

Förslag på styrning av trafik efter luftkvalitetsparametrar

Delredovisning inom projektet, *Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät*. Delmoment 10

Michael Norman, Max Elmgren, Christer Johansson & Magnuz Engardt



Projektet är finansierat av Trafikverket

SLB-analys, september 2022

SLB 44:2022



Uppdragsnummer	2019059
Daterad	2022-09-28
Handläggare	Michael Norman
Status	Granskad

Förord

Detta PM är en delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” efter införandet av varierande hastighetstyrning, delmoment 10. Projektet finansieras från Trafikverkets FoI-portfölj Möjliggöra. Delmomentet ger ett förslag på styrning av trafik baserat på luftkvalitetsparametrar.

Utredningen är genomförd av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Rapporten har sammanställts av Michael Norman, Christer Johansson, Max Elmgren och Magnuz Engardt. Projektledare vid SLB-analys har varit Michael Norman. Kontaktpersoner på trafikverket har varit Jeffery Archer och Michelle Benyamine-Remahl.

Innehåll

Sammanfattning	6
Inledning	7
Samlad analys av trafik- och luftkvalitetsdata	8
Analys av trafik	8
Uppmätta halter	8
Förväntade effekter innan VH	8
Observerade effekter efter VH	9
Förslag på trafikstyrning från luftkvalitet.....	10
Bakgrund	10
Förslag på formulering	10
Diskussion.....	11
Styrning med avseende på NO _x och inte NO ₂	11
Valet av värde (150 µg/m ³ NO _x) för att styra VH med avseende på luftföroreningshalt.....	12
Avsaknaden av styrning på PM10	13
Styra på observerade halter	13
Referenser	15

Sammanfattning

Mätningar av luftkvaliteten vid väg E4/E20 Hallunda har skett från 4 april 2019 till och med december 2021. Mätningarna har innefattat partiklar (PM10 och PM2.5), kväveoxider (NO_x) och kvävedioxid (NO₂) på båda sidor av E4/E20. I mars 2021 infördes variabel hastighet (VH) på en 2,7 km lång teststräcka längs E4/E20 vid mätplatserna. Hastigheten under 2021 styrdes enbart utifrån trafikflöden.

Projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” har syftat till att studera både de teoretiska samt de uppmätta effekterna på luftföroreningshalterna och på trafikrelaterade emissioner av luftföroreningar och klimatgaser.

Analysen för effekten på luftkvaliteten av VH under 2021 visade sig inte vara tillräcklig för att nå miljökvalitetsmålen. Effekten var dessutom mindre än vad som förväntades, främst för att den verkliga hastighetssänkningen enbart blev 6 – 7 km/h och tiden med VH blev förhållandevis låg.

För att få större positiv effekt på luftkvaliteten föreslås därför styrning av VH även på uppmätt halt av luftförorening i kombination med systemet som är aktivt idag som styr enbart på trafikflöde.

Förslaget är att om den uppmätta halten av kväveoxider, NO_x, under en 15 minuters period överskrider 150 µg/m³ så bör den skyltade hastigheten minskas från 80 till 60 km/h under den kommande 15-minutersperioden.

Inledning

SLB-analys har mätt luftföroreningar vid väg E4/E20 Södertäljevägen i Hallunda (vid Botkyrkahallen) under perioden april år 2019 till och med december 2021. Mätningar ingår i projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” med finansiering från Trafikverkets FoI-portfölj Möjliggöra [1]. Projektets syfte var att studera effekten på såväl trafik som luftkvalitet vid införande av varierande hastigheter (VH) på E4/E20. I mars år 2021 infördes VH på en 2,5 km lång sträcka längs E4/E20. VH styrdes under den analyserade perioden år 2021 enbart på trafiken.

Delmoment 10 fokuserar på att föreslå en styrning av trafiken på sträckan utifrån luftkvalitet. Detta baserat på de tidigare delmomentens analyserade samband mellan trafikparametrar och luftkvalitet samt till viss del även meteorologiska parametrar. Analysen baseras också på de såväl teoretiska och uppmätta effekterna av införande av VH i mars 2021.

Syftet med denna rapport är:

- att sammanfatta de viktigaste slutsatserna från projektet
- att föreslå en formulering som kan användas för miljöbaserad trafikstyrning
- att motivera den föreslagna formuleringen ovan

Slutsatserna i detta delmoment är baserade på resultaten från projektets tidigare delmoment.

