

Hur god är luftkvaliteten för dem som går eller cyklar till jobbet i Stockholm?



Emma Engström, Folksams forskningsavdelning
11e januari 2019

emma.engstrom@folksam.se

Folksam

Sammanfattning

- I den här studien mättes nivån av luftföroreningar från vägtrafik via indikatorn NO₂ i den luft som aktiva pendlare exponerats för i Stockholm under maj 2018. Undersökningen omfattade totalt 336 pendlingsresor om totalt 196 timmar, fördelat över 19 sträckor med i snitt 18 resor för varje. Mätosäkerheten var 10%.
- Resultatet varierade från 48 µg NO₂/m³ (Gustavsberg- Skanstull) till 105 µg NO₂/m³ (Aspudden-Skanstull) och den genomsnittliga koncentrationen var 67 µg NO₂/m³.
- Detta indikerade att det var avsevärt högre nivåer av luftföroreningar från vägtrafik som cyklister och gångpendlare i rusningstrafik inandades jämfört med bakgrundsluften i Stockholm Stad (12 µg NO₂/m³) – i snitt sex gånger högre. Under en arbetsvecka innebär det här uppskattningsvis att inhalerad mängd NO₂ ökar med en tredjedel för de aktiva pendlarna.
- Detta medför en ökad risk för förtida död om cirka 3% bland de aktiva pendlarna jämfört med om pendlingen hade skett i områden med bakgrundsluft, efter beräkningar med tidigare epidemiologiska studier som underlag.
- Slutsatsen är att gång- och cykelpendling i Stockholm i praktiken ofta sker nära motortrafik, på vägar som har relativt höga nivåer av luftföroreningar från vägtrafik. Det finns därför goda skäl relaterade till luftkvalitet under rusningstrafik att utforma Stockholm annorlunda än idag – via t.ex. beteende, infrastruktur eller styrmedel.

1. Introduktion

Det globala målet om god hälsa i Agenda 2030 har delmålet att antalet som dör i förtid av luftföroreningar ska minska (3.9). I EU är luftföroreningar den viktigaste miljömässiga orsaken till förtida död (Europeiska Kommissionen, 2017). Luftföroreningar i form av partiklar, NO₂ och ozon står för 400 000 förtida dödsfall per år varav 70 000 är direkt kopplade till NO₂ i EU (Europeiska Kommissionen, 2017). De medför ökad risk för hjärt- och kärlsjukdom samt sjukdomar i luftvägar (Folkhälsomyndigheten, 2017). Tidigare studier har även funnit en association mellan lungcancer och lång tids exponering av luftföroreningar från vägtrafik (NO₂) (Nyberg m. fl., 2000), samt samband mellan NO₂ och astmabesvär (Hurkmans, 2017). Allergiker som utsätts för luftföroreningar kan även reagera starkare på inandad allergen.

I Sverige orsakar luftföroreningar att medellivslängden förkortas med omkring sex månader (Folkhälsomyndigheten, 2017). Tidigare studier har även estimerat att tusen personer i Stockholms län dör i förtid per år på grund av luftföroreningar (Lövenheim, 2017). Känsliga grupper är äldre och barn, samt personer med astma, KOL eller hjärt- och kärlsjukdomar. Luftföroreningar leder även till förlorade arbetsdagar och stora sjukvårdskostnader (Europeiska Kommissionen, 2017).

Globalt är källorna främst trafik, industri och uppvärmning (Folkhälsomyndigheten, 2017). I Sverige är NO₂, inandningsbara partiklar, marknära ozon och vissa kolväten de luftföroreningar som är skadligast för hälsan (Naturvårdsverket, 2018a). I tätbebyggda områden är vägtrafiken är den viktigaste lokala källan (Folkhälsomyndigheten, 2017). NO₂ är en av de luftföroreningar som har de högsta nivåerna i relation till miljökvalitetsnormerna (SLB-analys, 2018a). NO₂ används även som indikator för andra luftföroreningar från motoravgaser (Lövenheim, 2017). Enligt Folkhälsomyndigheten (2017) är partiklar den luftförorening som har störst påverkan på hälsa i svenska tätorter.

Aktiv pendling via cykling och gång bidrar på många sätt till FN:s globala mål om god hälsa (3), hållbara städer (11) och minskade klimatutsläpp (13). Det innebär daglig motion och det utgör ett yteffektivt och ekonomiskt sätt att resa, utan negativa externaliteter som klimatpåverkan, buller eller luftföroreningar. Det är en motionsform som särskilt passar personer som inte ägnar sig åt organiserad och intensiv idrott, eftersom det är billigt och lätt blir en vana (Stigell, 2011). De flesta som går till arbetet är fysiskt aktiva minst 150 minuter per vecka, vilket är Världshälsoorganisationens rekommendation (Stigell, 2011). Aktiv pendling kräver förhållandevis mindre mängd infrastruktur än biltrafik (Trafikverket, 2016). Hållbara städer med hållbara transportsystem förutsätter således goda förutsättningar för cyklister och fotgängare.

I Sverige är fyra av fem bilresor i tätort under tre till fyra kilometer (Naturskyddsföreningen, 2018). För att nå Sveriges miljökvalitetsmål finns etappmålet att andelen gång-, cykel- och kollektivtrafik i termer av personkilometer ska vara minst 25% 2025 (Naturvårdsverket, 2018a). Sverige har sedan 2017 en nationell cykelstrategi för ökad och säker cykling (Sveriges Regering, 2017a). År 2015 skedde cirka 25% av resorna bland personer i åldrarna 16–74 år med gång och cykel i Stockholms län (Bastian och Börjesson, 2018). De senaste tio åren har antalet cykelpassager ökat med 74% i innerstadssnittet (Stockholm stad, 2018).

Cykeltrafiken är som mest intensiv samtidigt som biltrafiken är det, och cykeln är tidsmässigt ett konkurrenskraftigt färdmedel, vilket innebär möjligheter att minska trängseln via ökad cykling (Stockholm Stad, 2018). I Stockholms län har cirka en av tre bilpendlare en cykelresa på mindre än 30 minuter till arbetet (Johansson m. fl., 2017). Detta tyder på en stor potential för ökad aktiv pendling. I Stockholms Cykelplan är målet att 15% av alla resor i högtrafik ska ske med cykel 2030 (Stockholm Stad, 2018). Det är dock inte givet att Stockholm stads mål om ökad cykelpendling och det globala målet om minskade hälsorisker relaterade till luftföroreningar är förenliga ur pendlarens perspektiv.

Tidigare studier i området innefattar framtagandet av luftföroreningskartor som baseras på mätningar vid specifika stationer samt interpolering på bas av trafikmodeller (SLB-analys, 2018b). Halkartorna är dock översiktliga och nivåerna i vissa områden är underskattade, bland annat vid tunnelmynningar. Luftomblandningen påverkas exempelvis av topografiska förhållanden och byggnaders utformning (SLB-analys, 2018b). Dessutom ger inte halkartorna information om vilka doser som inandas av personer som rör sig i rummet, såsom pendlare.

I denna studie var utgångspunkten pendlarnas. Med ett unikt tillvägagångssätt mättes deras egen inandningsluft, istället för luften vid några få platser som är gängse. Metoden var motiverad eftersom gång- och cykelpendlare ofta befinner sig mycket nära vägtrafiken vid tidpunkter då den är som mest intensiv. Dessutom filtreras inte luften som cyklisterna och fotgängarna andas, vilket ofta är fallet för bilister. De aktiva pendlarna andas dessutom relativt ofta på grund av den fysiska ansträngningen. Antalet personer som direkt berörs av den här studien är de cirka 180 000 personer (Johansson m. fl. 2017) som gång- eller cykelpendlar i Stockholms län (Tabell 1).

