

Black carbon från vägtrafik

Åtgärder för att minska exponering

Tomas Wisell, Stefan Åström, Åke Sjödin, Martin Jerksjö

Författare: Tomas Wisell, Stefan Åström, Åke Sjödin och Martin Jerksjö, IVL Svenska Miljöinstitutet

Medel från: Trafikverket

Rapportnummer: C 120

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2015

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
1 Introduktion	6
2 Syfte och bakgrund.....	6
2.1 Syfte	6
2.2 Bakgrund	6
3 Utsläpp av BC från svensk vägtrafik.....	7
3.1 BC – vad är det?	7
3.2 Utsläpp av partiklar och BC från vägtrafik	7
3.2.1 Allmänt	7
3.2.2 Emissionsfaktorer för avgaser.....	8
3.2.3 Emissionsfaktorer för slitageprocesser	11
3.2.4 Emissionsfaktorer för resuspension.....	12
3.2.5 Vägdata och trafikarbete.....	13
3.2.6 Beräkningsförutsättningar emissioner	14
3.3 Beräknad utsläppsprognos av BC 2010-2020-2030	14
4 Åtgärder för att minska utsläpp av BC från vägtrafik.....	16
4.1 Inledning	16
4.2 Minskat trafikarbete (<i>Fossilfrihet på väg (FFF)</i>).....	16
4.2.1 Hållbar stadsutveckling (A).....	18
4.2.2 Trängselskatt (B).....	18
4.2.3 Bilpooler och biluthyrning (C).....	19
4.2.4 Förändrade hastighetsgränser (D)	19
4.2.5 E-handel (E)	20
4.2.6 Samordnade godstransporter i staden (F)	21
4.2.7 Ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad godstransporter (G)	21
4.2.8 Sammanfattning av åtgärder för att minska trafikarbetet	22
4.3 Miljözoner i tätorter.....	23
4.3.1 Miljözoner allmänt.....	23
4.3.2 Miljözoner - beräkningsunderlag	25
4.3.3 Scenarier av miljözoner i tätorter.....	28
4.4 Bränsleförändringar i fordonsflottan.....	30
4.4.1 Ökad andel biogena bränslen	30
4.5 Utbyte av fordonsdäck	30
4.6 Partikeldämpande åtgärder mot resuspension.....	31

4.7	Sammanfattning av åtgärder mot BC i tätortsmiljö	31
5	Resultat från åtgärdsanalysen	34
5.1	Minskat trafikarbete i tätortsområden.....	34
5.2	Införande av miljözoner i tätortsområden.....	35
5.3	Jämförelse utsläpp i miljözonen och i hela tätortsområdet	37
5.4	Total påverkan	37
6	Diskussion	38
7	Slutsatser	39
8	Referenser.....	40
9	Bilaga 1.....	42

Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Trafikverket tagit fram en kunskapsöversikt, innehållande åtgärds- och scenarioanalyser, avseende ”Black Carbon” (BC) från vägtrafik.

Syftet har varit att sammanställa befintlig kunskap avseende utsläpp av BC från vägtrafik, inklusive en analys av möjliga åtgärder och scenarier för att minska utsläppen. Utredningen fokuserar på situationen i tätorter, där vägtrafikens bidrag till förekommande halter av BC i omgivningsluften bedöms vara störst, samtidigt som flest människor exponeras för höga halterna till följd av den höga befolkningstätheten.

Sveriges utsläpp av BC låg relativt stabilt mellan åren 2000-2007 (ca 1500 ton/år), för att därefter sjunka betydligt fram till idag (ca 800 ton år 2014) till följd av skärpt avgaslagstiftning gällande utsläpp av partiklar och förändrad fordonsflotta. Utsläpp av BC fördelas ca 50/50 mellan landsbygds- och tätortstrafik under perioden 2000-2014.

Av vägtrafikens totala BC-utsläpp var bidraget från slitagerelaterade källor – ”non-combustion BC” – obetydligt omkring år 2000, men utgör ca 15 % år 2014 och prognosticeras öka till ca 30 % år 2020, förutsatt att de få uppgifter som återfunnits i litteraturen rörande BC-utsläpp relaterade till slitagepartiklar är korrekta. År 2030 utgör det prognosticerade BC-bidraget från slitagerelaterade källor hela 68 %, eller merparten av vägtrafikens totala BC-utsläpp. Detta beror till största delen på att avgasutsläppen av BC minskar kraftigt under perioden 2010-2030 till följd av genomslaget av strängare avgaslagstiftning inom EU, samtidigt som BC från slitage enbart följer trafikarbetets utveckling.

Det är möjligt att sänka avgasutsläppen av BC ytterligare utöver vad som följer av EU:s avgaslagstiftning, men detta kräver radikala regleringar av fordonsflottan. Åtgärder för att minska trafikarbetet beräknas ge relativt små procentuella sänkningar av BC-utsläppen år 2020, men fram till år 2030 kan sådana åtgärder uppskattningsvis sänka utsläppen med ca 30-40%.

Åtgärder mot slitagerelaterade BC-utsläpp är svårare att formulera och kvantifiera effekter av, då emissionsfaktorerna är osäkra och för flera källor som däck och bromsar (och eventuellt resuspension) saknas tillförlitliga underlagsdata för beräkningar.

Åtgärder i miljözoner omfattar bara detta geografiska område och inte resten av tätortsområdet. I verkligheten blandas luften och föroreningar om och utsläppsminskningarna inom miljözonen bör tolkas med försiktighet vad gäller slutsatser om halterna av BC inom miljözonen eller tätortsområdet.

