

Inverkan av bullerreducerande asfalt på PM_{10} -halter och emissioner längs E4

- Sammanställning och utvärdering av mätningar från 2015–2019

Max Elmgren, Michael Norman



Utfört på uppdrag av



SLB 35:2019

Innehållsförteckning

Förord	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
Mätningar	7
Mätplatser och mätinstrument.....	7
Häggvik	7
Rotsunda.....	7
Gröndal.....	9
Datafångst.....	9
Miljökvalitetsnormer och mål.....	9
Resultat.....	9
Meteorologi	9
Vindriktning	9
Vägfukt.....	10
Trafik.....	11
Halter av PM ₁₀ & NO ₂	11
PM ₁₀	12
NO _x	13
Storleksfördelning av partiklar.....	14
Emissionsfaktorer för NO _x	15
Inverkan av bullerreducerande asfalt på emissioner av PM ₁₀	15
Diskussion.....	17
Slutsats	19
Referenser	20

Förord

Denna utredning är genomförd av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm på uppdrag av Trafikverket Region Stockholm. Rapporten har sammanställts av Max Elmgren och Michael Norman. Billy Sjövall, Magnus Brydolf, Börje Norberg och Peter Strömberg har bidragit till genomförandet av mätningarna.

Projektet har hittills resulterat i tre tidigare rapporter, SLB 8:2015, SLB 11:2016 och SLB 10:2017. I dessa tidigare rapporter sammanställs mätdata för vart och ett av mätåren från 2015–2017. Resultat från år 2018 presenterades som en muntlig presentation och en powerpoint-presentation, vilket fick bli det årets underlag. Denna rapport fokuserar på att visa trender och förändringar i luftkvalitén allteftersom den bullerreducerande asfalten slits.

Beställare vid Trafikverket är Michelle Benyamine Remahl,

Omslagsbilden är hämtat ur en presentation från PEAB.

Uppdragsnummer:	2018085
Daterad:	2019-09-30
Handläggare:	Max Elmgren
Status:	Internt och externt granskad



Miljöförvaltningen i Stockholm
Box 8136
104 20 Stockholm
www.slb.nu

Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att studera halter och emissioner av partiklar från en lågbullrande asfalt, ABD 11, i jämförelse med konventionell asfalt, ABS 16. Mätningar av partiklar (PM₁₀ och PM_{2.5}) och kväveoxider (NO_x och NO₂) har utförts intill vägsträckan med bullerreducerande asfalt samt intill en referenssträcka med konventionell asfaltsbeläggning. Båda mätstationerna ligger längs E4 i Sollentuna. Mätningarna har pågått från februari till maj varje år mellan 2015 och 2019. Mätningar av både partiklar och kväveoxider tillsammans med trafikmätningar används för att beräkna relationen för emissioner av partiklar mellan mätstationerna. Projektet har pågått under fem vårsäsonger varav 2019 var den femte och sista säsongen. Sommaren 2018 bedömdes den bullerreducerande beläggningen vara i så pass dåligt skick att den var tvungen att läggas om. Den lades om med konventionell asfalt, ABS 16 (50/70 kulkvarnsvärde<7).

För att bestämma skillnaden i partikelemissioner mellan konventionell beläggning och den bullerreducerande beläggningen måste data först sorteras utifrån vissa krav. Dataurvalets funktion är att göra data mellan stationerna mer jämförbart och på lika villkor. Båda mätstationerna står på östra sidan av E4:an, därför används endast mätdata för när vinden blåser från E4 mot stationerna och för med sig förorenad luft. Körbanan måste vara torr annars är partikelhalterna minimala, urvalet baseras på data från en fuktamera på E4:an i Gröndal. Endast mätdata dagtid (06:00-20:00) används då trafikintensiteten är som störst, samt att skillnaden mellan mätplatserna är mindre. Utöver mätdata används data över trafikflödet vid respektive mätplats tillsammans med utsläpps databasen HBEFA 3.3. Från dessa beräkningar erhålls en genomsnittlig emissionsfaktor för trafiken på varje mätplats. Emissionsfaktorn beror på trafikflödet, hastigheten och vägens lutning.

Resultaten visar att emissionerna av partiklar var ca 40 % lägre vid den bullerdämpande asfalten jämfört med referensasfalten under 2015. År 2016 var emissionerna ca 20 % lägre vid den lågbullrande asfalten jämfört med referensasfalten. År 2017 var emissionerna vid den lågbullrande asfalten när samma som referensasfalten. 2018 var emissionen vid den lågbullrande beläggningen ca 15% högre än referensasfalten. Sommaren 2018 ersattes den bullerdämpande beläggningen med konventionell asfalt, ABS 16. Beläggningen lades om på grund av för stort slitage på den bullerdämpande beläggningen. Mätresultaten från våren 2019 visar att emissionerna från den nylagda beläggningen på teststräckan emitterar 56% mer partiklar än referenssträckan i Häggvik, vars asfalt inte lades om 2018. Orsaken till de högre halterna vid teststräckan under 2019 kan delvis förklaras av att asfalt med stor ballaststorlek (den bärande stenens storlek i beläggningen) tar tid att slita in då det finns utfyllnadssten i beläggningen som måste slitas ned först. Dessa stenar är en blandning mindre stenar med sämre slitstyrka än ballasten, vilket betyder att innan trafiken kan köra rakt på den slitstarka ballasten så kan asfalten generera högre partikelhalter i och med slitaget av utfyllnadsstenen.

Analys av storleksfördelningar av partiklar mellan den bullerreducerande beläggningen och referenssträckan visar att det inte är någon större skillnad i fördelningen av partiklarna. Det blir alltså inte fler stora partiklar i förhållande till små partiklar allt eftersom den bullerreducerande asfalten slits.

Inledning

I ett försök att minska bullret längs E4 anlade Trafikverket under sommaren 2014 bullerreducerande asfalt av typen ABD 11 längs en ca 1,4 km lång sträcka av E4 vid Rotsunda i Sollentuna. Se Figur 3 för vägsträckning med bullerdämpande beläggning och referenssträcka.

ABD 11 är en dränerande beläggning med större hålrum vilket dels ökar dränaget och förhindrar vattenplaning samtidigt som hålrummen absorberar en del av bullret. Stenstorleken är 11mm vilket är en mindre sten än i vanliga högbelastade vägar. Mindre sten ger mindre buller, men kan ge högre partikelemissioner därför väljs ofta en sten med högre stenkvalitet för att motverka det ökade slitaget som sker på grund av den mindre stenen. Vid referensstationen i Häggvik ligger en konventionell beläggning med ABS 16, vilket är den vanligaste asfaltstypen för tungt trafikerade vägar då det är en stenrik beläggning med stora stenar, vilket ger en beläggning med god hållbarhet och som följd mera buller. Beroende på vilken stenkvalitet som väljs påverkas asfaltens nötningsgrad (Trafikverket, 2014).

