

RAPPORT
PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft

Del 5: Riktvärde NO_x



Trafikverket

Postadress: Postadress: 172 90 Sundbyberg

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 5: Riktvärde NOx

Författare: Martin Bjarke, Erik Nordin och Carl-Henrik Sandbreck, Sweco,
Thomas Holmström, TRV

Dokumentdatum: 2021-11-01

Ärendenummer: TRV 2018/124310

Version: 1.0

Kontaktperson: Thomas Holmström, Trafikverket, Anna Nordqvist, Trafikverket

Innehåll

Förord	4
Sammanfattning	4
1 Inledning	4
1.1. Bakgrund	4
1.2. Syfte och mål	5
1.3. Avgränsning	5
2 Motiv till riktvärden	6
2.1. Siktkrav	6
2.2. Hälsöekonomiska effekter av Förbifart Stockholm	7
2.2.1. Kostnad-effektanalys	7
2.2.2. Jämförelse med trafiksäkerhetshöjande projekt	9
2.3. Nationellt riktvärde för vägtunnlar från Transportstyrelsen	10
2.4. Riktvärde för vägtunnlar baserat på exponeringsdos för gränsvärde för utomhusluft	11
3 Diskussion	13
4 Slutsats	14
5 Referenslista	15

Förord

Slutsatserna i denna rapport bygger på den kunskap om miljö och hälsa samt den teknik och de prognoser som för tillfället är tillgängliga år 2021. Förbifart Stockholm tas i drift 2030 varför det med all säkerhet under tiden kommer fram ny kunskap om luftföroreningars påverkan på människan. Utvecklingen av fordonsflottan i riktning mot mer elektrifierad drivlina kommer också att ha betydelse för omfattningen av emissioner från trafiken.

Detta sammantaget innebär att denna rapport kontinuerligt behöver ses över och revideras.

När Förbifart Stockholm är tagen i drift behöver mätningar ske av förbränningspartiklar och kväveoxider (NO_x) i tunneln. Ventilationen styrs av halten kväveoxider i tunneln men hälsan påverkas främst av förbränningspartiklar vad vi känner till idag. Korrelationen mellan förbränningspartiklar och NO_x förändras med fordonsflottans sammansättning varför ventilationen kan behöva styras om till annan halt av NO_x än vad som är känt idag.

Sammanfattning

Förbifart Stockholm är den motorvägspassage som ska leda vägtransporter förbi Stockholm utan att passera Essingeleden. Passagen är drygt 21 km, varav drygt 18 km består av tunnel. Den förväntade körtiden för sträckan tunneldelen är cirka 15 minuter, vid en medelhastighet på 90 km/h. Syftet med föreliggande PM är att utgöra ett beslutsunderlag för ett riktvärde för luftföroreningshalten att styra tunnelventilationen i Förbifart Stockholm efter. PM sammanfattar kända förutsättningar och kunskapsläget genom publicerade rapporter som behandlar riktvärden för luftföroreningar i tunnelluft i allmänhet eller i Förbifart Stockholm, kopplat till hälsoeffekter orsakade av luftföroreningar.

Rapporterna visar att:

- För att upprätthålla godtagbar sikt i tunneln krävs vintertid en ventilation som medför ett riktvärde på högst cirka 2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$ NO_x .
- Ett riktvärde runt 2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$ ger en betydligt lägre el-energiförbrukning, på grund av minskat ventilationsbehov, än riktvärdet 1 000 $\mu\text{g m}^{-3}$. Vilket leder till att nyttan per investerad krona blir högre för ett riktvärde på 2 000 jämfört med 1 000 $\mu\text{g m}^{-3}$.
- Riskökningen vid ett riktvärde på 2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$ bedöms vara i samma storleksordning som andra risker som samhället accepterar.

Ett riktvärde på 2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$ som maximalt timmedelvärde, som inte får överskridas i någon punkt i tunneln, förefaller vara en god kompromiss då det uppfyller kraven på sikt i tunneln samt att risken är paritet med vad samhället accepterar i andra sammanhang.

1 Inledning

1.1. 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. Förbifart Stockholm utgörs av två separata tunnelrör med tre körfält i vardera riktningen och syftar

till att binda samman regionens norra och södra delar och skapa en gemensam arbets- och bostadsmarknad. Den nya leden som går från Kungens kurva till Häggvik är drygt 21 km. Huvuddelen är förlagd i tunnel, en huvudtunnel från Kungens kurva till Hjulsta på nästan 16,5 km och en kortare tunnel under Järvakilen på nära 1,8 km. Långa sträckor går tunneln 60-80 meter under mark. Genom att stora delar av trafikleden läggs i tunnel minskar dess miljöpåverkan kraftigt jämfört med om den byggs i ytläge. Förbifart Stockholm får variabla hastighetsgränser. Det innebär att den högsta tillåtna hastigheten kan variera mellan 80 och 100 km/h beroende på trafiksituationen. Passagen för hela sträckan tar, vid en medelhastighet på 90 km/h, cirka 15 minuter, varav ca tolv minuter sker under jord. De trafikprognoser som gjorts visar att år 2035 (prognosåret) når Förbifart Stockholm sitt fulla utnyttjande med cirka 140 000 fordon per dygn.

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

Luftföroreningar från trafik är dels gaser och partiklar från förbränning i motorn, dels slitagepartiklar från däck och vägbanan. Slitagepartiklarna frigörs bland annat från förslitning av bromsar och hjul och framförallt när dubbdäck sliter på vägbanan.

Tunnelventilation är en viktig del i att minska halterna av luftföroreningar. Detta är särskilt betydelsefullt i en längre tunnel, där exponeringstiden för högre halter blir längre än i en kortare tunnel och där den naturliga ventilationen inte är tillräcklig.

