

## ***Förväntade effekter av variabel hastighet***

Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”, delmoment 5.

---

Michael Norman, Max Elmgren & Magnuz Engardt



Projektet är finansierat av Trafikverket

*SLB-analys, mars 2021*

SLB 48:2020



Uppdragsnummer	2019059
Daterad	2021-03-09
Handläggare	Michael Norman
Status	Granskad av Jenny Lindvall

## Förord

Detta PM är en redovisning av delmoment 5 inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” med finansiering från Trafikverkets FOI-portfölj Möjliggöra. Utredningen är genomförd av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Rapporten har sammanställts av Michael Norman, Max Elmgren och Magnuz Engardt. Projektledare vid SLB-analys har varit Kristina Eneroth och Michael Norman. Kontaktpersoner på Trafikverket har varit Michelle Benyamine-Remahl och Jeffery Archer.



## Innehåll

Sammanfattning .....	6
Metoder .....	6
Resultat .....	6
Inledning .....	7
Metoder .....	8
Mätningar .....	8
Trafik .....	8
Scenarier .....	8
Teoretiska effekter för halter av PM10 .....	9
Beräkningar för NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> .....	10
Beräkningar för CO <sub>2</sub> .....	11
Miljö kvalitetsnormer .....	12
Partiklar, PM10 .....	12
Kvävedioxid, NO <sub>2</sub> .....	13
Miljö kvalitetsmål .....	14
Partiklar, PM10 .....	14
Kvävedioxid, NO <sub>2</sub> .....	14
Resultat .....	15
Resultat PM10 .....	15
Resultat emissioner av CO <sub>2</sub> .....	18
Resultat emissioner av NO <sub>x</sub> .....	19
Resultat halter av NO <sub>2</sub> .....	20
Diskussion .....	25
Osäkerheter i resultaten .....	25
Referenser .....	27

## Sammanfattning

Syftet med detta delmoment är att teoretiskt beräkna förbättringen i luftkvalitet vid mätstationerna intill E4/E20 genom att införa variabel hastighet (VH). Införandet av VH skulle från nuläget betyda en sänkning av den skyltade hastigheten från 80 till 60 km/h under vissa tidpunkter. Den teoretiska förbättringen har beräknats för luftföroreningshalterna av partiklar (PM10) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) vid mätstationerna. Dessutom har även den potentiella minskningen i emissionerna av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och koldioxid (CO<sub>2</sub>) beräknats från E4/E20 förbi mätstationerna.

### Metoder

Flera olika teoretiska scenarier skapades för att studera olika delar av de potentiella effekterna av en VH-implementering. De innefattade sänkning av hastigheten vid höga PM10-halter, höga NO<sub>2</sub>-halter eller baserat på trafikstyrning. Dessa kombinerades sedan med varandra. I de flesta fall så sänktes hastigheten till 60 km/h när VH används. Som jämförelse så beräknades en maximal teoretisk effekt då hastigheten sänktes till 60 km/h under samtliga timmar.

För beräkning av effekten på PM10-halterna så användes NORTRIP-modellen.

För beräkningen av effekten på NO<sub>x</sub>- och CO<sub>2</sub>-utsläppen samt NO<sub>2</sub>-halterna så användes emissioner från HBEFA 4.1.

### Resultat

För PM10 är det effektivt att sänka hastigheten till 60 km/h vid höga PM10-halter. Det skulle minska antalet dygn med PM10-halter över 50 µg/m<sup>3</sup> med upp till 10 dygn under perioden april 2019 till och med augusti 2020. Det ger nästan lika stor effekt som att sänka samtliga timmar till 60 km/h. Endast marginellt större effekt fås om VH-styrningen vid höga PM10-halter kombineras med höga NO<sub>2</sub>-halter och trafikstyrning. Att enbart styra på trafikflöde ger en mycket liten effekt på PM10-halterna. En sänkning av hastigheten med 10 km/h (realistiskt scenario) ger en ganska liten effekt med 1 - 2 färre dygn med PM10-halter över 50 µg/m<sup>3</sup>. Detta visar på vikten att implementera effektiva åtgärder så att VH-styrningen verkligen efterlevs. Inget av scenarierna sänkte halterna tillräckligt för att klara miljökvalitetsmålet för PM10.

För NO<sub>x</sub>- och CO<sub>2</sub>-utsläppen är resultaten mycket likartade. Att sänka hastigheten alla timmar till 60 km/h skulle innebära en minskning av utsläppen med ca 8 % vilket skulle motsvara ca 440 ton CO<sub>2</sub> och ca 1 ton NO<sub>x</sub> per år och km för E4/E20 förbi mätplatsen. Att sänka hastigheten vid höga NO<sub>2</sub>-halter ger endast en mindre utsläppsminskning (mindre än 1 %) för både NO<sub>x</sub> och CO<sub>2</sub>. Att enbart sänka hastigheten baserat på trafikstyrning ger en utsläppsminskning på ca 1,5 %. Genom att kombinera hastighetsstyrning baserat på både trafik samt både höga PM10 och höga NO<sub>2</sub>-halter så fås en utsläppsminskning för både NO<sub>x</sub> och CO<sub>2</sub> på cirka 2,5 %.

För NO<sub>2</sub>-halterna är det mycket effektivt att sänka hastigheten till 60 km/h under de timmar då höga NO<sub>2</sub>-halter inträffar. Detta gav 2 färre dygn med NO<sub>2</sub>-halter över 60 µg/m<sup>3</sup> samt 22 - 26 färre timmar med NO<sub>2</sub>-halter över 90 µg/m<sup>3</sup>. Endast marginell ytterligare effekt fås om hastighetsstyrningen skulle kombineras med styrning vid höga PM10-halter och styrning på trafik. Att enbart sänka hastigheten baserat på trafikflöde ger ganska liten effekt med maximalt ett färre dygn med NO<sub>2</sub>-halt över 60 µg/m<sup>3</sup> samt 6 - 8 färre timmar med NO<sub>2</sub>-halt över 90 µg/m<sup>3</sup>. Inget av scenarierna sänkte NO<sub>2</sub>-halterna tillräckligt för att klara miljökvalitetsmålet för NO<sub>2</sub>.

## Inledning

SLB-analys mäter luftföroreningar vid väg E4/E20 Södertäljevägen i Hallunda (vid Botkyrkahallen). Mätningarna ingår i projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” med finansiering från Trafikverkets FoI-portfölj Möjliggöra.

Syftet med detta delmoment är att identifiera den förbättringspotential som kan uppnås genom olika antaganden om hastighetsförändringar till följd av införandet av variabel hastighet (VH-implementering) vid mätstationerna. Den teoretiska förbättringen beräknas för luftföroreningshalterna av partiklar (PM10) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) vid mätstationerna. Dessutom beräknas även den potentiella minskningen i emissionerna av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) samt koldioxid (CO<sub>2</sub>) från E4/E20 förbi mätstationerna.

Resultaten från detta delmoment ligger till grund för kommande förslag gällande VH-styrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan.

## Metoder

### Mätningar

Som jämförelse för de teoretiska effekterna på halterna av PM10 och NO<sub>2</sub> så har de uppmätta halterna på båda sidorna av E4/E20 vid Hallunda använts som utgångspunkt. Mätplatserna och mätmetoder finns beskrivna i SLB-rapport 19:2020 [2]. I denna rapport har mätdata från 4 april 2019 till 31 augusti 2020 analyserats.

### Trafik

Analysen i denna rapport är baserad på den trafik som passerar mätstationer på E4/E20. Trafiken är i detalj beskriven i SLB-rapport 37:2020 [1]. I den rapporten finns även en analys och diskussion om påverkan av Corona pandemin på trafiken. Vid beräkningar av ändringar i luftföroreningshalter samt emissioner så har den uppmätta fordonssammansättningen [1] använts. Endast hastigheten och i vissa fall det totala fordonsslödet har ändrats denna analys medan fordonssammansättningen har hållits oförändrad.

### Scenarier

Flertalet scenarier har beaktats för VH-styrningen. De grundscenarier som har använts för både analysen av halter för NO<sub>2</sub> och PM10 samt emissioner för NO<sub>x</sub> och CO<sub>2</sub> presenteras i Tabell 1.