Tabell 1. Pendlare i Stockholms Län per färdmedel, med data från Johansson m. fl. (2017)

Färdmedel	Antal (%)
Cykel	53 206 (6%)
Bil (förare och passagerare)	387 911 (42%)
Kollektivtrafik	352 412 (38%)
Gång	130 441 (14%)
Totalt	923 970

I studien undersöktes frågeställningarna:

- Vilka nivåer av luftföroreningar från vägtrafik (i form av NO₂) exponeras de som arbetspendlar via cykling och gång för i Stockholm och hur mycket varierar nivåerna med olika vägsträckor?
- Hur förhåller sig de uppmätta nivåerna till bakgrunds nivåer (eller årsmedelvärden) i Stockholm Stad?
- Vad säger resultaten om hälsorisker relaterade till luftföroreningar för aktiva pendlare i Stockholm med publicerad vetenskaplig litteratur som underlag?

2. Metod

2.1. Provtagning

De medverkande rekryterades genom frivillig anmälan efter en intern rekryteringskampanj på Folksams huvudkontor vid Skanstull i Stockholm. De första som hörde av sig rekryterades, dock togs viss hänsyn till färdväg för att olika sträckor skulle inkluderas; om en färdväg redan fanns representerad gick frågan vidare till nästa intressent. Pendlingsresor om minst 20 minuter i en riktning inkluderades. Provtagningarna genomfördes under en månad, från den 27e april till och med 30e maj 2018. Perioden var relativt varm, med temperaturer vid tiden för pendling som generellt låg i intervallet 15-25°C, med mycket lite nederbörd. I Stockholm var medeltemperaturen under maj månad 16°C (SMHI, 2018). Ingen provtagning skedde vid regn.

Totalt ingick 19 personer i studien, varav 14 cyklister och 5 gångtrafikanter, som alla arbetade på Folksams kontor i Stockholm. Alla medverkande rörde sig därför till och från Skanstull. Alla medverkande pendlade nära motortrafik under minst en del av sträckan. Pendlingsresorna innefattade Stockholms innerstad samt närförorter i Söderort, Västerort samt Norrort (Tabell 2). De medverkande bar provtagarna till och från arbetet så ofta det var möjligt i tidsintervallet.

Diffusiva provtagare användes för att mäta nivåerna av NO₂ i luften. Dessa fungerar så att gasmolekylernas termiska rörelse gör att de kan adsorberas på en fast sorbent i provtagaren (IVL, 2018a). Mätosäkerheten var 10%, detektionsgränsen var 0,1 och kvantifieringsgränsen var 0,3 µg/m³ (IVL, 2018b). Provtagarna analyserades efter provtagning av IVL Svenska Miljöinstitutet AB, som är ett ackrediterat laboratorium.

De medverkande bar en brosch med två provtagare på utanpå ytterkläderna i brösthöjd. Diffusionsprovtagarna var 25 mm i diameter och 12 mm höga och de fästes i par med filtren nedåt på varje brosch. Broschen sattes fast utomhus när arbetspendlingsresan började, typiskt när cykeln låstes upp, och den avlägsnades när resan avslutades, typiskt när cykeln låstes. Övrig tid förvarades broschen och provtagarna i en luft- och vattentät plastburk om 150 ml. I burken låg då även två tätt förslutna plastcylindrar om 38ml var för att minska effekten av den omgivande luften vid tillfället då broschen lades i plastburken. Plastburkarna förvarades sedan i en necessär som skyddade mot ljus.

Vid varje resa registrerades start- och stopptid med noggrannheten +/-5 minuter, samt temperatur med noggrannheten +/-5°C. Antalet provtagningar per individ varierade mellan 8 och 29. Totalt provtogs luften vid 336 pendlingsresor som varade från 20 till 76 minuter (Tabell 2). Resorna skedde vid tider som är vanliga för arbetspendling i Stockholm: resorna till arbetet påbörjades generellt i intervallet från 06.30 till 08:30 och resorna hem påbörjades typiskt i intervallet från klockan 15:30 till 18:00.

Tabell 2. De undersökta pendlingsresorna, där C är resor med cykel och G är resor till fots.

Sträcka	Antal resor	Restid i snitt [min]	Total tid	Beskrivning
A_Bromma (C)	21	27	9h 35min	Nära höga trafikflöden vid väg 275, Tranebergsbron, Västerbron, Hornsgatan och Ringvägen
B_Östermalm (C)	22	24	8h 53min	Hela resan skedde centralt, till stor del i områden med relativt låga flöden på Östermalm, samt en bit på Götgatan som är relativt trafikerad
C_Gustavsberg (C)	22	55	20h 30min	Stor andel av vägen längs Värmdövägen som har relativt långa trafiknivåer
D_Hökarängen (C)	29	30	14h 41min	Stor andel av vägen längs väg 73 som är intensivt trafikerad, dock innanför bullerplank
E_Stuvsta (C)	26	31	13h 43min	Nära väg 226 som är relativt trafikerad en stor del av vägen
F_Hammarby Sjöstad (G)	13	28	6h 15min	I Hammarby allé, på en sträcka nära bilväg som är mindre trafikerad än stadsmotorvägar
G_Hässelby Villastad	18	51	15h 20min	Stor andel längs väg 275 som är relativt intensivt trafikerad, men har mindre trafik än stadsmotorvägar
H_Ålsten (G, springning)	8	76	10h 10min	En delsträcka längs den hårt trafikerade motorvägen Essingeleden men även en delsträcka i ett parkområde längs vattnet
I_Hornsgatan (G)	8	31	4h 10min	Hela resan skedde centralt, på gator som var relativt intensivt trafikerade, Götgatan och Hornsgatan
J_Thorildsplan (G)	19	59	18h 55min	Sträcka nära trafik i city, Hantverkargatan och Götgatan, samt Gamla Stan
K_Gärdet (C)	15	27	6h 59min	Hela resan skedde centralt, till stor del i områden med relativt låga flöden, på Gärdet och Östermalm
L_Londonviadukten (G)	13	20	4h 21min	Hela resan centralt på Södermalm på gator som relativt lågt trafikerade

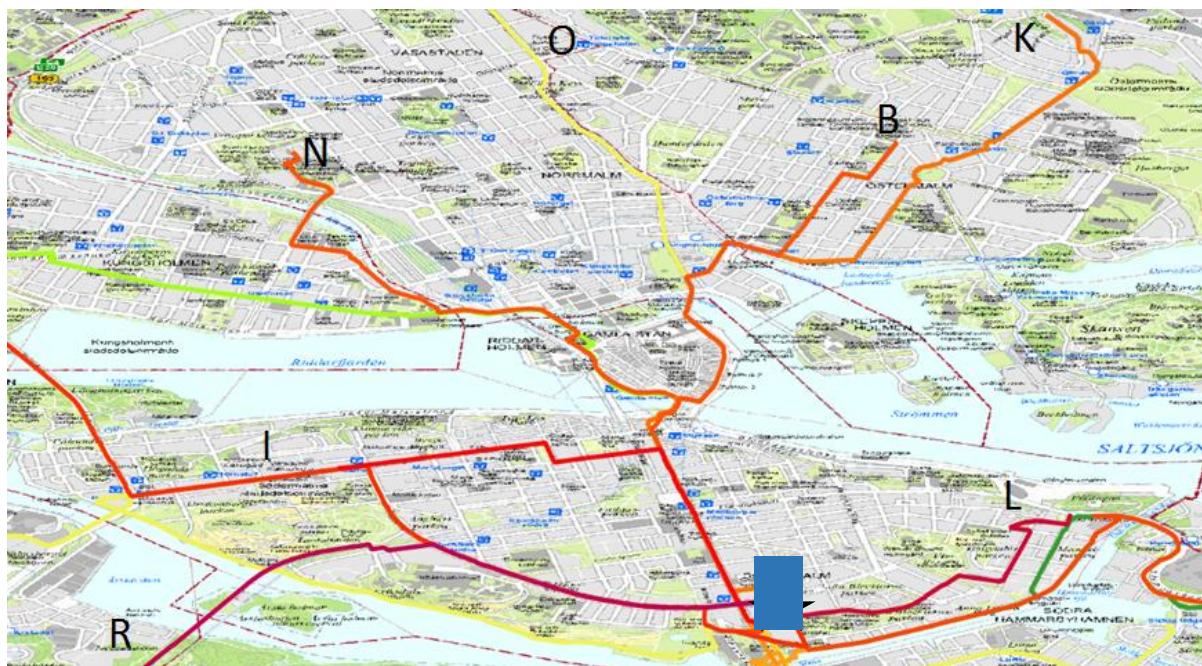
M_Abrahamsberg (C)	22	30	11h 1min	Nära relativt höga trafikflöden vid väg 275, samt Tranebergsbron, Västerbron, Hornsgatan och Ringvägen
N_Vasaparken (C)	22	25	9 h 23 min	Hela resan centralt, nära relativt trafikerade vägar i city, Fleminggatan och Munkbroleden
O_Sollentuna (C)	11	54	10 h	Cykelväg nära motorvägen E18 och sedan genom city
P_Fisksätra (C)	14	32	7h 36 min	Stor andel längs Värmdövägen och Saltsjöbadsvägen som har relativt låga flöden
Q_Sköndal (C)	22	30	11 h	Stor andel av vägen längs väg 73 som är relativt trafikerad, dock cykling bakom bullerplank
R_Aspudden (C)	12	21	4 h 20 min	Sträcka vid Hägerstensvägen, Hornsgatan och Ringvägen som är relativt hårt trafikerade
S_Älvsjö (C)	19	31	9 h 50 min	Nära väg 226 som är relativt trafikerad hela vägen
Summa	336	-	196 h 42 min	