Den projekterade tunnelventilationen i Förbifart Stockholm kommer att bestå av 241 impulsfläktar som är upphängda i tunneltaket ovanför vägbanan. Impulsfläktarna styrs mot ett riktvärde på halten luftföroreningar. Det finns även sex luftutbytesstationer, där frånluftsfläktar drar ut tunnelluften till markytan och tilluftsfläktar drar in luft utifrån till tunneln.

Att mäta halter i tunnelluft i realtid för att på så vis styra ventilationen är inte praktiskt möjligt för alla typer av föroreningar, men det går att göra för den totala halten av kväveoxider (NO_x), vilket är summan av NO och NO₂. Därför används NO_x-halten som riktvärde för att styra ventilationen.

Föreliggande PM är det femte i en serie rapporter som Sweco tagit fram på uppdrag av Trafikverket. Följande PM ingår i serien; PM1 Hälsoaspekter¹, PM2 Scenarier i fordonsflottan², PM3 Filtertechnik³, PM4 Hälsoekonomiska effekter⁴.

1.2. Syfte och mål

Syftet med föreliggande PM är att utgöra ett beslutsunderlag till ett riktvärde att styra tunnelventilationen i Förbifart Stockholm efter. Målet är att sammanfatta tidigare arbeten och utifrån dessa basera ett rimligt riktvärde för luftföroreningshalten i Förbifart Stockholms tunnlar.

1.3. Avgränsning

PM:en avgränsas till luftkvalitetssituationen för Förbifart Stockholm, slutsatserna kan inte rakt av appliceras på andra vägtunnlar, utan underlagsutredningar måste göras för varje

¹ PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 1: Hälsoaspekter

² PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 2: Scenarier för fordonsflottan

³ PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 3: Översikt filtertechnik och kupéns skyddande effekt

⁴ PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 4: Hälsoekonomiska effekter

unik situation. PM:en använder källmaterial endast från de källorna som redovisas nedan. Ingen ny kunskap tas fram i föreliggande PM.

Följande källmaterial har använts i föreliggande PM:

- Tunnelventilation – jämförelse NO_x – och siktemissioner PM Förbifart Stockholm – Tunnelluft. dokumentnummer E4FS 2019:0033
- Föregående PM i serien, Del 1 Hälsospekter, Del 2 Scenarier i fordonsflottan, Del 3 Filterteknik Del 4: Hälsøkonomiska effekter.
- Riktvärde för vägtunnlar – Baserat på exponeringsdos upp till gränsvärde/miljömål för utomhusluft och dess konsekvenser för hälsoriskerna. Johansson och Forsberg SLB 28:2020.
- Remissförslag för Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om egenskapskrav för vägar, gator, spårvägar och tunnelbanor (byggregler). Remissförslaget baseras till stor del på rapporterna Luftkvalitet i vägtunnlar – Konsekvensutredning och förslag till nationellt riktvärde samt Luftkvalitet i vägtunnlar – Tilläggsuppdrag nationellt riktvärde (Beräkningshandledning), rapporterna är framtagna WSP på uppdrag av Transportstyrelsen och Trafikverket.

2 Motiv till riktvärden

Följande kapitel sammanfattar kända förutsättningar och kunskapsläget genom publicerade rapporter som behandlar riktvärden på luftföroreningar i tunnelluft i allmänhet eller i Förbifart Stockholm, kopplat till hälsoeffekter orsakade av luftföroreningar. Riktvärdena anges som 98e percentilen av timmedelvärdena. Vilket innebär att de får överskridas under maximalt 175 av årets timmar. Detta är för att ta höjd för speciella väderförhållanden, stopp i tunneln och ovanliga trafiksituationer.

2.1. Siktkrav

I ett projekt⁵ utfört av Trafikverket har simuleringar genomförts för olika ventilationsnivåer kopplat till utsläppshalter och energiåtgång för den projekterade ventilationsanläggningen i Förbifart Stockholm. Riktvärden som simulerats är NO_x-halterna 1 000, 2 000, 3 000, 4 000 och 10 000 µg m⁻³ samt siktkoefficienten 5 km⁻¹.

Det lägsta beräknade riktvärdet för NO_x-halten i Förbifart Stockholm är 1 000 µg m⁻³, det riktvärdet kan i princip upprätthållas i hela tunneln. Undantaget är en av påfartsramperna, där det på grund av mindre tvärsnittsarea, inte går att upprätthålla riktvärdet under rusningstid. Energikonsumtionen för att upprätthålla ventilationsnivån beräknas då bli cirka 217 MWh per dygn. Riktvärdet 2 000 µg m⁻³ kan däremot upprätthållas i hela tunneln och hela dygnet. Energikonsumtionen under ett dygn för det alternativet är cirka 80 MWh.

Det lägsta riktvärde för NO_x som kan rekommenderas för att upprätthålla riktvärdet för sikt 5 km⁻¹ under sommarsäsong är 3 000 µg m⁻³ vilket motsvarar en daglig energiförbrukning på 28 MWh. Under vintersäsong (med 50 % dubbdäcksanvändande) krävs en energiförbrukning av cirka 80 MWh per dygn för att upprätthålla det riktvärdet för sikt 5 km⁻¹. Detta motsvarar ungefär en NO_x-koncentration av 2 000 µg m⁻³. Att styra mot det lägre riktvärdet (1 000 µg m⁻³) innebär en knappt tre gånger så stor elförbrukning som riktvärdet

⁵ Tunnelventilation – jämförelse NO_x – och siktemissioner, E4FS 2019:0033

2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$. Vid olika riktvärden mellan vinter- och sommarsäsong krävs justering av styrningen av impulsfläktarna två gånger om året, vilket är genomförbart.