I samband med att asfaltstypen ABD 11 lades fick SLB-analys i uppdrag att studera huruvida den bullerreducerande asfalten påverkar halterna och emissionerna av PM₁₀. Uppdraget utfördes genom att mäta halter av partiklar vid både teststräckan i Rotsunda med bullerreducerande asfalt och längs referenssträckan i Häggvik med konventionell asfalt. Mätningarna av halter och beräkningar av partikelemissioner har pågick under sammanlagt 5 vårsåsonger d.v.s. under åren 2015–2019. Resultat från de tre första åren har redovisats i SLB-rapporter 10:2017, 11:2016 och 8:2015, resultaten från våren 2018 presenterades på ett möte med trafikverket under hösten 2018.

SLB-analys har varit delaktiga i ett par tidigare projekt som utvärderat effekterna av bullerreducerande asfaltstyper på partikelemissioner. I ITM-rapport 198 studerades flera tysta asfaltstyper och jämfördes mot referensbeläggningar. Resultaten visade att partikelemissionerna från de ”tysta” beläggningarna var ungefär lika stora som emissionerna från referensbeläggningarna, slutsatsen som drogs var att ’variationer i partikelemissioner är större på grund av andra faktorer än beroende på beläggningstypen och stenstorleken’ (Johansson, 2011). 2006 genomförde SLB-analys en utvärdering av bullerreducerande asfalt i Hallunda, asfaltstypen var en porös dubbeldränerande asfalt vilken jämfördes mot en referenssträcka med ABS 16. Resultaten visade att det inte fanns någon signifikant skillnad i emissionerna av partiklar mellan de två asfaltstyperna (SLB-analys, 2006).

Vid mätstationen Rotsunda har storleksfördelningen av partiklar mätts varje år under testperioden, vid mätstationen i Häggvik har storleksfördelningar mätts 2018 och 2019. Storleksfördelningens förhållande till totala PM₁₀ har beräknats. Från fraktioner av PM₁₀ kan man se vilka partikelstorlekar som har ökat eller minskat under åren, och storleken på partiklarna är starkt kopplat till källorna. En ökning av större partiklar pekar på en ökning av mängden vägslitage. Däremot beror en ökning av mindre partiklar inte på ökade utsläpp av små partiklar utan snarare på en minskning av vägslitage, ty små partiklar kommer främst från förbränning av bränsle och partiklar genererade från bromsbeläggningar och dessa emissioner anses vara snarlika mellan åren.

Mätningar

Samtliga mätningar under alla fem mätsäsonger har utförts på samma sätt med samma instrumentering, med tillägg för mätning av storleksfördelning på Häggviks mätstation under 2018 och 2019. Mätningarnas startdatum skiljer sig mellan åren. 24 januari 2019, 14 januari 2018, 18 februari 2017, innan januari 2016, och 5 mars 2015.

Mätplatser och mätinstrument

Mätplatsernas placering och sträckan med bullerreducerande beläggningen framgår av Figur 3.

Häggvik

Stationen vid E4:an vid referenssträckan i Häggvik ingår förutom i detta projekt även i Sollentuna kommuns kontinuerliga övervakning av luftkvaliteteten. Stationen som visas i Figur 1 är placerad ca 13 m från närmaste körbanan. Luftintaget är placerat ca 3 meter ovan omgivande marknivå och ca 4 meter ovan närmaste körbanan. Mätningarna omfattade PM₁₀ och PM_{2,5} med GRIMM EDM 180 MC samt NO_x (NO och NO₂) med Environment AC31 M. Skyltade hastigheten på E4 vid Häggvik är 100 km/h under sommaren och 80 km/h under vinterdäckssäsong (1 okt-15 april). Asfalten vid mätstationen är av typen ABS 16 (asfaltbetong, stenrik, stenstorlek 16 mm). 2018 och 2019 utfördes även mätning av storleksfördelning av partiklar på stationen.



Figur 1. Mätstationen i Häggvik vid referenssträcka med asfaltstyp ABS 16.

Rotsunda

Stationen invid E4:an vid teststräckan med bullerreducerande asfalt är placerad vid Rotsunda. Stationen visas i Figur 2 och är placerad ca 10 m från närmaste körbanan. Luftintaget var placerat ca 3 meter ovan omgivande marknivå och ca 4 meter ovan närmaste körbanan. Mätningarna omfattade PM₁₀ och PM_{2,5} med GRIMM EDM 180 samt NO_x med Environment AC31 M. Partikelinstrumentet i Rotsunda mätte antal partiklar i 32 storleksklasser mellan 0,25 och 32 µm under 2015 till 2019. Mätplatsen utrustades även med en vindgivare för mätning av vindriktning och vindhastighet. Skyltad hastighet på E4 vid Rotsunda är 100 km/h. Motorvägen vid Rotsunda har en lutning på 2 % med uppförslänt för den norrgående trafiken. Asfalten vid mätstationen är av typen ABD 11 dubbeldränerande asfalt, vilken i rapporten kallas för bullerreducerande asfalt.



Figur 2. Mätstationen Rotsunda vid teststräckan med bullerreducerande asfaltsbeläggning av typen ABD 11.



Figur 3. Placeringen av mätstationerna intill E4, samt sträckan för den tysta asfalten (blå markering)

Gröndal

Vägytans fuktighet mäts med en Vaisala DSC 111 på E4/E20 vid Gröndal. Tyvärr finns ingen vägfuktsensor närmare mätplatserna vid Rotsunda och Häggvik. Meteorologiskt sett är avståndet väldigt litet, vilket innebär att nederbörd vid Gröndal oftast innebär nederbörd även i Sollentuna. Trafiksituationen mellan olika delar av motorvägen i stort lika, vilket innebär att om vägfuktskameran i Gröndal mäter att vägen är torr antas vägen även vara torr i Häggvik och Rotsunda. Möjligen torkar den lågbullrande beläggningen snabbare då det är en dubbeldrainerande beläggning vilket minskar risken för vattenplaning då vattnet snabbt kan rinna ner genom asfalten. Mindre vatten på vägen skulle då kunna leda till snabbare upptorkning.

Datafångst

Datafångst innebär förhållandet mellan den tid då instrumentet gett tillförlitliga data jämfört med den totala tiden under vilken mätningen skett. För samtliga luftkvalitetsmätningar inom projektet har datafångsten varit över 96 %.

Miljö kvalitetsnormer och mål

Halter av PM₁₀, och NO₂ är reglerade av miljö kvalitetsnormer (MKN) i luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) baserade på EU föreskrifter om luftkvalitet som alla EU:s medlemsländer ska klara. Normerna är till för att skydda människors hälsa, och miljön. I miljö kvalitetsnormerna finns gränsvärden för årsmedelvärde, dygnsmedelvärde och timmedelvärde och hur ofta de får överskridas per kalenderår. Miljö kvalitetsmålen (MKM) är 16 olika mål uppsatta av Sveriges riksdag och varje mål innehåller flera delmål, ett mål är *Frisk Luft*. Delmålen i *Frisk Luft* liknar MKN i luftkvalitetsförordningen med skillnaden att gränserna för att klara MKM är hårdare än MKN och vissa av målen är t.o.m. hårdare än WHO:s riktlinjer för luftkvalitet.