**Tabell 1.** De grundscenarion som har beaktats i denna studie.

	Scenario	kommentar	Förklaring
0	<b>Nuläge</b>		
A	<b>60 km/h</b>	Maximal effekt	Hastigheten för samtliga fordon under samtliga timmar har sänkts till 60 km/h.
B	<b>PM10&gt;50 µg/m<sup>3</sup></b>	Maximal effekt vid styrning på PM10	Hastigheten har sänkts till 60 km/h för de timmar då uppmätt halt av PM10 översteg 50 µg/m <sup>3</sup> på endera sidan av E4/E20
C	<b>NO<sub>2</sub>&gt;60 µg/m<sup>3</sup></b>	Maximal effekt vid styrning på NO <sub>2</sub>	Hastigheten har sänkts till 60 km/h för de timmar då uppmätt halt av NO <sub>2</sub> översteg 60 µg/m <sup>3</sup> på endera sidan av E4/E20
BC	<b>PM10&gt;50 µg/m<sup>3</sup> eller NO<sub>2</sub>&gt;60 µg/m<sup>3</sup></b>	Maximal effekt vid styrning på PM10 och NO <sub>2</sub>	Kombination av B och C
E	<b>Trafikstyrning</b>	Styrning på högt flöde	Hastigheten har sänkts till 60 km/h baserat på tät trafik.
BCE	<b>Trafikstyrning eller PM10&gt;50 µg/m<sup>3</sup> eller NO<sub>2</sub>&gt;60 µg/m<sup>3</sup></b>	Maximal effekt vid styrning på trafik samt PM10 och NO <sub>2</sub>	En kombination av scenario B, C och E.



Scenario B och C är baserade på de uppmätta luftföroreningshalterna. Gränsen 50 µg/m<sup>3</sup> för PM10 och 60 µg/m<sup>3</sup> för NO<sub>2</sub> är valda för att det är de gällande miljö kvalitetsnormerna för dygnsmedelvärden [4]. Miljö kvalitetsnormen för PM10 finns enbart för års- och dygnsmedelvärde, men för NO<sub>2</sub> finns även ett gränsvärde för timmedelvärde. För att få ett konsistent system både för PM10 och NO<sub>2</sub> så har dygnsmedelvärdets gränsvärde valts som gräns för hastighets sänkning. Dygnsmedelvärdena både för PM10 och NO<sub>2</sub> har historisk också varit svårast att klara i Stockholmregionen. Därför har dessa gränsvärden valts för den teoretiska hastighetsstyrningen. Samtliga scenarion B, C och BC har gjorts för de timmar då den uppmätta halten överstigit värdet.

Trafikstyrningen i scenario E är definierad av Trafikverket och baseras på de trafikflödes-mått som kommer att gälla när variabel hastighet införs på sträckan våren 2021. För denna sträcka av E4/E20 har tät trafik definierats som ett trafikflöde lika med eller större än 120 fordon per körfält under de föregående 5 minuterna. Samma flödesgränsvärde används för att bestämma när tät trafik upphör, en skillnad är dock att gränsvärdet ska ha understigits under de föregående 10 minuterna samtidigt som genomsnittshastigheten ska ha varit minst 55 km/h. Eftersom trafikförhållanden är annorlunda i norr- och sydgående färdriktning under olika tider på dygnet, regleras färdriktningarna oberoende av varandra. De beräkningsmodeller som SLB-analys har använt är baserade på timmar. Därför har andelen av timmen som trafikstyrningen skulle sänka hastighetens använts för att räkna fram en ny medelhastighet för varje timma. Tex om 30 min av en timma har en sänkt hastighet med 20 km/h. Då har vi räknat med en 10 km/h hastighets sänkning under hela timmen.

### Teoretiska effekter för halter av PM10

De teoretiska effekterna för PM10-halterna har analyserats med hjälp av NORTRIP-modellen. NORTRIP-modellen tagits fram inom ett nordiskt samarbetsprojekt NORTRIP (Non-Exhaust Road Traffic Induced Particle Emissions). Det är en emissions-modell för icke-avgaspartiklar från vägtrafik, dvs det som ofta kallas vägdam. [3]. Modellen räknar emissionen och halterna för varje timma. Modellen räknar enbart för en väg och inte de båda köriktningarna var för sig. Så den genomsnittliga hastigheten per timma för båda köriktningarna har använts. Beräkningarna har gjorts för vardera sidan av E4/E20 separat.

För scenario 0 har den observerade trafiken och hastigheten använts. För övriga scenarion har hastigheten sänkts till 60 km/h för aktuella timmar. Undantaget är de timmar där hastigheten redan understeg 60 km/h. I så fall har den uppmätta hastigheten använts. Som komplement till de scenarion som är presenterade i Tabell 1 har för PM10 även några kompletterande scenarion använts se Tabell 2. Alla modellsimuleringar har använt samma, observerade väder.

**Tabell 2.** Kompletterande scenarion som använts för PM10-analysen.

	Scenario		Förklaring
BC(10)	<b>PM&gt;50 µg/m<sup>3</sup> och/eller NO<sub>2</sub>&gt;60 µg/m<sup>3</sup></b>	"Realistisk" effekt vid styrning på PM10 och NO <sub>2</sub>	Som scenario BC, men hastigheten har sänkts med 10 km/h för de aktuella timmarna
BC(10V)	<b>PM&gt;50 µg/m<sup>3</sup> och/eller NO<sub>2</sub>&gt;60 µg/m<sup>3</sup></b>	"Realistisk" effekt vid styrning på PM10 och NO <sub>2</sub> under vardagar	Som scenario BC(10), men hastigheten har enbart sänkts under vardagar.
F	<b>Lägre dubbdäcksandel</b>	Referens scenario dubbandel	Maximal dubbdäcksandel har sänkts till 35 % jämfört med 45 % som är observerat. Hastigheten och trafikflödet som observerat.

	Scenario		Förklaring
G	Lägre trafik	Referensscenario trafik	Trafikflödet under samtliga timmar har minskats med 10 %. Hastigheten som observerat.

Det finns flera studier som visat att en hastighetssänkning inte leder till en lika stor reell sänkning av hastigheten som förändringen i skyltad hastighet [7]. Då möjligheten finns i NORTRIP så har analysen kompletterats med två så kallade realistiska scenarier BC(10) och BC(10V) **Tabell 2**. Dess innebär att hastigheten sänkt med 10 km/h istället för till 60 km/h som är skyltat.

Som referens har även två ytterligare scenarion använts för PM10. Scenario F så har den maximala dubbdäckandelen på lätta fordon under vintern minskats från 45 % till 35 %. Scenario G där trafikflödet för samtliga timmar har minskats med 10 %. För båda scenarierna har den observerade hastigheten använts.

Analysen har gått till så att varje scenario har jämförts timma för timma med beräkningen för scenario 0. Den relativa skillnaden mellan respektive scenario och 0-scenariot har sedan applicerats på de uppmätta halterna, timme för timme, vid de båda mätstationerna intill E4/E20.

För PM10-simuleringarna går det inte att separera de olika körriktningarna. Därför är trafiken och hastigheten i PM10-simuleringarna en sammanslagning av båda körriktningarna. Detta medför att resultaten inte i detalj är jämförbara med beräkningarna för NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub>.

### Beräkningar för NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>

I SLB-rapport 37:2020 [1] användes den uppmätta fordonsfördelningen tillsammans med utsläppsdaten HBEFA 4.1 [6] för att beräkna utsläppen av trafik vid E4/E20 Hallunda. I beräkningarna av utsläppen av NO<sub>x</sub> och CO<sub>2</sub> för nuläget (scenario 0) användes HBEFA 4.1 urban motorway 80 km/h. Vid användning av HBEFA är man begränsad till de till de vägtyper som finns specificerade i databasen. Så trots att den genomsnittliga hastigheten på E4/E20 vid mätstationerna är en bit över 80 km/h [1] så har vägtypen urban motorway 80 km/h använts. För att göra beräkningar av en hastighetssänkning till 60 km/h (scenario A-D), användes HBEFA 4.1 urban motorway 60 km/h. I HBEFA går det tyvärr inte att göra hastighetsförändringar utöver de vägtyper som finns i databasen till skillnad för analysen för PM10 där den verkliga hastigheten används och kan varieras efter önskemål (se ovan för PM10).

Både nollalternativet (scenario 0) och maximala scenariot (A) beräknades för samtliga timmar under perioden 4 april 2019 till 31 augusti 2020.

