

RAPPORT

PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft

Del 1: Hälsaspekter

Trafikverket

Postadress: Löfströms allé 6A, Sundbyberg

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: PM Förbifart Stockholm – Tunnelluft; Del 1 - Hälsaspekter

Författare: Emma Hedberg, Sweco Environment AB

Dokumentdatum: 2018-02-16

Ärendenummer: TRV 2018/124310

Version: 2.0

Kontaktperson: Thomas Holmström, Trafikverket

Innehåll

1. BAKGRUND	4
1.1. Hur tas ett riktvärde fram?.....	5
1.2. Uppdrag och syfte	5
1.3. Fortsatt arbete	6
2. HÄLSOUTFALLET AV TUNNELANVÄNDNING	7
2.1. Utfallet för populationen	11
2.2. Utfallet för pendlaren	14
2.3. Nyttan av att flytta trafik från ytvägar till Förbifart Stockholm	16
2.4. Resonemang kring resultaten.....	18
3. GENOMGÅNG AV UNDERLAG OCH ANTAGANDEN FÖR STUDIEN AV LÅNGTIDSEFFEKTER AV TUNNELEXPONERINGEN	20
3.1. Trafikanternas dos av luftföroreningar.....	20
3.1.1. Tunnelkoncentrationerna	20
3.1.2. Emissionsfaktorer från fordonen	22
3.1.3. Kupékoncentrationer	23
3.1.4. Uppehållstid i tunneln	25
3.2. Dos-responssamband	25
3.3. NOx som proxy.....	26
3.4. Andra viktiga aspekter	29
4. ORDLISTA	30

1. Bakgrund

Förbifart Stockholm är den motorvägspassage som ska leda vägtransporter förbi Stockholm utan att passera Essingeleden. Idag passerar trafiken centrala Stockholm och passerar områden med mycket bebyggelse och resulterar i stor befolkningsexponering. Förbifartens längsta tunnel kommer att bli drygt 16 km lång, vilket är en lång tunnel även i ett internationellt perspektiv.

Inom Trafikverket har man finansierat forskning för att ta reda på vilka halter av luftföroreningar man förväntas få i Förbifarten, samt den ohälsa som exponeringen av tunnelluften kan leda till. Forskningen har fokuserat på att förstå föroreningssituationen i tunnelmiljö, och analyserar framförallt de långsiktiga hälsoeffekterna av luftföroreningar.

Detta PM fokuserar på att på ett populärvetenskapligt sätt försöka förklara bakgrunden till hälsopåverkan av föroreningar från trafik och de forskningsresultat som bekostats av Trafikverket och som presenterats i rapporten Orru och Forsberg (2016)¹. Rapporten avser påverkan på antal förtida dödsfall (mortalitet) och antal förlorade levnadsår som resultat av befolkningens användning av Förbifarten.

Utsläppen av avgaser från fordon i tunnel skiljer sig inte från utsläppen från ytgående vägnät. Däremot kommer omblandning och utspädning hindras i en tunnel, vilket gör att halter blir högre i en tunnel. Därför är tunnelventilation en viktig del i att förhindra alltför höga halter. En annan skillnad är att avgaser reagerar annorlunda utomhus jämfört med i tunnel. I tunnlar med begränsat tillförsel av frisk luft, förbrukas luftens ozon varvid oxidationen av NO till NO₂ begränsas. Det är därför inte lämpligt att använda NO₂ som indikator för avgaspartiklar i tunnelluft, då sambandet mellan NO₂ och avgaspartiklar förändras beroende på tillgång till ozon.

Trafikverket avser istället att använda NO_x (vilket är summan av NO och NO₂) som markör för avgaspartiklar och baserat på dessa nivåer styra ventilationssystemet. Samvariationen mellan NO_x och avgaspartiklar är god², särskilt i trafiknära miljöer där föroreningshalterna huvudsakligen beror på fordonsavgaser. Genom att använda samband mellan halter av NO_x och olika hälsoutfall från epidemiologiska studier³, kan man skatta den ökade ohälsan vid exponering av små avgaspartiklar i Förbifart Stockholm.

Trafikverkets forskning ska leda till kunskap kring vilka hälsoeffekter olika halter av luftföroreningar har och utifrån detta ta fram riktlinjer för de halter som är acceptabla ur ett folkhälso- och samhällsekonomiskt perspektiv i en tunnel. Det här PM:et avser att göra en bedömning för vilka halter som är acceptabla i Förbifarten och utifrån vilka halter av NO_x som ventilationen i Förbifarten ska styras.

¹ Orru och Forsberg, 2016; Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapport, nr 3 2016.

² Gidhagen et al. Simulation of NO_x and ultrafine particles in a street canyon in Stockholm, Sweden (Atmospheric Environment 38 (2004) 2029-2044); Krecl et al. Spatiotemporal distribution of light-absorbing carbon and its relationship to other atmospheric pollutants in Stockholm (Atmospheric Chemistry and Physics 11 (2011) 11553-11567)

³ Epidemiologi är läran om sjukdomsförlopp i en population (befolkning)

1.1. Hur tas ett riktvärde fram?

Ett riktvärde för tunnelluft baseras på den dos av luftföroreningar trafikanter exponeras för, och den ohälsa luftföroreningen ger upphov till. Exponeringen för luftföroreningar kan ske vid kort- eller långtidsexponering.⁴ Detta PM fokuserar på resultat baserat på forskning kring långtidsexponering och utfallet i form av ökad dödlighet. Den effekt som kan drabba barn och andra känsliga grupper i form av till exempel ökad ohälsa eller försämrad livskvalitet under återstående levnadsår diskuteras inte i detta PM.

Att upprätthålla låga halter i tunneln vid höga trafikflöden kan innebära höga energikostnader för ventilationen, ur både ekonomisk och energimässig synvinkel.

För att komma fram till vad olika halter i tunnel skulle kosta, både i hälsoutfall och i energikostnad, har forskningsprojekt för tunnelluft gjorts med olika inriktningar. Man har tittat på mortalitet⁵ och energibehov och kostnad, för att uppnå/bibehålla halter av NO_x mellan 1-, 2-, 3- och 4000 µg/m³, där den lägsta halten som kan uppnås är den mest fördelaktiga ur ett strikt medicinskt perspektiv.

Ventilationsberäkningar som gjorts för att beräkna möjligheten att upprätthålla föreslagna riktvärden för NO_x visar att det finns svårigheter att nå 1000 µg/m³ med kontinuerlig ventilation. Övriga värden var möjliga att upprätthålla. Det långsiktiga målet är att hitta ett optimalt förhållande mellan acceptabel hälsorisk och ekonomiska och klimatkostnaden för energiåtgång för ventilationen, och därigenom kunna föreslå ett riktvärde för Förbifartens tunnelluft.

De sammanvägda bedömningarna för riktvärde för tunnelluften i Förbifart Stockholm kommer att påbörjas hösten 2017 och presenteras i en separat rapport vid senare tillfälle enligt överenskommelse med Trafikverket.

1.2. Uppdrag och syfte

Huvuduppdraget för Sweco är att ta fram ett underlag för beslut på ett riktvärde för Förbifart Stockholm, baserat på forskningsunderlag och rapporter gällande hälsa och ventilation, som Trafikverket finansierat.

Avsikten med detta PM är att med underlag från Trafikverkets forskning skriva en sammanställning som ska ge en ökad förståelse för osäkerheter i forskningen kring avgasernas påverkan på hälsa och förtida dödsfall, resonemang kring antaganden och tolkning av resultaten som presenterats i Orru och Forsberg (2016). Annan tillgänglig forskning och andra rapporter har också beaktats i arbetet.

⁴ Vid korttidsexponering avser man en höjning av halter under en kortare period, och utfallet i form av ohälsa sker snart in på exponeringen. Vid långtidsexponering avser man den ökade exponeringen i form av ökad årsmedeldos och korrelationen med sjukdom eller förtida dödsfall.

⁵ Mortalitet – mätvärde som beskriver antal dödsfall i en population dividerat med det totala befolkningstalet under en viss tidsperiod (definition från Wikipedia)

Arbetet tar i det här skedet inte upp förutsättningar för arbetsmiljö i tunneln eller i kupé.

1.3. Fortsatt arbete

I nästa skede ska Sweco vara behjälplig i projektets framtagande av ett riktvärde för NO_x att styra Förbifartens ventilation på, baserad på underlag från hälsoforskningen tillsammans med en samhällsekonomisk bedömning. Förslaget ska ta hänsyn till ekonomi, klimatpåverkan och energikonsumtion utöver hälsopåverkan.

Kopplat till detta arbete görs en bedömning av olika alternativ för fordonsflottans utveckling med avseende på utsläpp och avgaspartiklar, samt filtreringsteknikens potential för att begränsa infiltrationen av gaser och avgaspartiklar till kupén.

Läsanvisning

Eftersom beställarens prioritet har varit förståelsen för innebörden av hälsokonsekvenserna vid användning av Förbifart Stockholm, börjar PM:et att beskriva utfallet och tolkningar av detta i Kapitel 2. För bakgrund och underlag till studierna och resonemang kring antaganden, hänvisas till Kapitel 3.

PM:et påbörjas med en kort bakgrund till uppdraget, att beskriva forskningsrapporten *Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm* av Orru och Forsberg (2016). Direkt därefter påbörjas diskussionen om resultaten av den forskningen i kapitel 2. För bakgrundsinformation och resonemang hänvisas till kapitel 3. Referenser ligger som fotnoter i dokumentet. En kort ordlista är bifogad för en översikt av uttryck som är vanliga i sammanhanget.