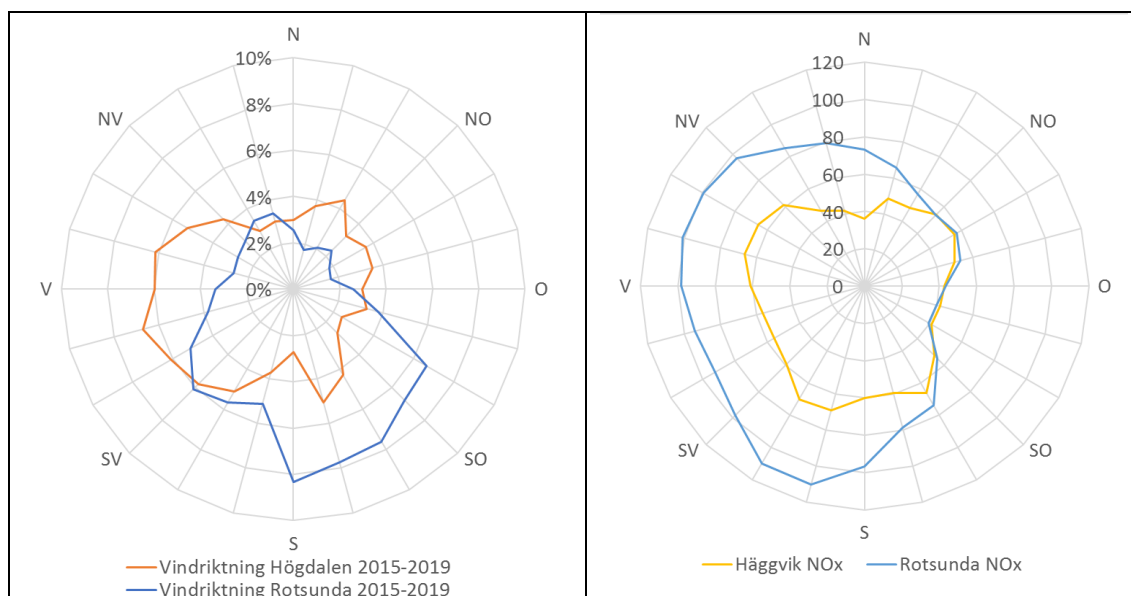
Resultat

Meteorologi

Meteorologi har stor betydelse för halterna av PM₁₀. Främst gäller det nederbörd vilket ger blöt eller fuktig körbana och hindrar partiklar från att virvla upp. Även temperatur, luftfuktighet och vindriktning är viktiga parametrar som påverkar hur snabbt vägbanan torkar upp och vart partiklar kommer ifrån.

Vindriktning

Placeringen av mätstationerna öster om E4 innebar att mätplatserna påverkades av trafikens utsläpp främst under perioder med vindar från den västliga sektorn. I Figur 4 visas den procentuella fördelningen av vindriktningen vid mätstationen i Rotsunda som ett medelvärde för alla mätperioder, samt medelvärdet för samma period för meteorologimasten i Högdalen.



Figur 4. Vänster: Fördelningen av vindriktningen vid Rotsunda (blå) medelvärde för alla fem mätperioder, jämfört med mätning vid Högdalens meteorologimast för samma period (orange). Höger: Fördelningen av de genomsnittliga NO_x-halterna vid Rotsunda (blå) och Häggvik (gul) för vindriktningar från Rotsunda.

Vinden på 20 m höjd över marken, uppmätt vid Högdalen, visar att det vanligtvis blåser från väst och sydväst och mindre från övriga vindriktningar. Meteorologimätningen vid mätstationen i Rotsunda sitter på ca 2 m höjd över marken. Den påverkas kraftigt av trafiken och vägens riktning och ser därför ut att komma från sydost snarare än från sydväst, se blå linje i vänstra panelen i Figur 4. I högra panelen i Figur 4 visas att de högsta halterna av NO_x för Rotsunda uppmättes för västlig vind, då vinden blåser från E4 mot mätstationerna, detta är mindre påtagligt för Häggvik.

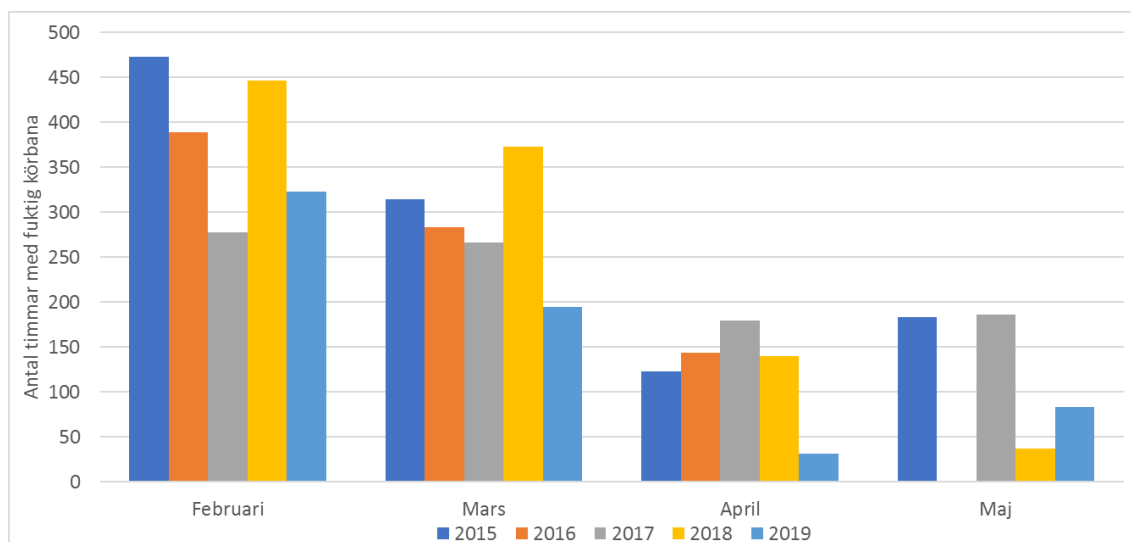
Vägfukt

Mätningarna från vägfuktsensorn på E4/E20 vid Gröndal används främst som kriterier för urval av data i dataanalysen, t.ex. så kan data sorteras efter fuktig eller torr körbana.

Körbanans fuktighet visas som antal timmar med fuktig körbana per månad och år Tabell 1, samma data förtydligas i Figur 5. Data över fuktigheten visar att februari i allmänhet är väldigt fuktig, men har blivit torrare. Övriga månader har också blivit torrare med åren, vilket skulle kunna bidra till högre partikelemissioner då vägarna är torrare under längre tid.

Tabell 1. Antal timmar med fuktig körbana per månad och år uppmätt vid E4-Gröndal.

Vägfukt antal timmar med fuktig körbana vid E4-Gröndal	2015	2016	2017	2018	2019
Februari	473	389	278	447	323
Mars	315	283	266	373	195
April	123	144	180	140	31
Maj	183		186	37	83



Figur 5. Antal timmar med fuktig körbana per månad och år uppmätt vid E4-Gröndal.