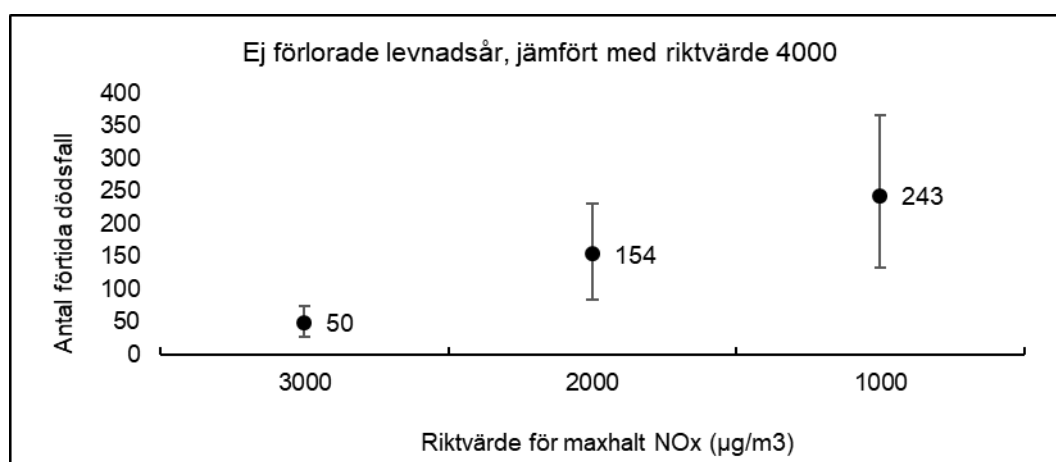
2.2. Hälsoekonomiska effekter av Förbifart Stockholm

2.2.1. Kostnad-effektanalys

Sweco har på uppdrag av Trafikverket tagit fram en rapport⁶ där hälsoekonomiska effekterna av tunnelluften i Förbifart Stockholm kvantifieras. Syftet med rapporten är att ur ett hälsoekonomiskt perspektiv utvärdera och jämföra olika riktvärden för NO_x -halter för tunnelluften i Förbifart Stockholm.

Rapporten presenterar en kostnad-effektanalys där utfallet är kostnaden av förtida dödsfall orsakade av luftföroreningar för olika ventilationsalternativ jämförs mot investerings- och driftskostnaden i de olika ventilationsalternativen. I beräkningsmodellen läggs även osäkerheter i indata in, vilket gör att resultat kan redovisas med felstaplar. Osäkerheterna består bland annat av elpris, mortalitet, dos-responssamband,

I rapporten beräknas antalet förtida dödsfall årligen som kan undvikas om halten NO_x sänks i tunneln. Beroende på förväntad medellivslängd kan antalet förtida dödsfall räknas om till antal förlorade levnadsår. Figur 1 visar hur många förlorade levnadsår som undviks inom populationen arbetspendlare (39-74 år) enligt rapportens modell, om riktvärdet sänks från 4000 $\mu\text{g m}^{-3}$ (nollalternativet) till något av följande riktvärden 1 000, 2 000 eller 3 000 $\mu\text{g m}^{-3}$. Antalet förlorade levnadsår minskar (antalet ej förlorande år ökar) med lägre riktvärde, noterbart är också att osäkerheten ökar med lägre riktvärde.

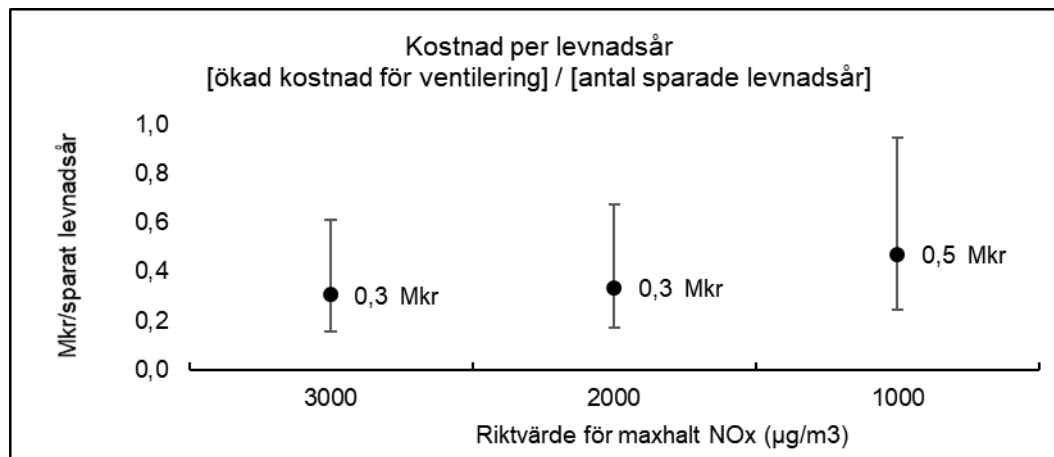


Figur 1. Antal förlorade levnadsår som undviks för populationen som reser i tunneln, om riktvärdet sänks från 4000 $\mu\text{g m}^{-3}$ (nollalternativet) till något av följande riktvärden 1 000, 2 000 eller 3 000 $\mu\text{g m}^{-3}$. Felstaplarna betecknar 5- och 95-percentil av simulering med 1000 iterationer (upprepningar).