Samlad analys av trafik- och luftkvalitetsdata

Analys av trafik

Trafiken har analyserats både före och efter införandet av VH [4, 11] samt i en sammanfattande analys [14]. Trafiken på E4/E20 vid Hallunda visade en tydlig nedgång under perioden på grund av Coronapandemin. Men efter att pandemin var över så uppmättes liknande eller något högre trafikflöden på sträckan än innan pandemin. Införandet av VH i mars år 2021, har lett till lägre hastighet längs teststräckan. Den genomsnittliga effekten under aktivt VH var 6 - 7 km/h lägre hastighet än utan VH vid vägsnittet vid mätstationerna för luftkvalitet. I genomsnitt över alla mätsnitt längs sträckan med VH så var det 5 - 6 km/h sänkning. Under perioden mars till och med december år 2021 var VH aktivt under motsvarar 4,9 och 2,9 % av tiden i sydgående respektive nordgående riktning.

Användningen av dubbdäck på E4/E20 vid Hallunda har inte visat någon tydlig nedåtående trend under åren med mätningar.

Uppmätta halter

Luftföroreningshalter har mätts intill E4/E20 vid Hallunda från april år 2019 till och med december år 2021 [3, 8, 10]. Resultaten visade att målvärden i miljömålet Frisk luft för både NO₂ och PM10 under samtliga tre år 2019, 2020 och 2021 överskreds vid mätplatserna. Miljökvalitetsnormerna för både NO₂ och PM10 klarades däremot, men under år 2019 gjordes inte mätningarna under hela året och det bedömdes finnas en risk att miljökvalitetsnormen för NO₂ kunde ha överskridits [3].

Analysen av luftföroreningshalterna kunde inte visa på en tydlig nedgång i halterna efter att VH infördes i mars år 2021.

De uppmätta halterna visar behovet av åtgärder för att sänka halterna intill vägen och motiverar ur ett luftkvalitetperspektiv olika typer av åtgärder för att förbättra luftkvaliteten längs den undersökta vägsträckan.

Analyserna visar också att det kommer alltmer moderna bilar i fordonsparken, vilket har lett till såväl teoretiska [4, 11] samt uppmätta [5, 12] minskningar av utsläppen av kväveoxider NO_x på E4/E20 under projektets gång. Men mätningarna av halter visar att den renare fordonsparken inte lett till att miljömålen klaras.

Förväntade effekter innan VH

Baserat på de uppmätta halterna av luftföroreningar samt observerade trafikflöden så beräknades de teoretiska effekterna av att införa VH på sträckan i SLB-rapport 48:2020 [6]. Analysen visade att en tydligt större effekt på halterna av både NO₂ och PM10 skulle fås om VH60 styrdes på luftföroreningshalterna och inte enbart på trafik. Detta var extra tydligt för NO₂ då chansen att klara miljömålet var lika stor om den verkliga hastigheten var 60 km/h under timmar med höga NO₂-halter som om hastigheten hade varit 60 km/h under hela perioden. För PM10 så beräknades att den klart största effekten skulle bli om hastigheten varit 60 km/h hela perioden med dubbdäck, november till och med mars.

Analyserna av de förväntade effekterna visade att VH styrt på luftkvalitet skulle ge en större positiv effekt på halterna än om VH enbart styrdes på trafik. Den främsta orsaken till det är att vid styrning på luftkvalitet så prickas alla tillfällen med höga luftföroreningshalter, medans så inte är fallet med styrning enbart på trafik.

Observerade effekter efter VH

Varierande hastighet infördes 8 mars år 2021 och har analyserats fram till och med december år 2021. Under år 2021 har hastighetsgräns 80 km/h reducerats till 60 km/h under perioder då det varit "tät trafik" (dvs. ett timflöde motsvarande cirka 80 % av vägens kapacitet)". Vissa tekniska problem gjorde att VH systemet inte fungerade under hela perioden. Det att visningar av den reducerade hastighetsgränsen 60 km/h (VH60) sammanlagt uppgick till mindre än hälften av den tiden som antogs vid beräkning av teoretiska effekter [13]. Som nämnts ovan blev också den uppmätta sänkningen av hastigheten med VH60 mindre (sänkning 6 - 7 km/h) än vad som analyserades i de förväntade effekterna (sänkning 10 – 20 km/h). I och med att både tiden med VH60 samt att den verkliga hastighetssänkningen blev mindre än när de teoretiska effekterna beräknades så blev även de analyserade effekterna på luftkvaliteten och utsläppen av växthusgaser mindre än vad som förväntades [13]. Beräkningarna av de förväntade effekterna [6] av NO_x -emissionerna innebar t ex en 1,4 % minskning med enbart VH styrning. Det beräknade verkliga utfallet för 2021 blev mindre än 0,5 % minskning [13].