2. Hälsoutfallet av tunnelanvändning

Utgångspunkten i studien av Orru och Forsberg⁶ är att koppla en ökning av årsdosen NO_x till en ökad risk för förtida dödsfall och därmed förkortad levnadslängd. Årsdosen av NO_x beräknas utifrån den förväntade användningen av Förbifart Stockholm under ett år, där uppehållstiden för användarna i tunneln är viktig, samt deras ålder.⁷

Orru och Forsberg har valt att anta tre olika scenarier för vilka som kommer att använda tunneln:

- I. 30–69-åringar med samma sannolikhet att använda tunneln över åldersspannet
- II. 30–74-åringar med samma sannolikhet att använda tunneln över åldersspannet
- III. 30–84-åringar, med sannolikheten att 70–79-åringar använder tunneln 50% och 80–84-åringar använder tunneln 25% i förhållande till populationen

Under skrivandet av detta PM, och för analys av utfallet, har studier över förväntad användning av förbifart Stockholm eftersökts. Detta i syfte att få reda på vilken fördelning av dagliga pendlare respektive sällanåkare som förväntas använda Förbifarten, samt fördelning pendling i bil och pendling i buss. Eftersom en sådan studie inte hittats, kan man bara spekulera i vilken användning som är den mest sannolika. En gissning är att i den arbetsföra åldern sker mer pendlingstrafik, medan i åldrarna utanför detta spann, sker mer sällanåkning. Idag är den arbetsföra åldern närmre 30–69, men vid tiden för Förbifartens användning är det inte osannolikt att åldersspannet snarare ligger kring 30–74 år.

Studien har beräknat ohälsoutfallet för de olika ålderskategorierna tillsammans med olika haltscenarior; 1000, 2000, 3000 och 4000 µg/m³ NO_x. I Kapitel o, som avser att förklara måtten kring förtida dödsfall och förlorade levnadsår, diskuteras det statistiska utfallet för haltscenario 1000 µg/m³ NO_x.

För att inte behöva beakta alltför många alternativ i denna diskussion, antar vi i diskussionerna att det intressanta åldersspannet är scenario II: 30–74 år.

Man bör också hålla i minnet att exponeringsscenarierna avser en konservativ fordonsutveckling till 2030, vilket är mer beskrivet i kapitel 3.1.2.

Måtten förtida dödsfall och förlorade levnadsår

⁶ Orru och Forsberg, 2016; Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapport, nr 3 2016.

⁷ Den beräknade dosökningen från användning av förbifart Stockholm kopplas till tidigare studier på den ökade relativa risken för förtida dödsfall på grund av långtidseffekter av ökade halter i omgivningsluft. Denna del presenteras i Kapitel 3.2

Måtten förtida dödsfall och förlorade levnadsår är väldigt teoretiska begrepp, samtidigt som de ger mycket påtagliga mått av risken avseende luftföroreningar. Följande text avser att förklara resonemanget kring utfallet i studien i principiella ordalag, baserat på haltscenario 1000 µg/m³ NOx och åldersspannet 30–74 år med samma sannolikhet att använda Förbifarten.⁸

Man utgår ifrån populationens "standarddödsrisk" (baseline rate, i figuren nedan även kallad "basrisk"), justerad bland annat för övrig exponering av luftföroreningar i populationen. Genom att ansätta den relativa risken (RR) för årsdoshöjningen⁹ kan man beräkna de tillkommande dödsfallen som orsakas av den ökade exponeringen. Eftersom "standarddödsrisken" är låg för yngre personer, men högre för äldre, blir det absoluta utfallet att dödsfallen statistiskt drabbar de äldre i större utsträckning.

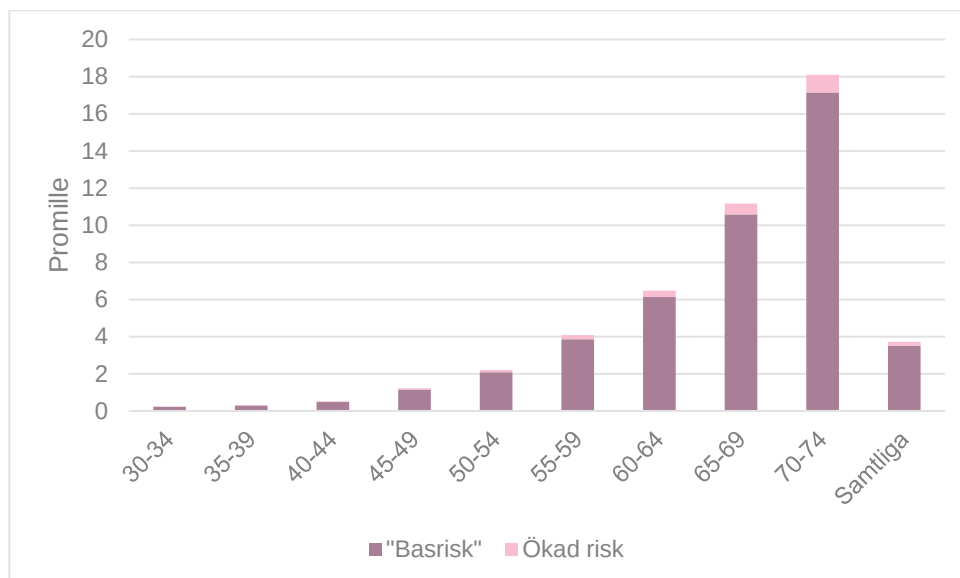
Antagandena av förtida död utgår ifrån att populationen lever till en viss ålder, och att alla dödsfall som sker innan denna ålder innebär förlorade levnadsår. Däremot innebär en längre levnadslängd ingen påverkan på beräkningarna.

I Figur 1 nedan visas dödsriskerna för olika ålderskategorier, och beskriver ett exempel på hur risken kan komma att öka som en följd av ökad exponering. Om det är samma personer som åker genom tunneln, så blir risken för individen högre men avser en mindre population. Om det teoretiskt skulle vara nya unika personer som varje dag färdas genom tunneln så blir exponeringen mindre och risken att dö för individen lägre, men avser en större population. Utfallet i meningen antalet förtida dödsfall blir dock detsamma – i det ena fallet en större riskökning för en mindre population och i det andra fallet en mindre riskökning för en större population.

Det finns en blandning av resenärer i tunneln, där vissa åker genom Förbifarten någon gång om året och vissa åker flera gånger i veckan. I Kapitel 2.2 finns ett exempel på den ökade risken för mortalitet för en exempelpendlare. Eftersom underlag kring den genomsnittlige resenären inte hittats, har inget värde på den ökade risken för denne kunnat göras.

⁸ Samma sannolikhet innebär att man gjort ett antagande att den population som anses använda Förbifarten har samma fördelning som populationen i Stockholms län.

⁹ 8% per 10 µg/m³ NOx-höjning som årsdos (Orru och Forsberg (2016))



Figur 1 "Basrisk" för dödsfall, och den ökade risken för förtida dödsfall till följd av höjd årsmedelsexponering av NOx, med en relativ riskökning på 8% per 10 µg/m³. Ungefärligt utfall, där basrisk i promille avser andel av befolkningen i ett visst åldersintervall som dör per år.

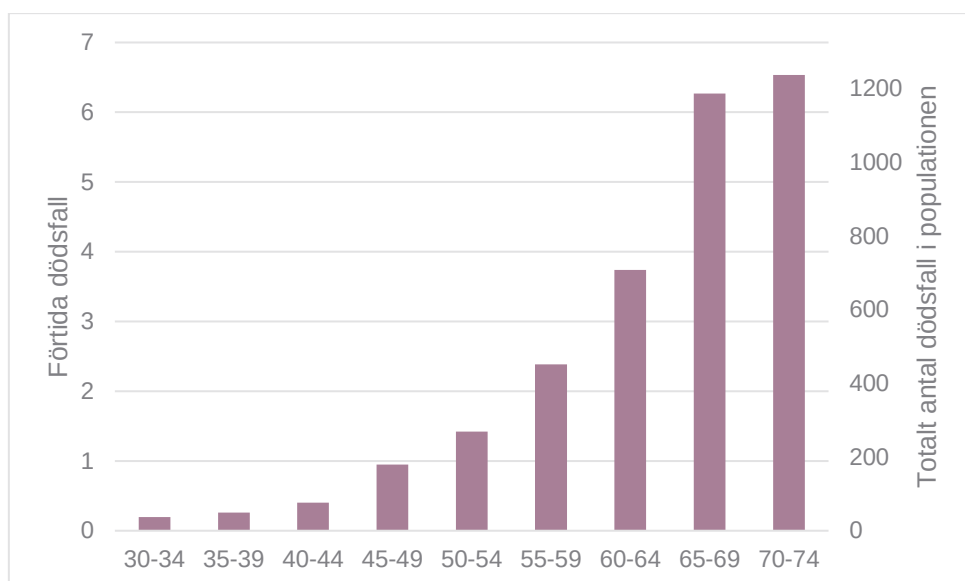
I Figur 2 nedan är antalet förtida dödsfall beräknat enligt scenariot att de som åker genom tunneln är i åldrarna 30–74 år, med antagandet att populationen som åker genom tunneln har samma åldersfördelning som i länet. Det innebär att sannolikheten att åka genom Förbifarten är samma för alla åldrar. Enligt detta scenario, med gränsvärdet 1000 µg/m³, blir antalet förtida dödsfall 22,2 per år baserat på den årsdoshöjning som tunnelhalten ger upphov till för populationen. Ungefär 15 procent av populationen (30–74 år) är i åldrarna 65–74 år, men närmare 60 procent av de förtida dödsfallen beräknas ske i dessa åldrar. Detta beror på att deras "standarddödsrisk" är högre än för övriga ålderskategorier, vilket framgår av Figur 1 ovan.

Den ökade relativa risken som en följd av exponeringen anses vara samma för alla åldrar.¹⁰ Sannolikheten att åka i tunneln antas också vara samma i alla åldrar (enligt scenariot som presenteras här). Resultatet av antalet förtida dödsfall, och antalet förlorade levnadsår, skulle vara en annan vid andra antaganden om relativ risk och åldersfördelning för de som åker i tunneln.

I den högra axeln i Figur 2 nedan visas totalt antal dödsfall i populationen år 2011, exklusive V01-Y98.¹¹

¹⁰ Det finns indikationer i nyligen publicerad forskning att känsligheten för ökad årsexponering är högre för åldrar <60 år, men detta är inte inkluderat i beräkningarna.