3. Resultat och diskussion

För de 19 medverkande pendlarna var koncentrationen i genomsnitt $67 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ luft, med 95%-konfidsensintervall (KI): $61\text{--}74 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (Figur 1 och Tabell 3). Sträckan med lägst medelkoncentration var C_Gustavsberg–Skanstull ($48 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) och sträckan med högst medelkoncentration var R_Aspudden–Skanstull ($105 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) (Figur 1). För de fem medverkande som enbart rörde sig innanför tullarna (sträckorna B, I, K, L, N) var koncentrationen i genomsnitt $78 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (95%-KI: $69\text{--}87 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) (Figur 2) och för övriga medverkande var den $60 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (95%-KI: $55\text{--}65 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$).



Figur 1. De provtagna sträckorna bokstaverade enligt Tabell 2 med uppmätta nivåer indikerat i färg, där grönt motsvarar $48\text{--}53 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (C, E, J); gult motsvarar $54\text{--}55 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (F, G, H, O); ljus orange motsvarar $60\text{--}70 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (A, D, K, S, Q); mörkt orange motsvarar $71\text{--}84 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (B, M, N, P); rött visar nivåer om $85\text{--}100 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (I, L); och lilarött visar nivåer över $100 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (R). Den blå rutan visar platsen för Folksam:s kontor som alla pendlade till.



Figur 2. Centrala sträckor (B, I, K, L och N) och färger enligt Figur 1.

3.1. De aktiva pendlarnas exponering i relation till bakgrunds nivåer i Stockholm

Resultatet att den genomsnittliga halten var $67 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ innebär att koncentrationen av NO_2 i luften som de aktiva pendlarna inandades var 7,4 gånger högre än årsmedel exponeringen i Stockholms län och 5,6 gånger högre än årsmedel exponeringen (tillika bakgrunds nivåerna) i Stockholm Stad. Den befolkningsviktade årsmedel exponeringen av NO_2 var $9,1 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ i Stockholms län och $12,1 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ i Stockholm Stad, beräknat utifrån utomhushalten vid bostaden (Lövenheim, 2017). Det senare stämmer väl överens med det uppmätta treårsmedelvärdet (2014-2016) om $12,2 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ på den urbana bakgrundsstationen på Torkel Knutssonsgatan i Södermalm i centrala Stockholm (placerad 20 m ovan mark) (Lövenheim, 2017). Utomhushalten vid bostaden används generellt i epidemiologiska studier för att estimerar genomsnittlig exponering per individ (Lövenheim, 2017).

Luftföroreningskartor i Stockholm stad (SLB-analys, 2018b) indikerar att luften generellt är renare längre från motortrafik. Figur 3 visar dygnsmedelkoncentrationen av NO_2 under det 8:e värsta dygnet 2015 (SLB-analys, 2018b), där det framgår att områden med lite trafik, såsom gång- och cykelvägen längs Årstaviken på södra Södermalm (dygnsmedelkoncentrationen om $24\text{-}30 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$), hade mycket lägre nivåer än närliggande bilvägar, såsom Hornsgatan med motsvarande värden om $> 60 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (Figur 2). Detta indikerar att exponering troligen hade varit lägre om pendlingen till större del hade skett genom grönområden.

Tabell 3. Uppmätta koncentrationer av NO₂. Mätosäkerheten var 10%. *Värdet gäller en arbetsvecka. C är resor med cykel och G är resor till fots.

Sträcka	Medel- restid [min]	Pendlingens andel av en vecka	Uppmätt genomsnittlig NO ₂ [µg/m ³]	Jmf årsmedel- exponering i staden	Pendlingens andel av total NO ₂ inhaled*
A_Bromma (C)	27	2,7%	66,3	5,5	31%
B_Östermalm (C)	24	2,4%	73,3	6,1	31%
C_Gustavsberg (C)	55	5,5%	48,4	4,0	41%
D_Hökarängen (C)	30	3,0%	59,6	4,9	31%
E_Stuvsta (C)	31	3,1%	51,4	4,3	29%
F_Hammarby Sjöstad (G)	28	2,9%	53,6	4,4	28%
G_Hässelby Villastad (C)	51	5,1%	54,2	4,5	42%
H_Ålsten (G, sprang)	76	7,6%	54,1	4,5	52%
I_Hornsgatan (G)	31	3,1%	86,5	7,1	41%
J_Thorildsplan (G)	59	5,9%	52,8	4,4	45%
K_Gärdet (C)	27	2,8%	69,1	5,7	33%
L_Londonviadukten (G)	20	2,0%	90,3	7,5	31%
M_Abrahamsberg (C)	30	3,0%	78,9	6,5	38%
N_Vasaparken (C)	25	2,5%	70,6	5,8	31%
O_Sollentuna (C)	54	5,4%	54,0	4,5	43%
P_Fisksätra (C)	32	3,2%	76,6	6,3	39%
Q_Sköndal (C)	30	3,0%	67,6	5,6	34%
R_Aspudden (C)	21	2,1%	105,0	8,7	36%
S_Älvsjö (C)	31	3,1%	64,7	5,3	34%
Genomsnitt	36 min	3,6%	67,2 µg NO₂/m³		

3.2. Hälsorisker på grund av luftföroreningar vid aktiv pendling

För att beräkna hälsorisker relaterade till luftföroreningar under aktiv pendling i rusningstrafik i Stockholm skattades följande: 1) skillnaden i exponering av luftföroreningar från vägtrafik (NO₂-koncentration) för de aktiva pendlarna och "ren" luft, dvs. bakgrundsnivå, eller årsmedel exponering; 2) relativ andningsfrekvens vid pendling jämfört med övrig tid, baserat på tidigare forskning; 3) genomsnittlig tid i pendling per vecka; samt 4) risksamband mellan förtida död och årsmedel exponering av NO₂ från tidigare forskning.

Den första aspekten beräknades utifrån från de uppmätta värdena i denna studie (Tabell 2). Vidare antogs en andningsvolym per minut som var tre gånger högre vid aktiv pendling än i övrigt. Utgångspunkten var uppmätt andningsfrekvens i tidigare studier vid gång- och cykelpendling om 23 l/min (Zuurbier m. fl. 2009, Rojas-Rueda m. fl. 2012). Vidare antogs att en vuxen i vila andas 15 gånger per minut (Vårdhandboken, 2018), med ungefär 0,5 l/andetag, vilket blir 7,5 l/min. Bertil Forsberg, Professor i miljömedicin vid Umeå Universitet (personlig kommunikation), uppskattar samstämmigt att andningsfrekvensen vid pendling är cirka tre gånger högre vid aktiv pendling än i övrigt.

