagar i mars-maj 2019 respektive 2020.

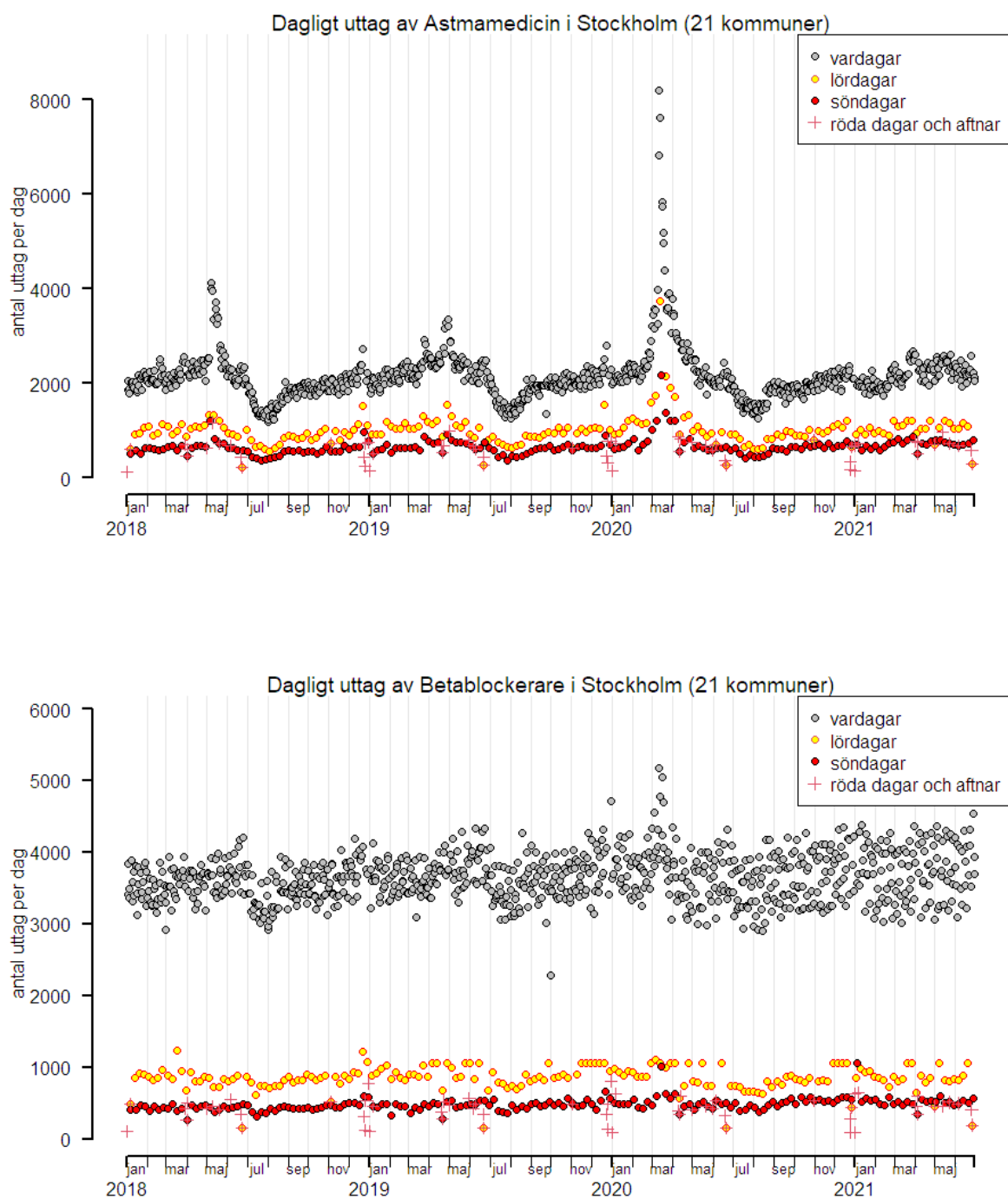
Med individinformationen om bostads- och arbetsplatsområde från SCB i databasen ASTRID (Strömgren et al, 2020) har vi beräknat antalet boende i Stockholms kärna till cirka 320 000 personer och nettoantalet inpendlande för arbete inom samma yta är drygt 165 000 personer. Byte mot arbete i hemmet för 1/3 skulle uppskattningsvis innebära att 55 000 personer varje arbetsdag undvek att under arbetsdagen andas stadskärnans högre luftföroreningshalt. Om man vidare antar att genomsnittshalten av NO₂ under arbetstid är 5 µg/m³ lägre vid bostaden, och att 20% av tiden under ett år skulle omfattas av den minskningen, motsvarar det cirka 1 µg/m³ sänkt exponeringsdos för de 55 000, som om förändringen bestod, hade slutat pendla från förorten till arbetet i stadskärnan. Ett betydligt mindre antal utpendlande skulle omvänt öka sin exponeringsdos genom att stanna kvar i stadskärnan.

Epidemiologisk studie

Deskription

För astmaläkemedelsuttag, både korttidsverkande och långtidsverkande preparat, återfanns ett kraftig förhöjt antal uttag under mars månad år 2020 (figur 10a). Ett förhöjt antal uttag observerades också för den valda referensen blodtrycksmedicin (betablockerare), dock mindre markant (figur 10b). Denna ökning i uttag förmodas visa ett "hamstringsbeteende" hos befolkningen, då många andra länder i Europa redan hade tillämpat nedstängningsåtgärder för att förhindra spridning av viruset. I analyserna av sambanden mellan luftföroreningar och uttag av astmaläkemedel uteslöts därför mars månad 2020 för att eventuella effekter ej skulle påverkas av denna kraftiga topp under samma månad som nedstängningen började. I figur 11 illustreras trender för uttag för astmamedicin (Stockholms kommun) och där kan observeras att även april 2020 låg något högre än april månad övriga år.