För alla övriga scenarier (B-E) används utsläppen för nollalternativet varje timme då villkoret för scenariot *inte* är uppfyllt, och utsläppen för maximala scenariot varje timme då villkoret är uppfyllt (se ovan). På detta sätt är det enkelt att beräkna många olika scenarion.

För beräkningar av halter av NO<sub>2</sub> vid mätstationerna användes relationen mellan beräknade utsläpp av NO<sub>x</sub> och uppmätta lokala halter av NO<sub>x</sub> vid mätstationerna på vardera sida vägen. Med lokala halter menas de uppmätta halterna med den regionala bakgrundshalten avdragen. Antagandet är att hela det lokala bidraget härrör från utsläppen på E4/E20. Sedan beräknas den relativa förändringen i NO<sub>x</sub>-emissionerna för ett scenario jämfört med nuläge. Samma relativa förändring appliceras sedan på det

observerade lokal bidraget för NO<sub>x</sub>-halterna. Därefter appliceras det uppmätta förhållandet för NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> för respektive timme för att få den nya beräknade NO<sub>2</sub>-halten vid respektive mätstation.

### **Beräkningar för CO<sub>2</sub>**

Beräkningarna för emissionerna av koldioxid, CO<sub>2</sub>, har utförts på motsvarande sätt som för emissionerna av NO<sub>x</sub> ovan. Dvs samma fordonsklassificering och samma uttag ur HBEFA har använts som för NO<sub>x</sub> emissionerna.

## Miljö kvalitetsnormer

Miljö kvalitetsnormer syftar till att skydda människors hälsa och naturmiljön. Normerna är juridiskt bindande föreskrifter som har utarbetats i anslutning till miljöbalken. De baseras på EU:s regelverk om gränsvärden och vägledande värden. Från Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) [4] framgår att miljö kvalitetsnormer gäller för utomhusluften med undantag av arbetsplatser samt väg- och tunnelbanetunnlar.

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

### Partiklar, PM10

Tabell 3 visar gällande miljö kvalitetsnorm för partiklar, PM10, till skydd för hälsa. Värdena omfattar ett kalenderårsmedelvärde och ett dygnsmedelvärde. Årsmedelvärdet får inte överskridas medan dygnsmedelvärdet får överskridas högst 35 gånger under ett kalenderår. I alla mätningar i Stockholms- och Uppsala län har dygnsmedelvärdet av PM10 varit svårare att klara än årsmedelvärdet. I denna rapport jämförs data främst mot miljö kvalitetsnormen för dygnsmedelvärden för PM10.

**Tabell 3.** Miljö kvalitetsnorm för partiklar, PM10, avseende skydd av hälsa [4].

Tid för medelvärde	Normvärde ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Anmärkning
Kalenderår	40	Värdet får inte överskridas
Dygn	50	Värdet får inte överskridas fler än 35 dygn per kalenderår

## Kvävedioxid, NO<sub>2</sub>

Tabell 4 visar gällande miljö kvalitetsnorm för kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, till skydd för hälsa. Normvärden finns för kalenderårsmedelvärde, dygnsmedelvärde och timmedelvärde. Miljö kvalitetsnormens årsmedelvärde får inte överskridas och dygns- och timmedelvärdet får inte överskridas fler än 7 respektive 175 gånger under ett kalenderår för att normen ska klaras. I alla mätningar i Stockholms- och Uppsala län har dygnsmedelvärdet av NO<sub>2</sub> varit svårare att klara än årsmedelvärdet och timmedelvärdet. I denna rapport jämförs data främst mot miljö kvalitetsnormen för dygns- och timmedelvärden för NO<sub>2</sub>.

**Tabell 4.** Miljö kvalitetsnorm för kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, avseende skydd av [4].

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

## Miljö kvalitetsmål

Sveriges miljömål är definierade av riksdagen och är vägledande för miljöarbetet mot en hållbar utveckling och Agenda 2030. Miljö kvalitetsmålet Frisk luft omfattar preciseringar för bland annat kvävedioxid och partiklar PM10 [8]. Halterna av luftföroreningar ska inte överskrida lågrisknivåer för cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål. Miljö kvalitetsmålet med preciseringar ska vara vägledande för myndigheter, kommuner och andra aktörer.

### Partiklar, PM10

Tabell 5 visar miljö kvalitetsmål för partiklar, PM10, till skydd för hälsa. Värdena omfattar ett kalenderårsmedelvärde och ett dygnsmedelvärde. För att målet ska uppnås ska årsmedelvärdet inte överskridas och dygnsmedelvärdet inte överskridas fler än 35 gånger under ett kalenderår. I denna rapport jämförs data främst mot miljö kvalitetsmål för dygnsmedelvärden för PM10.

**Tabell 5.** Miljö kvalitetsmål för partiklar, PM10 [8].

Tid för medelvärde	Målvärde ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Anmärkning
Kalenderår	15	
Dygn	30	För att målet ska nås ska antal dygn med halt $>30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ inte vara fler än 35 per kalenderår

### Kvävedioxid, NO<sub>2</sub>

Tabell 6 visar gällande miljö kvalitetsmål för kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, till skydd för hälsa. Miljö kvalitetsmål finns preciserade för kalenderårsmedelvärde och timmedelvärde. För att målet ska uppnås ska årsmedelvärdet inte överskridas och timmedelvärdet inte överskridas fler än 175 timmar under ett kalenderår I denna rapport jämförs data främst mot miljö kvalitetsmål för timmedelvärden för NO<sub>2</sub>.

**Tabell 6.** Miljö kvalitetsmål för kvävedioxid, NO<sub>2</sub> [8].

Tid för medelvärde	Målvärde ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Anmärkning
Kalenderår	20	
Timme	60	För att målet ska nås ska antal timmar med halt $>60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ inte vara fler än 175 per kalenderår

## Resultat

### Resultat PM10

För NORTRIP-resultaten analyseras perioden 4 april 2019 (första dagen med mätdata) till och med 31 augusti 2020. Den del av tiden som hastighetssänkning i de olika scenarierna för PM10 inträffat presenteras tillsammans med medelhastigheten i **Tabell 7**. Under våren 2020 inträffade Corona pandemin vilket även påverkade trafiken i form av en minskning och även en mindre påverkan på hastighet. Hastigheten presenteras i SLB-rapport 37:2020 [1]. I den rapporten diskuteras också en del om hur trafiken påverkades av åtgärderna mot Corona under våren 2020. Siffrorna i Tabell 7 är baserat på de siffror som finns i NORTRIP modellen. NORTRIP modellen ger enbart ett resultat för de timmar då samtliga indata vad det gäller trafikflöde, hastighet och luftkvalitet finns tillgängligt. Dessutom använder NORTRIP-modellen det totala trafikflödet i båda körriktningar samt den genomsnittliga hastigheten av båda körriktningarna, Därför skiljer sig data i Tabell 7 från de i SLB-rapport 37:2020 [1] och i Tabell 10.

Den genomsnittliga hastigheten 86,6 km/h på E4/E20 är en bit över den skyltade på 80 km/h. Sänkning av hastigheten för luftkvalitet inträffas ungefär lika ofta för PM10 och NO<sub>2</sub> med 7,2 – 7,4 % av tiden (scenario B & C), men det är inte samma tillfällen så sänkning för både PM10 och NO<sub>2</sub> resulterar i en sänkning under 12,5 % av tiden (scenario BC). Bortsett från scenario A så fås lägst medelhastighet och sänkning vid störst andel av tiden vid styrning för både trafik och luftföroreningar (scenario BCE).

**Tabell 7.** Andel av perioden 4 april 2019 till 31 augusti 2020 med sänkt hastighet och resulterande medelhastighet vid de olika scenarierna som använts för PM10-beräkningarna med NORTRIP-modellen. Vid miljöbaserad VH sänks hastigheten om halten överskrider valt gränsvärde antingen på västra eller östra sidan om vägen. Vid trafikbaserad VH justeras hastigheten enligt den sida som har störst andel hastighetsreduktion under respektive timme. För beräkningarna med NORTRIP antas alltid samma hastighet och fordonsmängd, i alla körfält, på båda sidor om vägen.