Den genomsnittliga tiden för pendling i studien var 36 minuter i varje riktning; dock pendlade de medverkande troligen längre än vad de flesta gör i Stockholm, eftersom minst 20 minuter pendling var en förutsättning för rekryteringen. Enligt en avhandling som studerade 1 872 stockholmare var medelrestiden för aktiva pendlare som antingen cyklade eller gick 31 minuter/sträcka, och bland de som alternerade var pendlingstiden istället runt 15 minuter vid gång och 36 minuter vid cykling (Stigell, 2011). De flesta aktiva pendlare i Stockholm är fotgängare (Johansson m. fl. 2017). Utifrån detta antogs att den genomsnittliga aktiva pendlaren i Stockholm går eller cyklar 25 minuter i varje riktning, vilket innebär att pendlingens andel av en vecka i tid är 2,5%¹. Om andningsfrekvensen är tre gånger högre vid aktiv pendling än i övrigt medför detta att 7,1%² av inhaled luft under en arbetsvecka sker vid pendling.

Nivåerna av luftföroreningar från vägtrafik (genomsnitt 67 µg NO₂/m³) innebar att den inhaled mängden NO₂ var en tredjedel (32%)³ högre än om luften varit "ren", dvs. som bakgrundsnivåerna eller årsmedel exponeringen i Stockholm Stad (12 µg NO₂/m³). Över en arbetsvecka motsvarar detta 4 µg NO₂/m³ högre inhaled halt i genomsnitt. För denna beräkning antogs att andelen luft per arbetsvecka som inhaledades under pendling var 7,1%, att genomsnittlig NO₂-koncentration under pendling var 67 µg NO₂/m³, och att genomsnittlig koncentration i övrigt var 12 µg NO₂/m³ (Lövenheim, 2017).

Resultatet innebär att cirka en tredjedel av den inhaled mängden av luftföroreningar från vägtrafik under en arbetsvecka skedde vid pendling bland gång- och cykelpendlare. Det resultatet stämmer väl överens med Dons et. (2012) som fann att transporter stod för 30% av den dagliga mängden sot som inhaledades (6% tid i transport, 21% av exponeringen)

¹ Beräknat som $(25 \text{ [min]} * 2 \text{ [resor/dag]} * 5 \text{ [arbetsdagar/vecka]}) / (7 \text{ [dagar]} * 24 \text{ [h]} * 60 \text{ [min]}) = 0,025$

² Beräknat som $(0,025 \text{ [andel tid i pendling]} * 3 \text{ [ggr högre andningsfrekvens]}) / (0,025 * 3 + (1 - 0,025) * 1) = 0,071$

³ Beräknat som $((0,071 \text{ [andel av en veckas luft från pendling]} * 67,2 \text{ [µg NO}_2\text{/m}^3\text{, koncentration under pendling]}) + (1 - 0,071) * 12,1 \text{ [µg NO}_2\text{/m}^3\text{]}) / 12,1 \text{ [µg NO}_2\text{/m}^3\text{]} - 1 = 0,32$

bland 62 medverkande som provtog sin inandningsluft under 10 000 h (1 500 resor) i Belgien.

Utifrån beräkningen om en tredjedel högre årsmedel exponering av NO₂ för aktiva pendlare kan den ökade risken för förtida död beräknas till 2,7%⁴ jämfört med om pendlarna hade rört sig i relativt ren luft, dvs. bakgrundsnivåer i Stockholm Stad. Antalet aktiva pendlare i Stockholms län är 183 647, enligt Johansson m.fl. (2017). Risksamband är baserade på tidigare studier av korrelationen mellan förtida död och exponering av NO₂. NO₂ används då som indikator för andra luftföroreningar från motoravgaser. I enighet med Lövenheim (2017) antogs i denna studie 7% högre risk per 10 µg NO₂/m³ ökad årsmedel exponering. Grundrisken för förtida död som sker i åldrarna 15-64 är 168/100 000 individer i Sverige enligt data från 2016 (Folkhälsomyndigheten, 2018). Resultatet indikerar således att åtta fler fall av förtida död i åldrarna 15-64 år sker årligen pga. att aktiva pendlare exponeras för höga nivåer av luftföroreningar från vägtrafik.

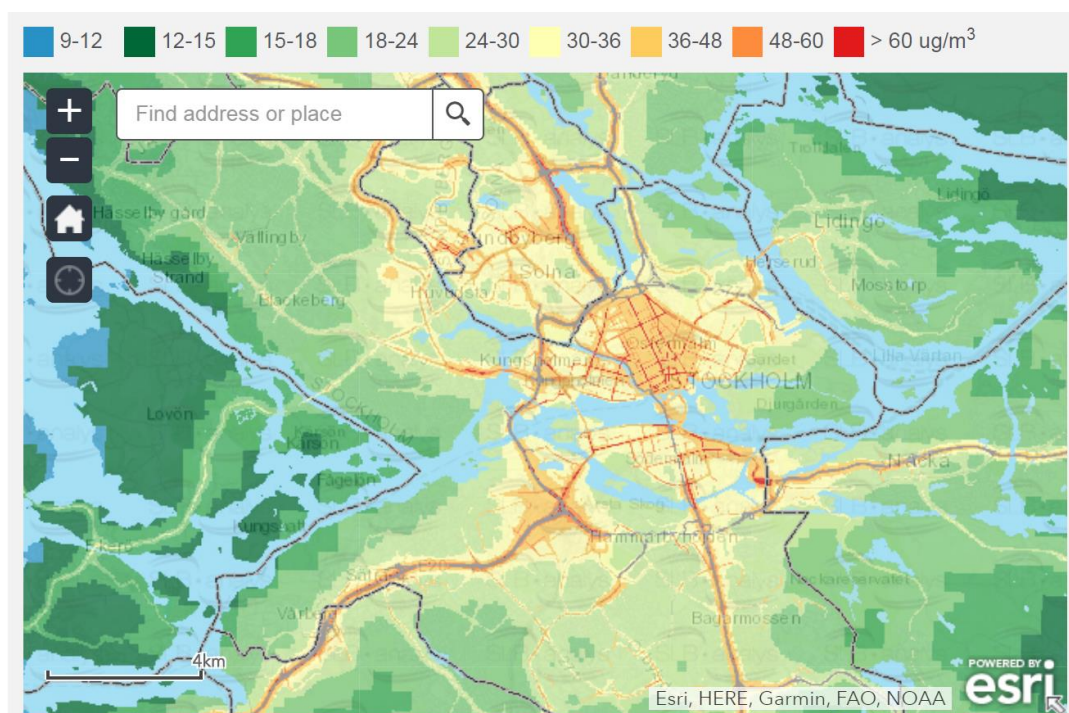
3.3. Pendlarnas nivåer i relation till miljö kvalitetsnormer och miljö kvalitetsmål

Av Figur 3 framgår att det finns platser i Stockholm där gällande lagstadgade normvärde (dygnsmedelkoncentration <60 µg NO₂/m³) överskrids, såsom Hornsgatan, Sveavägen och Essingeleden. I Stockholm Stads Cykelplan (2018) framgår det att "Hälsotipsar som frisk luft och motion ses av stockholmarna som en bonus". Det är dock inte självklart att luften för aktiva pendlare i Stockholm verkligen är frisk, definierat enligt miljömålet Frisk Luft (Naturvårdsverket, 2018a). Målet är satt med hänsyn till känsliga trafikanter, såsom astmatiska och äldre.

Resultatet i denna studie indikerade att pendlarna i studien i genomsnitt inandades luft som inte levde upp till miljö kvalitetsmålet Frisk Luft om maximalt 60 µg NO₂/m³ luft beräknat som ett timmedelvärde (98-percentil) (Naturvårdsverket, 2018a). Nivåerna var särskilt höga på sträckor som helt låg innanför tullarna (Figur 2), där alla mätta sträckor överskred målet. Miljö kvalitetsmålen ska vara vägledande för nationella myndigheter, länsstyrelser, kommuner och andra aktörer (Sveriges Regering, 2015).