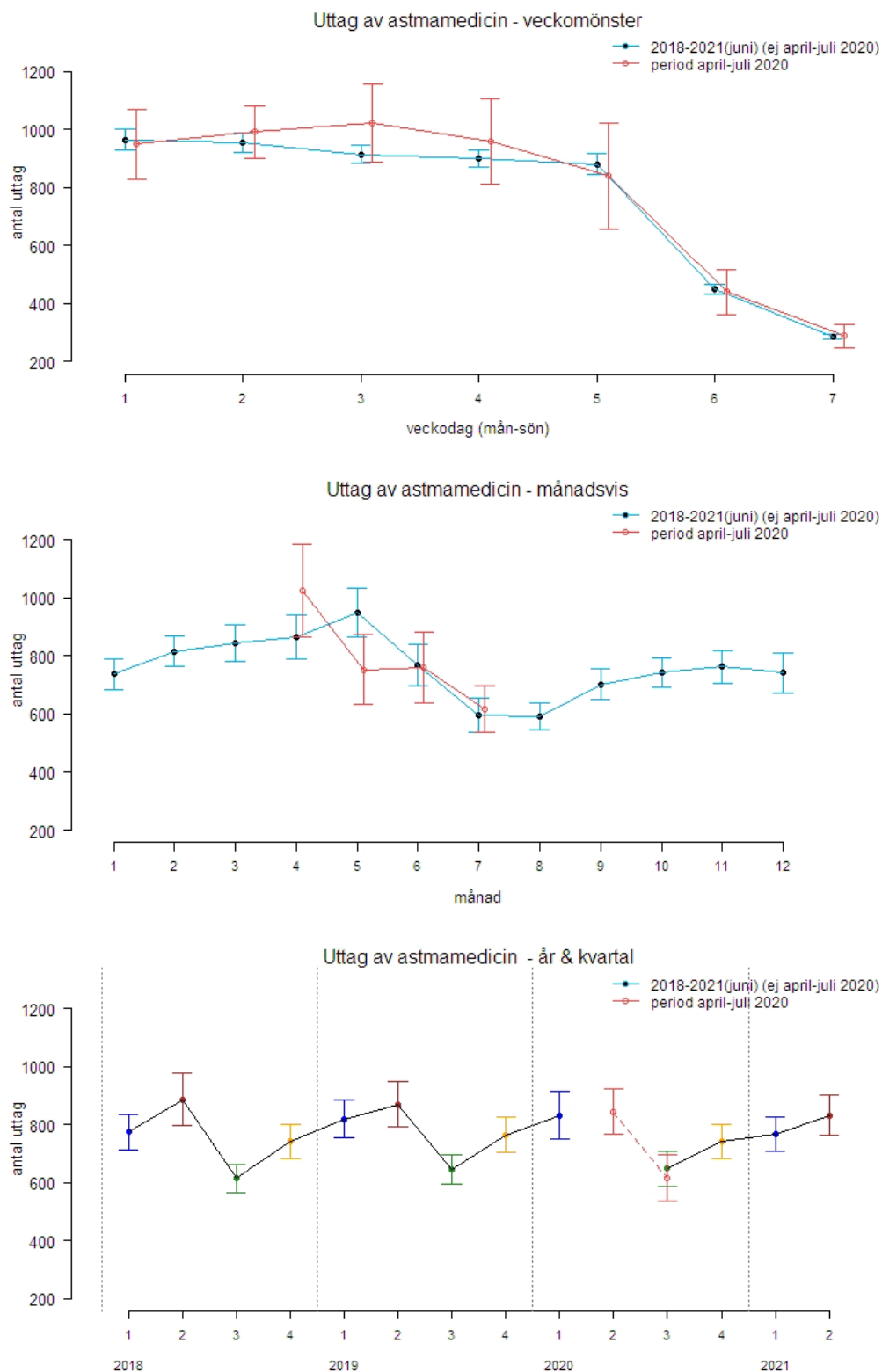
För luftkvalitetsparametrarna observerades utan justering för meteorologin den tydligaste avvikelser i halt under den studerade nedstängningsperioden för NO₂, där lägre halter observeras april, maj och juli (ej juni) relativt dessa månader övriga år i studien. Halterna av PM₁₀ var också lägre under den definierade nedstängningsperioden relativt övriga år, men liksom som för NO_x observerades halter under juni månad som var likvärdiga med motsvarande månad övriga år. Halterna av ozon låg högre under juni månad 2020 jämfört med medelvärdet för juni övriga år, men var likvärdiga för övriga månader under nedstängningsperioden. I tabell 9 redovisas deskriptiv statistik för studerad nedstängningsperiod och övrig period och i figur 12 illustreras trender hos luftkvalitetsparametrarna.



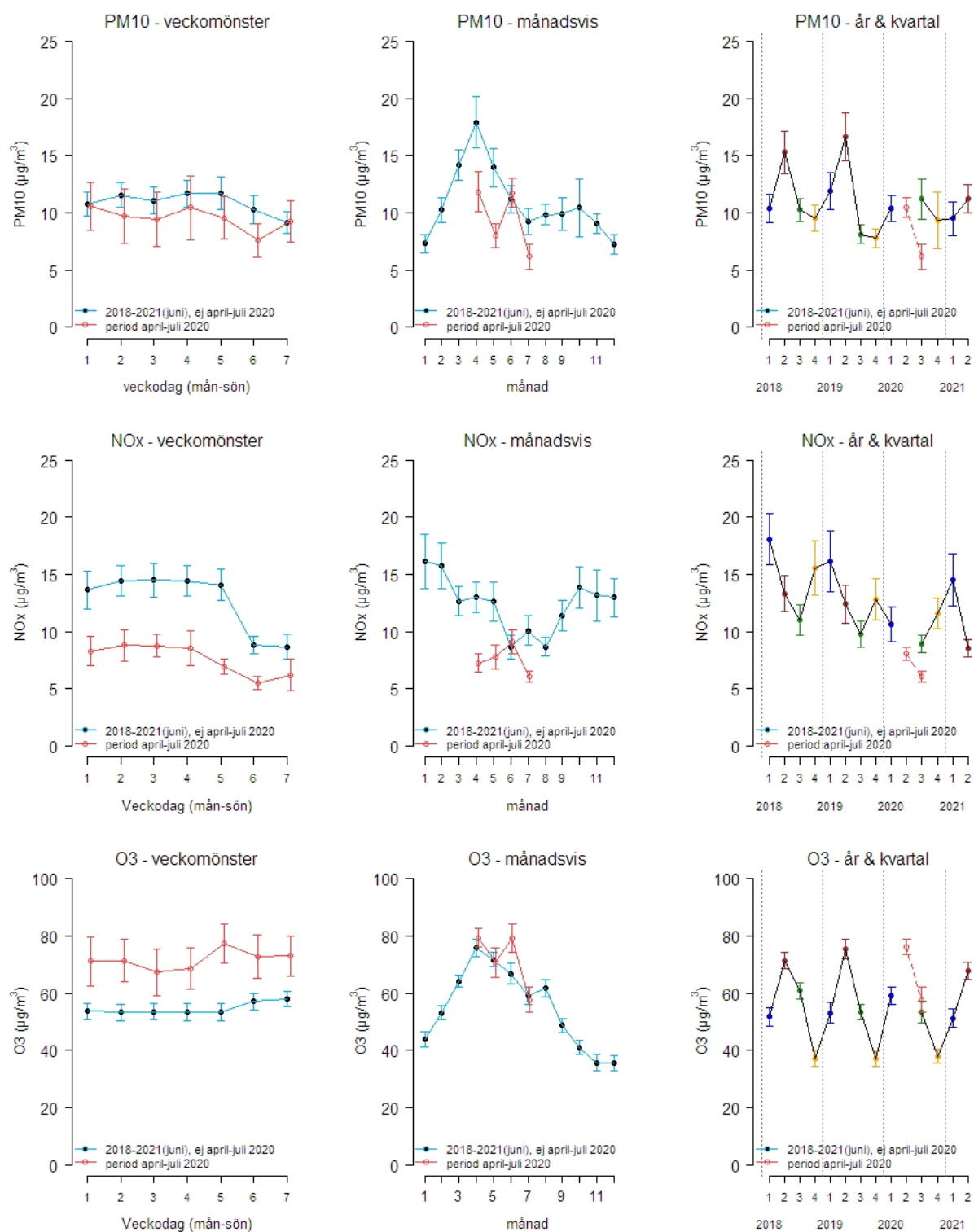
Figur 10a-b. Dagligt uttag av astmamedicin och betablockerare under perioden 2018-2021 (juni).

Tabell 9. Sammanfattande statistik avseende dygnsmedelvärden för PM10, kväveoxider och ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) under 2018-2021 (juni) och separerade på nedstängningsperiod och övrig period.