Trafik

En sammanställning av den genomsnittliga trafiken på E4 förbi Rotsunda och Häggvik för åren 2016–2019 visas i Tabell 2. Trafikflödet ökar för nästan varje år vid mätplatserna, speciellt vid Häggvik som ökat från 86 900 fordon/dag 2016 till 94 000 fordon/dag 2019, en ökning med 7,5%. En större sänkning av medelhastigheten har skett vid Häggvik, 2018 och 2019 kör trafiken i snitt 8 km/h långsammare än tidigare år. Den tunga trafikandelen har ökat vid båda platserna, ungefär en procentenhet högre 2019 än 2016. Vilket betyder att antalet tunga fordon har ökat med nästan 25%. Trafiken skiljer sig inte mycket mellan Rotsunda och Häggvik och de skillnader som finns beaktas i beräkningarna av skillnaden i partikelemissioner mellan stationerna.

Tabell 2. Sammanställning av uppmätt trafik under januari till och med maj 2016–2019.

		TRAFIK PER	HASTIGHET	ANDEL TUNG
		DYGN		TRAFIK
		Medelvärde	km/h	%
		jan-maj		
2016	Rotsunda	90 400	101,2	3,2 %
	Häggvik	86 900	106,5	4,2 %
2017	Rotsunda	94 900	100,9	4,1 %
	Häggvik	92 200	106,5	4,7 %
2018	Rotsunda	91 310	104,0	5,0 %
	Häggvik	94 000	98,8	4,4 %
2019	Rotsunda	91 020	103,6	5,0 %
	Häggvik	94 000	98,5	4,9 %

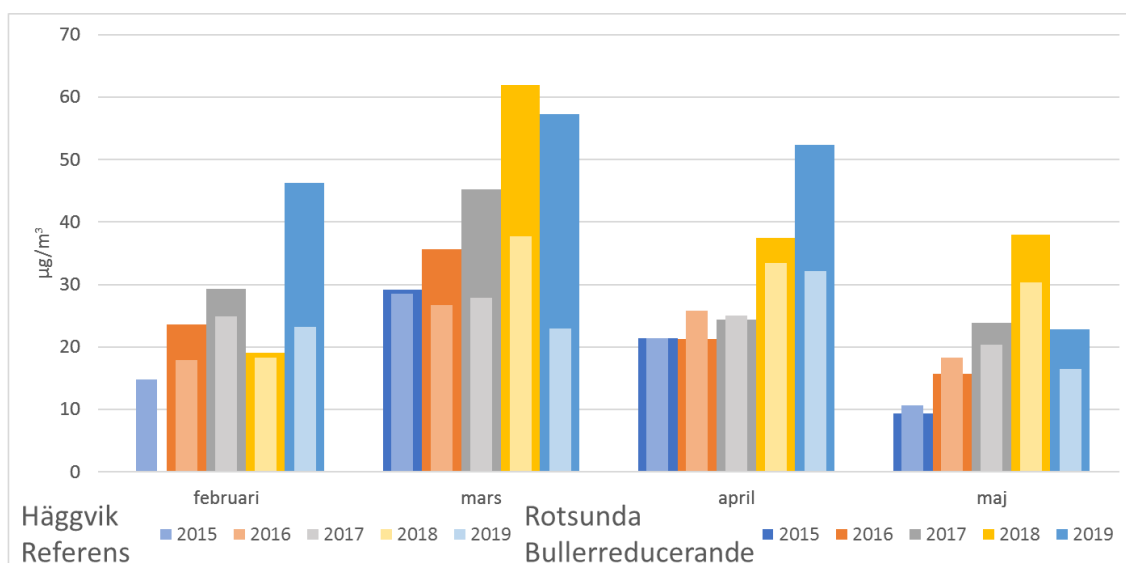
Halter av PM₁₀ & NO₂

Mätstationerna i Häggvik och Rotsunda är placerade i en miljö där människor inte vistas nära E4:an, därmed är uppmätta halter inte relevanta för jämförelse mot miljö kvalitetsnorm eller miljö kvalitetsmål. Om syftet varit att jämföra mot norm eller mål så hade andra placeringar av mätstationerna behövts. Stationerna är inte heller representativa för något större område än E4:ans direkta omgivning. Syftet med stationerna har varit att mäta halter och emissioner av luftföroreningar från trafiken. Eftersom trafikverket har fler mätstationer på ungefär samma

avstånd från tungt trafikerade vägar är det fortfarande intressant att veta halterna av PM₁₀ och NO₂ vid så väl Häggvik och Rotsunda.

PM₁₀

Medelvärden av uppmätta PM₁₀-halter och antalet överskridande av gränsvärden visas i Tabell 3 för vart och ett av projektets år. Mätstart vid Rotsunda varierar något mellan åren därför sammanställs data för februari till maj. I Figur 6 visas månadsmedelvärdena av PM₁₀ för åren 2015–2019 i ett stapeldiagram. De starka färgerna visar månadsmedelvärdena för Rotsunda och de svagare färgade staplarna visar månadsmedelvärdena för Häggvik. PM₁₀ ökar tydligt för nästan varje år och månad vid den bullerreducerande asfalten, samma ökning syns inte för referenssträckan i Häggvik.



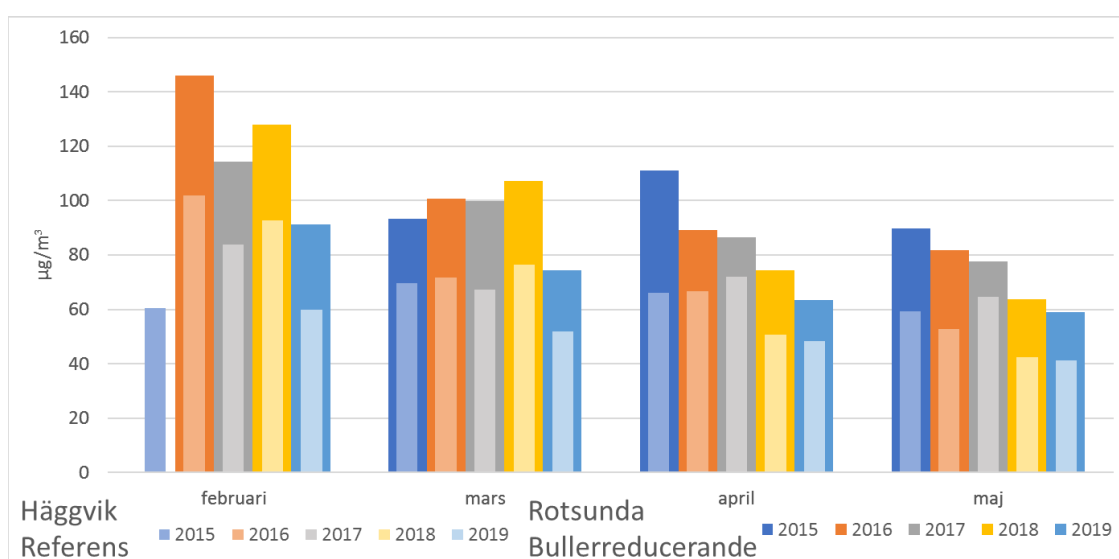
Figur 6. Månadsmedelvärden av PM₁₀ för Häggvik (svagare färger), och Rotsunda (starka färger) för åren 2015–2019.