¹¹ Teknisk benämning/kod i registerna, avser "Yttre orsaker till sjukdom och död"



Figur 2 Statistiskt utfall av årliga förtida dödsfall på grund av ökad exponering i Förbifarten (vänster axel) samt totalt antal dödsfall i samma population (höger axel), uppdelat i ålderskategorier

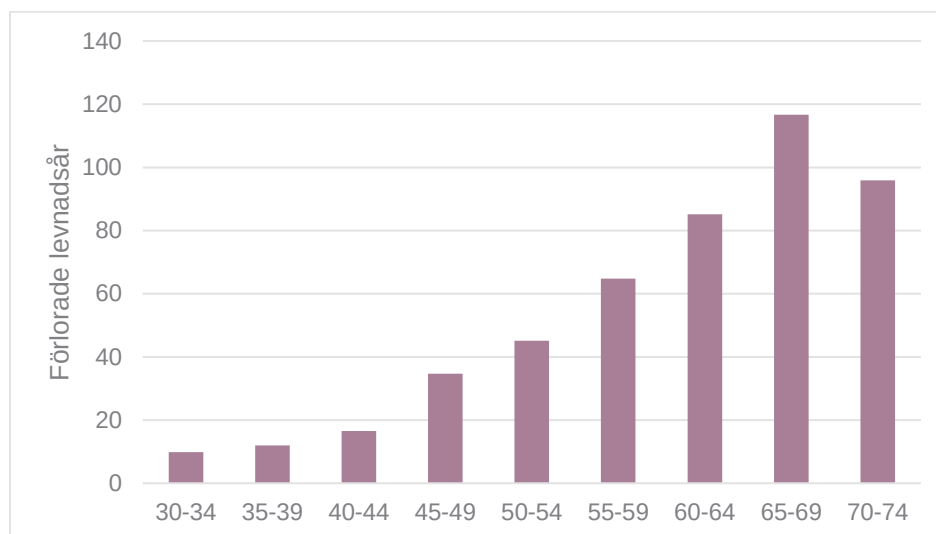
Dock innebär en högre risk för förtida dödsfall i den äldre populationen att dessa inte förlorar så många levnadsår i förhållande till det förväntade. Enstaka dödsfall i den yngre populationen kommer däremot att ge ett betydande bidrag till förlorade levnadsår. Exempelvis är antalet förtida dödsfall högre för åldrarna 70–74 år jämfört med åldrarna 65–69 år (Figur 2), men antalet förlorade levnadsår är högre för åldersgruppen 65–69 än 70–74 år (Figur 3). Summan av de förlorade levnadsåren i figuren nedan är 480 år, enligt samma antaganden och scenario som ovan illustrerade figurer.

Antagandet utgår ifrån att populationen lever till en viss ålder, och att alla dödsfall som sker innan denna ålder innebär förlorade levnadsår (en längre levnadslängd ger ingen påverkan

Som ett exempel kan man ur figur 2 se att antalet förtida dödsfall för ålderskategorin 45–49 år motsvarar ungefär 1 för ett års ökad tunnelexponering för populationen. Det förtida dödsfallet motsvarar cirka 30 förlorade levnadsår (givet att normallevnadslängden är cirka 85 år). Livstidsförkortningen avser utfallet över hela den population som utgör 45–49-åringar för ett års användning av förbifarten. Om den ålderskategorin motsvarar 10 000 personer/användare i hela populationen innebär den utspridda effekten en statistisk livstidsförkortning 1,1 dag per individ i ålderskategorin 45–49 år.

på beräkningarna). Antagandena i beräkningarna innebär att den samlade effekten motsvarar 22,2 dödsfall (480 levnadsår). I praktiken är detta utspritt på fler individer som vistas i tunneln. Det kan alltså vara flera personer som får en kortare levnadstid med några minuter upp till flera dagar, och summan av detta motsvarar 480 levnadsår.

Måttet för den relativa riskökningen beskrivs i 3.2 Dos-responssamband.



Figur 3 Förlorade levnadsår på grund av ökad exponering i Förbifarten (exempelberäkning). Förväntad levnadslängd för den svenska befolkningen är 84 år för kvinnor och 81 år för män i beräkningarna.

Det man kan nämna när det gäller att använda måttet förlorade levnadsår, är att man genom detta mått inte säger något om sjukdomseffekt, eller den påverkan en sjukdom har på livskvalitet under kvarvarande år. Om man tänker sig att ohälsa visar sig genom minskad lungfunktion eller annan sjukdomseffekt, kan den livskvalitet som upplevs under de kvarvarande åren vara lägre än tidigare. Det finns mått att uppskatta även detta utfall, men det är inte medtaget i denna studie. Utifrån det perspektivet kan man säga att den totala hälsopåverkan som tunnelexponeringen orsakar är underskattad då man bara beaktar påverkan på mortalitet.

2.1. Utfallet för populationen

Som tidigare nämnts har hälsokonsekvenserna i Orru och Forsberg (2016) beräknats för olika scenarier för populationen:

- I. 30–69-åringar med samma sannolikhet att använda tunneln över åldersspannet
- II. 30–74-åringar med samma sannolikhet att använda tunneln över åldersspannet
- III. 30–84-åringar, med sannolikheten att 70–79-åringar använder tunneln 50% och 80–84-åringar använder tunneln 25% i förhållande till populationen

För diskussionen om vad användning av Förbifarten innebär för ohälsan i populationen, väljs scenario II. Det finns anledning att tro att i framtiden kommer människor jobba längre upp i åldrarna, och att därmed används Förbifarten med regelbundenhet (d.v.s. för pendling) av personer mellan 67 och 74 år. Ett mindre troligt scenario, dock inte osannolikt, är att utgå från att en fjärdedel av alla 80–84-åringar använder Förbifarten dagligen. För att inte röra ihop diskussionen hålls den enbart kring scenario II.

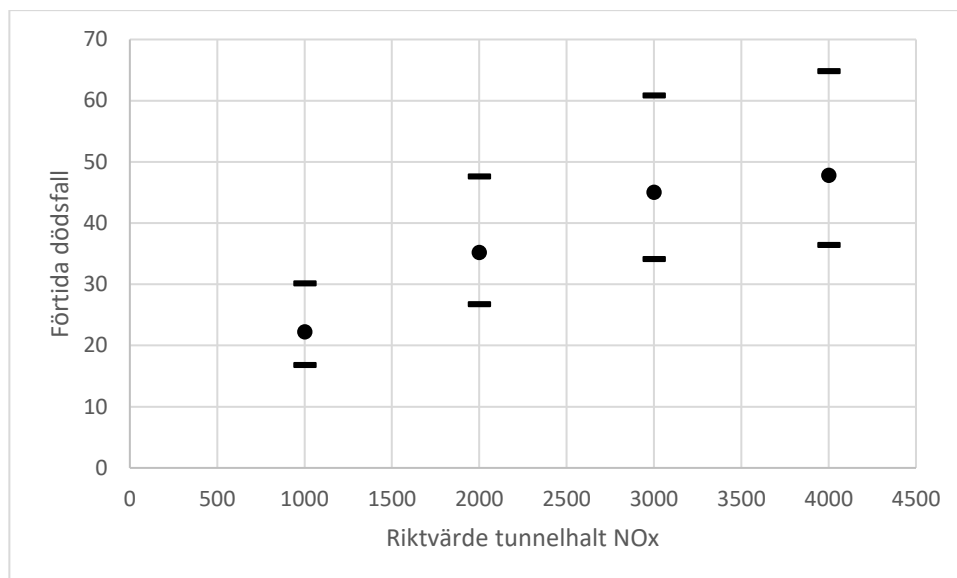
Vilket användarscenario man baserar beräkningarna på påverkar utfallet så till vida att basrisken för dödsfall stiger med stigande ålder, och därigenom kommer utfallet av den ökade relativa risken för förtida död baserat på en ökad årsdos av NO_x, leda till att antalet förtida dödsfall stiger mellan scenario I, II och III. På samma sätt kommer antalet förlorade levnadsår per dödsfall vara högre i scenario I, där tunnelanvändarna utgörs av en yngre grupp, och successivt sjunka i scenario II och III, där fler äldre personer med kortare förväntad kvarvarande livslängd ingår.

Tabell 1 Utfall i förtida dödsfall samt förlorade levnadsår för populationsscenario 30–74 år. Avser önskvärda maxhalter i tunnelluft. För 1000 µg/ m³ översteg halten ungefär 9% av modellerade timmar.

RIKTVÄRDE NO _x I TUNNELLUFT	FÖRTIDA DÖDSFALL, 30–74 ÅR	FÖRLORADE LEVNADSÅR (UNGEFÄRLIGT VÄRDE ¹²), 30–74 ÅR	ENERGIÅTGÅNG, MWh
1000	22,2 (16,8-30,1)	480 (364 – 651)	222
2000	35,2 (26,7-47,6)	750	100
3000	45,0 (34,1-60,8)	960	30
4000	47,9 (36,4-64,8)	1040	1

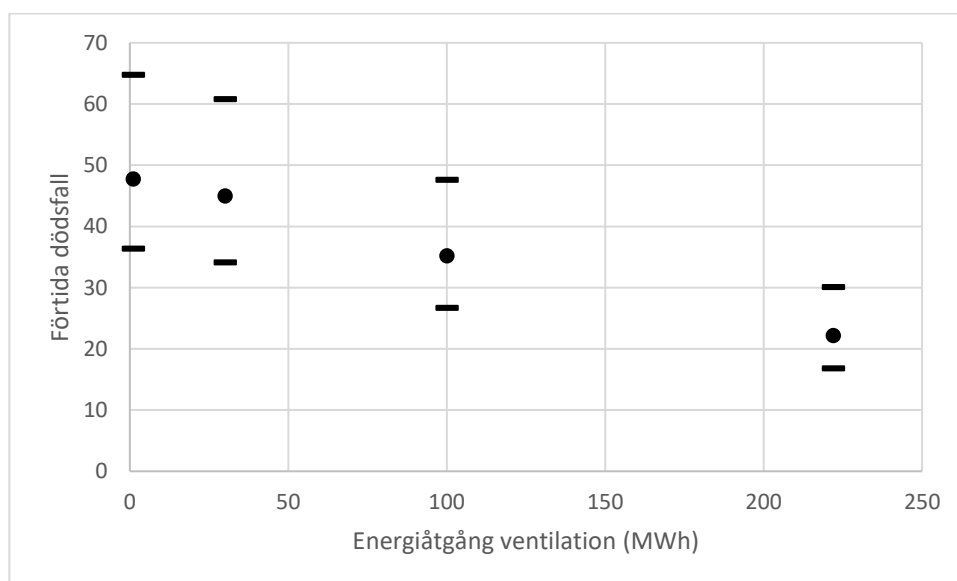
I Figur 4 plottas de värden som framgår i Tabell 1. För maxhalten 4000 µg/m³ kan man se att utfallet i dödsfall inte följer maxhalt linjärt. När det gäller den högsta maxhalten, är energiåtgången för ventilationen väldigt låg, 1 MWh, i jämförelse mot 222 MWh för den lägsta maxhalten (Tabell 1). Ventilation för att klara riktvärdet 4000 µg/m³ behövs enbart en timme per dygn, och givet att antalet fordon i tunneln hålls på nivån 140 000 fordon per dygn, motsvarar detta riktvärde i princip den sämsta luftkvaliteten som kan uppnås vid denna fordonsmängd. Det i sin tur betyder att riktvärdet i princip motsvarar det sämsta möjliga utfallet med avseende på förtida dödsfall vid bibehållen fordonsmängd.