		Min.	25 perc.	Median	Medelvärde	75 perc.	Max	IQR	Saknas
PM10	2018-2021(juni) (ej april-juli 2020)	-1.88	6.08	9.01	10.88	13.77	87.43	7.70	37
	period (april - juli 2020)	1.45	6.64	8.93	9.51	11.49	26.17	4.85	4
NOx	2018-2021(juni) (ej april-juli 2020)	2.05	7.32	10.26	12.64	15.10	89.87	7.78	25
	period (april - juli 2020)	3.90	5.39	7.02	7.56	8.92	15.66	3.53	2
O3	2018-2021(juni) (ej april-juli 2020)	4.55	41.10	54.38	54.65	67.96	121.40	26.86	27
	period (april - juli 2020)	44.01	61.44	71.51	71.65	81.06	107.76	19.61	2



Figur 11a-c. Medelvärden av uttag av astmamedicin (Stockholms kommun) under 2018-2021 (juni) och separerade på nedstängningsperiod och övrig period där mars 2020 inte ingår i någon av perioderna. Staplar markerar t-fördelade 95% konfidensintervall över medelvärdesestimat.



Figur 12a-i. Medelvärden av dygnsobservationer för de studerade föroreningarna (med 95 % konfidensintervall) per veckodag (måndag-söndag), månad (januari-december) och kvartalsvis över åren 2018 - 2021 (t o m juni) för PM10, NO_x och ozon vid mätstationen i Stockholm.

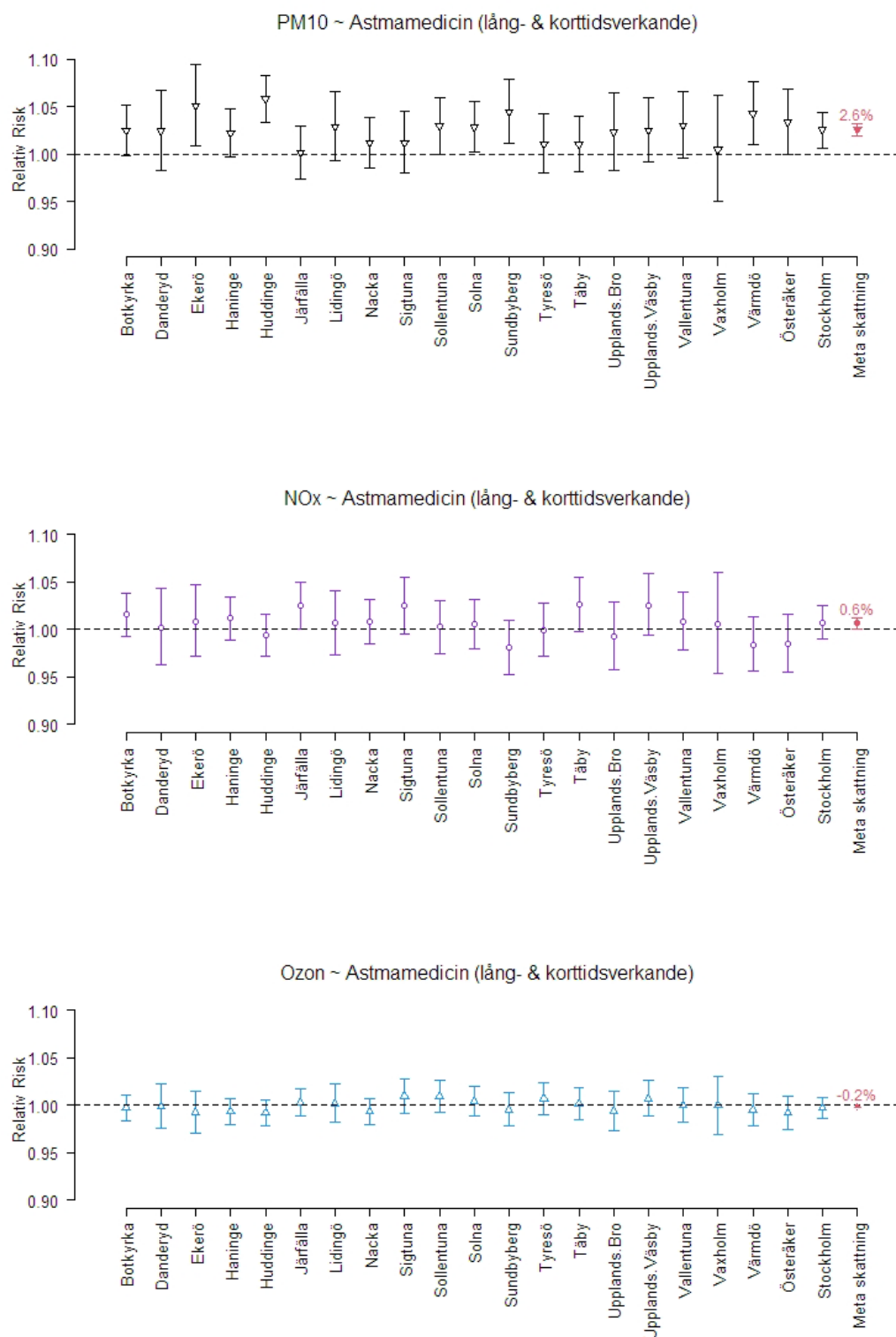
Effekter av varierande luftkvalitet på antal utköp av astmamediciner

I de regressionsmodeller som syftade till att beräkna effekterna av PM₁₀, NO_x, och ozon på antalet astmamedicinuttag för hela perioden 2018 - 2021 (t o m juni, utom mars 2019) visades effekter främst av PM₁₀, där en meta-skattning över 21 kommuner i Stockholms län visade på en 2,6-procentig ökning (relativ risk = 1,026) i uttag av lång- och korttidsverkande astmaläkemedel per 10 µg/m³ ökning av PM₁₀ i omgivningsluften (tabell 10). I analyser separerade på långtidsverkande- och korttidsverkande mediciner observerades effekterna vara högre för korttidsverkande mediciner. I figur 13-15 visas alla enskilda effektskattningar kommunvis för dagligt antal uttag av astmamedicin dels totalt, dels för korttidsverkande och långtidsverkande astmamediciner. För NO_x följdes en ökning i halten av en ökning i antalet uttag, men inga säkerställda samband mellan astmamedicin och halter av ozon observerades.

Tabell 10. Relativa risker (och 95 % konfidensintervall) av en ökning på 10 µg/m³ (3-dygnsmedelvärde) i respektive luftkvalitetparameter på antalet utköp av astmamedicin (korttidsverkande, långtidsverkande och summan av lång- & korttidsverkande) beräknade för hela studieperioden.