Tabell 3. Sammanställning av uppmätta halterna av PM₁₀ vid Rotsunda och Häggvik för månaderna februari till mars för åren 2015–2019. Miljö kvalitetsnormen tillåter maximalt 35 dygn med PM₁₀-halter över 50 µg/m³ och miljö kvalitetsmålet tillåter maximalt 35 dygn med PM₁₀ över 30 µg/m³. Röd text betyder överskridande av miljö kvalitetsnorm eller miljömål.

PM ₁₀		MKN Antal dygn >50 µg/m ³ (max 35)	MKM Antal dygn >30 µg/m ³ (max 35)	Period- Medelvärde µg/m ³
2015	Rotsunda	4	14	19,4
	Häggvik	5	18	18,9
2016	Rotsunda	14	35	24,1
	Häggvik	8	27	22,2
2017	Rotsunda	16	38	31,0
	Häggvik	10	30	24,5
2018	Rotsunda	31	51	39,6
	Häggvik	15	48	30,2
2019	Rotsunda	34	58	44,6
	Häggvik	10	34	23,6

NO_x

Halter av kväveoxider NO_x har ingen egen miljö kvalitetsnorm men är intressant ur utvärderingssyfte. Halterna av NO_x är ungefär 42% högre vid Rotsunda än Häggvik och skillnaden är ganska konstant mellan månaderna och åren. I Figur 7 visas månadsmedelvärdena av uppmätta NO_x-halter för varje år i projektet, där Rotsunda visas som de mörkare färgade staplarna och Häggvik som de ljusa. Det är tydligt att det finns en sjunkande trend i halterna av NO_x, vilket delvis skulle kunna förklaras av en förnyring i fordonsflottan. De högre halterna vid Rotsunda beror till viss del på en uppförslutning för de norrgående körfälten, omkring 2% lutning, vilket ger ökat gaspådrag och bränsleförbrukning vilket ger högre halter av NO_x. En andra orsak till skillnaderna i halter mellan Rotsunda och Häggvik är placering av stationerna, speciellt avståndet till närmaste körfält och höjden över vägbanan har stor betydelse för halterna.



Figur 7. Månadsmedelvärden av NO_x för Häggvik (svagare färger), och Rotsunda (starka färger) för åren 2015–2019.

Halterna av NO₂ redovisas i Tabell 4 och jämförs mot miljö kvalitetsnormer och mål. Eftersom Rotsunda inte mäter hela kalenderår och att både placeringen av mätstationerna i Rotsunda och Häggvik inte är platser där människor vistas så gäller inte miljö kvalitetsnormerna där. Därför sammanställs endast mätdata för perioderna då båda stationer är i bruk, d.v.s. februari till maj. Det är tydligt att både halterna och antalet överskridanden sjunker för varje år under projektets gång. Att halterna av NO₂ är betydligt högre vid Rotsunda jämfört med Häggvik är också tydligt.

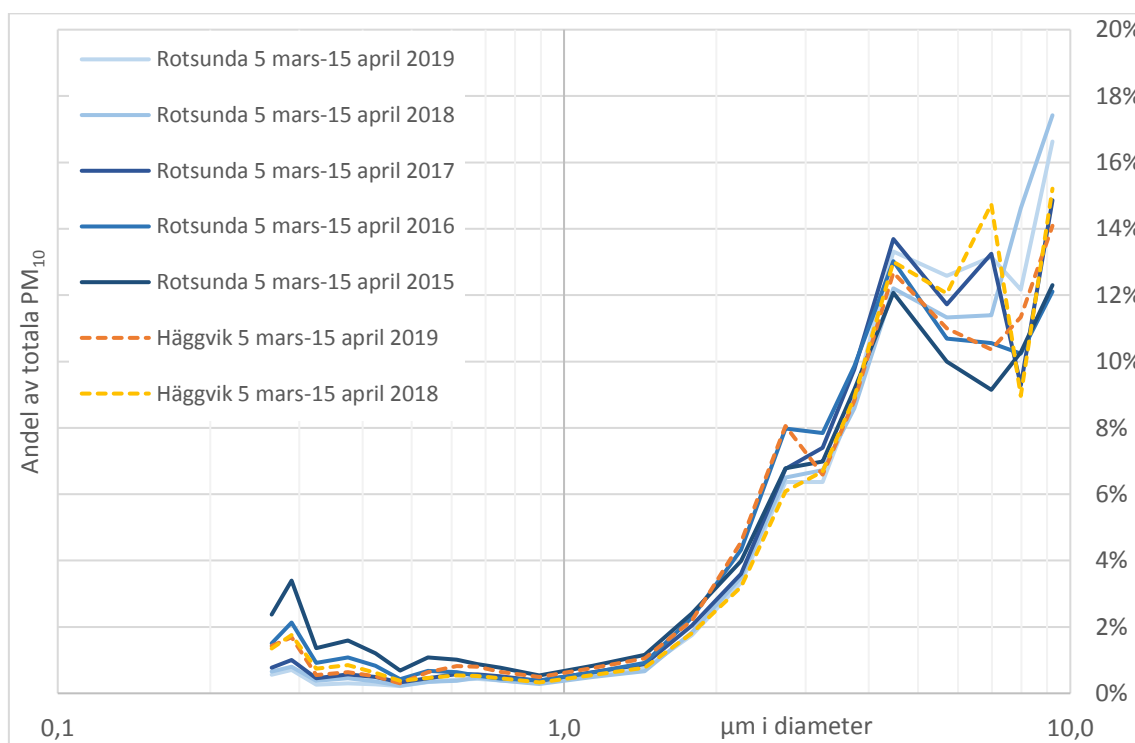
Tabell 4. Sammanställning av uppmätta halterna av NO₂ vid Rotsunda och Häggvik för månaderna februari till maj för åren 2015–2019. Miljö kvalitetsnormerna tillåter maximalt 7 dygn med NO₂-halter över 60 µg/m³, eller maximalt 175 timmar över 90 µg/m³. Miljö kvalitetsmålet tillåter maximalt 175 timmar med NO₂ över 60 µg/m³. Röd text betyder överskridande av miljö kvalitetsnorm eller miljömål.