Scenario	Andel av perioden med minskad hastighet [%]	Medelhastighet under perioden [km h <sup>-1</sup> ]
0 Observerad	0	86,6
A 60 km/h	99,2	60,0
B PM10>50 µg/m <sup>3</sup>	7,2	84,8
C NO <sub>2</sub> >60 µg/m <sup>3</sup>	7,4	84,8
BC PM10>50 µg/m <sup>3</sup> och/eller NO <sub>2</sub> >60 µg/m <sup>3</sup>	12,5	83,5
BC(10) PM10>50 µg/m <sup>3</sup> och/eller NO <sub>2</sub> >60 µg/m <sup>3</sup>	12,5	85,4
BC(10V) PM10>50 µg/m <sup>3</sup> och/eller NO <sub>2</sub> >60 µg/m <sup>3</sup> . Endast vardagar	10,8	85,5
E Trafikstyrning	12,6*	83,9*
F Lägre dubbdäckandel	0	86,6

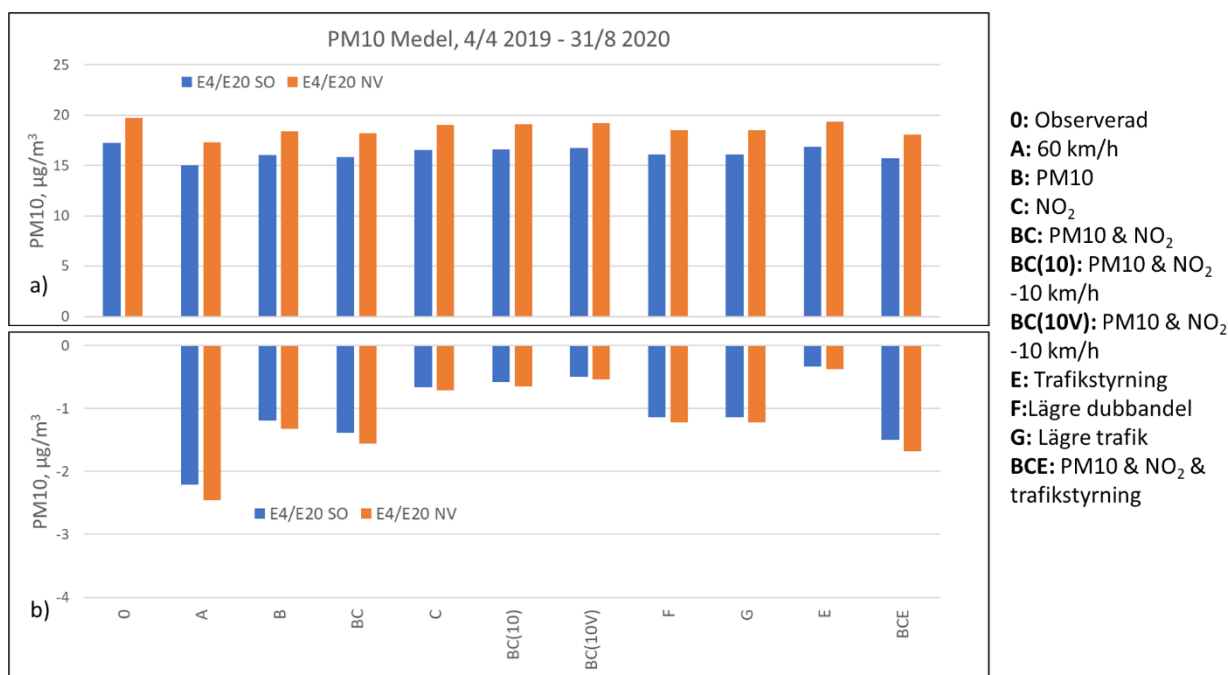
Scenario	Andel av perioden med minskad hastighet [%]	Medelhastighet under perioden [km h <sup>-1</sup> ]
G <b>Lägre trafik</b>	0	86,6
BCE <b>Trafikstyrning eller PM<sub>10</sub>&gt;50 µg/m<sup>3</sup> och/eller NO<sub>2</sub>&gt;60 µg/m<sup>3</sup></b>	22,4 <sup>§</sup>	81,4 <sup>§</sup>

\* Beräknat utifrån andel av varje timme som har minskad hastighet antingen i norrgående eller södergående körfält. Vi använder max-värdet av de två.

§ Om någon timme har PM<sub>10</sub> eller NO<sub>2</sub> över valt gränsvärde sänks hastigheten till 60 kmh<sup>-1</sup>; Annars används hastigheten från Trafikstyrnings-simuleringen (E).

Både den beräknade medelhalten och skillnaden från observerade halter presenteras i **Figur 1**. De observerade halterna i denna analys är enbart de timmar då det finns beräknade halter från NORTRIP modellen. Detta för att bäst kunna jämföra med modellresultaten. Detta medför att de observerade halterna i denna rapport kan skilja något från de i SLB-rapport 19:2020 [2].

Så väl miljö kvalitetsnormerna och miljömålen gäller för kalenderår och är inte rakt jämförbara med de uppmätta halterna. Under den analyserade perioden var de uppmätta halterna för PM<sub>10</sub> över miljö kvalitetsmålet frisk luft som är 15 µg/m<sup>3</sup>. Mer info om det uppmätta halterna finns i SLB-rapport 19:2020 [2]. Lägst medelhalter (störst minskning av halterna) beräknas om hastigheten aldrig skulle vara högre än 60 km/h (scenario A). Störst minskning av övriga scenarier fås om luftkvalitet och trafikstyrning kombineras (scenario BCE). De båda realistiska scenarierna för luftkvalitet BC(10) och BC(10V), ger minst skillnad på medelvärdet.

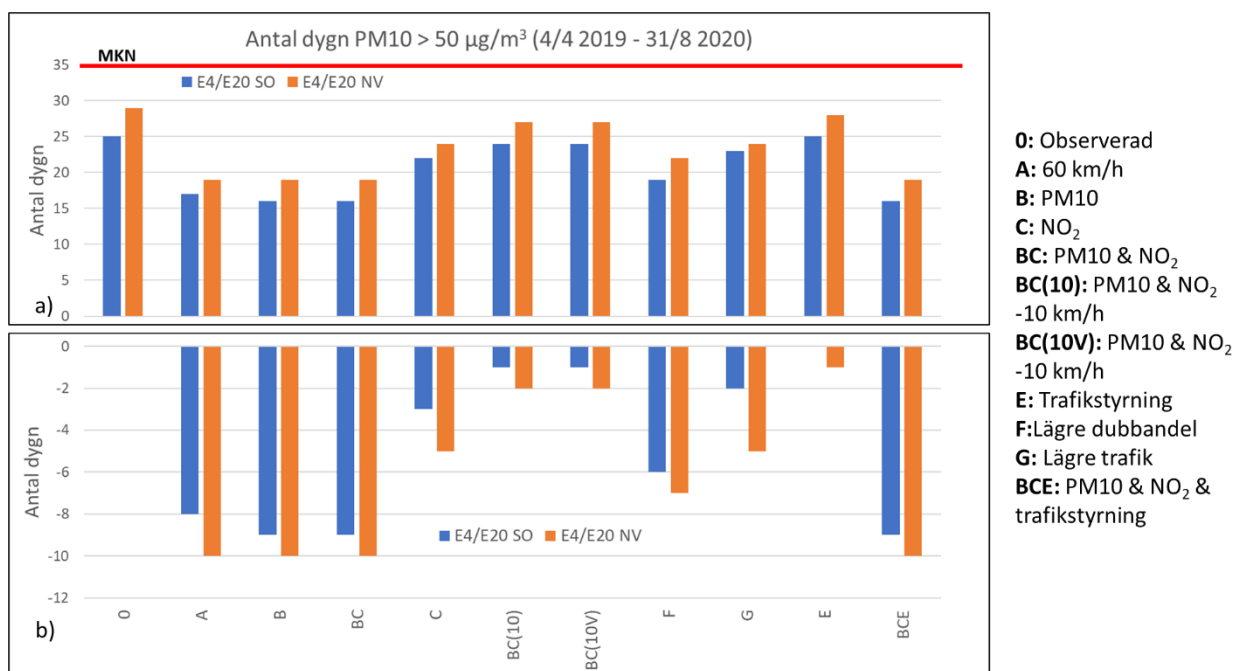


**Figur 1.** I detta fall representeras 0 av de observerade halterna. a) Uppmätta och beräknade medelhalter av PM<sub>10</sub> vid de två mätstationerna intill E4/E20 vid Hallunda under 4/4 2019 till och med 31/8 2020. De observerade halterna i scenario 0 innehåller endast de timmar som även modelldata finns tillgängliga. b) Skillnaderna i PM<sub>10</sub> halten för de olika scenarierna jämfört med de uppmätta halterna.