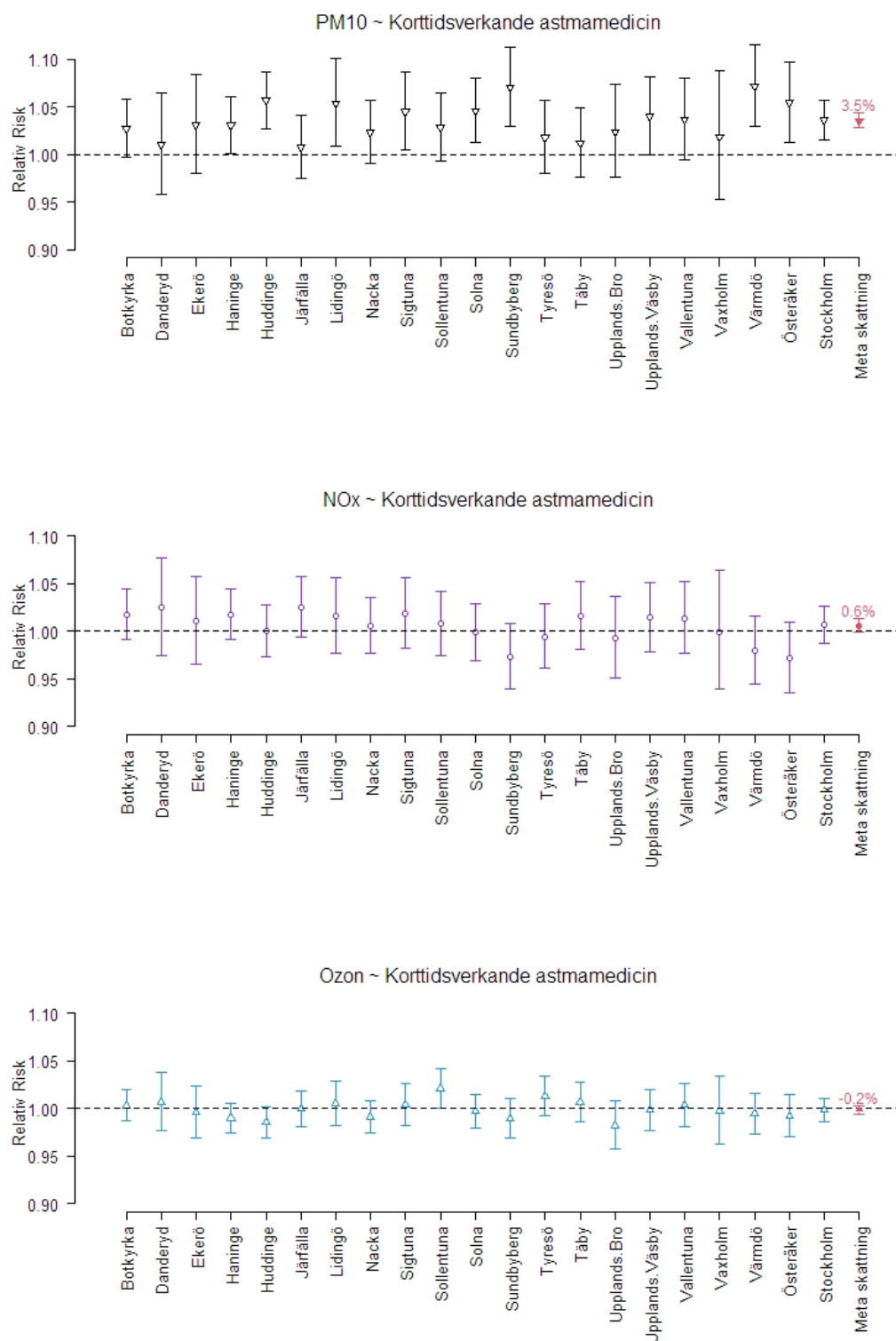
Astmamedicin/Område	Relativ risk PM ₁₀	Relativ risk NO _x	Relativ risk ozon
Korttidsverkande (Stockholms kommun)	1.036 (1.016 - 1.057)	1.007 (0.988 - 1.027)	0.998 (0.986 - 1.010)
Korttidsverkande (meta-skattning 21 kommuner)	1.035 (1.028 - 1.043)	1.006 (0.999 - 1.013)	0.998 (0.994 - 1.002)
Långtidsverkande (Stockholms kommun)	1.017 (0.999 - 1.036)	1.007 (0.990 - 1.025)	0.997 (0.987 - 1.008)
Långtidsverkande (meta-skattning 21 kommuner)	1.020 (1.013 - 1.027)	1.007 (1.000 - 1.013)	0.999 (0.996 - 1.003)
Lång- & korttidsverkande (Stockholms kommun)	1.025 (1.007 - 1.044)	1.007 (0.990 - 1.025)	0.997 (0.986 - 1.007)
Lång- & korttidsverkande (meta-skattning 21 kommuner)	1.026 (1.019 - 1.032)	1.006 (1.000 - 1.012)	0.998 (0.995 - 1.002)

Effekt av 10 µg/m³ ökning av PM10-NOx-Ozon på antalet uttag av astmamedicin (2018-2021 (juni))



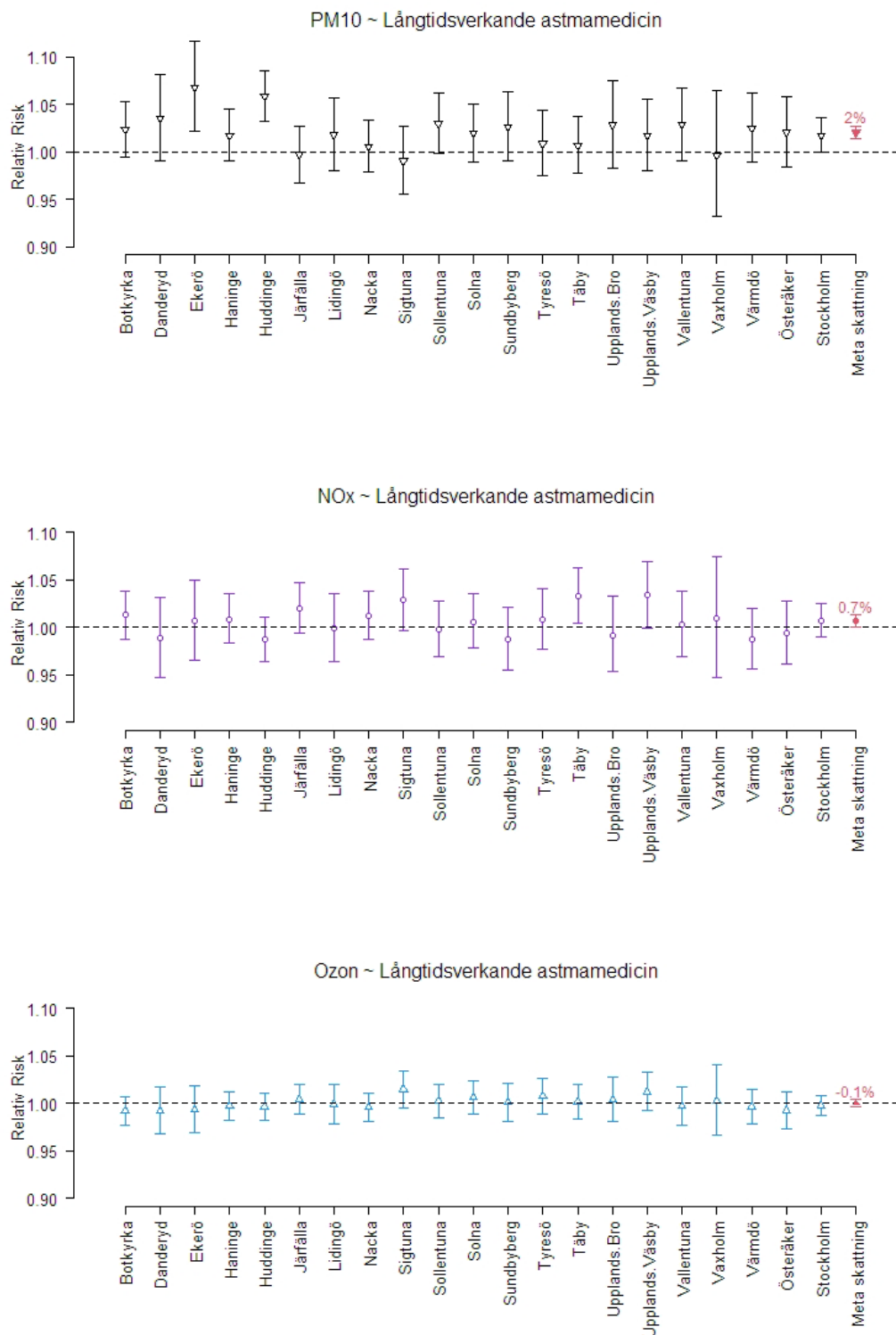
Figur 13a-c. Relativa risker (med 95 % konfidensintervall) av en 10 µg/m³ ökning av PM10, NO_x, och ozon på antalet uttag av astmamedicin (långtidsverkande + korttidsverkande) i 21 kommuner i Stockholms län samt en meta skattning över alla inkluderade kommuner.