Notera att miljö kvalitetsmålet Frisk luft gäller platser och inte individer. Målet är dock satt med hänsyn till individers hälsa, och av hälsosynpunkt är det, enligt Lövenhiem (2017), viktigt att den genomsnittliga exponeringen av luftföroreningar är låg både under lång (motsvarar årsmedelvärde) och kort tid (dygns- och timmedelvärden). Därför är det värt att notera att miljö kvalitetsmålet gällande högsta accepterade timmedelvärden inte följdes vid 11 av 19 sträckor i denna studie. I genomsnitt var tiden för pendling över en halvtimme i varje riktning, vilket tyder på att exponeringen gällde under minst en timme varje arbetsdag.

⁴ Beräknat som $0.07 \cdot 0.32 \cdot 12,1/10$



Figur 3 Beräknad halt av NO₂ för det 8:e värsta dygnet 2015. Halkartan är framtagen av SLB-analys på uppdrag av Östra Sveriges Luftvårdsförbund (SLB-analys, 2018b).

3.4. Jämförelse mellan olika färdmedel

Nedan diskuteras tidigare studier gällande skillnader mellan cykel- och bilpendling.

3.4.1. Skillnader i exponering

Tidigare forskning har undersökt skillnaden i inhaled dos mellan aktiva pendlare och bilister. Tre faktorer påverkar: koncentrationen i inandningsluften, andningsfrekvensen, samt tiden det tar att pendla. Efter en analys i Salt lake City, Utah, USA, rapporterade Chaney m. fl. (2017) att inhälerade doser av PM_{2.5} var 9 gånger högre för cyklister och 21 gånger högre för fotgängare än för dem som körde bil med stängda rutor under en 2,7 km lång sträcka. I en studie av luftföroreningar för cyklister och bilister med öppna rutor som pendlade samma sträckor i Montreal fann Apparicio m. fl. (2018) att cyklisterna inhälerade mer än tre gånger mer NO₂ än bilisterna. de Hartog m. fl. (2010) fann att luftföroreningar i form av PM_{2.5}, sot och UFP för bilister var ungefär samma som för cyklister, men att skillnader i andningsfrekvens orsakade att inhälerad dos var minst dubbelt så hög för cyklister. Dock kan det vara så att om en pendlingsresa tar mycket längre tid för bilister än för cyklister på samma sträcka kan exponeringen vara högre för bilisterna. Utfallet att en stor andel av den dagliga exponeringen av luftföroreningar sker under pendling är således troligen även relevant för bilpendlare och pendlare med buss eftersom dessa också rör sig nära trafiken när den är som mest intensiv.

3.4.2. Aktiv pendling är att föredra med tanke på de totala hälsoeffekterna

Notera att stycket ovan inte betyder att det är mer hälsosamt att åka bil än att pendla aktivt med tanke på den ökade fysiska aktiviteten som aktiv pendling innebär. I en kohort-studie av 334 161 europiska män och kvinnor fann Ekelund, m. fl. (2015) att risken för förtida död reducerades med 16-30% bland medverkande som var måttligt aktiva jämför med de som var inaktiva, beroende på BMI. I en kohortstudie från Storbritannien (n= 263 540) framgick att cykelpendling var associerat med 41% lägre risk att dö i förtid jämfört med att pendla icke-aktivt (bilpendla eller pendla med kollektivtrafik), samt 52% lägre risk att dö i hjärt-kärlsjukdom och 40% lägre risk att dö i cancer (Celis-Morales m. fl. 2017). Gångpendling var inte associerat med en lägre risk för förtida död, men risken för hjärtsjukdom reducerades med 27% enligt beräkningar i studien.

Tidigare studier har studerat totala hälsoskillnader mellan att åka bil och cykelpendla och funnit att aktiv pendling är avsevärt bättre med avseende på totala hälsoeffekter. Rojas-Rueda m. fl., (2012) beräknade exempelvis hälsoeffekterna av en potentiell förändring i resande, från bil till cykel, i Barcelona (n = 141 690). Detta skulle medföra en ökning med 1,15 dödsfall pga. luftföroreningar och 0,17 dödsfall pga. en ökning av fatala trafikolyckor och en minskning med 67,46 dödsfall tack vare ökad fysisk aktivitet (Rojas-Rueda m. fl., 2012). Samstämmigt beräknade de Hartog m. fl. (2010) de totala hälsoeffekterna om 500 000 personer skulle cykla i stället för att åka bil vid kortare sträckor i Nederländerna. De fann att fördelarna skulle överväga nackdelarna: i genomsnitt skulle förväntad livslängd öka med 3-14 månader medan luftföroreningar skulle medföra 0,8–40 dagar kortare förväntad livslängd och trafikolyckor skulle medföra 5–9 dagar kortare förväntad livslängd (Hartog m. fl., 2010).

Tainio m. fl. (2016) jämförde bilpendling med cykelpendling och fann att så länge cyklingen var kortare än 3 h och 30 minuter per dag så var fördelarna med cykling pga. fysisk aktivitet större än nackdelarna från luftföroreningar om man antog nivåer av PM_{2.5}=50 µg/m³, vilket är mycket högre än Stockholm; befolkningsmedel exponeringen i Sverige är 10 µg/m³, enligt Folkhälsomyndigheten (2017). I Sverige finns det, med motsvarande beräkning, ingen risk att de negativa effekterna av luftföroreningar skulle motverka hälsovinsterna med cykling. Således är det inte rekommenderat att sluta cykla eller gå till arbetet. Rekommendationen för den som vill förbättra sin hälsa är att börja (fortsätta) pendla aktivt, vilket även minskar luftföroreningarna som andra utsätts för.

3.5. Åtgärder

Det finns två generella sätt att minska de aktiva pendlarnas exponering av luftföroreningar från motortrafik: dels att minska vägtrafikens utsläpp, vilket skulle främja alla trafikanter på bilvägarna (fotgängare, cyklister, bilister och kollektivtrafikåkare), dels att öka avståndet mellan de aktiva pendlarna och motortrafiken. För att minska exponeringen för alla sorters pendlare behöver utsläppen minska, vilken kan förverkligas genom att fler kör fordon med lägre utsläpp av partiklar och kväveoxider, dvs. högre miljöklassning, eller att fler kör bilar och lastbilar som drivs på biogas eller el. Andra förslag är minskad användning av fordon som medför utsläpp i städer vid pendlingstid.

Notera att tunga fordon har en stor påverkan. Enligt Trafikkontoret i Stockholms stad står tunga fordon för cirka 40% av NO_x-utsläppen på Hornsgatan på Södermalm i centrala Stockholm, trots att trafikarbetet endast utgör 3% (Trafikkontoret Stockholm Stad, 2013). På Hornsgatan står dieseldrivna fordon för cirka 60% av NO_x (dvs. NO₂ och NO) (30% av trafikmängden), och bensindrivna fordon för cirka 23% (53% av trafikmängden), varav den allra största delen är äldre fordon (Trafikkontoret Stockholm Stad, 2013). Resultatet i denna studie tyder på att andra drivmedel bör främjas, såsom el och biogas (detta reducerar dock inte luftföroreningar från däckslitage och vägdamm). Det kan därför finnas skäl att reducera tung trafik som drivs av diesel (även biodiesel) eller bensin som kör nära cyklisterna och gångtrafikanter under pendlingstid, exempelvis via eldriven godstransport eller transport som sker under nätterna. Det är i detta sammanhang värt att notera att Stockholm stads innerstadsbussar drivs till en stor del på biodiesel (HVO) som är positivt ur ett klimatperspektiv men inte med tanke på motoravgaser som NO₂.

För att minska de aktiva pendlarnas exponering rekommenderas även större separering mellan trafikslagen. Tidigare forskning har visat att avståndet mellan cykelvägar och motortrafik har signifikant påverkan på cyklisternas exponering för luftföroreningar och buller (Boogaard, m.fl. 2009; Apparicio m. fl., 2018; Cole-Hunter m. fl. 2012). Cole-Hunter m. fl. (2012) studerade exponeringen av ultrafina partiklar i inandningsluften vid cykelpendling i rusningstrafik på morgonen och fann att exponeringen var 48% lägre vid cykling långt ifrån, jämfört med nära, motortrafiken. Cole-Hunter m. fl. (2012) rekommenderade att cykeltrafik separeras från motortrafik för att minska hälsorisker relaterade till hjärt-lungsjukdom. För att minska de negativa hälsoeffekterna från luftföroreningar bland fotgängare argumenterade även Briggs m. fl. (2008) för ökad separering mellan biltrafik och gångbanor.