Så för att få större positiv effekt på luftföroreningshalterna med användning av VH så behövs styrning även med avseende på luftföroreningshalterna.

Förslag på trafikstyrning från luftkvalitet

Bakgrund

En av uppgifterna i projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” är att föreslå ett sätt för att styra den varierande hastigheten på E4/E20 förbi mätplatserna vid Hallunda baserat på luftkvalitet. Styrningen med avseende på luftkvalitet skall leda till förväntade konkreta luftmiljövinster, och att utsläppen av klimatgaser minskar samtidigt som framkomligheten inte ska påverkas i någon större grad.

Syftet är framförallt att minska trafikens negativa påverkan på luftkvalitet invid E4/E20, med målet att förbättra livsmiljön i närliggande bostadsbebyggelse och vistelseområden. Förhoppningen är att även öka möjligheterna att nå luftkvalitetsmålen genom att enbart reducera utsläppen under de perioder som luften är som sämst. Den miljöbaserade trafikstyrningen beräknas även leda till reducerad klimatpåverkan genom minskade utsläpp av CO₂.

Förslag på formulering

Baserat på analyserna i delmoment 1 – 9 inom Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” föreslås följande formulering för styrning av varierande hastighetsgränser baserat på luftkvalitet.

- **Om den uppmätta halten av kväveoxider, NO_x under en 15 minuters period överskrider 150* µg/m³ så bör den skyltade hastigheten minskas från 80 till 60 km/h under den efterföljande 15-minuters perioden.**

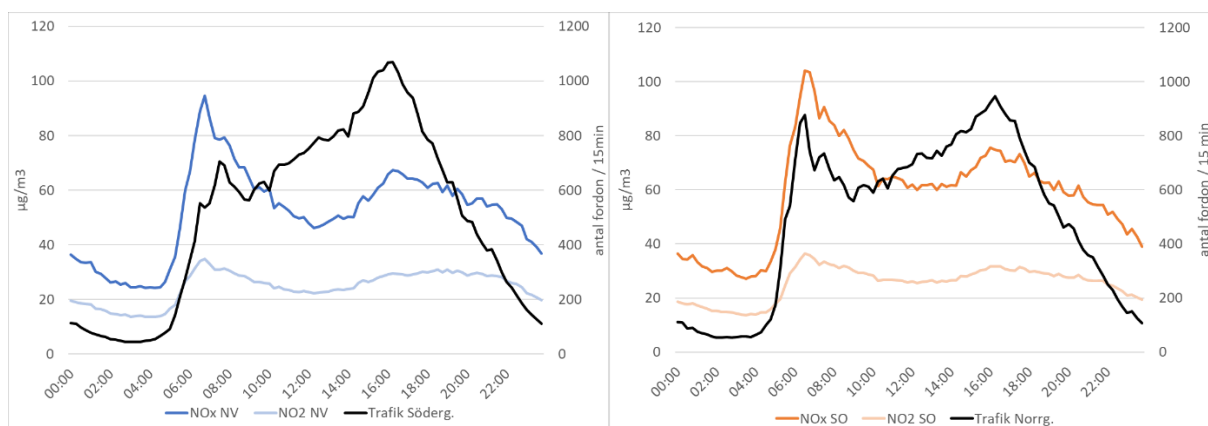
*) Värde 150 µg/m³ NO_x föreslås gälla tills vidare, men kan föreslås sänkas framöver i takt med att miljökvalitetsnormerna och miljömålen förväntas sänkas.

Diskussion

Styrning med avseende på NO_x och inte NO₂

Förslaget ovan är att styra hastigheten för luftkvalitet baserat på NO_x, det vill säga summan av NO och NO₂. I det tidigare förslaget som fanns i delmoment 4, SLB-rapport 6:2021 [7] så föreslogs då att styrningen skulle göras på NO₂. Det är NO₂ som är reglerat med såväl tim- som dygns norm samt med timvärde i miljömålet frisk luft. Ändringen till NO_x istället för NO₂ motiveras med att NO_x på ett bättre sätt återspeglar den totala mängden trafikrelaterade luftföroreningar i luften till skillnad från NO₂. Från trafiken släpps såväl kväveoxid, NO, och kvävedioxid, NO₂. Förhållandet mellan NO_x och NO₂ i avgaserna beror till exempel på motortyp, motorstyrka, bränsletyp men också till viss del av de meteorologiska förhållande (främst temperaturen). I luften sker sedan en omvandling från NO till NO₂ genom kemiska processer. Dessa processer påverkas av de aktuella meteorologiska förhållandena samt av mängden ozon i luften. Detta gör att de uppmätta halterna av NO och NO₂ kan variera tämligen mycket beroende på meteorologiska förhållanden samt årstid. Däremot påverkas den totala mängden kväveoxider, det vill säga NO_x, inte av kemiska processer¹ eller olika andelar NO₂ i avgaserna från olika fordonstyper.