Effekt av 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av PM10-NOx-Ozon på antalet uttag av astmamedicin (2018-2021 (juni))



Figur 14a-c. Relativa risker (med 95 % konfidensintervall) av en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av PM10, NO_x, och ozon på antalet uttag av korttidsverkande astmamedicin i 21 kommuner i Stockholms län, samt en meta skattning över alla inkluderade kommuner.

Effekt av 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av PM10-NOx-Ozon på antalet uttag av astmamedicin (2018-2021 (juni))



Figur 15a-c. Relativa risker (med 95 % konfidensintervall) av en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av PM10, NO_x, och ozon på antalet uttag av långtidsverkande astmamedicin i 21 kommuner i Stockholms län, samt en meta skattning över alla inkluderade kommuner.

Avvikelse i sambanden under studerad nedstängningsperiod

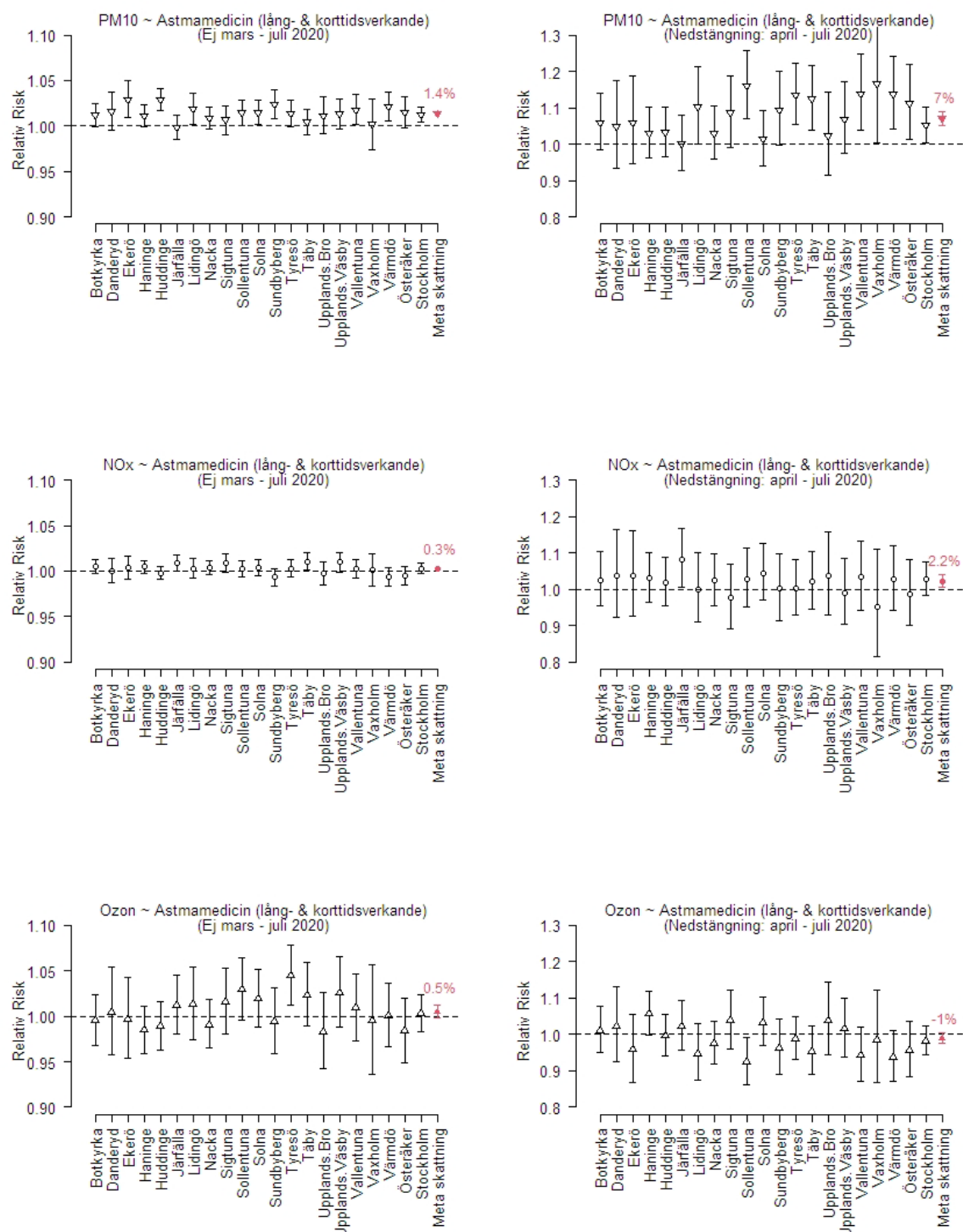
I de regressionsmodeller som syftade till att uppskatta effekter av luftkvalitet och astmamedicinuttag separerade på nedstängningsperioden april-juli 2020 och övrig period observerades större effekter per haltökning för PM10 och NO_x under nedstängningsperioden medan ozon inte visade några statistiskt säkerställda samband eller skillnader mellan perioderna (tabell 11). Av en ökning motsvarande kvartilavståndet (IQR) i halterna av PM10, (IQR beräknat under nedstängningsperioden), skattades 7,0 % fler uttag i metaskattningen över 21 kommuner och 5,2 % fler utköp i Stockholms kommun. Vid motsvarande beräkning på övrig period skattades en 1,4% ökning (metaskattning) och 1,2% ökning (Stockholms kommun) av en likvärdig ökning av PM10. Känslighetsanalyser visade dock på osäkerheter i skattningar gällande nedstängningsperioden, och kan exempelvis påverkats av att korrelationer mellan luftkvalitetparametrar varierar över årstider. Känslighetsanalyser gav även på liknande vis en högre riskökning för halten av PM10 under perioden april-juli även år 2018 (ej redovisade).

I figur 16 redovisas effekter av en IQR ökning av PM10, NO_x och ozon på antalet uttag av summan av astmamedicin (långtidsverkande + korttidsverkande) i alla inkluderande kommuner skattade under nedstängningsperioden och övrig period (där data över mars 2020 ej ingår i någon period).

Tabell 11. Relativa risker (med 95 % konfidensintervall) av en ökning av PM10, NO₂, och ozon motsvarande kvartilavståndet (IQR) i respektive förorening på antalet uttag av summan långtidssverkande & korttidsverkande astmamedicin i 21 kommuner i Stockholms län (metaskattning) samt Stockholms kommun, uppdelat på nedstängningsperioden (april-juli 2020) och övrig period. IQR är beräknad för april-juli 2020.

Område/period	Relativ risk PM10	Relativ risk NO _x	Relativ risk ozon
Period april-juni 2020			
Astmamedicin (Stockholms kommun)	1.052 (1.004-1.102)	1.028 (0.982-1.076)	0.982 (0.943-1.023)
Astmamedicin (metaskattning 21 kommuner)	1.070 (1.051-1.089)	1.022 (1.005-1.040)	0.990 (0.975-1.005)
Övrig period 2018-2021(t o m juni)			
Astmamedicin (Stockholms kommun)	1.012 (1.004-1.021)	1.003 (0.997-1.008)	1.004 (0.984-1.024)
Astmamedicin (metaskattning 21 kommuner)	1.014 (1.011-1.017)	1.003 (1.001-1.005)	1.005 (0.993-1.017)

Effekt av en IQR ökning av PM10-NOx-Ozon på antalet uttag av astmamedicin (nedstängningsperiod april-juli 2019 och övrig period)



Figur 16a-f. Relativa risker (med 95 % konfidensintervall) av en ökning av PM10, NO_x, och ozon motsvarande kvartilavståndet (IQR) i respektive förorening på antalet uttag av långtidsverkande astmamedicin i 21 kommuner i Stockholms län (och metaskattning) uppdelat på nedstängningsperioden (april-juli 2020) och övrig period. IQR är beräknad för april-juli 2020.