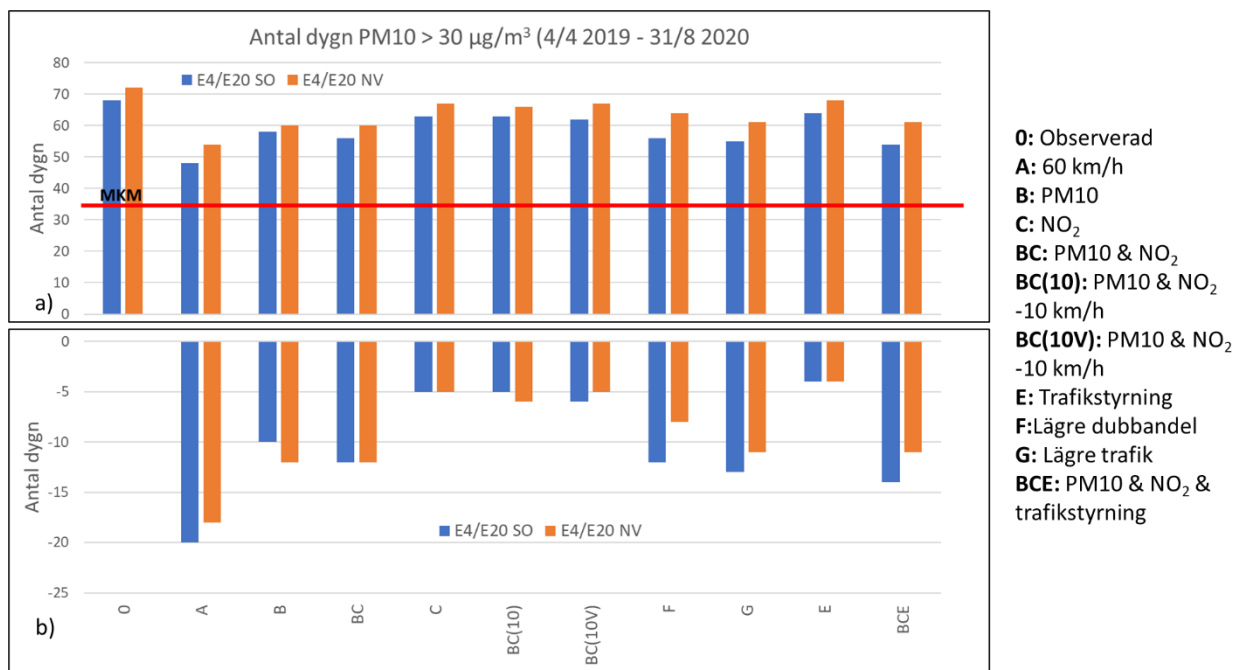
Ett av de viktigaste motiven med variabel hastighet med avseende på luftkvalitet är att sänka halterna under de dygn med högst PM10-halter eftersom både miljö kvalitetsnormen och miljö kvalitetsmål finns för dygnsmedel. Såväl de uppmätta och de beräknade antalet dygn med PM10-halter över 50 µg/m<sup>3</sup> presenteras i **Figur 2**.

Trots att den analyserade perioden är längre än ett kalenderår så är antalet dygn med PM10-halter över 50 µg/m<sup>3</sup> mindre än miljö kvalitetsnormens gräns på 35. Detta stämmer med analysen av de uppmätta halterna under 2019 [2]. När det gäller antalet dygn med höga PM10-halter så ger även här konstant 60 km/h den största effekten. Men styrning enbart på PM10 ger i princip lika stor effekt som att sänka alla timmar. Modellen visar till och med ett dygn färre med PM10 över 50 µg/m<sup>3</sup> med enbart styrning på PM10. Anledning till detta är att just det aktuella dygnet hamnar precis under 50 µg/m<sup>3</sup>. Värt att notera är att sänka alla timmar till 60 km/h ger en betydligt större effekt på medelhalterna än att bara styra på PM10 (**Figur 1**). Att kombinera styrning för både PM10 och NO<sub>2</sub> (BC) ger ingen extra sänkning jämfört med att bara styra på PM10. Likaså om luftkvalitet kombineras med trafikstyrning (BCE). De realistiska scenarierna med hastighetssänkning med 10 km/h BC(10) och BC(10V) en liten, men tydlig effekt även om den är betydligt mindre än för motsvarande sänkning till 60 km/h.



**Figur 2.** Uppmätta och beräknade antal dygn PM10 halter över 50 µg/m<sup>3</sup> (miljö kvalitetsnorm) vid de två mätstationerna intill E4/E20 vid Hallunda under 4/4 2019 till och med 31/8 2020. a) De uppmätta (scenario 0) och beräknade antal dygn med PM10-halter över 50 µg/m<sup>3</sup>. b) Skillnaden i antalet dygn med PM10 över 50 µg/m<sup>3</sup>. Miljö kvalitetsnormen gäller för kalenderår och är inte rakt av jämförbar med de uppmätta och modellerade halterna.

Figur 3 visar antalet dygn med PM10-halter över miljö kvalitetsmålets gränsvärde 30 µg/m<sup>3</sup>. För att målet ska klaras får antalet dygn över 30 µg/m<sup>3</sup> inte överstiga 35 under ett kalenderår. Antalet dygnpåverkas klart störst av att sänka hastigheten alla timmar till max 60 km/h, se **Figur 3**. Utöver det så ger det ganska stor effekt att sänka hastigheten vid höga PM10-halter. Ingen större ytterligare effekt fås genom att sänka även för höga NO<sub>2</sub>-halter (BC) och trafikstyrning (BCE). Inget av scenarierna är tillräckligt för att klara miljö kvalitetsmålet.



**Figur 3.** Uppmätta och beräknade antal dygn PM10 halter över 30 µg/m<sup>3</sup> (miljökvalitetsmål) vid de två mätstationerna intill E4/E20 vid Hallunda under 4/4 2019 till och med 31/8 2020. a) De uppmätta (scenario 0) och beräknade antal dygn med PM10-halter över 50 µg/m<sup>3</sup>. b) Skillnaden i antalet dygn med PM10 över 30 µg/m<sup>3</sup>. Miljökvalitetsmålet gäller för kalenderår och är inte rakt av jämförbar med de uppmätta och modellerade halterna.

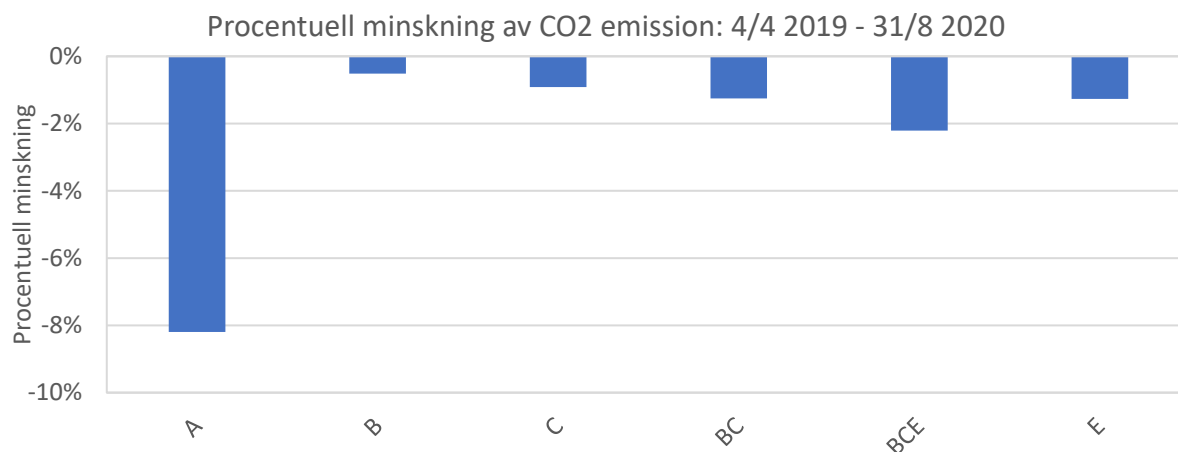
### Resultat emissioner av CO<sub>2</sub>

Här redovisas resultaten för förändringarna i emissioner av koldioxid som en följd av hastighetsstyrning för PM10 och NO<sub>2</sub>. Skillnaden i emissioner påverkas överlägset störts av att sänka hastigheten till 60 km/h under alla timmar. Det skulle resultera i en minskning med 8,2 %. Vilket motsvarar en minskning med 438 ton per år och kilometer längs E4/E20 vid mätplatsen.