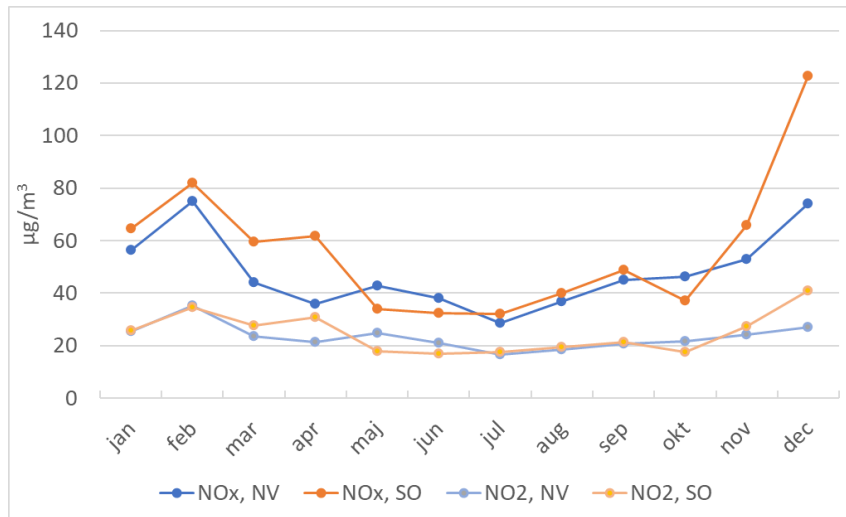
De uppmätta genomsnittliga halterna av NO_x intill E4/E20 vid Hallunda stämmer därför bättre överens med trafikflödet på platsen.



Figur 1. Den genomsnittliga vardagsdygnsvariationen av trafikflöde, NO_x- samt NO₂ halt vid E4/E20 Hallunda. Nordvästra (NV) sidan om vägen till vänster och sydöstra (SO) sidan av vägen till höger.

I Figur 1 visas den genomsnittliga dygnsvariationen av NO_x, NO₂ samt trafikflöde uppdelat i båda körriktningarna. Variationen i NO₂ över dygnet är betydligt mindre än variationen i NO_x. Det är dessutom betydligt högre halter av NO_x på förmiddagen än under eftermiddagen, detta beror främst på omblandningen i luften som är betydligt större på eftermiddagen än förmiddagen. Variationen i både NO_x och NO₂ var stor år 2021, se Figur 2, med högst värden under februari och december.

¹ Tidsskalan för (foto)kemisk omvandling av NO_x till salpetersyra (HNO₃) är timmar till dagar, vilket innebär att NO_x från trafikens utsläpp längs E4/E20 inte hinner påverkas under den korta tiden för luften att transporteras från avgasrören till mätinstrumenten (sekunder - minuter).

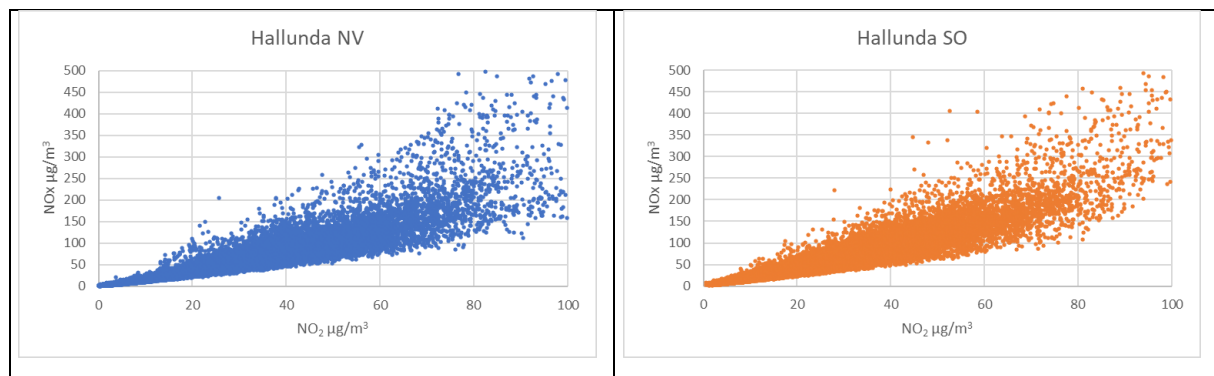


Figur 2. Månadsmedelvärden för NO_x och NO₂ vid både sydöstra (SO) och nordvästra (NV) sidan av E4/E20 vid Hallunda.