Diskussion

Effekter på luftkvalitet

NO_x och NO₂

Effekten på NO_x-halterna som berodde på minskad trafik varierar över Stockholmsområdet och över året. Den största effekten återfanns i innerstaden enligt beräkningsresultaten över StorStockholm och under vårperioden mars-juli. Under mars-juli kunde ungefär 1/3 av den totala minskningen av NO_x-halter eller 1/4 av minskningen av NO₂-halterna i urban bakgrund tillskrivas trafikminskningen. Även intransporten av luftföroreningar utifrån regionen minskade samt fordonsflottans generella utsläpp inom staden enligt utsläppsmodellens prognoser. Utöver detta var meteorologin gynnsam. Det finns dock osäkerheter i beräkningarna där analys jämfört med mätdata i urban bakgrund visar att modellen överskattar NO_x-halterna med ca 2 µg/m³ jämfört med uppmätta värden 2019–2020. Under mars-juli 2020 beräknades 28 % högre totalhalt jämfört med de uppmätta. En analys av effekten av upplösning i beräkningsmodellen visade att 100x100 m upplösning gav upphov till ca 2 µg/m³ högre halter jämfört med exakt samma indata och 250x250 m upplösning. Detta pekar på att det är mer relevant att utvärdera haltreduktionen snarare än förändringen i absoluta halter. En jämförelse av uppmätta och beräknade dygnsmedelhalter av NO_x ger ett R²-värde på 0,60 hela perioden 2019–2020. Om beräknat lokalt haltbidrag och den uppmätta differensen mellan NO_x i urban bakgrund och regional bakgrund jämförs blir R²-värdet 0,50.

Beräknade totala beräknade väderjusterade minskningen av NO₂ under mars-juli var 2,8 µg/m³ baserat på mätningarna på Södermalm. I Grange et al., (2021) som använt samma modell rapporteras beräknade minskningar på mellan 2 och 16 µg/m³ för olika städer i Europa. För ”Sweden”/”Urban background” var minskningen 1.5 µg/m³, men detta värde avser endast Göteborg på grund av att de saknade indata för Stockholm (Stuart Grange, 2021, personlig kommunikation med Christer Johansson). För Helsingfors beräknades 4.3 µg/m³ och som ett medelvärde för Oslo och Bergen beräknades 2.8 µg/m³, samt som ett medelvärde för Köpenhamn och Århus 4.2 µg/m³ lägre väderjusterade NO₂-halter för urban bakgrund.

PM₁₀

Beräkningarna visar att trafikminskningen under mars-juli 2020 haft en mycket liten inverkan på PM₁₀-halterna som helhet över Stockholmsområdet. Meteorologin hade likaså en liten effekt medan intransporten utifrån Stockholm var markant reducerad under mars-juli 2020 jämfört med samma period 2019. Däremot så presterar gaussmodellen desto sämre för PM₁₀ jämfört med beräkningarna av NO_x. PM₁₀ domineras av slitagepartiklar under vårperioden och som i sin tur påverkas kraftigt av fuktigheten på vägbanorna. Den uppmätta totala minskning av PM₁₀ i urban bakgrund var 4,0 µg/m³ varav ungefär 2,2 µg/m³ berodde på lokala förändringar. Av dessa 2,2 µg/m³ kunde gaussmodellen endast förklara 0,32 µg/m³ varav ungefär hälften tillskrevs trafikminskningen. Det innebär att majoriteten av den lokala minskningen har en okänd orsak och kan potentiellt ha berott på trafikminskningen. Beräknade halter var därmed underskattade jämfört med de uppmätta och osäkerheten i modellen förefaller bero mycket på svårigheten att fånga de höga halterna under vårtopparna vid torra vägbanor. Beräkningsmodellen kunde, i likhet med mätdata, påvisa att den procentuella haltförändringen mellan åren 2019–2020 varit avsevärt större under mars-juli än sett över hela året. En jämförelse av uppmätta och beräknade dygnsmedelhalter av PM₁₀ ger ett R²-värde på 0,67 som dock påverkas mer än NO_x av intransporten utifrån regionen, vilken hämtats från mätdata. Om beräknat lokalt haltbidrag och den uppmätta differensen mellan PM₁₀ urban bakgrund och regional bakgrund istället jämförs blir R²-värdet endast 0,24.

Ozon och Ox (ozon plus NO₂)

Den väderjusterade ökningen av ozonhalten förefaller hög, men ligger i nivå med motsvarande beräkningar av Grange et al. (2021) för Göteborg och Danmark. Den genomsnittliga väderjusterade ökningen av ozon och Ox halten för urban bakgrund i centrala Stockholm är 8.4 µg/m³ respektive 2.7 ppbv för 2020 jämfört med 2019. Motsvarande värden för centrala Göteborg är enligt Grange et al. (2021) 6.5 µg/m³ respektive 0.6 ppbv och medelvärde för Köpenhamn och Århus var 7.6 µg/m³ för ozon och 3.1 ppbv för Ox. Inga data rapporteras för Finland, men för Oslo plus Bergen rapporterar Grange et al (2021) en ökad Ox halt på 0.9 ppbv.

Hälsokonsekvensberäkning

Halterna av bilavgaser indikerat med NO_x och NO₂ var under den initiala nedstängningen mest avvikande från åren innan under mars-april 2020. 2019 var medelvärde 12,8 µg/m³ och 2020 motsvarande tid 9,1 µg/m³. Vädret var dock gynnsamt och NO_x-halten i urban bakgrund centralt i Stockholm uppskattas ha minskat bara med cirka 7 % tack vare den lokala trafikminskningen.

NO_x är en bra indikator på trafikens föroreningar, särskilt avgaser, men epidemiologiska samband är dock mer ofta beskrivna för NO₂. Utifrån bedömningen att 80% av NO_x påverkar NO₂-halten beräknas minskningen av NO₂-halten i urban bakgrundsluft under den inledande nedstängningsperioden ha varit drygt 0,7 µg/m³ centralt i staden, och för hela befolkningen i 9 kommuner i Storstockholm i genomsnitt knappt 0,6 µg/m³. Denna beräknade reduktion av halten till följd av minskad trafik under den mest påverkade perioden är betydligt mindre än vad som förväntats utifrån rapportering i nyhetsmedia och även vetenskapliga artiklar som överskattat vilken betydelse själva trafikminskningen haft för lägre uppmätta halter i början av 2020.

Den modesta haltminskning som minskad trafik lokalt gav upphov till, beräknades under en 5-månadersperiod leda till cirka 2 dödsfall färre till följd av exponeringens korttidseffekter. Ser man till den totala avvikelserna i väderjusterad halt av NO₂, 2,8 µg/m³, skulle dock minskningen vara ungefär fyra gånger större. Hade minskningen av lokal trafik varit i genomsnitt lika stor i ett år skulle cirka 5 dödsfall färre ha inträffat på grund av korttidseffekten, men om en sådan minskning bestått i flera år beräknas den minskade långtidsexponeringen efter några år leda till cirka 14 färre döda per år, om man ser till den totala avvikelserna i väderjusterad halt av NO₂ ännu större.