Figur 2 visar kvoten mellan den ökade kostnaden för ventilation för de olika riktvärdena (jämfört med nollalternativet 4 000 $\mu\text{g m}^{-3}$) och det ekonomiska värdet av de ej förlorade levnadsåren, i den här beräkningen är inte investeringskostnaden för ventilationen inräknad. Kostnaderna per sparat levnadsår är högst för riktvärdet 1 000 $\mu\text{g m}^{-3}$, medan de ungefär är likvärdiga för riktvärde 2 000 respektive 3 000 $\mu\text{g m}^{-3}$. Detta eftersom driftskostnaderna för ventilationen ökar exponentiellt med högre ventilation, medan nyttan av ventilationen ökar linjärt. Om antalet ej förlorade levnadsår (nyttan med ventilationen) i

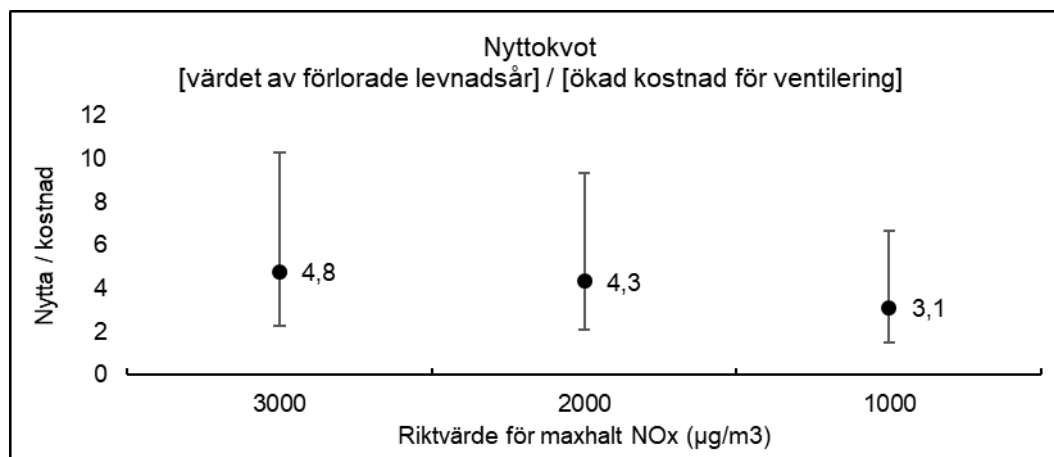
⁶ PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 4: Hälsoekonomiska effekter

figur 2 jämförs mot driftskostnaden kan därmed samtliga riktvärden motiveras ur ett samhällsekonomiskt perspektiv, eftersom kostnaden per sparade levnadsår med råge understiger värdet på ett levnadsår. I rapporten används ett intervall för värdet på ett levnadsår, baserat på värdering av levnadsår gjord av Tandvårds- och läkemedelsförmånsverket (TLV)⁷ och Trafikverkets effektkatalog (ASEK).



Figur 2. Kostnadskvoten beskriver kostnaden per sparade levnadsår. Felstaplarna betecknar 5- och 95-percentil av simulering med 1000 iterationer.

Detta illustreras även i Figur 3, som visar en nyttokvot i form av värdet av de sparade levnadsåren dividerat kostnaden för att driva ventilationen. Kvoten för samtliga tre alternativ är högre än ett, vilket innebär att kostnaden för att driva ventilationen understiger värdet av de levnadsår som ventilationsalternativet sparar, jämfört med nollalternativet. Men nyttan per investerad krona avtar med ökad ventilationen, även om den fortfarande är positiv.



Figur 3. Kvot mellan effekt och kostnad. Värdet över 1 innebär att åtgärden leder till positiva effekter som har ett högre värde än kostnaderna. Felstaplarna betecknar 5- och 95-percentil av simulering med 1000 iterationer.

Nyttokvoten för riktvärdet 3 000 µg m⁻³ är något högre än nyttokvoten för 2 000 µg m⁻³. Ett riktvärde på 3 000 µg m⁻³ kan dock inte användas under vintertid, se kapitel 2.1. Dessutom innebär ett riktvärde på 3 000 µg m⁻³ en total exponering för trafikanterna som är betydligt

⁷ Svensson, Mikael, och Fredrik Nilsson. "TLV:s betalningsvilja för nya läkemedel har analyserats." Läkartidningen, 2016.

högre än årsmedelvärdet för preciseringen av miljö kvalitetsmålet Frisk luft, vilket kan anses vara en övre gräns för vilken exponering som kan acceptabel. Detta diskuteras mer utförligt i kapitel 2.4. Utifrån de perspektiven anser vi att 2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$ lämpligare som riktvärde, eftersom nyttan endast är marginellt högre för 3 000 $\mu\text{g m}^{-3}$.

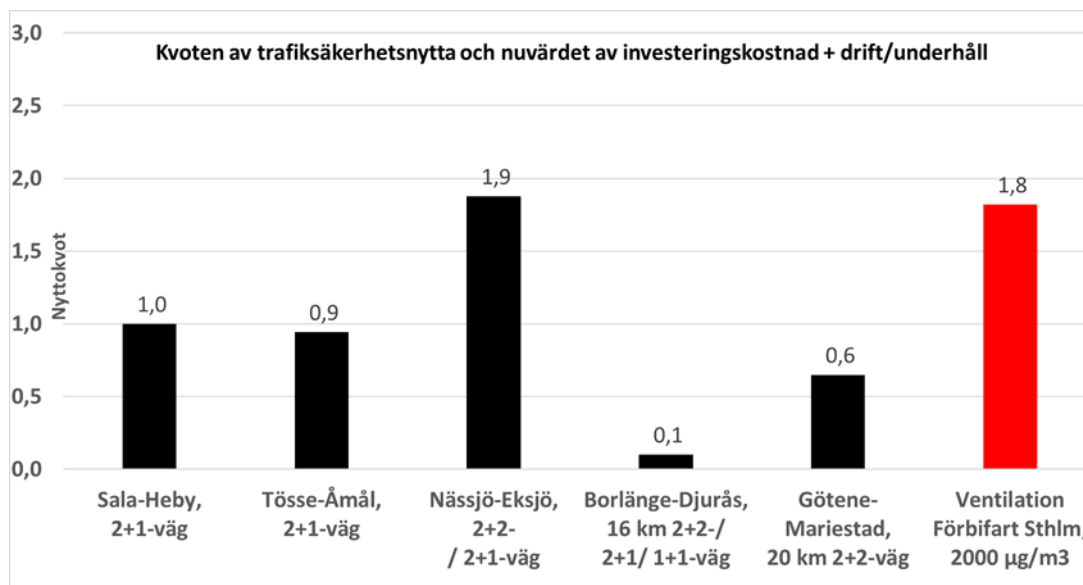
2.2.2. Jämförelse med trafiksäkerhetshöjande projekt

Rapporten har även jämfört drifts- och investeringskostnaden för tunnelventilationen under tunnelns tekniska livslängd med kostnaderna för ett urval av andra investeringar som gjort för att höja trafiksäkerheten på det svenska vägnätet. I rapportens kalkyl har halva investeringskostnaden för impulsfläktarna tillskrivits miljöventilationen och den andra halvan tillskrivits brandsäkerhet. Medan hela kostnaden för luftutbytesstationerna har tillskrivits miljöventilationen.