¹² Utläst ur Figur 3 sidan 15 ur Orru och Forsberg (2016)



Figur 4 Förtida dödsfall plottat mot riktvärden i tunnelluften.

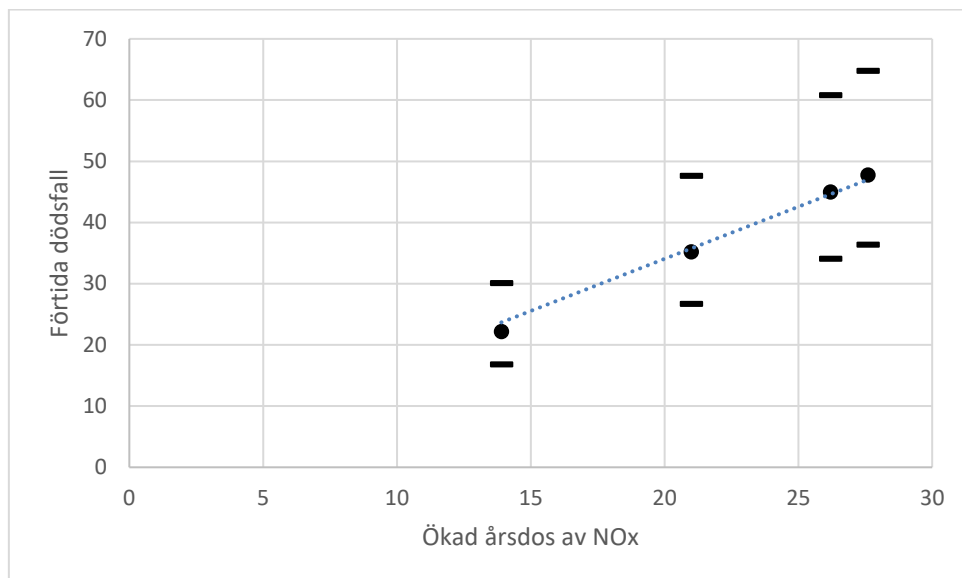
Det är också intressant att se, att utfallet förtida dödsfall är korrelerat med energiåtgången för ventilation, se Figur 5. Den lägsta halt som går att få med det ventilationssystem som är projekterat är inkluderat i figuren, och motsvarar en energiåtgång på 222 MWh per dag.



Figur 5 Förtida dödsfall i relation till det energibehov som används för ventilation till respektive maxhaltsscenario.

Det som i slutändan är intressant, är den årsdos som populationen kommer att utsättas för, Figur 6. Årsdosen är resultatet av till vilken halt man kan reducera tunnelluften, och det i sin tur beror ju av ventilationssystemet och den energi som det kräver.

Beroende av den relativa risken för exponeringen (dvs. dos-responsfunktionen), och känsligheten ("basrisk för dödlighet") hos den exponerade gruppen, kommer lutningen på kurvan skilja sig åt.



Figur 6 Antal förtida dödsfall som funktion av den ökade årsdosen av NOx för den population som nyttjar tunnel.

Utfallet för populationen som använder Förbifarten, gäller 140 000 fordon per vardagsmedeldygn (helgdygn = $0,8 \cdot \text{vardagsdygn}$ à 140 000 fordon) med i snitt 1,3 passagerare per fordon.¹³ Under ett helt år sker 62,6 miljoner passager genom tunneln.

En tunnelpassage genom hela tunneln tar ungefär 15–20 minuter. Tillsammans färdas passagerarna i tunneln ungefär 15,6 miljoner timmar per år, eller 1 800 år. Antal förlorade levnadsår för populationen som passerar tunneln under ett år uppskattas till mellan 480 – 1040 år, $1/3 - 2/3$ av populationens tillbringade tid i tunneln, beroende på valt riktvärde ($1000-4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Risken att drabbas ökar med ökad årsdos. Det innebär att ju oftare du åker i tunneln, och ju längre uppehållstiden är i tunnelmiljön, desto större risk för ohälsa på lång sikt.

Eftersom vi inte funnit studier kring vilka som förväntas använda Förbifarten (dvs. hur stor del av länets befolkning som kommer nyttja tunneln i störst utsträckning), kan man jämföra det förväntade utfallet i förtida dödsfall på grund av tunnelanvändning (22,2 – 47,9) med basrisken för hela populationen i länet, 4 200 dödsfall.¹⁴

2.2. Utfallet för pendlaren

¹³ Här har Orru och Forsberg (2016) även gjort ett case med 1,5 passagerare per fordon, med tanken att detta skulle omfatta även passagerare i bussar. I detta PM använder vi enbart 1,3 passagerare per fordon.

¹⁴ Hela länets befolkning i samma åldersgrupp 30-74 år har samma sannolikhet att åka genom tunneln.

Orru och Forsberg¹⁵ har också studerat utfallet för ökad risk för den daglige pendlaren.

I det värsta scenariot låter man pendlaren passera Förbifartens tunnellänkar 3-8b, som tillsammans resulterar i den högsta dosen genom tunnellänkarna. Den ökade risken för dödsfall "något år" efter påbörjad pendling är vid den lägsta maxhalten 1000 µg/ m³ 7,4% och vid 2000 µg/ m³ 11,2%, vilket framgår i rapporten. I Tabell 2 framgår motsvarande riskökningar uppskattade för detta PM för halterna 3000 och 4000 µg/ m³.

Årsdosen för "pendlaren" är 9,14, givet den lägsta maxhalten, vilket är lägre än den sammanlagda årsdosen för samtliga länkar (Tabell 2). Detta är givet, då pendlaren inte åker genom alla tunnellänkar. Beräkningen av antalet förtida dödsfall för hela tunneln görs med beräknade genomsnitt för antal trafikanter per tunnellänk samt hur länge man vistas i varje tunnellänk. Det finns dock ingen uppskattning på hur många "pendlare" som kommer finnas och därmed ingen uppgift om antalet förtida dödsfall och förlorade levnadsår för pendlarna specifikt. Den ökade risken som presenteras i rapporten motsvarar ca 2 förlorade levnadsdagar (detta varierar dock mellan 0,3–7 dagar beroende på pendlarens ålder) av ett år som pendlare (åker två gånger dagligen, 5 gånger i veckan, genom tunnellänk 3–7 och 8b under rusningstid).¹⁶ Detta kan tyckas vara en extrem pendling då denna beräkning antar att "pendlaren" har detta pendlingsmönster under rusningstid varje vecka under hela året (exempelvis ingen semester/sjukdom utan pendling).

Tabell 2 Årsdos genom länkarna 3-8b vid de olika haltscenarierna, samt uppskattad ökad risk för den daglige pendlaren (Orru och Forsberg, 2016).

	ÅRSDOS ^{17,18}	ÖKAD RISK FÖR PENDLAREN ^{17,19}
	(µg/m ³)	(%)
1000	9,14	7,4
2000	13,87	11,2
3000	18,48	14,9
4000	20,12	16,2

Beroende till vilket åldersspann individen tillhör, blir utfallet för den ökade risken till följd av daglig pendling olika (Tabell 3). Riskökningen är i sig betydande, men det statistiska utfallet för åldersgruppen beror av dess basrisk. Personer som bär på andra riskfaktorer för hjärt- och lungsjukdom är sannolikt mer känsliga för dosökningen. Samtidigt är det inte

¹⁵ Orru och Forsberg, 2016; Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapport, nr 3 2016.

¹⁶ En enskild pendlare kommer förlora ett helt levnadsår till följd av många års pendling enligt denna modell för riskökning.

¹⁷ Tabell 4 ur Orru och Forsberg (2016)

¹⁸ Som jämförelse är årsdosökningen för populationen 13,9 µg/m³ NO_x.

¹⁹ Den ökade risken baseras på 8% relativ riskökning per 10 µg/m³ årsdosökning NO_x.

uteslutet att en kontinuerlig och långvarig exponering för tunnelluft i sig kan skapa ökad känslighet.

Tabell 3 "Basrisk" för dödsfall i Stockholms län.