Valet av värde (150 µg/m³ NO_x) för att styra VH med avseende på luftföroreningshalt

I förslaget ovan så har 150 µg/m³ NO_x valts som ett värde att sänka hastigheten utifrån den tidigare undersökta styrningen för VH60 var NO₂ 60 µg/m³ [6]. Det motiverades med att det är miljö kvalitetsnormen för dygn och att det är den miljö kvalitetsnorm för NO₂ som historiskt varit svårast att klara intill Trafikverkets vägar [15]. Men då NO_x bättre återspeglar luftföroreningarna från vägtrafiken (se stycket ovan) så behövs en relevant halt av NO_x. Sambandet mellan NO₂ och NO_x vid de båda stationerna under 2021 visas i Figur 3. Figurerna visar ett inte helt linjärt samband mellan NO₂ och NO_x vilket diskuterats ovan.

Men från data konstateras att en halt av 150 µg/m³ NO_x är jämförbart med en halt av 60 µg/m³ NO₂.



Figur 3. Sambandet mellan NO₂ och NO_x för 15-minutersmedelvärden under 2021. I figurerna ingår 34357 datapunkter för nordvästra sidan (NV) och 34998 datapunkter för sydöstra (SO) sidan.

För år 2021 så uppmättes 15-minutersvärden med NO₂ halt över 60 mg/m³ vid 1962 tillfällen vid nordvästra sidan av vägen och 1629 tillfällen vid sydöstra sidan av vägen. Under samma period så uppmättes NO_x-halter över 150 µg/m³ vid 1677 tillfällen vid nordvästra sidan av vägen och 1893 tillfällen vid sydöstra sidan av vägen. Så det skulle bli ungefär lika många aktiveringar av den

reducerade hastighetsgränsen (VH60) skulle göras på $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_x$ istället för $60 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$, men det skulle göras vid ett bättre urval av tillfällena med de högsta föroreningshalterna.

Värdet $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_x$ är valt utifrån de förhållanden som gällt vid analys av mätdata från år 2021, och det föreslås gälla tills vidare. Halterna av såväl NO_x som NO_2 sjunker intill Trafikverkets vägar. Detta beror på en allt renare fordonspark, med lägre utsläpp från tex dieslbilar och ökad andel elbilar. Denna positiva utveckling förutspås att fortsätta framöver. Samtidigt så finns det starka indikationer att miljö kvalitetsnormerna för NO_2 kommer att sänkas inom hela EU och Sverige inom de närmsta åren. Så det föreslagna värdet $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_x$ kan förslagsvis sänkas framöver i takt med att miljö kvalitetsnormerna och miljömålen sänks.

Avsaknaden av styrning på PM10

De tre rapporterna som har utvärderat de uppmätta halterna vid E4/E20 Hallunda [3, 8, 10] har visat att det förekommer höga halter av PM10 vid mätplatserna intill E4/E20. Men mätdata visar också att förekomsten av de höga halterna av PM10 har såväl en annan dygnsvariation som årstidsvariation jämfört med de avgasrelaterade föroreningarna NO_2 och NO_x . Den säsongvariation som PM10 uppvisar är kopplat till användandet av dubbdäck under vintertid och att det finns partiklar (vägdamm) kvar i vägmiljön under senvinter och vår som kan virvla upp. Det gör att de uppmätta halterna under en 15-minuters period inte enbart påverkas av trafiken som passerar den aktuella tidpunkten. En momentan sänkning av hastigheten när höga PM10-halter uppträder visade sig ha något mindre effekt på halterna PM10 jämfört med motsvarande för NO_2 och NO_x , och detta har även visats i SLB-rapport 48:2020 [6] samt SLB-rapport 30:2022 [13].