Eftersom Trafikverkets budget för drift och underhåll är begränsad kan det vara relevant att jämföra nyttokvoten av investering och drift för tunnelventilationen med nyttokvoten för drift och underhåll av trafiksäkerhetshöjande projekt som Trafikverket investerat i.

Figur 4 visar kvoten mellan nyttan och drifts- och investeringskostnad av nyligen genomförda projekt där trafiksäkerhetshöjande åtgärder genomförts samt ventilationen i Förbifart Stockholm (2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$). De trafiksäkerhetshöjande åtgärderna är av karaktären säkrare vägar och den beräknade trafiksäkerhetsnyttan består av minskade kostnader för olyckor, personskador och dödsfall på vägarna.

Kvoten mellan nytta och kostnad för miljöventilationen är högre än ett vilket visar att investeringen och driften av miljöventilationen är lönsam. Kvoten är också högre eller på samma nivå som de andra trafiksäkerhetshöjande projekten som den jämförs med i figur 4, vilket visar att allokeringen av medel till miljöventilation är lönsam.



Figur 4. Kvot mellan nyttan (sparade liv) med trafiksäkerhetshöjande åtgärder som Trafikverket investerat i samt kvoten mellan nyttan att ha ett riktvärde på 2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$, en nyttokvot >1 innebär en lönsam åtgärd.

Slutsatsen av beräkningarna i rapporten är att ur ett strikt hälsoekonomiskt perspektiv så är det lönsamt att använda alternativen med högre ventilation, det vill säga att alternativen med 1 000 eller 2 000 $\mu\text{g m}^{-3}$ kan motiveras. Men det är också relevant vad alternativkostnaden för investeringen och driften av ventilationen är om det skulle spenderas på andra trafiksäkerhetshöjande utgifter som kan spara liv.

2.3. Nationellt riktvärde för vägtunnlar från Transportstyrelsen

Transportstyrelsen har tagit fram ett förslag på föreskrifter och allmänna råd om egenskapskrav för vägar, gator, spårvägar och tunnelbanor (byggregler). I föreskriftsförslaget behandlades luftkvalitet i vägtunnlar. Föreskriftsförslaget har varit ute remiss under första kvartalet 2021. Föreskrifterna ska gälla för tunnlar som ännu inte är projekterade, därför gäller inte föreskriften för Förbifart Stockholm, som redan är projekterad.

Transportstyrelsen har använt sig av en rapport från WSP⁸ som ett underlag till föreskriftsförslaget. Syftet med rapporten var att ta fram översyn av möjligheterna att föreslå ett nationellt riktvärde för lägsta godtagbara luftkvalitet i vägtunnlar. I rapporten används Förbifart Stockholm som räkneexempel trots att föreskrifterna inte ska gälla för Förbifarten.

Enligt föreskriften bör dagliga tur- och returer i det aktuella tunnelsystemet under maxtimmen inte öka risken för förtida död med mer än tio procent. Den siffran har tagits fram i WSPs underlagsrapport, där man resonerat sig fram till siffran genom att bland annat jämföra med andra risker som anses acceptabla i samhället, till exempel radonexponering under gränsvärdet, vilket ger upphov till en ökning av risken för förtida död på 3 %. Beräkningen är gjord med antagandet att kupéventilationen (luftintaget) i fordonen är 75 %, skulle kupéventilationen istället sänkas till 25 % skulle riskökningen vara likvärdig med radonexponeringen ovan. Därför anser man att en 10 % riskökning vara acceptabel. Rapportförfattarna använder samma dos-responssamband som används av Orru och Forsberg⁹ för att beräkna vilken halt av NO_x i tunneln som motsvarar en 10-procentig riskökning. Med den utgångspunkten har man beräknat riktvärden för olika passagetider i ett tunnelsystem, som även återges i Transportstyrelsens föreskriftsförslag.

Tabell 1 visar riktvärden som motsvarar ovannämnda risk för olika passagetider i ett tunnelsystem. Passagetiden i Förbifart Stockholm är, vid en medelhastighet på 90 km/h, ungefär 15 minuter. Riktvärdet enligt Transportstyrelsens förslag för en tunnel med den passagetiden är 1 300 µg m⁻³ som medelvärde för hela tunneln under maxtimmen. Den här siffran kan inte jämföras rakt av med de riktvärden som diskuteras i kapitel 2.1 och 2.2, då de riktvärdena avser maximalt timmedelvärde någonstans i tunneln, medan Transportstyrelsen anger medelvärdet under maxtimmen för hela tunneln. Det senare riktvärdet är alltså per definition alltid lägre än det första.

Tabell 1. Riktvärde för högsta medelvärde (för maxtimmen) av kvävedioxider för olika passagetider för ett tunnelsystem, hämtat från Transportstyrelsens föreskriftsförslag.