Separering kan exempelvis genomföras via sommargator, eller gång- och cykelbanor som placeras längre från motortrafik. Detta förutsätter troligen investeringar. Totalt är 1,5 miljarder kronor allokerade för cykelåtgärder (såsom cykelvägar längs nationella vägar som innefattar cykelvägar för arbetspendling i större tätortsregioner) i den nationella planen för transportsystemet 2018–2029 som har den finansiella ramen 622,5 miljarder kronor. I planen ingår även statlig medfinansiering till cykelåtgärder i kommunerna via Stadsmiljöavtalen (4 miljarder) och Storstadsavtalen (12 miljarder) (Trafikverket, 2017). I Stadsmiljöavtalen kan kommuner och landsting söka stöd för att främja hållbara stadsmiljöer. Resultatet i denna studie antyder att det är angeläget att gång- och cykelpendling prioriteras högre än vad det gör idag.

3.6. Begränsningar och styrkor

Den främsta styrkan med den här studien var att pendlarnas egen inandningsluft analyserades i stället för luften vid särskilda platser som annars är brukligt. Luftföroreningskartor bygger generellt på matematiska interpoleringar utifrån trafiknivåer av uppmätta värden vid relativt få platser i Stockholm. Eftersom dessa mätstationer inriktar sig på motortrafik ligger de inte alltid nära gång- eller cykelvägar. Mätningarna är dessutom gjorda under tider då många personer med kontorsarbeten som arbetar inomhus är faktiskt ute.

Det är sannolikt att dosen under pendling är den högsta under dagen, efter trafiken då är som mest intensiv. Därför är det relevant att fokusera på pendling. Vidare har metoden en fördel genom att luften på samma sträcka provtogs under relativt lång tid (i snitt 10 h). I jämförelse med metoder som bygger på att luften provtas kontinuerligt men över kortare tid så är denna metod med diffusiva provtagare inte lika avhängig extrema situationer, exempelvis om en tung lastbil med dieseldrift kör förbi nära cykelbanan i en tunnel. Resultaten bör dock tolkas med några viktiga begränsningar i åtanke, vilka diskuteras nedan.

3.6.1. Provtagning

Studien har en tydlig begränsning genom att alla medverkande rörde sig till och från Folksam, som ligger vid Skanstull på Södermalm i Stockholm. Bostäderna var dock väl fördelade över Stockholms förorter och city. Vidare var studien begränsad genom att endast 19 sträckor undersöktes, under en relativt varm period. Kompletterande studier bör genomföras på andra sträckor och vid annan väderlek. Det rekommenderas även att framtida undersöker luftkvalitetens variationer över olika delsträckor.

3.6.2. Diffusiva NO₂-provtagare

Diffusiva provtagare mäter en genomsnittlig koncentration vid STP (Standard Temperature and Pressure) och därför angavs total tid då provtagarna bars vid varje mättillfälle. Exponeringstiden var i genomsnitt cirka 10 h. Detta är relativt kort och fler studier under längre tid rekommenderas för att fördjupa förståelsen. Notera att mätosäkerheten var 10%. Det genomsnittliga värdet 67,2 µg/m³ var således ett riktvärde.

NO₂ har i denna studie analyserats som en indikator för luftföroreningar från motoravgaser, medan det är partiklar som troligen ger störst hälsoeffekter (Folkhälsomyndigheten, 2017). I vissa fall är vidare NO_x en bättre indikator än NO₂. I fordonsavgaser domineras NO_x av NO, vilket sedan blandas med ozon och oxideras till NO₂. I luftiga miljöer fungerar NO₂ som en bra indikator för då blir allt NO omvandlas NO₂, men det kan finns instängda miljöer där NO₂ inte kan bildas pga. för lite ozon (O₃) och då är NO₂ inte en lika bra indikator på trafik (Naturvårdsverket, 2007), dvs. NO₂ kan vara underskattning. Notera dock att NO₂ är skadligt för hälsan till skillnad från NO (Folkhälsomyndigheten, 2017).

3.6.3. Beräkning av hälsorisker på bas av epidemiologiska studier

Epidemiologiska studier bygger på korrelation och därför är orsakssamband ibland svåra att belägga. Sådana förutsätter antaganden om årsmedlexponering och att de statistiska modellerna kontrollerar för andra faktorer såsom socioekonomi. Studier som finner samband mellan hälsorisk och NO₂, betyder inte självklart av motoravgaser är orsaken, eftersom NO₂ korrelerar med buller och andra trafikrelaterade fenomen som trafikrelaterad stress (Gee och Takeuchi, 2004).

Å andra sidan har experimentella studier av hälsorisker som en effekt av höga koncentrationer av NO₂ under kort tid undersökts (National Research Council US, 1998).

Exempelvis rapporterade Environmental Protection Agency i USA (1993) att NO₂ orsakade försämrad lungfunktion bland friska vuxna som inandades nivåer om 2 ppm under 2 h. Det är inte praktiskt möjligt, eller etiskt, att genomföra motsvarande experimentella studier som pågår under många år. Därför är det rimligt och brukligt att utgå från epidemiologiska analyser på bas statistisk analys. Luftföroreningar har etablerats som en mycket viktig orsak till för förtida död. I the Lancet framkom nyligen att luftföroreningar globalt är den största miljömässiga orsaken till sjukdom och död, och ger upphov till 9 miljoner fall av förtida död årligen (Das och Horton, 2017).

I denna studie antogs 7% riskökning per 10 µg/m³ NO₂ med hänvisning till en analys av Stockholms befolknings exponering av luftföroreningar PM10 och NO₂ (Lövenheim, 2017), med referens till Faustini m. fl. (2014); dock har både högre och lägre värden redovisats i litteraturen. Grazuleviciene m. fl. (2004) behandlade NO₂ som en indikator för andra luftföroreningar och rapporterade exempelvis att risken för hjärtinfarkt var statistiskt sett högre bland män i Litauen som exponerats för höga nivåer (>19 µg NO₂/m³ årsmedelvärde vid bostad) (OR 1.43, 95% CI 1.07-1.92), jämfört med låga (<17 µg NO₂/m³), efter att hänsyn tagits till ålder, utbildning, rökning, blodtryck, BMI, civilstånd och psykologisk stress. Johansson m fl. (2017) antog ett risksamband om 8% per 10 µg/m³ högre nivåer av NO_x. Med norsk data fann Nafstad m. fl. (2004) ett risksamband om 8% per 10 µg/m³ NO_x. En svensk studie fann att risken för förtida död ökade med 6% per 10 µg/m³ NO_x (Stockfelt m. fl., 2015).

3.6.4. Antagande i samband med beräkningen av dosen från pendling

Estimeringen att en tredjedel av genomsnittlig inhaled mängd NO₂ för gång- och cykelpendlare under en arbetsvecka kommer från luftföroreningar vid aktiv pendling beror av vissa antaganden, vilket gör att beräkningen kan vara både en över- och en underskattning. Det kan vara en underskattning eftersom beräkningen är gjord med antagandet att övrig tid innebär exponering enligt bakgrunds nivåer utomhus, och att hänsyn kan tas till att en stor del av tiden spenderas inomhus, i genomsnitt 90% i utvecklingsländer, enligt Wichmann m. fl. (2010), och att nivåerna generellt är lägre inomhus än utomhus. Enligt Folkhälsomydigheten (2017) tränger cirka hälften av luftföroreningar från vägtrafik in i närliggande byggnader.

Estimeringen kan vara en överskattning eftersom ett antagande är att övrig tid är i vila med relativt låg andningsfrekvens. Detta är en förenkling, baserad på att en stor del av tiden per dygn för många Stockholmare läggs på sömn och kontorsarbete; resultatet påverkas dock inte avsevärt om en person lägger en extra timme för ansträngning per dag (t.ex. via träning på gym).