NO ₂		MKN	MKN	MKM	Period-Medelvärde µg/m ³
		Antal dygn >60 µg/m ³ (max 7 dygn)	Antal timmar >90 µg/m ³ (max 175 timmar)	Antal timmar >60 µg/m ³ (max 175 timmar)	
2015	Rotsunda	12	107	498	42,1
	Häggvik	3	48	285	32,2

2016	Rotsunda	26	313	1040	41,3
	Häggvik	10	186	662	35,6
2017	Rotsunda	15	107	588	40,9
	Häggvik	9	167	653	37,5
2018	Rotsunda	25	221	889	43,2
	Häggvik	9	135	477	32,6
2019	Rotsunda	1	73	490	31,7
	Häggvik	1	66	335	26,0

Storleksfördelning av partiklar

Partikelinstrumentet vid Rotsunda mätte utöver PM_{2,5} och PM₁₀ även antal partiklar i 32 storleksklasser mellan 0,25 och 32 µm. Analysen av storleksklasserna är gjord på samma sätt som beskrivs i SLB 11:2016, endast mätdata under dagtid, 06:00 – 20:00, enbart timmar med vindriktning mellan 200° och 320° samt enbart timmar med torr körbana har analyserats. Mängden partiklar i varje storleksklass divideras med den totala PM₁₀-massan vilket ger varje storleksklass individuella bidrag i procent till totala PM₁₀. Storleksfördelningen för 22 intervall mellan 0,25 µm och 10 µm för 2015–2019 för Rotsunda och 2018–2019 för Häggvik visas i Figur 8. Storleksfördelningen för vart och ett av åren visar att stationerna är väldigt lika varandra och det går inte säga att storleksfördelningen är annorlunda för en bullerdämpande beläggning jämfört med en konventionell beläggning. Vilket betyder att den sten som krossas från en bullerreducerande eller konventionell beläggning krossas på samma sätt. Detta är *inte* samma sak som att säga att asfalterna slits lika mycket, utan bara att slitaget fördelar sig på samma sätt inom storleksfraktionerna av partiklar.



Figur 8. Logaritmisk storleksfördelning av partiklar för mätstationen vid Rotsunda 2015–2019 samt för Häggvik 2018 och 2019. Perioden för alla år, 5 mars - 15 april. Endast timmar med torr vägbanor och vindriktning från E4 under dagtid är inkluderade. Y-axeln visar andelen av totala PM₁₀ för varje partikelstorleksintervall mellan 0,25 µm till 10 µm.

Emissionsfaktorer för NO_x

Emissionsfaktorer för NO_x har beräknats baserat på, trafikflöde och hastighet vid respektive mätstation samt vägsträckornas lutningar. Fordonssammansättningen från mätningar längs E18 används i beräkningarna och antas vara oförändrad för trafiken förbi båda mätstationerna, dock beaktas skillnaderna i tung trafik mellan mätplatserna, se Tabell 2.

För att ta fram emissionsfaktorerna har den europeiska emissionsmodellen HBEFA 3.3 använts. Emissionsfaktorerna visar hur mycket NO_x som släpps ut per fordonskilometer.

De beräknade emissionsfaktorerna blev större för trafiken som passerar Rotsunda än för trafiken som passerar Häggvik, se Tabell 5. Skillnad i emissionsfaktorer mellan platserna beror dels på motorvägens lutning på 2 % vid Rotsunda vilket ökar emissionerna som följd av ökat gaspådrag, men även skillnad i hastighet mellan mätplatserna påverkar emissionsfaktorerna, vilket återigen kommer av ökat gaspådrag. Inga trafikmätningar gjordes 2015 så för analysen av 2015 års data användes samma emissionsfaktorer som för 2016.

Tabell 5. Genomsnittliga emissionsfaktorer för NO_x baserat på trafik 2016 och 2017. Emissionsfaktorn anger utsläppet per fordonskilometer.

Emissionsfaktorer NO _x g/km	2015	2016	2017	2018	2019
Häggvik	0,610	0,576	0,550	0,470	0,445
Rotsunda	0,675	0,638	0,621	0,600	0,558

Inverkan av bullerreducerande asfalt på emissioner av PM₁₀

För att bestämma om och i så fall hur mycket större emissionerna av PM₁₀ är för den bullerdämpande beläggningen i Rotsunda jämfört med den konventionella beläggningen i Häggvik behövs emissionsfaktorerna för NO_x ur Tabell 5, mätningar av NO_x, PM₁₀ och PM_{2.5}. PM_{2.5} genereras inte av vägslitage utan kommer främst från förbränning och från källor längre bort, därför dras bidraget till PM₁₀ från PM_{2.5} av, alltså PM₁₀ minus PM_{2.5} och kallas härnäst för PMcoarse. Emissionsfaktorerna för PMcoarse för Häggvik och Rotsunda beräknas enligt Ekvation 1 och ger emissionen av PMcoarse i g/fordon/km för respektive beläggning. Kvoten av emissionsfaktorerna för PMcoarse mellan stationerna (Rotsunda/Häggvik) ger relationen av PMcoarse för respektive beläggning, se Ekvation 2. Om relationen är över 1 betyder det att emissionen av PMcoarse från den bullerdämpande beläggningen är högre än från referensbeläggningen och vice versa. Spridningen och utspädningen av luftburna partiklar och NO_x antas vara lika i dessa beräkningar. Denna metod beskrivs mer ingående i (Ketzal et al., 2007).

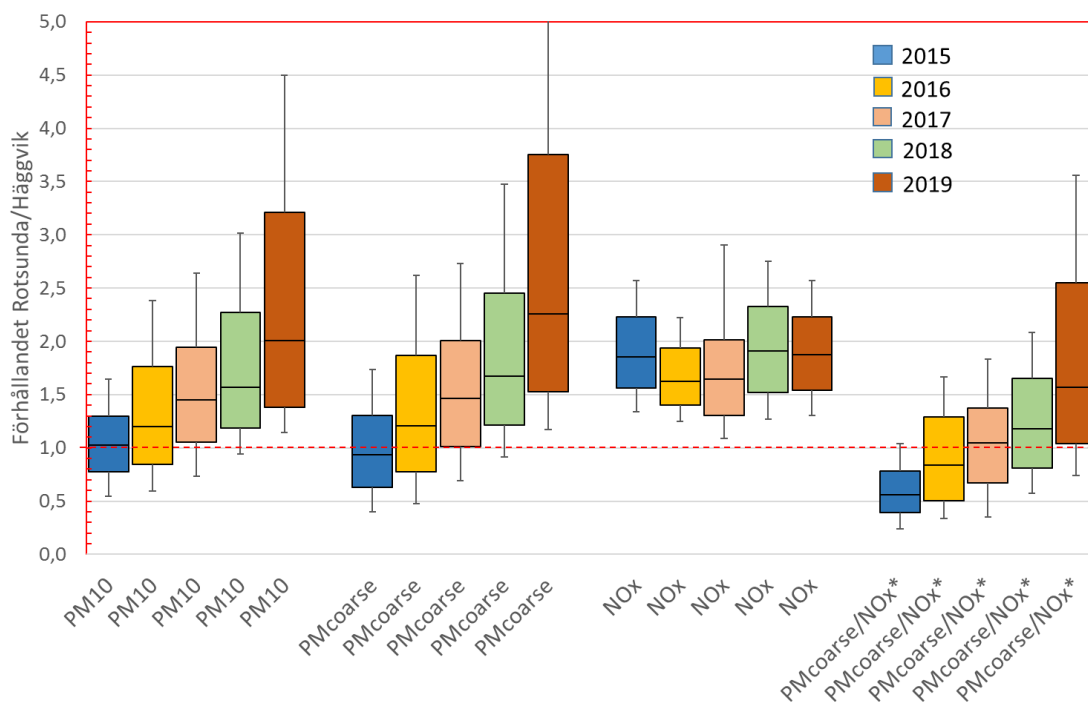
Ekvation 1.
$$EF_{PMcoarse} = EF_{NOx} \frac{PMcoarse}{NOx}$$

Förhållandet mellan emissionerna för de olika beläggningarna beräknas enligt Ekvation 2.