Passagetid (minuter)	Riktvärde (µg m ⁻³)
15	1 300
10	1 900
5	3 800
3	6 400

⁸ Luftkvalitet i vägtunnlar – Konsekvensutredning och förslag till nationellt riktvärde. WSP 2018

⁹ Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm. Orru & Forsberg, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporter, nr 3 2016, ISSN-nr 1654-7314

Föreskriften säger också att ett riktvärde lägre än det som beräknats ovan kan användas om det kan motiveras genom att inkludera kostnaden för ventilation samt värdet av sparade liv i en samhällsekonomisk beräkning. Samhällsekonomiska beräkningar av ett vägprojekt innehåller dock flera parametrar som vägs samman i nettonuvärdeskvot (nyttan kontra kostnaden). Enstaka parametrar utgör inte grund för beslut om projektet.

Slutligen rekommenderar föreskriften väghållaren att upplysa trafikanterna att begränsa ventilationen i fordonen vid körning i vägtunnlar för att minska exponeringen för luftföroreningar.

2.4. Riktvärde för vägtunnlar baserat på exponeringsdos för gränsvärde för utomhusluft

Forskarna Christer Johansson och Bertil Forsberg har på uppdrag av Trafikverket tagit fram rapporten "Riktvärde för vägtunnlar - baserat på exponeringsdos för gränsvärde för utomhusluft"¹⁰. Syftet med rapporten är att utreda konsekvenserna av att basera ett riktvärde för tunnelluften på en total dos som motsvarar exponering för halter i nivå med miljö kvalitetsnorm/miljö kvalitetsmål för utomhusluft. Ett riktvärde som baseras på ovanstående resonemang innebär att hälsoriskerna baseras på samma överväganden som miljö kvalitetsnormer/miljö kvalitetsmål.

I rapporten beräknas den totala dosen som en tunnelpendlare exponeras för som medelhalten i tunneln under pendlingstidens maxtimme plus en dos som motsvarar dosen en Stockholmare exponeras för årligen. Den totala dosen halten får inte överstiga en dos motsvarande exponering som motsvarar miljö kvalitetsnorm eller miljö kvalitetsmål.

Rapporten undersökte även vilken luftförorening som lämpligast att basera riktvärdet på kom och fram till att NO₂/NO_x var lämpligast. Detta eftersom ett riktvärde baserat PM_{2,5} eller PM₁₀ skulle ge väldigt höga partikelhalter i tunneln då kupéfiltret effektivt skiljer av partiklar. Höga partikelhalter i tunneln gör dessutom att inte siktkravet kan uppfyllas.

Eftersom kvoten mellan NO₂ och NO i luften förändras även om NO_x-halten är den samma, har rapportförfattarna valt att använda NO_x-halten som grund för exponering, vilket också de andra studierna om luftkvaliteten i Förbifart Stockholm utgår ifrån.

Rapportförfattarna anser att miljö kvalitetsnormen för NO₂ (40 µg m⁻³ som årsmedelvärde) är framtagen för exponering av endast NO₂ medan preciseringen av miljö kvalitetsmålet Frisk luft för NO₂ (20 µg m⁻³ som årsmedelvärde) bättre avväger risken för en exponering för en blandning av luftföroreningar där NO₂ är en markör. Därför används preciseringen av miljö kvalitetsmålet Frisk luft för NO₂ omräknat till NO_x för att beräkna högsta möjliga dos för tunnelpendlarna.

En av de stora osäkerheterna i rapporten är hur den halt som en tunnelpendlare utsetts för under tiden man inte tillbringar i tunneln. I rapporten räknar man på olika scenarion för bakgrundsexponering och presenterar två resultat beroende på vilken bakgrundsexponering man använder, urbana bakgrundshalter eller befolkningsviktad exponering. Vid användning av urbana bakgrundshalter görs antagandet att tunnelresenärerna exponeras för halterna i taknivå vid den urbana bakgrundsstationen vid Torkel Knutssongatan, för den tiden då de inte befinner sig i tunneln. Vid användning av befolkningsviktad halt används halter som är

¹⁰ Johansson, C. & Forsberg B 2020, "Riktvärde för vägtunnlar" SLB 28:2020

beräknad vid bostadsadressen (medelvärde för Stockholms invånare), för den tiden då tunnelresenärerna inte befinner sig i tunneln.

Riktvärdet för tunnelventilationen blir då som medelhalt i tunneln $1\,440\ \mu\text{g m}^{-3}$ om man använder den urbana bakgrundshalten som bakgrundsexponering respektive $1\,760\ \mu\text{g m}^{-3}$ om man använder befolkningsviktad exponering. Tabell 2 jämför riktvärdena som anges i Transportstyrelsens förslag men riktvärdena som Johansson och Forsberg beräknar, tabellen är hämtas från Johansson och Forsberg. Halterna i tabellen avser medelvärdet för maxtimmen i hela tunneln. I föreliggande rapport används urban bakgrundshalt som mått för bakgrundsexponeringen, eftersom det tar höjd för den delen av befolkningen som bor och verkar på platser med en högre bakgrundsexponering.

Tabell 2. Tunnelriktvärden för NO_x från WSP¹¹ och från Johansson och Forsberg¹². Halterna i tabellen avser medelvärdet för maxtimmen i hela tunneln.