Även om den minskade korttidsexponeringens betydelse för reduktion av antal akuta fall av hjärt-kärl- och lungsjukdom också har beräknats, så vore de totala effekterna även av denna modesta minskning av exponeringen mer omfattande än vad som redovisats. Dels finns fler hälsoutfall än de inkluderade som påverkas av NO₂-halten, fast med mindre väl etablerade exponerings-responssamband. Dels medförde minskad trafik även en minskning av andra luftföroreningar, t ex avgas- och slitagepartiklar, men även av trafikbuller.

Å andra sidan beräknas ökade hälsoeffekter till följd av den ökade ozonexponeringen när främst avgasutsläppen minskade under nedstängningen. Beräknat ökade hälsokonsekvenser av den väderjusterade förändringen av ozonhalten centralt i Stockholm under mars-juli överstiger minskningen till följd av lägre väderjusterad NO₂-halt för korttidseffekten på dagligt antal dödsfall (–8 mot +15 fall) samt akutbesök och sjukhusinläggningar för andningsorganen (+167 mot –97 fall). Det bedöms dock inte visat att det finns någon långtidseffekt av ozon på mortaliteten, och någon korttidseffekt av ozon på dagligt antal inläggningar för ischemisk hjärtsjukdom är heller inte styrkt.

Epidemiologisk studie

Pandemin medförde dels mindre trafik och ändrade exponeringsförhållanden, dels en minskad tillströmning av patienter till sjukvården för annat än covid-19. Både lägre föroreningshalter och rädslan att bli smittad av viruset vid kontakter med vården bedöms kunna ha varit orsaker till minskat antalet patienter som sökt sjukhusvård för akuta astmaproblem i Aten (Sigala et al, 2021).

Ökningen av läkemedelsuttag i Stockholmsområdet vid inledningen av nedstängningen som indikerande en hamstringsvåg, var tydligare för uttag av astmaläkemedel än för uttag av blodtrycksmedicin under mars 2019. Antalet utköp av astmamediciner var förhöjt även i april 2020, medan detta till synes kompenseras under maj för att återgå till förväntad nivå under juni-juli (figur 11). Halterna av kvävedioxid och PM₁₀ var både under april och maj 2020 lägre än tidigare år (figur 12), vilket tyder på att halterna spelat en underordnad roll för det generella mönstret och månadsvisa försäljningen av astmaläkemedel.

Trots hamstringsmönstret med efterföljande svacka i utköpen under maj och lägre halter av NO_x och PM₁₀, finns sammantaget även under nedstängningsperioden en statistiskt säkerställd effekt av PM₁₀ och NO_x (figur 16, tabell 10).

Om relativa riskökningen per 10 µg/m³ jämförs mellan nedstängningsperioden och övrig studieperiod kan konstateras att relativa riskökningen är högre under nedstängningsperioden april-juli 2020. En tänkbar förklaring skulle kunna vara att befolkningen dygn för dygn haft ett mindre varierande vistelse- och aktivitetsmönster, exempelvis gjort få resor från området, vilket minskar metodproblem som felklassificering av exponering för att man fanns på annan plats.

En annan möjlighet är att astmatikers följsamhet till föreskriven behandling ökade ner risken att bli svårt sjuk framkom i samband med nedstängningen, vilket har visats av forskare i USA (Kaye et al, 2020). Detta skulle kunna innebära att när höjda föroreningshalter gav en ökning av symtom, så gav detta en starkare effekt än vanligt på användningen av astmamediciner, vilket resulterade i ett starkare samband med uttag av astmaläkemedel.

Dock visade känslighetsanalyser på liknande ökning av relativa risker under perioden april-juli år 2018 vilket talar för att sambanden mellan luftkvalitet och astmamedicinuttag också kan ha ett säsongsberoende.

I en tidigare rapport från den hälsorelaterade miljöövervakningen (Tornevi & Forsberg, 2019), användes för första gången uppgifter om antal uttag av astmamedicin per dygn för åren 2013-2018 i relation till uppmätta variationer i luftföroreningshalterna. Efter justering för bl a temperatur, luftfuktighet och björkpollenhalt konstaterades i den analysen att uttag av två typer av astmaläkemedel hade ett signifikant samband med kvävedioxid, där den största ökningen av uttag observerades i analyser på gruppen barn 0-17 år. För barn 0-17 år i Stockholm associerades en ökning av NO₂ på 10 µg/m³ som medelvärde för dagens och gårdagens halt med en ökning av uttag med 5,5% (95% KI: 2,2-8,9%), men sambandet var tydligt för alla åldrar och statistiskt signifikant även totalt.

Vid uttag av data för denna analys av perioden 2018 - juni 2021 medgavs ej uppdelning på både hemkommun och ålder på dygnsnivå, varför resultaten inte kunnat tas fram med åldersuppdelning, däremot kommunvis för att kunna analyseras med geografiskt upplösta halter. Årsmedelhalten av NO₂ vid mätstationen för urban bakgrundsluft vid Torkel Knutssonsgatan i Stockholm har nära halverats 2020 jämfört med 2013, vilket kan vara en anledning till att korttidsfluktuationer i PM₁₀ i denna studie visar det tydligaste sambandet till uttag av astmaläkemedel både under nedstängningsperioden, övrig period och totalt, även om också NO_x hade ett signifikant samband till dagligt antal uttag av något astmaläkemedel.

Referenser

de Bont J, Jaganathan S, Dahlquist M, Persson Å, Stafoggia M, Ljungman P. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *J Intern Med*. 2022 Feb 9. doi: 10.1111/joim.13467. Epub ahead of print. PMID: 35138681.

Denby, B.R.; Sundvor, I.; Johansson, C.; Pirjola, L.; Ketzel, M.; Norman, M.; Kupiainen, K.; Gustafsson, M.; Blomqvist, G.; Omstedt, G. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling. *Atmos. Environ.* 2013, 77, 283–300.

Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzel, M., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Kauhaniemi, M., Omstedt, G. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 2: surface moisture and salt impact modelling. *Atmos. Environ.* 2013, 81, 485–503.

Eneroth, K.; Johansson, C.; Bellander, T. EXPOSURE—Comparison between Measurements and Calculations Based on Exposure Modelling; SLB-analys, Box 8136, 104 20 Stockholm, Sweden, 2006, Available online: http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/lvf2006_012.pdf.

Grange S K, Lee J D, Drysdale WS, Lewis AC, Hueglin C, Emmenegger L, Carslaw DC. COVID-19 lockdowns highlight a risk of increasing ozone pollution in European urban areas, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 4169–4185, <https://doi.org/10.5194/acp-21-4169-2021>, 2021.

Héroux ME, Anderson HR, Atkinson R, Brunekreef B, Cohen A, Forastiere F, Hurley F, Katsouyanni K, Krewski D, Krzyzanowski M, Künzli N, Mills I, Querol X, Ostro B, Walton H. Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project. *Int J Public Health*. 2015 Jul;60(5):619-27.

Huangfu P, Atkinson R. Long-term exposure to NO₂ and O₃ and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2020 Nov;144:105998.

IVL (2018). Gustafsson M, Lindén J, Tang L, Forsberg B, Orru H, Sjöberg K, Åström S. Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts. IVL Report C317.

Johansson C, Burman L, Forsberg B. The effects of congestion tax on air quality and health. *Atmos. Environ* 2009;43:4843-4854.

Johansson C, Lövenheim B, Schantz P, Wahlgren L, Almström P, Markstedt A, Strömgren M, Forsberg B, Sommar JN. Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle. *Sci Total Environ*. 2017;584-585:55-63.