PM10-emissionerna och även PM10-halterna påverkas mycket stort av de meteorologiska förhållandena där vägytans fuktighet är den viktigaste parametern. Vid fuktig körbana så sker i stort sett ingen emission av icke avgas PM10 till luften [3, 6, 8, 10] (tex efter en regnskur). En uppmätt hög halt av PM10 kan alltså följas av en betydligt lägre halt den kommande 15 minutersperioden. Om VH60 styrdes på uppmätt halt av PM10 skulle det därför kunna inträffa tillfällena där hastigheten sänkts med avseende på PM10, men att halten i verkligheten var låg.

En styrning av VH60 baserat på NO_x skulle även ha positiv effekt på PM10 halterna och möjligheterna att klara miljömålet för PM10 [6].

Med dessa saker i beaktande så föreslås styrningen av VH60 med avseende på luftföroreningshalter göras enbart på NO_x och inte på PM10.

För att åtgärda PM10-halterna är det istället mest effektiva att den skyltade hastigheten sänks till 60 km/h under hela perioden då dubbdäck används, november till och med mars. En sådan sänkning av hastigheten visade sig ha en tydlig teoretisk effekt på PM10-halterna i SLB-rapport 48:2020 [6].

Styra på observerade halter

Under projekten så har SLB-analys utvecklat en prognosmodell för PM10- och NO_x -halterna över Storstockholm, inklusive intill E4/E20 i Hallunda [9]. Att styra VH baserat på de prognostiserade halterna har fördelen att man inte behöver vänta till de höga halterna verkligen uppmäts. I SLB-rapport 6:2021 [7] så föreslås VH styras på de prognostiserade halterna.

Prognosmodellen utvärderas i SLB-rapport 6:2021 [7] och SLB-rapport 30:2022 [13]. De analyserna visade att prognosmodellen inte på ett tillräckligt tillfredställande sätt kunde reproducera de uppmätta halterna intill E4/E20. Därför föreslås att VH-styrningen istället bör baseras på de uppmätta halterna. Detta gör att det blir en betydligt bättre överensstämmelse med när de höga halterna verkligen uppkommer och när VH ska visa sänkt hastighet med avseende på luftkvalitet.

Referenser

1. FoI-portfölj Möjliggöra, Trafikverket.
2. HBEFA 4.1., Handbook for Emission Factors 4.1, 2019, www.hbefa.net
3. SLB-rapport 19:2020. Resultat av mätningar av luftföroreningar vid E4/E20 i Hallunda år 2020. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”.
4. SLB-rapport 37:2020. Fordonssammansättning kopplat till HBEFA 4.1 vid E4.20, samt hastighet- och trafikflödesprofiler. Delredovisning inom projektet, Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 2.
5. SLB-rapport 42:2020. Beräkning av emissionsfaktorer i verklig körning. Delredovisning inom projektet, Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 3.
6. SLB-rapport 48:2020. Förväntade effekter av variabel hastighet. Delredovisning inom projektet, Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 5.
7. SLB-rapport 6:2021. Samlad analys av trafik och luftkvalitetsdata, samt framtagning av effektsamband mellan trafikdata och luftkvalitetsdata. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”, delmoment 4.
8. SLB-rapport 15:2021. Resultat av mätningar av luftföroreningar vid E4/E20 i Hallunda år 2020. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”.
9. SLB-rapport 36:2021. Luften du andas - nu och de kommande dagarna. Utveckling av ett automatiskt prognosystem för luftföroreningar och pollen.
10. SLB-rapport 12:2022. Resultat av mätningar av luftföroreningar vid E4/E20 i Hallunda år 2021 samt jämförelse med tidigare år. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”. Delmoment 6.
11. SLB-rapport 22:2022. Fordonssammansättning kopplat till HBEFA 4.1 vid E4.20, samt hastighet- och trafikflödesprofiler 2021. Delredovisning inom projektet, Aktivtrafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 7.
12. SLB-rapport 26:2022. Beräkning av emissionsfaktorer i verklig körning. Delredovisning inom projektet, Aktivtrafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 3b.
13. SLB-rapport 30:2022. Effekten av VH på emissioner och luftkvalitetsdata. Delredovisning inom projektet, Aktivtrafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 8.
14. Trafikeffekter vid införande av varierande hastighetsgränser på E4/20 mellan trafikplats Hallunda och trafikplats Fittja. FOI-projekt: Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 9.
15. SLB-rapport 21:2022. Luftkvalitet inom Östra Sveriges Luftvårdsförbund. Mätresultat år 2021.

SLB-analys, Miljöförvaltningen i Stockholm.
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.
Box 8136, 104 20 Stockholm.
www.slb.nu