Ekvation 2.
$$\frac{EF_{PMcoarse}(tyst)}{EF_{PMcoarse}(ref.)} = EF_{NOx}(tyst) \frac{PMcoarse(tyst)}{NOx(tyst)} / EF_{NOx}(ref.) \frac{PMcoarse(ref.)}{NOx(ref.)}$$

I Figur 9 visas detta förhållande mellan mätstationerna vid Rotsunda och Häggvik för hela mätprojektet 2015–2019. I figuren visas den genomsnittliga kvoten (medianen) som ett horisontellt streck. Spridningen i förhållandet (kvoten) som färgade boxar och innehåller data mellan 25 och 75 percentilen, d.v.s. hälften av alla data finns inom de färgade boxarna. Analysen är enbart utförd på data sorterade utifrån vindriktning mellan 200° och 320°, endast mätdata under dagtid, 06:00 – 19:00 samt enbart timmar med torr körbana.

Kvoten av PM₁₀ mellan Rotsunda och Häggvik ökar för varje år under projektet och från och med år 2017 är mer än 75% av alla mätvärden av PM₁₀ högre för den bullerdämpande beläggningen än för referensen, 2018 är nästan alla uppmätta halter av PM₁₀ högre vid den bullerdämpande beläggningen än vid referensen. I augusti 2018 lades ny beläggning längs teststräckan. Den nya beläggningen var av konventionell typ, ABS 16 (50/70 kvv<7). Nylagd asfalt brukar innebära lägre partikelhalter initialt då det inte ännu finns något tillgängligt vägdamm i hålrummen i asfalten. Detta verkar dock inte vara fallet för den nya beläggningen längs teststräckan. Resultaten för våren 2019 i Figur 9 visar att emissionerna av grova partiklar från den nylagda ABS 16-beläggningen i Rotsunda är betydligt högre än för den äldre referensasfalten av samma typ vid mätstationen i Häggvik.



Figur 9. Förhållandet (kvoten) mellan mätstationen vid Rotsunda och den vid Häggvik. Med PMcoarse menas halten PM₁₀ minus PM_{2.5}. Den svarta linjen motsvarar medianen, de färgade boxarna 25- och 75-percentilerna och yttre strecken motsvarar 10- och 90-percentilerna. NO_x*-halten är justerad uppåt för Rotsunda i enlighet med skillnaden i emissionsfaktorer för NO_x mellan mätsträckorna, som uppkommer p.g.a. skillnader i trafikflöde, hastighet och vägens lutning.

Skillnaden i PMcoarse/NO_x* mellan Rotsunda och Häggvik i Figur 9 under mätperioden 2015, visar är medianen av emissionerna av grova partiklar är 44 % lägre för den bullerreducerande beläggningen än för referenssträckan. År 2016 var medianen av emissionerna 16% lägre än referensen. 2017 var medianen av emissionerna 5% större för den lågbullrande beläggningen än referenssträckan. 2018 var medianen av emissionerna 18% högre för den lågbullrande beläggningen jämfört med referensen. Teststräckan lades om i augusti 2018 med asfaltstyp ABS 16, alltså samma typ av asfalt som referenssträckan, trots nylagd asfalt 2019 var medianen av

emissionerna av grova partiklar längs teststräckan, 56% högre än referenssträckan som *int* lades om 2018.

Diskussion

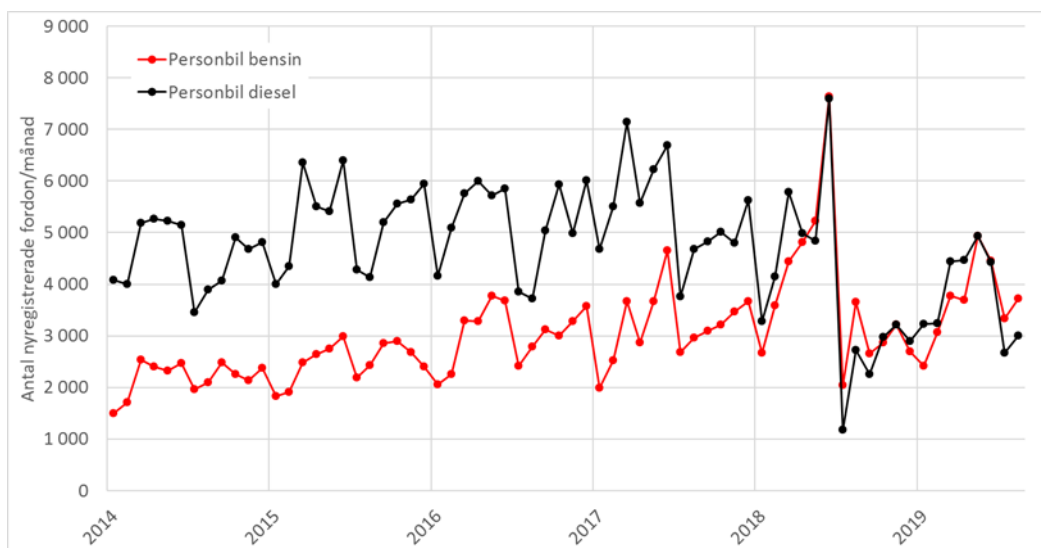
Resultaten från fem års mätningar av partiklar och kväveoxider i Rotsunda, vid en 1,4 km lång teststräcka med bullerreducerande, dubbeldrainerande beläggning med stenstorlek 11 mm, (ABD 11), och i Häggvik, vid en referenssträcka med konventionell stenrik asfaltsbeläggning med större stenstorlek 16 mm (ABS 16), visar att den bullerreducerande beläggningen emitterar 44% färre grova partiklar under första året efter den är lagd. Andra året emitterar den bullerreducerande asfalten fortfarande 16% mindre grova partiklar jämfört med referenssträckan. Tredje året emitterar den bullerreducerande asfalten 5% mer än referenssträckan, för att efter fyra år emittera 18% mer grova partiklar än referenssträckan.

I augusti 2018 lades asfalten längs teststräckan om och den nya asfalten var av konventionell typ, ABS 16 (50/70 kkv<7). Resultaten från 2019 visade att emissionerna av grova partiklar från den nya beläggningen var 56% högre än från referenssträckan i Häggvik. Anledningen till varför emissionerna av partiklar ökar ned den nylagda konventionella beläggningen beror enligt Mats Gustafsson på VTI på: ”En asfalt av typen ABS 16 består av ballast (slitstarka grova stenaggregat) och en fördelning av mindre sten i beläggningens bruk. Dessa mindre stenar har normalt sämre slitstyrka. Då beläggningen är nylagd, slits bruket mellan ballasten kraftigare än ballasten tills dess att ballasten bär upp trafiken. Därefter slits beläggningen långsammare. På så vis kan en nylagd asfalt initialt generera högre partikelhalter än en äldre insliten asfalt av samma typ.” Resultat från test i VTI:s provvägsmaskin (PVM) som visar på effekten som Mats beskriver finns i Göransson, Viman, Eriksson., (2018), som också visar att det finns stora skillnader i emissioner av partiklar inom samma beläggningstyp t.ex. ABS 16 där stenvalet påverkar partikelemissionerna.