Bland de övriga scenarierna ger kombinationen luftkvalitet och trafikstyrning (BCE) störst effekt med en minskning med 2,2 % (117 ton/år/km) följt av enbart trafikstyrning med en minskning med 1,3 % (59 ton/år/km).

**Tabell 8.** För perioden april 2019 till augusti 2020 visas den beräknade årsemissionen av CO<sub>2</sub> per kilometer, samt den procentuella förändringen av utsläpp av CO<sub>2</sub> för de olika scenarierna.

CO <sub>2</sub> -Scenario	Obs.	60 km/h	PM10>50	NO <sub>2</sub> >60	PM10>50 & NO <sub>2</sub> >60	PM10>50 & NO <sub>2</sub> >60 & Trafikstyrning	Trafikstyrning
	O	A	B	C	BC	BCE	E
CO <sub>2</sub> ton/år/km	5346	4908	5315	5295	5272	5229	5287
CO <sub>2</sub> förändring från noll-scenario %	/	-8,2%	-0,5%	-0,9%	-1,2%	-2,2%	-1,3%



Figur 4. Procentuell minskning av utsläpp av CO<sub>2</sub> vid olika scenarion.

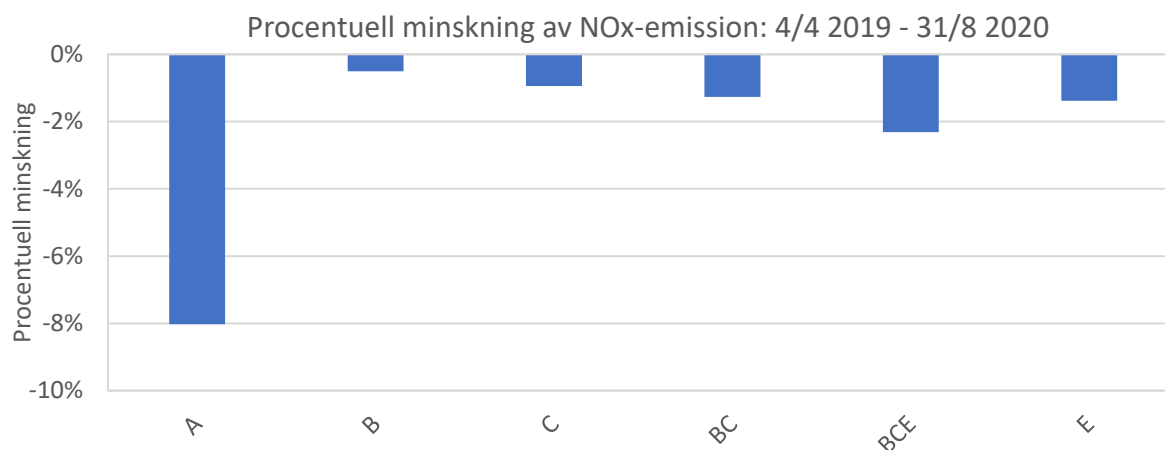
### Resultat emissioner av NO<sub>x</sub>

Här redovisas resultaten för förändringarna i emissioner av kväveoxider, NO<sub>x</sub>, som en följd av hastighetsstyrning för PM10 och NO<sub>2</sub>. Resultaten för NO<sub>x</sub> är mycket likartade de för koldioxid. Skillnaden i emissioner påverkas överlägset störst av att sänka hastigheten till 60 km/h under alla timmar. Det skulle resultera i en minskning med 8 %. Vilket motsvarar en minskning med 1 ton NO<sub>x</sub> per år och kilometer längs E4/E20 vid mätplatsen.

Bland de övriga scenarierna ger kombinationen luftkvalitet och trafikstyrning (BCE) störst effekt med en minskning 2,3 % (0,3 ton/år/km) följt av enbart trafikstyrning med en minskning med 1,4 % (0,2 ton/år/km).

Tabell 9. För perioden april 2019 till augusti 2020 visas det beräknade årsemissionen av NO<sub>x</sub> per kilometer samt den procentuella förändringen i utsläpp av NO<sub>x</sub> för de olika scenarierna.

NO <sub>x</sub> - Scenario	Obs.	60 km/h	PM10>50	NO <sub>2</sub> >60	PM10>50 & NO <sub>2</sub> >60	PM10>50 & NO <sub>2</sub> >60 & Trafik- styrning	Trafik- styrning
	0	A	B	C	BC	BCE	E
NO <sub>x</sub> ton/år/km	11,7	10,7	11,6	11,6	11,5	11,4	11,5
NO <sub>x</sub> förändring från noll- scenario %	0	-8,0%	-0,5%	-0,9%	-1,3%	-2,3%	-1,4%

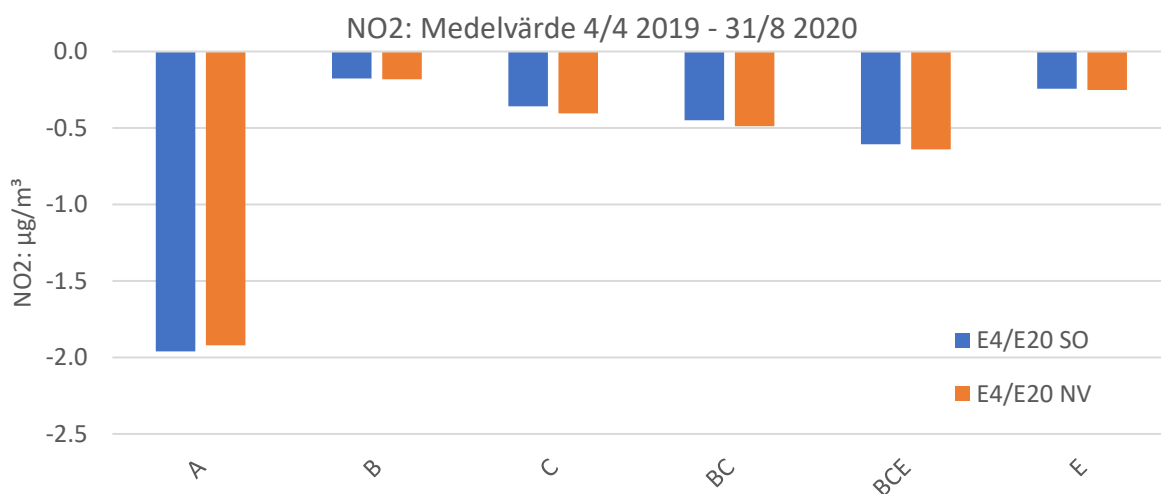


Figur 5. Procentuell minskning av utsläpp av NOx vid olika scenarion.

### Resultat halter av NO<sub>2</sub>

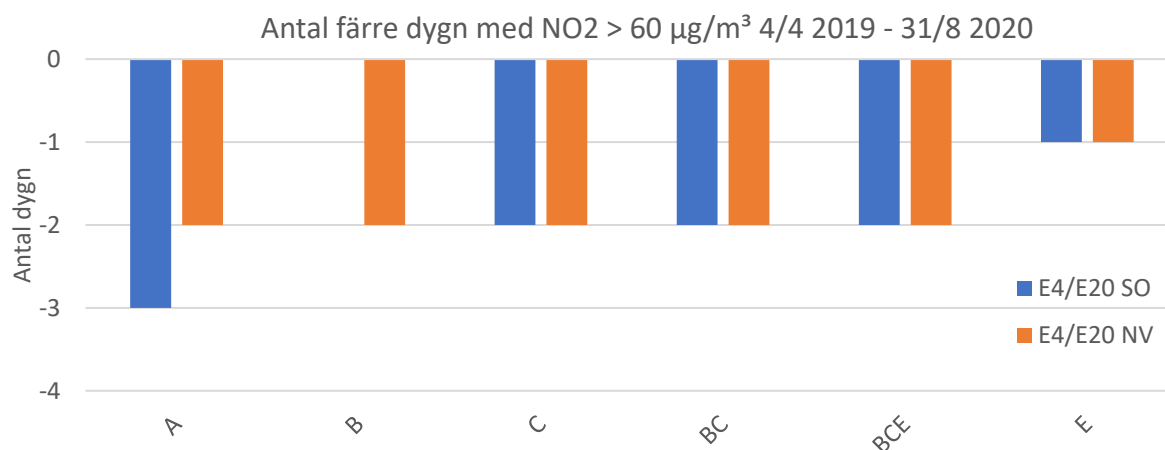
De miljö kvalitetsnormer och miljömål som finns gäller för NO<sub>2</sub>-halter, inte NOx-utsläpp. Därför analyseras halten av NO<sub>2</sub> som har räknats fram enligt metoden beskriven ovan. Halterna av NO<sub>2</sub> under 2019 har beskrivits i SLB-rapport 19:2020 [2]. De genomsnittliga halterna av NO<sub>2</sub> och jämförelser mot miljö kvalitetsnormer och miljömål för perioden april 2019 till och med augusti 2020 ges i **Tabell 10**. Varken miljö kvalitetsnormen för års-, dygns- eller timmedelvärde har överskridits vid mätplatserna. Däremot finns stor risk att miljömålet med avseende på timmedelvärden för NO<sub>2</sub> överskridits, **Tabell 10**.