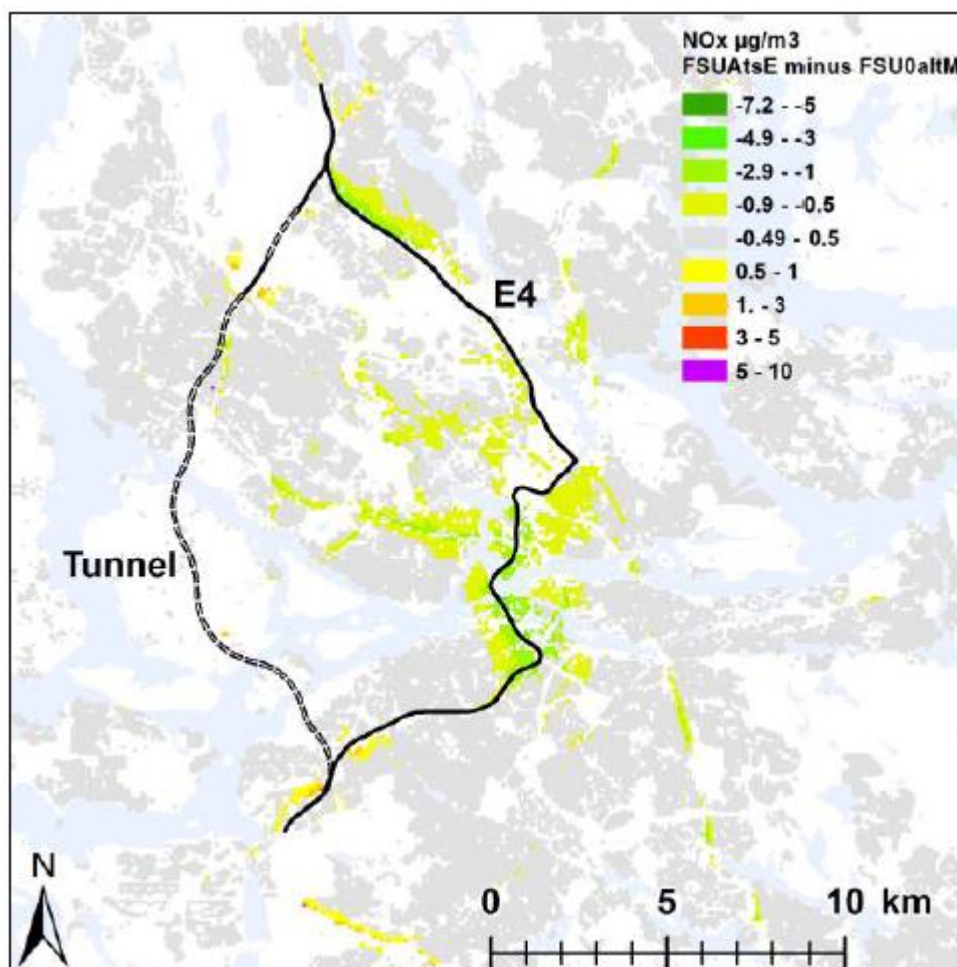
ÅLDER	BASRISK FÖR DÖDSFALL (PROMILLE)	RISK P.G.A. TUNNELPENDLING VID 1000 µg/m ³	RISK P.G.A. TUNNELPENDLING VID 2000 µg/m ³	RISK P.G.A. TUNNELPENDLING VID 3000 µg/m ³
30–34	0,237	0,255	0,283	0,326
35–39	0,307	0,330	0,367	0,422
40–44	0,4989	0,536	0,596	0,685
45–49	1,1953	1,284	1,428	1,642
50–54	2,1596	2,319	2,579	2,966
55–59	4,0022	4,298	4,780	5,497
60–64	6,3578	6,828	7,593	8,732
65–69	10,9689	11,781	13,100	15,065
70–74	17,7736	19,089	21,227	24,411
SAMTLIGA	3,648			
30–74 ÅR				

Beräkningarna om antalet förtida dödsfall är alltid en summering av den samlade effekten på populationen av trafikanter. Det finns inga beräkningar på hur många som kan antas ha denna pendlingsfrekvens, om det ens är troligt att någon kommer ha det. Dock kommer ingen enskild pendlare förlora ett helt levnadsår som en följd av många års pendling, enligt antagandena i denna modell.

2.3. Nyttan av att flytta trafik från ytvägar till Förbifart Stockholm

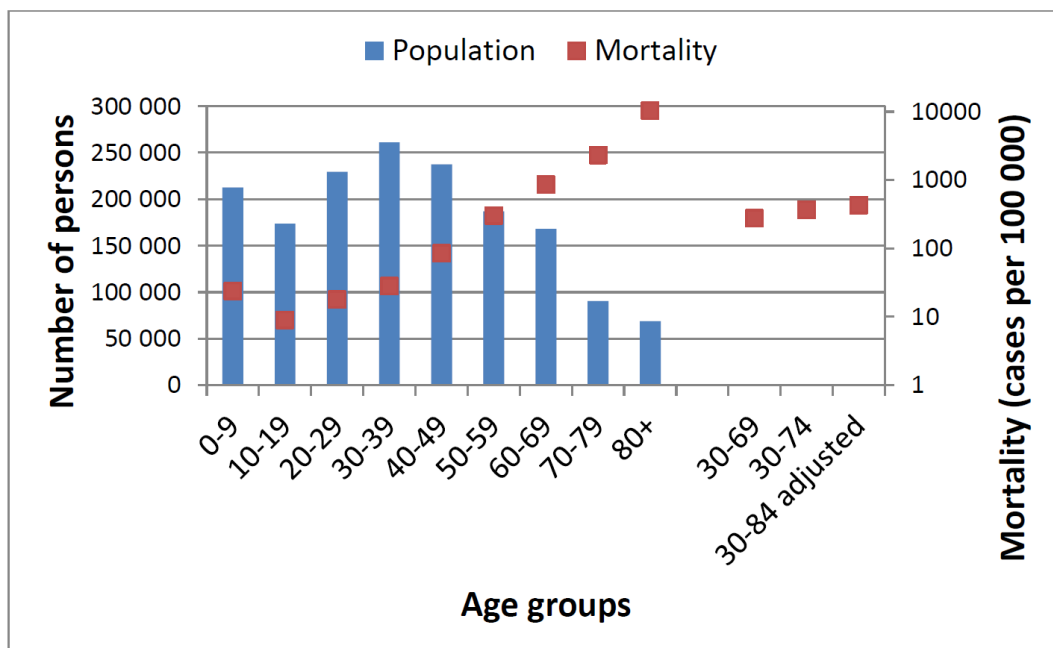
En positiv effekt av att bygga Förbifart Stockholm är att trafik kan styras från Stockholms gator och vägar, ner i tunneln, och därmed förbättra luftmiljön för befolkningen i Stockholms centralare delar. En tidigare studie av Orru et al (2013)²⁰ beskriver hälsovinsten för överflyttningen. Tunnelmynningar och luftutbytesstationerna kan dock innebära en sämre luftmiljö för en viss del av befolkningen, se Figur 7. Effekterna av detta är också inkluderade i studien.

²⁰ Orru et al., 2013; Estimated health impacts of changes in air pollution exposure associated with the planned by-pass Förbifart Stockholm, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapport, 2013:1.



Figur 7 Förändring i NOx årsmedelhalt vid utbyggnad av Förbifart Stockholm (Orru et al 2013)

Beräkningarna för hälsoutfallet är gjord med samma metod som vid beräkningar av luftföroreningar. Emissionerna från vägtrafik är dock beräknade med en tidigare emissionsdatabas.



Figur 8 Antal personer som lever och gynnas av minskad exponering i Storstockholm, uppdelat i ålderskategorier. "Basdödsrisk" markerat i rött. Notera att populationen i omgivningen omfattar personer <30 år samt >74 år, till skillnad från exponeringsstudierna i tunnelluft (Orru et al, 2013).

Denna studie visar att den lägre exponeringen för avgaser i omgivningsluften minskar antalet förtida dödsfall med 23,2 personer per år motsvarande 282,9 färre förlorade levnadsår för befolkningen. Antalet förtida dödsfall är samma nivå som riskökningen vid tunnelanvändning om riktvärdet på 1000 µg/m³ kan hållas. Dock är antalet förlorade levnadsår betydligt större än antalet vunna levnadsår på ytan. Det är troligt att skillnaderna i ingående populationer i respektive studie som ger denna skillnad, och det är svårt att jämföra studier med olika antaganden i olika delar.

2.4. Resonemang kring resultaten

Tunnelresenärer utsätts för korta perioder av höga eller mycket höga halter av avgasutsläpp. Genom att "översätta" de mycket höga halterna till ökad årsdosexponering kan man använda de samband som finns mellan ökad årsdos av NO_x och utfall i dödsfall och förlorade levnadsår.

En fråga i tidigt skede i uppdraget var om forskningsresultaten kring långtidseffekter kan ge ett svar på vilka som kommer drabbas av förtida död och därigenom kunna ge rekommendationer om tunnelanvändning eller riktlinjer. Rent statistiskt skulle man kunna säga att "samma" dör, men lite tidigare. Det innebär att fördelningen av förtida dödsfall (= vilka som dör) inte skiljer sig från risk att dö i hela populationen, men exponeringen ökar den relativa risken att dö, och därmed också utfallet i respektive ålderskategori.

Detta resultat baseras på att dos-responssambandet gäller för hela åldersspannet, dvs. att den relativa risken att drabbas av ohälsa antas vara lika hög för 30-åringen som för 74-åringen. Då basrisken för dödsfall högre för 74-åringen, innebär det dock att *utfallet* av den relativa risken för denna ålderskategori blir högre (se Figur 1 "Basrisk" för dödsfall, och den ökade risken för förtida dödsfall till följd av höjd årsmedelsexponering av NO_x, med en

relativ riskökning på 8% per 10 µg/m³. Ungefärligt utfall, där basrisk i promille avser andel av befolkningen i ett visst åldersintervall som dör per år. och Figur 2 Statistiskt utfall av årliga förtida dödsfall på grund av ökad exponering i Förbifarten (vänster axel) samt totalt antal dödsfall i samma population (höger axel), uppdelat i ålderskategorier). Resonemanget utgår från att den förväntade levnadslängden är drygt 80 år, och att dödsfall som sker innan dess är förtida.

Det finns dock ny forskning som tyder på att personer <60 år skulle vara mer känsliga för årsdosökningar av luftföroreningar, och att den relativa risken för dessa därmed skulle vara något högre än för de äldre.^{21, 22} Det här är så pass nya rön att det inte är medtaget i studierna inför Förbifarten. Skulle den relativa risken skilja sig mellan ålderskategorierna, kommer även utfallet av *vilka som dör* att förändras, d.v.s. att den ökade andelen förtida dödsfall på grund av tunnelexponering inte längre kommer att följa utfallet för basrisken. Forskningen behöver bekräftas av fler studier för att kunna tas med som hänsynsfaktor, vilket innebär att eventuellt nya rön inte kommer kunna påverka riktvärdesdiskussionerna för Förbifarten i detta skede.

Sannolikt är en del av de riskgrupper som är mest känsliga för hälsopåverkan till följd av korttidsexponering en undergrupp i utfallet vid långtidsexponering. Det innebär dock inte att det uteslutande är denna grupp som utgör de förtida dödsfallen till följd av långtidsexponering.

För beräkningar rekommenderar WHO att långtidseffekter ska bedömas om samma parameter används för kort- och långtidseffekter.