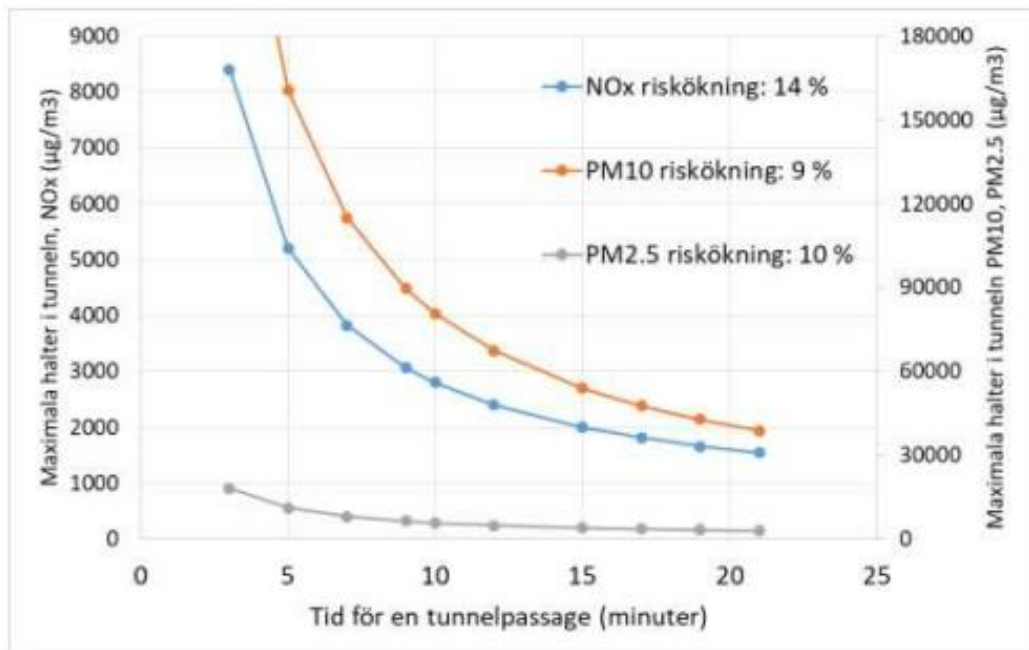
Passagetid (minuter)	NO_x halt (10 % riskökning) enligt WSP och Trp-styrelsen	NO_x halt (avrundade värden) baserat på MKM (14 % riskökning) enligt Johansson & Forsberg
15	1 300	1 440
10	1 900	2 200
5	3 800	4 300
3	6 400	7 200

För att jämföra med halter beräknade i kap 2.1 och 2.2 räknas medelhalten om till det maximala timmedelvärdet som kan tillåtas i någon punkt i tunneln, med ett antagande att en resenär reser genom tunneln två gånger per dag i 220 dagar. För en passagetid på 15 minuter blir det maximala timmedelvärdet som kan tillåtas i någon punkt $2\,000\ \mu\text{g m}^{-3}\ \text{NO}_x$, att jämföras med $1\,440\ \mu\text{g m}^{-3}$ som medelhalt under maxtimmen. $2\,000\ \mu\text{g m}^{-3}$ motsvarar en riskökning av 14 %, vid full kupéventilation, vid samma beräkningsmetodik som i Transportstyrelsens föreskriftsförslag. Slutligen menar författarna att riktvärdet kan behöva justeras (nedåt) succesivt på grund av förändrade utsläpp av NO_x .

Figur 5 visar maximalt tillåtna halter av luftföroreningar i någon punkt av tunneln som funktion av tiden för tunnelpassagen. Exempelvis så kan en maximal halt i någon punkt uppmot $3\,000\ \mu\text{g m}^{-3}\ \text{NO}_x$ vid en passagetid på 10 minuter ge upphov till samma risk som en maximal halt på $2\,000\ \mu\text{g m}^{-3}$ vid en passagetid på 15 minuter.

¹¹ WSP, (2018). Luftkvalitet i vägtunnelar. Konsekvensutredning och förslag till nationellt riktvärde, 2018-08-16 Slutversion reviderad.

¹² Johansson, C. & Forsberg B 2020, "Riktvärde för vägtunnelar" SLB 28:2020



Figur 5. Maximala halter som kan tillåtas i någon punkt i tunnlar med olika tider för en fordonspassage med antagande om två passager per dag och 220 pendlingsdagar. Baseras på att halten övrig tid är ett genomsnitt för urban bakgrund i Stockholm år 2019 och att ventilationsfiltret i fordonet tar bort 95%, 50 % och 0 % av PM10, PM2,5 respektive NO_x. (Källa: Johansson, C. & Forsberg B 2020, "Riktvärde för vägtunnlar" SLB 28:2020)

3 Diskussion

För att innehålla siktkravet i tunneln bör siktkoefficienten inte överstiga 5 km⁻¹. Siktproblematiken är som störst på vinterhalvåret, då dubbdäcksanvändning orsakar höga halter av luftburna partiklar, vilket påverkar sikten negativt. Ventilationsgraden motsvarar en NO_x-halt på 2 000 µg m⁻³. På sommarhalvåret räcker det med en ventilationsgrad som motsvarar en NO_x-halt på 3 000 µg m⁻³ för att upprätthålla godtagbar sikt.

De hälsoekonomiska nyttoberäkningar som har gjorts inom projektet Förbifart Stockholm visar att det kan vara lönsamt att köra ventilationen mot ett riktvärde på ca 1 000 µg m⁻³. Beräkningarna visar dock att kvoten mellan nyttan och driftkostnaden för ventilationen är högre för ett riktvärde på 2 000 µg m⁻³, detta eftersom energiåtgången för ventilationen ökar exponentiellt, medan nyttan av ventilationen ökar linjärt. Ett högre riktvärde kan motiveras utifrån att Trafikverkets budget för drift och underhåll är begränsad och satsningar på andra trafiksäkerhetshöjande åtgärder kan ha liknande effekt. Ett riktvärde på 1 000 µg m⁻³ innebär betydligt högre kostnader att upprätthålla, jämfört med ett riktvärde på 2 000 µg m⁻³, och skulle kunna tränga undan andra åtgärder som syftar till att skydda trafikanterna.