Medelvärdet för NO<sub>2</sub> sänks med nästan 8% om hastigheten hade ändrats från 80 km/h till 60 km/h för alla timmar, scenario A i Figur 6 samt **Tabell 10**. Att sänka hastigheten vid höga NO<sub>2</sub>-halter (C) ger mer än dubbelt så stor effekt jämfört med att sänka hastigheten vid höga PM10 halter (B). Att sänka för både höga NO<sub>2</sub>- och PM10-halter ger ytterligare större effekt (BC). Ytterligare effekt fås om styrning på luftkvalitet kombineras med trafikstyrning (BCE). Däremot ger enbart trafikstyrning (E) relativt liten effekt på medelhalterna av NO<sub>2</sub>.



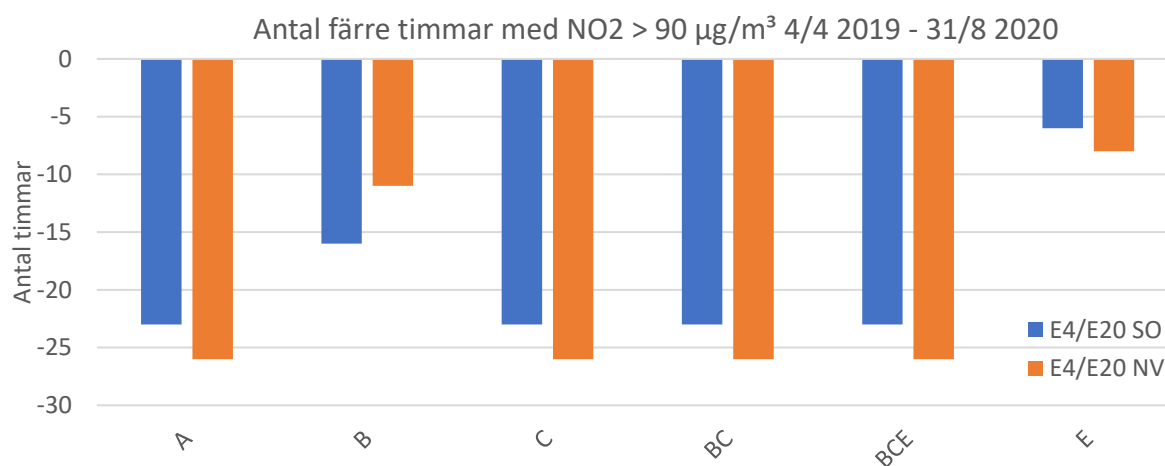
Figur 6. Förväntad förändring av medelvärdet av NO<sub>2</sub> för olika scenarion, beräknat för perioden april 2019 till och med augusti 2020.

Antalet dygn med NO<sub>2</sub> halter över 60 µg/m<sup>3</sup> minskas med 2 respektive 3 dygn vid de båda mätstationerna om hastigheten sänks till 60 km/h (A), Figur 7 och Tabell 10. En sänkning med 2 dygn vid båda mätstationerna nås genom såväl sänkning till vid enbart höga NO<sub>2</sub> halter (C), samt om höga NO<sub>2</sub> halter kombineras med PM10 och trafikstyrning (BC och BCE). Enbart sänkning på trafikstyrning ger mindre effekt (E).



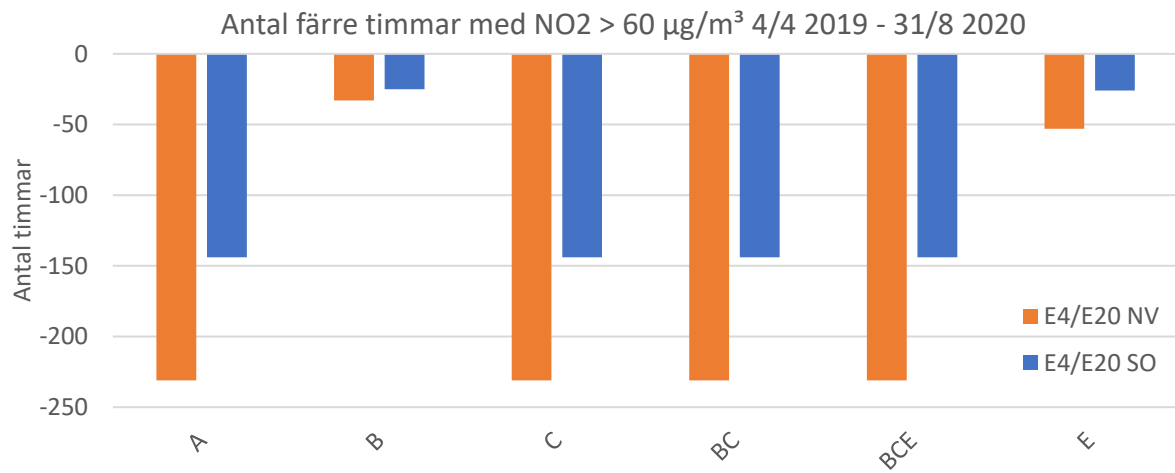
**Figur 7.** Antal färre dygn med NO<sub>2</sub> över dygngränsvärdet för miljö kvalitetsnormen 60 µg/m<sup>3</sup> för alla olika scenarion, beräknat för perioden april 2019 till augusti 2020.

Att sänka hastigheten till 60 km/h när det är höga NO<sub>2</sub>-halter (C) är en effektiv åtgärd och ger 23–26 färre timmar med höga NO<sub>2</sub>-halter, Tabell 10 och Figur 8. Det ger ingen ytterligare effekt på antalet timmar att sänka hastigheten även vid höga PM10 halter och för trafikstyrning (BC och BCE). Att enbart sänka på trafikstyrning ger relativt liten effekt (E).



**Figur 8.** Antal färre timmar med NO<sub>2</sub> över timgränsvärdet för miljö kvalitetsnormen 90 µg/m<sup>3</sup> för alla olika scenarion, beräknat för perioden april 2019 till augusti 2020.

Resultaten för de olika scenarierna med avseende på miljö kvalitetsmålet för timmar, Figur 9 och Tabell 10 är likartat som för miljö kvalitetsnormen. Det vill säga att sänka vid tillfällena vid höga NO<sub>2</sub>-halter (C) är en effektiv åtgärd. Ingen ytterligare effekt fås om detta kombineras med sänkning för trafikstyrning och eller höga PM10-halter. Däremot beräknas inte miljö kvalitetsmålet att klaras vid något av scenarierna.



**Figur 9.** Antal färre timmar med NO<sub>2</sub> över timgränsvärdet för miljö kvalitetsmålet 60 µg/m<sup>3</sup> för alla olika scenarion, beräknat för perioden april 2019 till augusti 2020.



**Tabell 10.** För perioden april 2019 till augusti 2020 visas uppmätt och beräknad medelhalt av NO<sub>2</sub>, Antal dygn över dygngränsvärdet 60 µg/m<sup>3</sup> (MKN), antal som överskrider timgränsvärdet 90 µg/m<sup>3</sup> (MKN), och antal timmar som överskrider timgränsvärdet 60 µg/m<sup>3</sup> (MKM), samt andel av tiden som variabel hastighet hade varit aktiv. \*Miljökvalitetsnormer och miljökvalitetsmål gäller för kalenderår.