²¹ Crouse et al (2015)

²² Wang et al (2017)

3. Genomgång av underlag och antaganden för studien av långtidseffekter av tunnelexponeringen

3.1. Trafikanternas dos av luftföroreningar

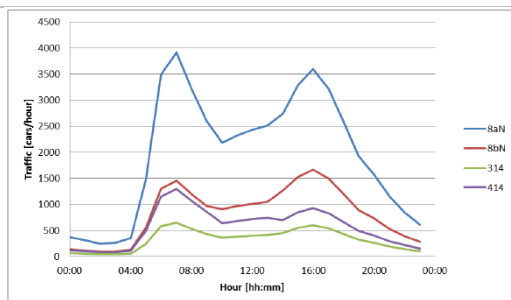
Kapitlet beskriver hur man skattar den dos trafikanterna får vid passage genom Förbifarten. Kortfattat innebär dosen den mängd luftförorening en person får i sig när denne uppehåller sig en viss tid i ett utrymme med en viss föroreningskoncentration. Långtidsexponeringen beräknas utifrån den ökade exponeringen under ett års tid, angivet som genomsnitt över året, och den relativa riskökningen som den dosen ger upphov till.

Studien Orru och Forsberg²³ har antagit att 140 000 fordon passerar Förbifarten per dygn, och ohälsoutfallet analyserades med antagandet att 1,3 alternativt 1,5 passagerare per fordon. Trafikant kan avse en unik tunnelanvändare, eller populationen "tunnelanvändare". Detta PM använder 1,3 passagerare per fordon i diskussionerna.

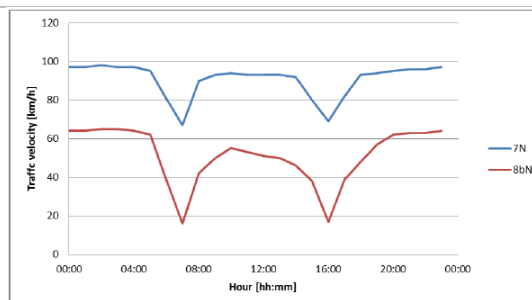
3.1.1. Tunnelkoncentrationerna

Tunnelluften har modellerats med avseende på luftföroreningssituationen²⁴ för den typ av ventilation som projekterats för tunnelsystemet, luftutbytesstation och jet fans.

Modelleringen har skett för att uppnå koncentrationerna 1000, 2000, 3000 och 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_x, vid en trafikmängd om 140 000 fordon per vardagsmedeldygn och enligt en trolig fördelning över dygn under vardagsmedeldygn (Figur 9) respektive helg (helgen har antagits vara 0,8*vardagsdygn), samt den hastighet som förväntas bli utifrån den trafikmängd som ska passera (Figur 10). Andelen personbilar har antagits vara 92 %, lätta lastbilar 5,6 % och tunga lastbilar 2,4 %.



Figur 9 Trafikflödesprofil under en dag, exempel från norrgående tunnel.



Figur 10 Hastighetstrend, exempel från den norrgående tunneln

Det visade sig att med det projekterade ventilationssystemet, kan man inte komma ner till en maxnivå på 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i alla delar av tunnelsystemet, se Tabell 4. Överskridandena sker

²³ Orru och Forsberg, 2016; Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapport, nr 3 2016.

²⁴ Bygghandling från Förbifart Stockholm, FSK 09 Installationer; FSE903: Tunnelventilation Forskningsprojekt tunnelluft 2016-08-22. Rune Brandt och Stefano Lucchini.

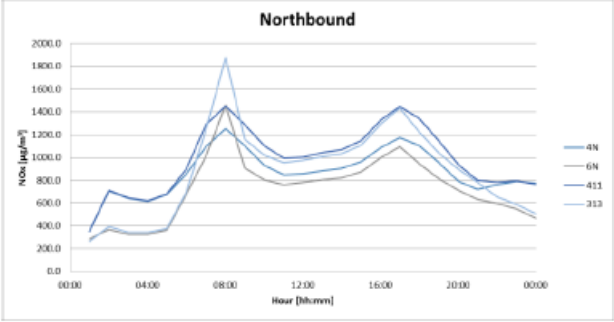
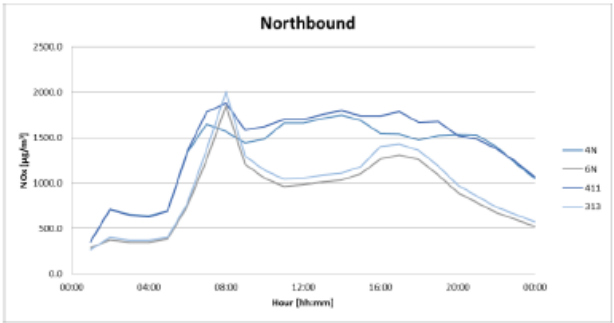
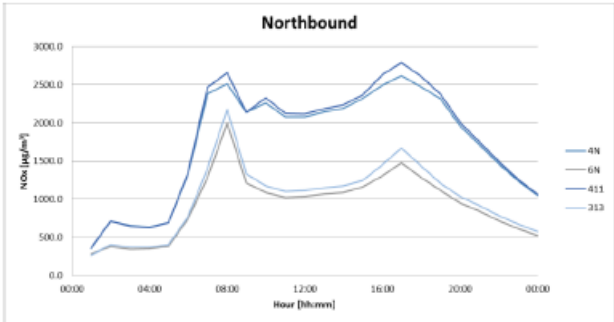
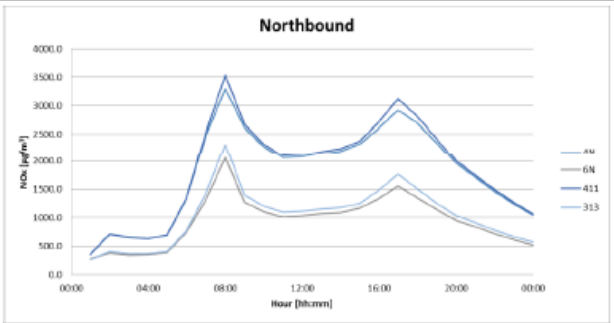
i tunnlarna/på ramperna 4N, 6N, 8aS, 411, 313 och 8bS, under rusningstrafik.
Överskridanden sker dock inte i övriga delar av tunneln.

Om man ansätter 2000 µg/m³ som maxnivå klaras den i tunnelsystemet, och därmed också de andra högre halterna.

I Tabell 4 framgår hur mycket energi som krävs för de olika maxhalterna som önskas eller uppnås. Det framgår väldigt tydligt att energibehovet skiljer sig mycket mellan de olika haltmålen, och att energibehovet inte är linjärt mot halten man önskar uppnå.

Energibehovet korrelerar med kostnaden för ventilationsdrift.

Tabell 4 Modellerade halter i olika länkar av den norrgående tunneln. I hälsorapporten användes den norrgående tunneln*2 för beräkningar av totalpåverkan från både norr- och södergående tunnlar.

ÖNSKAD MAXHALT NOX, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		MAXHALT	ENERGIBEHOV
1000		1789 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	222MWh
2000			100MWh
3000			30MWh
4000			1MWh

3.1.2. Emissionsfaktorer från fordonen

De fordonsemissioner som använts vid tunnelkoncentrationsberäkningar, och sedermera använts vid ohälsostudien av Orru och Forsberg²⁵, är HBEFA 3.2 och avser emissioner för fordonsscenariot 2030 vid en konservativ bedömning av teknikutveckling och typ av motorer. Det innebär att förbränningsmotorer utgör i princip hela fordonsflottan, och där dieselfordon ingår i flottan.

Valet av konservativ bedömning av fordonsutvecklingen innebär att utfallet kan anses vara ett värsta scenario. I ett senare skede kommer analyser att göras, eller befintliga utredningar sammanfattas, som avser att beskriva andra fordonsutvecklingsscenarier man kan se till 2030. Den analysen kommer att göras under hösten 2017 och presenteras i ett annat PM, där också en diskussion kring fordonsscenariornas konsekvenser för luftkvaliteten kommer att föras.

Inblandning av biobaserade bränslen och dess påverkan på ohälsa har inte analyserats i dessa scenarier. Dessa bränslen används för att minska nettotillskottet av CO₂ till atmosfären, vilket innebär att de är fördelaktiga ur klimatsynpunkt. Man kan därigenom använda konventionella motorer men utan att behöva använda fossila bränslen. Ur luftkvalitetssynpunkt kan utfallet både innebära ökade och minskade utsläpp av de avgaser som ger upphov till ohälsa, eller helt enkelt utsläpp med förändrade hälsoegenskaper, vilket kommer att beaktas i möjligaste mån i skedet med andra fordonsutvecklingsscenarier.

I kommande delar av Trafikverkets uppdrag till Sweco kommer denna del av framtidens fordon, och dess motorer och bränslebärare diskuteras med avseende på förändringar i halter och hälsoutfall i Förbifarten.

3.1.3. Kupékoncentrationer

De flesta som kommer att använda sig av Förbifart Stockholm kommer att sitta i någon typ av kupé, antingen bil, buss eller lastbil. Kupén och ventilationen i fordonet kommer till mer eller mindre grad kunna ventileras bort de koncentrationer av föroreningar som bildas i tunneln, varför hälsoeffekten av den dos som resenärer exponeras för inne i kupén är det intressanta, och riktvärdena för tunnelkoncentrationerna bör ta hänsyn till.

Trafikverket finansierade en studie för att undersöka vilka föroreningar och vilka halter man kan förvänta sig i kupén i olika typer av fordon.²⁶ Det gjordes dels genom mätningar i tunnel och i kupé, men också genom litteraturstudie av tillgänglig forskning och rapporter. Infiltrationen är väldigt olika för olika fordon och olika ventilationssystem, och värdena nedan kan ses som en fingervisning av hur man kan förvänta sig att infiltrationen blir.

NO_x är den markör som Trafikverket avser att styra ventilationen mot i Förbifarten. För NO_x var korrelationen mellan tunnelluften och kupéhalterna god ($r^2 = 0,84$) för i studien

²⁵ Orru och Forsberg, 2016; Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapport, nr 3 2016.

²⁶ Johansson et al. Halter av partiklar och NO_x i fordon i relation till omgivningsluftens halter; Underlag för skattning av trafikantexponering. SLB 1:2013

undersökt fordon, när ventilation var påslagen, med en medelhalt på 77% av tunnelkoncentrationen.