En viktig notering är att det saknas mätning av både partiklar och kväveoxider för både teststräckan och referenssträckan innan den bullerdämpande asfalten lades 2014, vilket hade underlättat för utvärderingen.

En dränerande/dubbeldrainerande asfalt som har mer hålrum än en vanlig asfalt skulle teoretiskt kunna torka upp snabbare på ytan, men samtidigt ta längre tid att torka upp i hålrummen vilket skulle kunna vara en gissning till dess effekt att vara både bullerreducerande och partikelemissionsminskande under sina första två år.

Gällande halter av NO_x från båda mätstationerna syns en tydlig trend i Figur 7. Halterna sjunker för varje år, detta beror troligen på en förnygring av fordonsflottan. Enligt statistiska centralbyråns statistik över nyregistrerade fordon går det att beräkna att sedan 2014 har över 600 000 personbilar nyregistrerats bara i Stockholms län, vilket motsvarar ungefär hälften av Stockholms läns fordonsflotta. Årsmodeller från 2009 och framåt har minst miljöklass Euro 5. Årsmodeller från 2014 och framåt är Euro 6 fordon. Utöver att fordonsparken förnyas så har det skett en förändring i fördelningen av drivmedel. De senaste 12 månaderna har det sålts ungefär lika många bensinbilar som dieslbilar till skillnad från tidigare år, se Figur 10.



Figur 10. Antal nyregistrerade personbilar med bensin (röd) och diesel (svart) per månad sedan 2014, statistik hämtat ur SCB fordonsstatistik.

Det finns några tidigare studier av partikelemissioner från bullerreducerande beläggningar i Stockholmsområdet. SLB studerade en bullerreducerande beläggning längs E4 vid Hallunda. Studien visade att emissionerna var i stort sett samma vid den bullerreducerande asfalten jämfört med referensasfalten (SLB-rapport 3:2006).

Mätningar av partikelemissioner bakom däck på en bil har också gjorts i Stockholmsregionen och finns presenterat i två rapporter från Stockholms universitet (ITM-rapport 164; ITM-rapport 198). I den ena (ITM-rapport 164) konstaterades också att emissionerna av partiklar var ungefär samma från den lågbullrande beläggningen jämfört med referensasfalten. I den andra (ITM-rapport 198) konstaterades av emissionerna av PM₁₀ var högre från en ABT11 asfalt jämfört med referensasfalt av typen ABS 16.

I projektet har rullmotstånd inte mätts vilket omöjliggör beräkningar av effekten av beläggningarna på bränsleförbrukning tillika CO₂-utsläpp. En sliten väg har större makrostruktur i hjulspåren vilket ökar rullmotståndet och ökar bränsleförbrukningen.

Slutsats

Denna rapport visar att en bullerreducerande beläggning av typen ABD 11 under de första två åren efterläggning har en sänkande effekt på partikelemissioner av grova partiklar jämfört med en konventionell asfalt av typen ABS 16. Efter tre år emitterar den bullerreducerande asfalten mer grova partiklar än referensen. De högre emissionerna kommer troligen av att den bullerreducerande beläggningen slits betydligt snabbare under E4:ans trafik och behöver läggas om oftare än en asfaltsbeläggning med större sten, vilket gjordes efter 4 år, då beläggningen ansågs vara uttjänad. Den bullerreducerande asfalten ABD 11 kan vara ett bra alternativ för att sänka både buller och partikelmissioner på mindre belastade vägar. Där de positiva effekterna skulle kunna behållas under längre tid.

Förväntningarna av den nylagda asfalten i augusti 2018 (ABS 16, 50/70 kv<7) var att halterna skulle minska, då en ny asfalt inte har samlat på sig någon dammdepå eller nötts, men emissionerna av partiklar visade sig vara ännu högre än den slitna, 4 år gamla bullerreducerande asfalten. Orsaken skulle kunna vara att mindre sten som finns med i beläggningar av typen ABS 16 slits relativt snabbt och ger under tiden de slits högre halter av partiklar till dess de större stenarna är barlagda och trafiken kan köra direkt på ballaststenen.

Det finns anledning av att fortsätta mäta på båda mätplatserna för att undersöka avklingningen i emissioner av halter från en nylagd asfalt. Hur lång tid det tar det innan emissionerna från vägsträckorna närmar sig varandra då de nu har samma beläggning?

Referenser

- Johansson, C., Hussein, T., Karlsson, H., 2007. *Betydelsen av bullerreducerande beläggning för partikelemissionerna*. ITM-rapport 164
- Johansson, C., 2011. *PM10 emission från tysta beläggningar i Stockholmsregionen*. ITM-rapport 198
- Jacobsson, T., and Göransson, N-G., (2017). *Bullerreducerande beläggning E4, Rotebro – Bredden, 2014–2017*. (In Swedish), TRV Dnr: 2014/44543, VTI Dnr: 2014/0431
- Ketzel, M., Omstedt, G., Johansson, C., Düring, I., Pohojola, M., Oettl, D., Gidhagen, L., Wåhlin, P., Lohmeyer, A., Haakana, M., Berkowicz, R. 2007. *Estimation and validation of PM2.5/PM10 exhaust and non-exhaust emissionfactors for practical street pollution modelling*. *Atmos. Environ.* 41 9370-9385.
- Nordstroem, C., Ellermann, T., and Ketzel, M., (2010). *The effect on PM10 of a new road pavement on a heavily trafficked road, H.C.A. Boulevard (HCAB), Copenhagen, Denmark*. Poster at the Road dust – Health effects and abatement strategies, Stockholm 2010. <http://gpc.slb.nu/register/wp-content/uploads/2010/10/PosterPM10newroadpavement.pdf>
- Göransson, N. G., Viman, L., och Eriksson, O. (2018). *Avnöttningsbeständighet för högkvalitativa slitlagerbeläggningar: slitagemätningar i VTI: s provvägsmaskin (PVM) och jämförelser med laboratorietester enligt Prall*. Statens väg-och transportforskningsinstitut, VTI Notat 27-2016
- SFS 2010:477. Luftkvalitetsförordningen.
- SLB rapport 11:2016. *Inverkan av tyst asfalt på PM10-haltern längs E4. Utvärdering av mätningar under 2015 och 2016*.
- SLB rapport 9:2017. *Resultat av dammbindning vid E4/E20 vintern 2016–2017. – Utvärdering av åtgärd i form av dammbindning*.
- SLB rapport 8:2015. *Mätningar av luftföroreningar invid tyst asfalt längs E4 i Sollentuna*.
- SLB rapport 3:2006. *Betydelsen av lågbullrande beläggning för partikelhalter*
- Trafikverket, 2014. *Val av beläggning*, Publ.nr: 2014:173, ISBN: 978-91-7467-680-8

SLB-analys, Miljöförvaltningen i Stockholm.
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.
Box 8136, 104 20 Stockholm.
Tel 08-508 28 800, dir. 08-508 28 880
URL: <http://www.slb.nu>