Ett riktvärde på 2 000 µg m⁻³ ger en exponering för tunnelresenärerna under maxtimmen motsvarande exponering i nivå med preciseringen miljö kvalitetsmålet Frisk luft, enligt beräkningarna gjorda av Forsberg och Johansson i kapitel 2.4. Miljömålet är inte lagstadgat och innehålls inte överallt i Sverige. Ett riktvärde runt 2 000 µg m⁻³ ger en riskökning på cirka 4-5 % om kupéventilationen begränsas till 25 % att jämföra med cirka 3 %, som är den risken som accepteras för radonexponering i bostäder. Riskökningen som ett riktvärde runt 2 000 µg m⁻³ ger upphov till kan således anses vara i samma storleksordning som andra risker som samhället accepterar.

För att beräkna risken för dödlighet (eller insjuknande) och exponering i nyttoberäkningarna användes dos-respons samband som ger en procentuell riskökning om funktion av exponeringsdosen. Dos-responssambanden tas fram i vetenskapliga studier där man studerar dödligheten hos en population samtidigt som man kartlägger deras exponering. Olika vetenskapliga studier kommer fram till olika stor risk. I Bilaga A till PMn i kapitel 2.2¹³ har flera studier där man tagit fram ett dos-responssamband för NO_x-exponering kartlagts och man har funnit att den relativa risken varierar i ett spann mellan 5 och 10 % per 10 µg m⁻³-exponering.

Samtliga nyttoberäkningar som redovisas i föreliggande PM använder en relativ risk (8 %), som ligger i den högre delen av spannet som Bilaga A i PM4 anger, från en studie av Nafstad et al¹⁴. Användning av en relativ risk i den lägre delen av spannet minskar nyttan av högre ventilation i beräkningarna och ger en lägre risk för förtida död för tunnelresenärerna. Nafstads studie grundar sig på data från Oslo under 70-talet, förhållandet mellan NO_x och andra luftföroreningar är med stor sannolikhet annorlunda om man jämför med tunnelluften i Förbifart Stockholm. Det finns behov av nya studier kopplat till NO_x-exponering och mortalitet, om nya studier resulterar i andra relativa risker kommer de hälsoekonomiska kalkylerna att ge andra resultat, vilket innebär att riktvärdet för Förbifart Stockholm kan behöva omprövas.

Slutligen finns det goda skäl att kontinuerligt utvärdera luftkvaliteten i Förbifart Stockholm. Kontinuerliga förändringar i sammansättningen av luftföroreningar till exempel på grund av förändrad dubbdäcksanvändning eller ökad andel elbilar, är troliga. Detta kan förändra förhållandet mellan NO_x och förbränningspartiklar, vilket gör att man behöver ompröva riktvärdet för ventilationen regelbundet. Transportstyrelsen rekommenderar också i sitt föreskriftsförslag att riktvärden för vägtunnlar vid behov anpassas efter fordonsflottans utveckling samt nya hälsorön.

4 Slutsats

Vid ett riktvärde på 2000 µg m⁻³ tangerar medexponeringen under ett år, för en pendlare under maxtimmen i Förbifart Stockholm, preciseringen i miljömålet Frisk luft. Preciseringen av de svenska miljömålen beskriver det tillstånd för miljön som det svenska miljöarbetet ska leda till. Exponeringen för nivåer i paritet med miljömålet kan därmed ses som accepterade av samhället.

För att upprätthålla godtagbar sikt i tunneln krävs vintertid en ventilation som medför ett riktvärde på högst cirka 2 000 µg m⁻³ NO_x, sommartid räcker det med ett riktvärde på 3 000 µg m⁻³ NO_x för att upprätthålla sikten. Detta eftersom PM10-halterna är betydligt högre under vintertid på grund av dubbdäcksanvändning.

Ett riktvärde på 2 000 µg m⁻³ ger en betydligt lägre energiförbrukning än riktvärde 1 000 µg m⁻³. Risken för förtida dödsfall minskar ju lägre riktvärde som väljs. Det högre riktvärdet kan dock motiveras utifrån att Trafikverkets budget för drift och underhåll är begränsad och satsningar på andra trafiksäkerhetshöjande åtgärder kan ha liknande effekt.

¹³ PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 4: Hälsoekonomiska effekter

¹⁴ Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of Norwegian Men, Nafstad et al., 2004, VOLUME 112 | NUMBER 5 | April 2004 • Environmental Health Perspectives

Ett riktvärde på 2 000 µg m⁻³ som maximalt timmedelvärde någonstans i tunneln, förefaller vara en god kompromiss då det uppfyller kraven på sikt samt att risken är paritet med vad samhället accepterar i andra sammanhang samtidigt som riktvärdet är kostnadseffektivt.

5 Referenslista

- 1 PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 1: Hälsospekter
- 2 PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 2: Scenarier för fordonsflottan
- 3 PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 3: Översikt filterteknik och kupéns skyddande effekt
- 4 PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 4: Hälsöekonomiska effekter
- 5 Tunnelventilation – jämförelse NO_x – och siktemissioner, E4FS 2019:0033
- 6 PM Förbifart Stockholm - Tunnelluft Del 4: Hälsöekonomiska effekter
- 7 Svensson, Mikael, och Fredrik Nilsson. "TLV:s betalningsvilja för nya läkemedel har analyserats." *Läkartidningen*, 2016.
- 8 Luftkvalitet i vägtunnlar – Konsekvensutredning och förslag till nationellt riktvärde. WSP 2018
- 9 Assessment of long-term health impacts of air quality with different guideline values for NO_x in the planned by-pass tunnel Förbifart Stockholm. Orru & Forsberg, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporterar, nr 3 2016, ISSN-nr 1654-7314
- 10 Johansson, C. & Forsberg B 2020, "Riktvärde för vägtunnlar" SLB 28:2020
- 11 WSP, (2018). Luftkvalitet i vägtunnlar. Konsekvensutredning och förslag till nationellt riktvärde, 2018-08-16 Slutversion reviderad.
- 12 Johansson, C. & Forsberg B 2020, "Riktvärde för vägtunnlar" SLB 28:2020

Trafikverket, Sundbyberg. Besöksadress: Vasagatan 12D

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se