Man kunde i studien se att de grova partiklarna, PM_{10} , filtrerades bort väl. Genomsläppligheten i kupén var på 2–10%, med en god korrelation till tunnelluften. För de mindre partiklarna, $PM_{2,5}$, var genomsläppligheten högre, 5–22% av halterna utanför kupén. Jämfört med de grövre partiklarna visade $PM_{2,5}$ en högre korrelation med tunnelkoncentrationen.

Antalskoncentrationen korrelerade väl mellan tunnel- och kupékoncentrationerna, och mellan 41–52% av antalet utanför. Sot korrelerar till viss del, men inte med så god korrelationskoefficient som $PM_{2,5}$ eller antalskoncentrationerna, vilket tyder på att filtereffekten skiljer på olika typer av ämnen, partikelstorlekar eller egenskaper i avskiljningen.

Tabell 5 Sammanfattning av utfallet för infiltration av olika partiklar och föroreningar i kupén

	NOX/ NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	ANTAL PARTIKLAR ²⁷	SOT
ANDEL I FORDON MED VENTILATION PÅSLAGEN (%)	80–100	2–10	5–22	41–52	41–50

Eftersom infiltrationen av PM_{10} var så låg, har forskarna i studien över långtidsexponering valt att utesluta den effekten. I den tidigare studien av Orru et al (2013) inkluderades beräkningar av långtidseffekten av exponering för PM_{10} . Effekten var låg jämfört med exponeringen för NOx (0,5 förtida dödsfall jämfört med 23,2) och då var infiltrationseffekten inte medräknad. Att inte ta med exponeringen av PM_{10} i kupémiljö innebär dock trots allt en underskattning av hälsoeffekten.

Halten av NOx i kupén är nära samma som i tunnelluft, medan antal partiklar ($\approx$ avgaspartiklar), som NOx ska vara proxy för infiltrerar till enbart 50%. I studien Orru och Forsberg (2016) har man dock inte reducerat för kupéinfiltration med avseende på NOx, eller för avgaspartiklar. Utgångspunkten är att man vid framtagande av dos-responsfunktion använt halter i omgivningsluft, men den mesta vistelsetiden för personer i studierna är inomhus. Orru och Forsberg tänker sig att reduktionen till inomhusluft från omgivningsluft motsvaras av infiltrationen av tunnelluft till kupé.²⁸

Detta grova antagande bör verifieras eller förkastas inför framtagande av riktlinjer, och föreslås hanteras i ett separat PM. I Trafikverkets egen utvärdering om korttidseffekter vid tunnelexponering²⁹ har man valt att använda den 50%-iga reduktionen av avgaspartiklar som utgångspunkt för riskvärdering i kupén.

²⁷ Motsvarar ungefär avgaspartiklar

²⁸ Nafstaad, 2004

²⁹ PM Ärendenummer TRV 2011/68842 "Forskningsprogram om tunnelluft – delrapport. Utvärdering av hälsoeffekter av korttidsexponering samt förslag på fortsatt arbete."

Det finns möjlighet att använda ”recirkulation” för att ytterligare sänka exponeringen av tunnelluft i kupén. Eftersom Förbifarten är så pass lång finns det en risk att det blir problem med kondens och därmed sikt i kupén, vilket begränsar möjligheten att lösa Förbifartens luftföroreningshalter genom att använda recirkulation. Därför är en förutsättning för beräkningar av hälsoutfallet att man antar att ventilation används vid passage.

3.1.4. Uppehållstid i tunneln

Förbifart Stockholm är 21 km lång, varav cirka 18 km kommer att gå i tunnel. Färdtiden i tunneln är ungefär 15 minuter enkel resa.³⁰ Under rusningstid kan uppehållstiden bli längre på grund mer trafik, och därigenom ökar dosen för tunnelanvändare, både genom den ökade uppehållstiden men också för att tunnelkoncentrationerna stiger under dessa förhållanden.

En fördelningsanalys av förväntad användning av förbifart Stockholm har eftersökts inom ramen för uppdraget. Detta i syfte att få reda på vilken fördelning av dagliga pendlare respektive sällanåkare som förväntas använda Förbifarten, samt fördelning pendling i bil och pendling i buss. Med kunskap om hur stor andel av de 140 000 fordonen och dess passagerare som brukar tunneln dagligen, och hur stor andel som är sällanåkare, hade uppehållstiden för respektive kategori på årsbasis kunnat göras, och därigenom säkrare beräkningar av ohälsa.

3.2. Dos-responssamband

För att kunna kvantifiera risken av att utsättas för exempelvis en luftförorening, används dos-responssamband. Det sambandet har måttsett förhållandet mellan exponeringsdos och dess skadlighet. Dos-respons avser dessutom sambandet mellan exponering och andelen drabbade *i en grupp*.³¹

Vanligen ligger epidemiologiska studier till grund för de dos-responssamband som finns. Det innebär att man studerat statistiska samband mellan halter av en förorening (exempelvis i form av årsmedelvärde i luft) och hur halterna påverkar grupper av människor. Man studerar korrelationen mellan utfallet i form av exempelvis dödsfall och den genomsnittliga graden av exponering. Eftersom det är korrelationen som studeras, behöver nödvändigtvis inte den analyserade föroreningen vara densamma som ger upphovet till ohälsoutfallet. NO_x (summan av NO och NO₂) används exempelvis som markör för små avgaspartiklar, eller ”black carbon”, emitterade i fordonsavgaser, vilket är det man tror ger påverkan på hälsa. Det finns också indikationer på att NO₂ har påverkan på hälsan.³²

Just uppfattningen om skadligheten av NO₂ har omvärderats över tid, från att ha trots vara en stark ohälsosfaktor, till att nedvärderats till ofarlig hälsosfaktor och enbart en proxy för

³⁰ Sammanfattning av den Samhällsekonomiska bedömningen av Förbifart Stockholm. TRV 2012/29166

³¹ Arbets- och miljömedicin s.39

³² Faustini et al, 2014; Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. European respiratory journal 44 (744-753).

andra emissioner, till att återigen uppvärderas till en skadlig förorening. För redan känsliga personer är halten vid vilken effekt märks mycket lägre än för friska personer.

Rapporten Orru och Forsberg³³ använder sig av det dos-responssamband som presenteras i Nafstad.³⁴ Dos-responsmättet avser en grupp män i Norge, och räknar på utfallet av ökat antal dödsfall beroende av den exponering de var utsatta för 1974–1978. Den relativa riskökningen för dödsfall på grund av högre exponering av NO_x uppskattades till 8% per 10 µg/m³ NO_x.

En senare studie över svenska män i åldrarna 48–52 år vid studiens start 1973, ger ett resultat i samma storleksordning med en relativ riskökning på 6% per 10 µg/m³ NO_x, (Stockfelt et al, 2015).

Utöver dessa två ovanstående studie, har det relativt nyligen publicerat en metastudie, där ett flertal europeiska kohorter (ESCAPE-studien³⁵), och därmed en mycket större population, använts för dos-responsframtagandet. Den studien visar en lägre relativ riskökning för NO_x på 1% per 10 µg/m³ NO_x. Eftersom dos-responssambanden är linjära, skulle användningen av den lägsta relativa riskökning på förbifartspopulationen innebära att risken är 1/8-del av den risk som beräknats med Nafstads riskkoefficienter.

Studierna är utförda med olika metoder av modellering och/eller mätning som grund, och resultaten är inte helt jämförbara. Dock visar de olika resultaten från studierna svårigheterna att beräkna den relativa risken med NO_x som proxy, och utmaningen att finna det ”rätta” måttet på risk för ohälsa. Konfidensintervallen för riskerna i studierna är stora, men sambanden är statistiskt signifikanta och därmed också reella.

I detta PM utgår vi, och i de kommande samhällsekonomiska konsekvensanalyserna kommer vi bland annat att utgå, från de värden som publicerats i Orru och Forsberg (2016).

3.3. NO_x som proxy

Kväveoxider, NO_x (dvs summan av NO och NO₂) bildas vid förbränning, antingen av kvävet som finns i luften och/eller i bränslet.

I omgivningsluft mäter och modellerar man vanligen mot NO₂, och det är även mot halterna av NO₂ som miljö kvalitetsnormerna jämförs. Miljö kvalitetsnormerna är satta till skydd för människors hälsa och miljö, men gäller för utomhusluft och inte i tunnlar.³⁶

NO_x är den proxy som föreslagits för avgaspartiklar i tunnelluft. I vissa befintliga tunnlar har Trafikverket valt att använda NO₂ som markör för avgaser. Man såg dock i Södra länken att i tunnlar med begränsat tillförsel av frisk luft, förbrukas ozon varvid oxidationen av NO

³³ Orru och Forsberg, 2016; Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapport, nr 3 2016.

³⁴ Nafstad et al, 2004; Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. Environmental Health Perspectives Vol 112 Nr 5

³⁵ Beelen et al, 2013; Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. www.thelancet.com Published 9 december 2013.

³⁶ Luftkvalitetsförordning (2010:477) 3 § ”Med utomhusluft avses i denna förordning utomhusluften med undantag av arbetsplatser samt vägtunnlar och tunnlar för spårbunden trafik”

till NO₂ begränsas. Det är därför inte lämpligt att använda NO₂ som indikator för avgaspartiklar i tunnluft, då korrelationen NO₂ och avgaspartiklar förändras beroende på tillgång till ozon. Förutom det har dessutom direktemissionerna av NO₂ från fordon förändrats över tid, bland annat p.g.a. ökad andel dieslbilar, vilket påverkat förhållandet NO₂/NO_x.

Över tid kan man se att relationen mellan NO_x och antal partiklar (PN = particle number, som mått på avgaspartiklar³⁷) förändras, se Figur 11 och Figur 12. Den första figuren visar det som beskrivs i emissionsdatabasen HBEFA3.2 och den andra uppmätta värden på Hornsgatan i Stockholm (halter normerade till 1 år 2010). Figurerna visar att den relativa risken med NO_x som proxy kan förändras över tid, och att man regelbundet behöver se över förhållandet mellan NO_x och avgaspartiklar, för att säkra att man inte reglerar luftkvaliteten mot fel parameter.

Man skulle kunna spekulera kring att ett dos-responssamband man uppvisar med NO_x vid en period, inte gäller under en period med ett helt annat förhållande avseende NO_x och avgaspartiklar. Exempelvis baseras Nafstads studie på halter vid hemadresser för perioden 1974–1978 och korrelationen med utfall i förtida dödsfall med avseende på avgaser i omgivningsluft under 70-talet.