Kaye L, Theye B, Smeenk I, Gondalia R, Barrett MA, Stempel DA. Changes in medication adherence among patients with asthma and COPD during the COVID-19 pandemic. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2020;8(7):2384-2385.

Mesnier J, Cottin Y, Coste P, Ferrari E, Schiele F, Lemesle G, Thuairé C, Angoulvant D, Cayla G, Bouleti C, Gallet de Saint Aurin R, Goube P, Lhermusier T, Dillinger JG, Paganelli F, Saib A, Prunier F, Vanzetto G, Dubreuil O, Puymirat E, Boccara F, Eltchaninoff H, Cachanado M, Rousseau A, Drouet E, Steg PG, Simon T, Danchin N. Hospital admissions for acute myocardial infarction before and after lockdown according to regional prevalence of COVID-19 and patient profile in France: a registry study. *Lancet Public Health*. 2020 Sep 18. doi: 10.1016/S2468-2667(20)30188-2.

Niu Z, Liu F, Yu H, Wu S, Xiang H. Association between exposure to ambient air pollution and hospital admission, incidence, and mortality of stroke: an updated systematic review and meta-analysis of more than 23 million participants. *Environ*

Health Prev Med. 2021 Jan 26;26(1):15. doi: 10.1186/s12199-021-00937-1. PMID: 33499804; PMCID: PMC7839211.

Olstrup H, Johansson C, Forsberg B, Åström C. Association between Mortality and Short-Term Exposure to Particles, Ozone and Nitrogen Dioxide in Stockholm, Sweden. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;21;16(6).

Orellano P, Reynoso J, Quaranta N, Bardach A, Ciapponi A. Short-term exposure to particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), nitrogen dioxide (NO₂), and ozone (O₃) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2020 Sep;142:105876. doi: 10.1016/j.envint.2020.105876.

Orru H, Lövenheim B, Johansson C, Forsberg B. Potential health impacts of changes in air pollution exposure associated with moving traffic into a road tunnel. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2015;25(5):524-31.

Pranata R, Vania R, Tondas AE, Setianto B, Santoso A. A time-to-event analysis on air pollutants with the risk of cardiovascular disease and mortality: A systematic review and meta-analysis of 84 cohort studies. *J Evid Based Med*. 2020 May;13(2):102-115. doi: 10.1111/jebm.12380. Epub 2020 Mar 13. PMID: 32167232.

Romberg E., Börsinger R., Lohmeyer A., R., Ruhnke, R., Röth, R. 1996: NO-NO₂-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. – Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56, 215–218.)

Schneider R, Masselot P, Vicedo-Cabrera AM, Sera F, Blangiardo M, Forlani C, Douros J, Jorba O, Adani M, Kouznetsov R, Couvidat F, Arteta J, Raux B, Guevara M, Colette A, Barré J, Peuch VH, Gasparrini A. Differential impact of government lockdown policies on reducing air pollution levels and related mortality in Europe. *Sci Rep*. 2022 Jan 26;12(1):726. doi: 10.1038/s41598-021-04277-6. PMID: 35082316; PMCID: PMC8791935.

Segersson D, Eneroth K, Gidhagen L, Johansson C, Omstedt G, Nylén AE, Forsberg B. Health Impact of PM₁₀, PM_{2.5} and Black Carbon Exposure Due to Different Source Sectors in Stockholm, Gothenburg and Umea, Sweden. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14(7).

Segersson D, Johansson C, Forsberg B. Near-Source Risk Functions for Particulate Matter Are Critical When Assessing the Health Benefits of Local Abatement Strategies. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(13).

Sigala I, Giannakas T, Giannakoulis VG, Zervas E, Brinia A, Gianiou N, Asimakos A, Dima E, Kalomenidis I, Katsaounou P. Effect of COVID-19-Related Lockdown on Hospital Admissions for Asthma and COPD Exacerbations: Associations with Air Pollution and Patient Characteristics. *J Pers Med*. 2021 Aug 30;11(9):867.

Sokhi RS, Singh V, Querol X, Finardi S, Targino AC, Andrade MF, Pavlovic R, Garland RM, Massagué J, Kong S, Baklanov A, Ren L, Tarasova O, Carmichael G, Peuch VH, Anand V, Arbilla G, Badali K, Beig G, Belalcazar LC, Bolignano A, Brimblecombe P, Camacho P, Casallas A, Charland JP, Choi J, Chourdakis E, Coll I, Collins M, Cyrus J, da Silva CM, Di Giosa AD, Di Leo A, Ferro C, Gavidia-Calderon M, Gayen A, Ginzburg A, Godefroy F, Gonzalez YA, Guevara-Luna M, Haque SM, Havenga H, Herod D, Hörrak U, Hussein T, Ibarra S, Jaimes M, Kaasik M, Khaiwal R, Kim J, Kousa A, Kukkonen J, Kulmala M, Kuula J, La Violette N, Lanzani G, Liu X, MacDougall S, Manseau PM, Marchegiani G, McDonald B, Mishra SV, Molina LT, Mooibroek D, Mor S, Moussopoulos N, Murena F, Niemi JV, Noe S, Nogueira T, Norman M, Pérez-Camaño JL, Petäjä T, Piketh S, Rathod A, Reid K, Retama A, Rivera O, Rojas NY, Rojas-Quincho JP, San José R, Sánchez O, Seguel RJ, Sillanpää S, Su Y, Tapper N, Terrazas A, Timonen H, Toscano D, Tsegas G, Velders GJM, Vlachokostas C, von Schneidmesser E, Vpm R, Yadav R, Zalakeviciute R, Zavala M. A global observational analysis to understand changes in air quality during exceptionally low anthropogenic emission conditions. *Environ Int*. 2021

Dec;157:106818. doi: 10.1016/j.envint.2021.106818. Epub 2021 Aug 20. PMID: 34425482.

Stieb DM, Zheng C, Salama D, Berjawi R, Emode M, Hocking R, Lyrette N, Matz C, Lavigne E, Shin HH. Systematic review and meta-analysis of case-crossover and time-series studies of short term outdoor nitrogen dioxide exposure and ischemic heart disease morbidity. *Environ Health*. 2020 May 1;19(1):47.

Strömgren M, Schantz P, Sommar J, Raza W, Markstedt A, Forsberg B. Modeling commuter modal shift from car trips to cycling: Scenario construction and outcomes for Stockholm, Sweden. *Journal of Transport Geography* 2020;(86):102740.

Tornevi A, Forsberg B. Luftföroreningars effekt på akutbesök för andningsorganen och uttag av astmamedicin – Rapport till Naturvårdsverket. Folkhälsa och klinisk medicin i Umeå rapporter Nr2/2019 (ISSN-nr 2003-3281).

Trafikverket (2021). Forsberg B, Lövenheim B, Sommar J N, Kriit H, Strömgren M, Johansson C. Bättre metoder att beskriva hälsovinster av minskad luftföroreningsexponering från vägtrafik. TRV 2021:253

Zheng XY, Orellano P, Lin HL, Jiang M, Guan WJ. Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2021 May;150:106435. doi: 10.1016/j.envint.2021.106435.

Zheng XY, Ding H, Jiang LN, Chen SW, Zheng JP, Qiu M, Zhou YX, Chen Q, Guan WJ. Association between Air Pollutants and Asthma Emergency Room Visits and Hospital Admissions in Time Series Studies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2015 Sep 18;10(9):e0138146.



UMEÅ UNIVERSITET

Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin | 901 87 Umeå | 090 786 50 00 | umu.se