Zuurbier m. fl. (2009) jämförde andningsfrekvens vid pendling med olika transportmedel bland försökspersoner i åldrarna 23-55 år i Nederländerna och fann att den genomsnittliga andningsfrekvensen bland cyklister (n=33) var 23.5 l/min, med minuter 11.6 och max 47.7 l/min. Rojas-Rueda m. fl. (2012) fann att den genomsnittliga andningsfrekvensen bland fotgängare var 22.8 l/min. Apparicio m. fl. (2018) fann att medianvärdet för inandning var 49 l/minuter för cyklister (och 13 l/minuter för bilförare). EPA (1993) redovisade

andningsfrekvens vid ansträngning från 20 studier och rapporterade att den varierade från 20-49 l/minuter med ett medel om 34.2 l/min. Andningsfrekvensen varierar således bland aktiva pendlare, bland annat pga. olika kondition, men så länge förhållandet mellan andningsfrekvensen under aktiv pendling och genomsnittlig övrig tid är runt tre så är resultatet relevant. För en person med ett fysiskt ansträngande arbete i relativt ren luft skulle andelen av veckodosen av NO₂ som inandas vid pendling troligen vara lägre.

4 Slutsatser

Resultatet tyder på att aktiva pendlare i Stockholm generellt inandas nivåer av NO₂ som är mer än fem gånger högre än årsmedel exponeringen eller bakgrundsnivåerna i Stockholm Stad. För aktiva pendlare innebär detta att årsmedel exponeringen är cirka en tredjedel högre än om luften vore ”ren”, dvs. som bakgrundsluften. Resultatet innebär även att pendlingen står för nästan en tredjedel av den inhalerade mängden NO₂ under en vecka. Detta på grund av att andningen är relativt frekvent under denna tid (cirka tre gånger högre), trots att tiden för pendling utgör bara cirka en fyrtiondel av en arbetsvecka.

Resultatet är problematiskt eftersom många tidigare studier har funnit statistiska samband mellan årsmedel exponeringen av NO₂ och vanliga folksjukdomar i hjärta, kärl och lungor. Eftersom 183 000 personer är aktiva pendlare i Stockholms län (troligen högre idag 2019) indikerar det att åtta fler fall av förtida död i åldrarna 15-64 år sker årligen pga. luftföroreningar från vägtrafik.

Detta innebär att aktiv arbetspendling i Stockholm medför betydligt högre hälsorisker än om motsvarande aktivitet hade kunnat utföras i renare luft, dvs. längre från motortrafik. Kompletterande studier bör dock genomföras under längre tid, på andra sträckor och vid annan väderlek. Framtida studier skulle även kunna innefatta kontinuerliga mätningar där koncentrationer loggas över tid och rum i högre detalj.

Resultatet visar att luftkvaliteten bör förbättras för att vi ska nå det globala målet om hållbara städer i Agenda 2030 som innefattar hållbara transporter för alla (11.2). Detta är viktigt att notera eftersom aktiv pendling såsom cykling och gång förespråkas av många kommuner och myndigheter i Sverige. I Stockholms Cykelplan finns exempelvis målet om att andelen av alla resor i högtrafik med cykel ska vara minst 15% år 2030 (Stockholm Stad, 2018). Det är således angeläget att luftkvaliteten för dem som pendlar via cykling och gång prioriteras högre än vad det gör idag i trafikplaneringssammanhang.

De aktiva pendlarnas exponering av luftföroreningar från motortrafik kan exempelvis minskas genom att minska vägtrafikens utsläpp, via ökad användning av exempelvis el- eller biogasdrivna fordon, vilket skulle främja alla trafikanter på bilvägarna, eller att separera gång- och cykeltrafik från biltrafik.

Notera dock, med tanke på de totala hälsoeffekterna, att aktiv pendling är avsevärt bättre än bilpendling med hänsyn till de stora fördelarna som daglig fysisk aktivitet innebär. I Stockholms län har cirka en av tre bilister en cykelresa på mindre än 30 minuter till jobbet. Därför är rekommendationen att cykla eller gå till arbetet eftersom det förbättrar den egna hälsan genom ökad fysisk aktivitet och andras hälsa genom reducerade luftföroreningar.

Referenser

Apparicio, P., Gelba, J., Carriera, M., Mathieu, M.-È., Kingham, S. (2018) Exposure to noise and air pollution by mode of transportation during rush hours in Montreal *Journal of Transport Geography* 70: 182-192. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.06.007>

Bauer, M.A., Utell, M.J., Morrow, P.E., Speers, D.M., Gibb, F.R. (1986) Inhalation of 0.30 ppm Nitrogen dioxide potentiates exercise-induced bronchospasm in asthmatics *Am Rev Respir Dis* 134 pp. 1203-1208

Bastian, A. och Börjesson, M. (2018) The city as a driver of new mobility patterns, cycling and gender equality: Travel behaviour trends in Stockholm 1985–2015 *Travel Behaviour and Society* 13 (2018) 71-87, doi.org/10.1016/j.tbs.2018.06.003

Boogaard, H., Borgman, F., Kamminga, J., Hoek, G. (2009) Exposure to ultrafine and fine particles and noise during cycling and driving in 11 Dutch cities, *Atmospheric Environment*, Volume 43, Issue 27, 2009, Pages 4234-4242, doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.05.035

Briggs, DJ., de Hoogh, K., Morris, C., Gulliver, J. (2008) Effects of travel mode on exposures to particulate air pollution *Environment International* Volume 34, Issue 1, January 2008, Pages 12-22 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.06.011>

Celis-Morales, C., Lyall, D., Welsh, P., Anderson, J., Steell, L., Guo, Y. Maldonado, R., Mackay, D. F, Pell, J. Sattar, N., M R Gill, J. (2017) Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study *BMJ* 2017; 357 doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.j1456>

Chaney, RA., Sloan, CD., Cooper, VC., Robinson, DR., Hendrickson, NR., McCord, TA., m. fl. (2017) Personal exposure to fine particulate air pollution while commuting: An examination of six transport modes on an urban arterial roadway. *PLoS ONE* 12(11): e0188053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188053>

Cole-Hunter, T., L. Morawska, Stewart, R., Jayaratne, C. Solomon (2012) "Inhaled particle counts on bicycle commute routes of low and high proximity to motorised traffic." *Atmospheric Environment* 61: 197-203. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.06.041>

Das, P. och Horton, R. (2017) Pollution, health, and the planet: time for decisive action. *The Lancet* , vol 391, Issue 10119 , 407 – 408. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32588-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32588-6)

de Hartog, J.J., Boogaard, H., Nijland, H., Hoek, G. (2010) Do the Health Benefits of Cycling Outweigh the Risks? *Environ Health Perspect* 118:1109–1116. doi:10.1289/ehp.0901747

Ekelund U., Ward HA., Norat T., m.fl. (2015) Physical activity and all-cause mortality across levels of overall and abdominal adiposity in European men and women: the European

Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study (EPIC). Am J Clin Nutr. 101(3):613-21

Europeiska Kommissionen (2017) EU:s åtgärder för att minska luftföroreningar från bilar
Frågor och svar. Pressmeddelande, Bryssel den 31 augusti 2017. Tillgänglig:
http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-17-2821_sv.pdf [Besökt 20181108]

Hurkmans, J., Johansson, C., Forsberg, B., Burman L. (2017) Fossilfri fordonsflotta i Stockholm – betydelse för luftkvalitet och hälsa. SLB-analys, Miljöförvaltningen, Stockholm Institutionen för miljövetenskap och analytisk kemi (ACES), Stockholms universitet, Stockholm Yrkes- och miljömedicin, Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Umeå universitet, Umeå

Faustini, A., Rapp, R., Forastiere, F., 2014. Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. ERJ 44:744–753.
<http://dx.doi.org/10.1183/09031936.00114713>

Folkhälsomyndigheten (2018) Förtida dödlighet
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/folkhalsorapportering-statistik/folkhalsans-utveckling/halsa/fortida-dodlighet/> [Besökt 20181126]

Folkhälsomyndigheten (2017) Miljöhälsorapport 2017. Artikelnummer: 02096-2016.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/m/miljohalsorapport-2017/> [Besökt 20181119]