Frågan är om relationen av NO_x och det som skapar ohälsa idag kan jämföras med de avgasutsläppen som skedde under 70-talet, och hur det påverkar bedömningarna av ohälsoutfallet vid moderna avgasutsläpp. Detta motsägs dock till viss del av Stockfelt et al (2015), där man inte såg någon signifikant skillnad mellan den relativa riskökningen för medelhalterna för den sista femårsperioden (2002–2007) eller medelhalten för hela perioden 1973–2007.

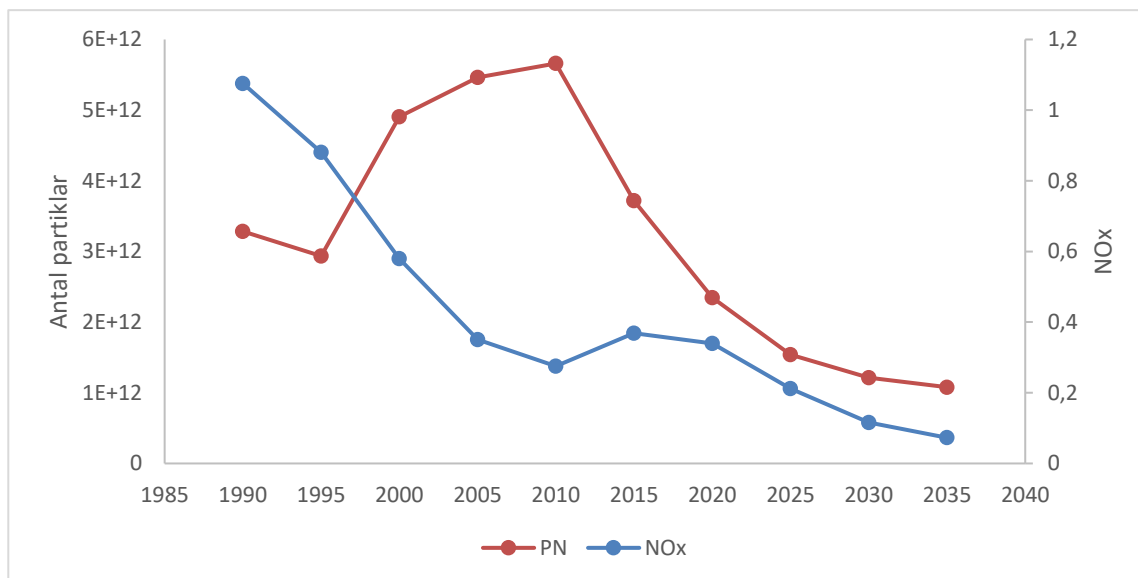
Det finns enbart begränsat med forskningsunderlag för långtidseffekter av NO_x, och de studier som inkluderats i detta PM visar på en riskökning för förtida dödsfall på 1%, 6% och 8% (Beelen et al, 2013³⁸; Stockfelt et al, 2015³⁹; Nafstad et al, 2004⁴⁰).

³⁷ Krecl et al, 2017; Trends in black carbon and size-resolved particle number concentrations and vehicle emission factors under real-world conditions. *Atmospheric Environment* (165) 155-168.

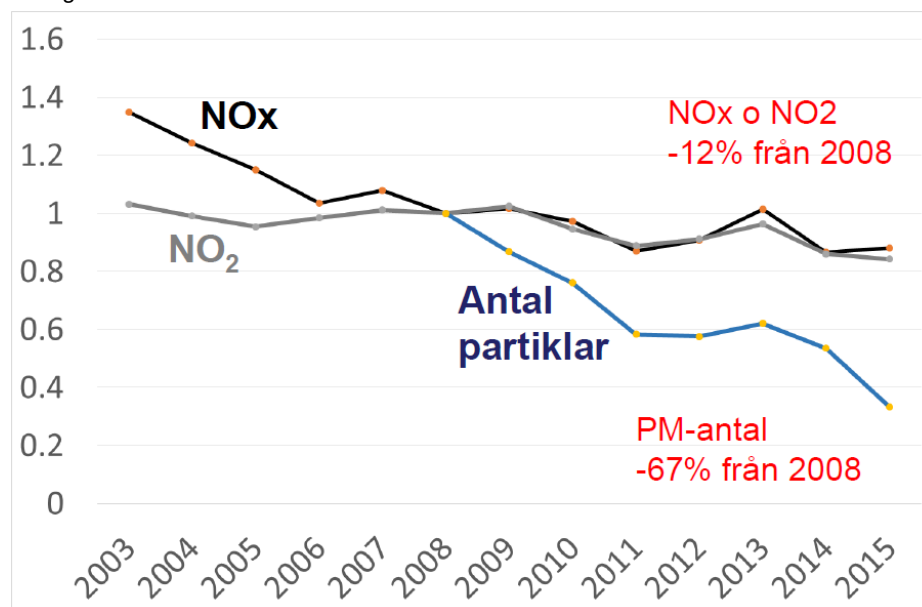
³⁸ Beelen et al, 2013; Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. www.thelancet.com Published 9 december 2013.

³⁹ Stockfelt et al, 2015. Long term effects of residential NO_x exposure on total and cause-specific mortality and incidence of myocardial infarction in a Swedish cohort. *Environmental research* (142) 197-206.

⁴⁰ Nafstad et al, 2004; Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. *Environmental Health Perspectives* Vol 112 Nr 5



Figur 11 NOx och antal partiklar (PN⁴¹) från avgaser (HBEFA 3.3). Man kan se att minskningen av NOx-utsläppen skiljer sig i förhållande till antal partiklar. Avser emissionsfaktorer för personbilsparken i Sverige.



Figur 12 Relationen avgaspartiklar⁴² och NOx från trafiken på Hornsgatan (Christer Johansson, SLB Analys/ACES SU). Mönstret vid mätning i gaturum visar också att förhållandet mellan NOx och antal partiklar förändras över tid.

⁴¹ Antal partiklar >28 nm, uppvärmda till 300°C (dvs. fasta partiklar)

⁴² Antal partiklar började mätas 2008 och avser alla partiklar > 4nm

3.4. Andra viktiga aspekter

Forskningsmaterial är av sin natur begränsad i omfattning, när det gäller uppdrag och resultat. Summan av många forskningsgruppers resultat leder till en sammanfattande bild av kunskapsläget. Med det sagt leder ny forskning inte sällan till slutsatsen att mer forskning behövs, för att täcka de bitarna man inte kunnat ta med i sin studie. Med tanke på avgränsningar i respektive forskningsunderlag, är det en utmaning att beskriva vad forskning innebär ”i verkligheten”. Ansatsen i detta PM är att försöka göra detta.

Studien har antagit att det är en normalbefolkning som pendlar genom Förbifarten. Det kan stämma, men det kan också vara så att en viss ålderskategori pendlar i större utsträckning än andra. Det kan finnas skillnader mellan kön, eller socioekonomiska faktorer i pendlingsmönstret. En annan möjlighet är att skillnaden inte ligger i pendling eller ej, men hur mönstret ser ut mellan pendlare i personbil eller i bussar, och vad den skillnaden innebär för årsdosen i respektive grupp, och därmed den relativa risken för förtida dödsfall.

Det finns ny forskning som pekar på att olika åldrar är olika känsliga för ökad årsmedeldos. Forskningen tyder på att människor yngre än 60 år har högre känslighet för långsiktig doshöjning av NO₂ jämfört med den äldre delen av populationen, vilket går emot vad man intuitivt tänker.⁴³ Å andra sidan är den äldre befolkningen mer känsligt för de kortsiktiga effekterna, d.v.s. känsligare för kortvarigt höga halter kopplade till sjukhusintag. Det skulle kunna innebära att det utfall som presenterats i Kapitel 6 underskattar långtidseffekterna för personer <60 år, och att utfallet därmed skulle kunna bli fler förlorade levnadsår per förtida dödsfall.

I studierna ingår inte gruppen 0–30 år, vilket beror på att basrisken för dödsfall är så pass låg att man inte ser någon riskökning för förtida dödsfall på grund av långtidsexponering. Man får dock inte glömma att förhöjda halter av luftföroreningar kan påverka denna grupp betydligt, med påverkan på bl.a. lungutveckling för den yngsta gruppen och ohälsa för hela populationen. Denna typ av hälsoeffekt tas inte med när man studerar förtida dödsfall och förlorade levnadsår.

Studien har antagit en konservativ bedömning av fordonsflottan i framtiden. En fördjupad studie över effekten av en förändrad fordonspark på tunnelkoncentrationerna och utfall på förtida dödsfall och förlorade levnadsår, kommer att påbörjas under våren 2018. Den studien kommer förslagsvis innehålla intervjustudier av teknikutvecklingsspår med avseende på luftrening och ventilationssystem i fordon.

⁴³ Crouse et al; Within- and between-city contrast in nitrogen dioxide and mortality in 10 Canadian cities; a subset of Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC); Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2015), 482-489.

4. Ordlista

Mortalitet – mätvärde som beskriver antal **dödsfall** i en population dividerat med det totala befolkningstalet under en viss tidsperiod

Proxy eller markör – enhet eller variabel som man mäter på och som korrelerar med den enhet eller variabel som ger upphov till effekten, men som är svårare att mäta

Kohortstudie – en studie på en grupp individer med bestämd gemensam erfarenhet inom en viss tidsperiod. Man går från orsak till effekt, d.v.s. börjar med att identifiera exponeringen varefter man jämför sjukdomsmönster (i detta fall förtida dödsfall) i olika exponeringskategorier.

NOx – summan av föroreningarna NO och NO₂. NO oxideras av ozon till NO₂. NO₂ kan också direktemitteras i fordonsavgaser.

Basrisk – Den statistiska risken för dödsfall utan förhöjd exponering för luftföroreningarna

Epidemiologiska studier – Studier för att identifiera och värdera olika riskfaktorer för ohälsa och förtidig död genom livsstilsfaktorer eller miljöfaktorer.

Epidemiologi – läran om sjukdomsförlopp i en population



TRAFIKVERKET

Trafikverket, Sundbyberg. Besöksadress: Lövströms allé 6A.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se