Scenario	NO <sub>2</sub> observerade		60 km/h		PM10 > 50 µg/m <sup>3</sup>		NO <sub>2</sub> > 60 µg/m <sup>3</sup>		PM10 > 50 µg/m <sup>3</sup> & NO <sub>2</sub> > 60 µg/m <sup>3</sup>		PM10 > 50 µg/m <sup>3</sup> & NO <sub>2</sub> > 60 µg/m <sup>3</sup> & Trafikstyrning		Trafikstyrning	
	E4/E20 NV	E4/E20 SO	E4/E20 NV	E4/E20 SO	E4/E20 NV	E4/E20 SO	E4/E20 NV	E4/E20 SO	E4/E20 NV	E4/E20 SO	E4/E20 NV	E4/E20 SO	E4/E20 NV	E4/E20 SO
Sida av vägen														
Medelvärde (MKN 40 µg/m <sup>3</sup> *)	24,4	24,9	22,3	22,9	24,1	24,7	23,9	24,5	23,8	24,4	23,6	24,3	24,0	24,7
Antal h>60 µg/m <sup>3</sup> (MKM: max 175h*)	687	413	456	269	654	388	456	269	456	269	456	269	634	387
Antal h>90 µg/m <sup>3</sup> (MKN: max 175h*)	69	29	43	6	58	13	43	6	43	6	43	6	61	23
Antal dygn över 60 µg/m <sup>3</sup> (MKN: max 7 dygn*)	3	4	1	1	1	4	1	2	1	2	1	2	2	3
Andel tid med aktiverad hastighetssänkning %	0%	0%	100%	100%	5,5%	5,5%	7,6%	7,6%	11,4%	11,4%	16,5%	18,3%	6,9%	8,9%



## Diskussion

Det är uppenbart att konstant minskad hastighet till 60 km/h (scenario A) leder till tydligt minskade halter av både PM10 och NO<sub>2</sub>. Att gå från nuvarande hastighet (ca 87 km/h) till 60 km/h ger, enligt våra beräkningar, t.ex. 8–10 respektive 2–3 färre dygn med dygnsmedelhalt av PM10 respektive NO<sub>2</sub> över miljö kvalitetsnormens gränsvärde, för den analyserade perioden. Den generella hastighetsreduktionen leder också till ungefär 8% lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp och NO<sub>x</sub>-utsläpp på sträckan. Inget annat scenario ger lika tydlig minskning av utsläppen. Att sänka hastigheten på statens vägar måste därför betraktas som en effektiv metod att minska Sveriges CO<sub>2</sub>-utsläpp och därmed nå det nationella målet om klimatneutralitet år 2045.

Höga PM10-halter respektive höga NO<sub>2</sub>-halter inträffar ofta vid olika tillfällen. Detta är förväntat eftersom processerna för NO<sub>x</sub>-utsläpp skiljer sig åt från PM10-generering. NO<sub>x</sub>- och CO<sub>2</sub>-utsläppen kommer från avgaser, medan PM10 till allra största del är från körbanan och påverkas därmed exempelvis av dubbdäcksanvändning och fukt på vägbanan. Därför kommer PM10 och NO<sub>2</sub>-halterna att påverkas olika av de olika scenarierna. Till exempel så finns en mycket mer direkt koppling mellan en hastighetssänkning och sänkning av NO<sub>2</sub>-halterna jämfört med motsvarande för PM10. Utifrån beräkningarna ses bland annat att en sänkning av hastigheten vid höga NO<sub>2</sub>-halter ger en tydlig effekt på NO<sub>2</sub>-halterna. Framförallt när halterna jämförs med miljö kvalitetsnormen och miljö kvalitetsmålen. Ingen ytterligare effekt fås för NO<sub>2</sub>-halterna om hastighetssänkningen skulle kombineras med styrning för trafik eller för PM10.

För PM10 så blir det en något större effekt om sänkningen av hastighet inte enbart skulle vara vid höga PM10-halter utan även kombineras med trafikstyrning och/eller höga NO<sub>2</sub>-halter.

Enbart trafikstyrning (scenario E) ger en ganska liten effekt på både PM10-halter och NO<sub>2</sub>-halter, jämfört med en styrning baserat på höga halter av PM10 eller NO<sub>2</sub>. Främsta orsaken är att trafikstyrningen inträffar vid delvis andra tillfällen än när höga halter av NO<sub>2</sub> eller PM10 uppträder. En slutsats från denna studie är därför att för att få en bra effekt på luftkvaliteten så krävs det mer än att enbart sänka hastigheten baserat på trafikflöde.

I de flesta av våra scenarier antar vi att trafiken verkligen går ner till 60 km/h vid när VH styrning kommer visa just 60 km/h. De mer realistiska scenarierna med en sänkning av hastigheten från nuvarande med 10 km/h, scenario BC(10), visar på en betydligt mindre effekt på PM10 halterna jämfört med att sänka till 60 km/h. För att få en tydlig effekt på luftkvaliteten så krävs alltså effektiva metoder för att säkerställa en hög efterlevnad av den skyltade hastigheten vid VH.

### Osäkerheter i resultaten

När det gäller PM10 kan modellresultaten snarare betraktas som ett maximum av förväntad effekt. NORTRIP-modellen är främst utvecklad för vägar med lägre hastigheter och visar generellt högre halter än de uppmätta vid höga hastigheter. Baserat på laboratoriestudier så använder NORTRIP-modellen en linjär ökning av generering av PM10 partiklar från körbanan med hastigheten. För att kompensera för de höga modellerade halterna så använder vi de relativa skillnaderna mellan de olika scenarierna (i procent) och applicerar på de observerade halterna. Detta baseras då på att genereringen av PM10 är linjärt med hastigheten. Trots det så kan resultaten ses som en övre gräns för effekten.

NORTRIP-modellen använder samma hastighet i båda riktningarna och i alla körfält. Så indata för varje timma är totala flödet i båda körriktningarna och den genomsnittliga hastigheten. Detta är naturligtvis en förenkling. Denna förenkling blir speciellt problematisk vid trafikbaserad VH. I NORTRIP-modellen

kommer denna sättas (i båda riktningarna) så fort trafikbaserad VH införs på någon sida. Tiden med trafikbaserad VH kommer alltså överskattas i NORTRIP-modellen.

Utvärderingen av såväl NO<sub>x</sub>- och CO<sub>2</sub>-utsläpp och NO<sub>2</sub>-halterna är baserade på de utsläpp som finns i HBEFA. Det finns många studier där utsläppen i verklig körning skiljer sig en del från de teoretiska. Generellt så är de verkliga utsläppen oftast högre än de teoretiska. Detta beskrivs bland annat i HBEFA [6] och konstaterades även för lätta fordon vid mätplatsen i SLB rapport 42:2020 [5]. Vi antar att de relativa skillnaderna mellan de olika scenarierna är troligen tämligen korrekta

Ytterligare en begränsning med att använda HBEFA är att det inte går att sänka hastigheten med valfritt värde, utan man är begränsad till de olika vägtyperna som finns tillgängliga i HBEFA.

## Referenser

1. SLB rapport nr 37:2020. Fordonssammansättning kopplat till HBEFA 4.1 vid E4/E20 Hallunda, samt hastighet- och trafikflödesprofiler. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”. Max Elmgren & Lars Burman.
2. SLB rapport nr 19:2020. Resultat av mätningar av luftföroreningar vid E4/E20 i Hallunda år 2019. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”. Michael Norman.
3. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling. B.R. Denby, I. Sundvor, C. Johansson, L. Pirjola, M. Ketzler, M. Norman, K. Kupiainen, M. Gustafsson, G. Blomqvist, G. Omstedt <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.069>
4. Svensk författningssamling 2010:477, Luftkvalitetsförordningen. Miljödepartementet 2010.
5. SLB rapport nr 42:2020. Beräkning av emissionsfaktorer i verklig körning. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”, delmoment 3. Christer Johansson, Max Elmgren & Lars Burman
6. HBEFA 4.1, Development report., 2019  
[https://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA41\\_Development\\_Report.pdf](https://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA41_Development_Report.pdf)
7. Modelling road dust emission abatement measures using the NORTRIP-model: Vehicle speed and studded tyre reduction, 2016. M. Norman, I. Sundvor, B.R.Denby, , C. Johansson, M. Gustafsson, G. Blomqvist S. Janhäll . <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.035>
8. Miljö kvalitetsmål Frisk Luft: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/frisk-luft/>

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