Gee GC., och Takeuchi DT. (2004) Traffic stress, vehicular burden and well-being: a multilevel analysis. Soc Sci Med. Jul;59(2):405-14

Grazuleviciene R., Maroziene L., Dulskiene V., Malinauskiene V., Azaraviciene A., Laurinaviciene D., Jankauskiene K. (2004) Exposure to urban nitrogen dioxide pollution and the risk of myocardial infarction Scand J Work Environ Health 2004;30(4):293-298.
doi:10.5271/sjweh.797

IVL Svenska Miljöinstitutet (2018a) Our samplers
<http://www.diffusivesampling.ivl.se/2.75d7780712240e747ea80004590.html> [Besökt 20180912]

IVL Svenska Miljöinstitutet (2018b) Luft <https://www.ivl.se/sidor/lab--analys/miljo/luft.html> [Besökt 20180911]

Johansson, C., Lövenheim (B), Schantz, P., Wahlgre, L., Almström, P., Markstedt, A., Strömgren, M., Forsberg, B., Nilsson Sommar, J. (2017) Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle. Science of the Total Environment 584–585, pp 55–63

Ljungman PL., Berglind N., Holmgren C., Gadler F., Edvardsson N., Pershagen G., m fl. (2008) Rapid effects of air pollution on ventricular arrhythmias. *Eur Heart J.* 29(23):2894-901

Lövenheim (2017) Exponering för luftföroreningar inom Östra Sveriges Luftvårdsförbund
Östra Sveriges Luftvårdsförbund 2017:12 BERÄKNINGAR AV BEFOLKNINGENS EXPONERING
FÖR PARTIKLAR (PM10) OCH NO2 (NO2) år 2015

Nafstad, P., Lund Håheim, L., Wisloeff, T., Gram, G., Oftedal, B., Holme, I., Hjermann, I., Leren, P. (2004) Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. *Environ. Health Perspect.* 112, 610–615

National Research Council US (1998) Assessment of Exposure-Response Functions for Rocket-Emission Toxicants. Washington (DC): National Academies Press (US); Appendix E, ACUTE TOXICITY OF NITROGEN DIOXIDE: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK230446/> [Besökt 20181109]

Naturvårdsverket (2007) Frisk luft Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet RAPPORT 5765. ISSN 0282-7298.
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5765-7.pdf> [Besökt 20181120]

Naturvårdsverket (2018a) Frisk luft <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Etappmal/> [Besökt 20180909]

Naturvårdsverket (2018b) Frisk luft <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Frisk-luft/Precisering-av-Frisk-luft/> [Besökt 20180909]

Nyberg F., Gustavsson P., Jarup L., Bellander T., Berglind N., Jakobsson R., m. fl. (2000) Urban air pollution and lung cancer in Stockholm. *Epidemiology.* 11(5): 487-95

Oudin A., Bråbäck L., Åström D.O., Strömgren, M., Forsberg, B. (2016) Association between neighbourhood air pollution concentrations and dispensed medication for psychiatric disorders in a large longitudinal cohort of Swedish children and adolescents. *BMJ Open* 2016;6:e010004. doi:10.1136/bmjopen-2015-010004

Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Tainio, M., Nieuwenhuijsen, M.J. (2011) The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study *BMJ*; 343 doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.d4521>

Rosenlund M., Bellander T., Nordquist T., Alfredsson L. Traffic-generated air pollution and myocardial infarction. *Epidemiology.* 2009; 20(2): 265-71.

Samakovlis E., Huhtala A., Bellander T., Svartengren M. (2005) Valuing health effects of air pollution -Focus on concentration-response functions. *Journal of Urban Economics.* 58(2):230-49.

Sjöberg, K., Haeger-Eugensson, M., Forsberg, B., Åström, S., Hellsten, S. Tang, L. (2007) Quantification of Population Exposure to Nitrogen Dioxide in Sweden 2005. IVL Svenska Miljöinstitutet.

SMHI (2017) NO2 <http://www.smhi.se/reflab/om-luftfororeningar/luftfororeningar/kvavedioxid-1.19620> [Besökt 20180907]

SMHI (2018) Maj 2018 - Sommarväder med rekordvärme <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/manadens-vader-i-sverige/maj-2018-meteorologi-1.134781> [Besökt 20181108]

Stigell, E. (2011) "Assessment of active commuting behaviour – walking and bicycling in Greater Stockholm" Doktorsavhandling, Örebro Universitet. Örebro Studies in Sport Sciences, ISSN 1654-7532; 12

Stockholms Luft- och Bulleranalys (SLB-analys) (2018a) Miljökvalitetsnormer och jämförelse med normvärden <http://slb.nu/slbanalys/mkn-info/> [Besökt 20180907]

Stockholms Luft- och Bulleranalys (SLB-analys) (2018b) Luftföroreningskartor <http://slb.nu/slbanalys/luftfororeningskartor/> [Besökt 20180907]

Stockholms stad och SLB-analys (2018) Luften i Stockholm 2017 Årsrapport SLB-rapport: 3:2018

Stockfelt, L., Andersson, E.M., Molnár, P., Rosengren, A., Wilhelmsen, L., Sällsten, G., Barregård, L. (2015) Long term effects of residential NOx exposure on total and cause-specific mortality and incidence of myocardial infarction in a Swedish cohort. Environ. Res. 142, 197–206

Stockholm Stad (2018) En del i Framkomlighetsstrategin Cykelplan <http://www.stockholm.se/BizGlobal/Regler%20och%20ansvar/Anv%c3%a4nda%20offentlig%20plats/Cykelplan.pdf>

Sveriges Regering (2015) Målen för miljöpolitiken <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/sveriges-miljomal/malet-for-miljopolitiken/> [Besökt 20180914]

Sveriges Regering (2017a) En nationell cykelstrategi för ökad och säker cykling - som bidrar till ett hållbart samhälle med hög livskvalitet i hela landet. Publicerad 28 april 2017. https://www.regeringen.se/498ee9/contentassets/de846550ff4d4127b43009eb285932d3/20170426_cykelstrategi_webb.pdf [Besökt 20180917]

Sveriges Regering (2017b) Regeringens plan för infrastrukturen – så bygger vi Sverige starkt och hållbart <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2018/06/regeringens-plan-for-infrastrukturen---sa-bygger-vi-sverige-starkt-och-hallbart/> [Besökt 20180910]

Tainio M., de Nazelle A.J., Götschi T., Kahlmeier S., Rojas-Rueda D., Nieuwenhuijsen M.J., de Sá T.H., Kelly P., Woodcock J. (2016) Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking? *Prev Med.* 2016 Jun;87:233-236. doi: 10.1016/j.ypmed.2016.02.002

Trafikverket (2016) Styrmedel och åtgärder för att minska transportsystemets utsläpp av växthusgaser – med fokus på transportinfrastrukturen Publikationsnummer 2016:043 ISBN: 978-91-7467-929-8
https://www.trafikverket.se/contentassets/46ae019ed896490ebb95185b6e846c24/styrmedel_atgarder_minska_utslapp_vaxthusgaser_2016-02-22_slutversion-3.pdf [Besökt 20180917]

Trafikkontoret Stockholm Stad (2013) Åtgärder för att minska utsläppen av kvävedioxid, svar på skrivelse från Emilia Hagberg m.fl. (MP) TJÄNSTEUTLÅTANDE Kerstin Alquist DNR T2012-007-01331 <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1716566> [Besökt 20181127]

United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2018) Basic Information about NO2 <https://www.epa.gov/NO2-pollution/basic-information-about-NO2>. [Besökt 20180918]

Vårdhandboken (2018) Vård och behandling, Andning
<https://www.vardhandboken.se/vard-och-behandling/akut-bedomning-och-skattning/bedomning-enligt-abcde/b--andning/> [Besökt 20181220]

Wichmann J., Lind T., Nilsson M.-A., Bellander T. (2010) PM2.5, soot and NO2 indoor-outdoor relationships at homes, pre-schools and schools in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment.* 44:4536-44

Zuurbier M., Hoek G., Van den Hazel, P., Brunekreef B. (2009) Minute ventilation of cyclists, car and bus passengers: an experimental study. *Environ Health.* 8:48