Föreliggande utredning är baserad på det för närvarande mest tillförlitliga och tillgängliga underlaget för beräkningar av BC från vägtrafik. Kunskapsluckorna inom området är dock fortfarande stora. För att fördjupa kunskapen rörande BC i tätortsmiljö i allmänhet och vägtrafikens bidrag i synnerhet, vad gäller såväl utsläpp, halter-, och exponering som mest kostnadseffektiva åtgärder för att minska utsläppen, behöver både utsläpps- och haltmätningar samt spridningsberäkningar utföras. Ett särskilt fokus skulle kunna vara att belysa förekomsten och betydelsen av högemitterande fordon med avseende på partiklar i allmänhet och BC i synnerhet.

1 Introduktion

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Trafikverket tagit fram en kunskaps-översikt, inkluderande ett antal åtgärds- och scenarioanalyser, avseende ”Black Carbon” (BC) från vägtrafik.

Delen om miljözoner som en möjlig åtgärd inom denna utredning har kunnat genomföras tack vare att Göteborg Stads Miljöförvaltning levererat högupplösta trafikdata för Göteborg.

2 Syfte och bakgrund

2.1 Syfte

Syftet med denna utredning har varit att sammanställa en kunskapsöversikt avseende utsläpp av sot, här definierat som ”Black Carbon” (hädanefter förkortat till BC), från vägtrafik, inklusive en analys av möjliga åtgärder och scenarier för att minska utsläppen av BC från vägtrafik i Sverige. Utredningen fokuserar på situationen i tätorter där vägtrafikens bidrag till förekommande halter av BC bedöms vara störst, samtidigt som fler människor exponeras för högre halter eftersom folkningstätheten är högre i tätortsområden.

2.2 Bakgrund

BC har på senare år blivit alltmer uppmärksammat nationellt och internationellt som ett miljöproblem, dels genom partiklars direkta effekter på hälsa, dels genom att BC- tillsammans med växthusgaserna bidrar till växthuseffekten. Kunskapen om både källorna till och storleken på utsläppen av BC är dock fortfarande begränsad, vilket gör att det är svårt att ta fram bra beslutsunderlag för att genomföra åtgärder.

Anledningen är delvis att det fram till idag inte har funnits några internationella krav på enskilda länder att rapportera utsläppen av BC, såsom idag görs för ett flertal växthusgaser och luftföroreningar med betydande hälsoeffekter. Exempelvis har Sverige (SMED¹ på uppdrag av Naturvårdsverket) först under 2014 tagit fram den första officiella nationella inventeringen av utsläpp av BC enligt CLRTAP:s nya riktlinjer [17], vilken rapporterats till luftvårdskonventionen under 2015. Sverige är ålagt att samtidigt rapportera prognoser med avseende på utsläpp av både klimatgaser och luftföroreningar till UNFCCC respektive CLRTAP. SMED har därför på uppdrag av Naturvårdsverket under 2014 även tagit fram den första officiella svenska prognosen för BC [18].

Framför allt genom de dieseldrivna fordonen är vägtrafiksektorn en betydande källa till utsläpp av BC i Sverige. Den första svenska officiella utsläppsinventeringen visar att vägtrafiken år 2012 stod för ca 20% av de totala nationella utsläppen av BC. Åtgärdsanalyser kopplade till den svenska vägtrafikens utsläpp av BC explicit har hittills inte genomförts i någon nämnvärd omfattning. Under år 2013 genomförde dock IVL, på uppdrag av Naturvårdsverket, en studie av åtgärder för att minska utsläpp av PM_{2.5} från vägtrafik och arbetsmaskiner i Sverige fram till år 2025 [25]. Såväl den svenska inventeringen som prognoserna för BC som togs fram under 2014 baseras på utifrån litteraturen sammanställda andelar av BC av utsläppen av PM_{2.5}. Åtgärdsanalyserna inom ovan nämnda uppdrag utgick från de senast gällande svenska officiella utsläppsprognoserna rapporterade till EU och till luftvårdskonventionen CLRTAP.

¹ SMED= Svensk MiljöEmissionsData

3 Utsläpp av BC från svensk vägtrafik

3.1 BC – vad är det?

BC är en förkortning av "Black Carbon" vilket inte är ett helt enhetligt begrepp. På svenska används ofta begreppet "sot", vilket anses beskriva fasta partiklar av oförbrända kolväten som emitteras från förbränningsprocesser. En vanlig missuppfattning är att den svenska benämningen sot helt och hållet motsvarar BC, vilket inte är helt korrekt och förklaras vidare nedan.

Halter av sot i omgivningsluft har mätts under lång tid (i Sverige sedan 1960-talet), och användes först som ett samlingsbegrepp på partikulära luftföroreningar. I början användes "svärtning" av filter som ett mått på den totala partikelhalten. Metoden utvecklades under 1960-talet till en OECD-standard benämnd "Black Smoke Method" (BS), men utgör egentligen ett mått på partikelmassa-koncentrationen.

Partiklarnas egenskaper ifråga om förmågan att reflektera/absorbera ljus (svärtningen) varierar emellertid mycket beroende på deras ursprung vilket gör att svärtningen bara ger begränsad information om partikelhalten (eller mängden kol).

Under de senaste 20 åren har det framkommit flera metoder vilka fokuserar på att mäta det faktiska innehållet av oförbrända kolväten, då kallat elementärt kol (EC) eller Black Carbon (BC). Mäter man med termografiska metoder kallas det då oftast EC och mäts det med optiska metoder kallas det för BC. Mätning av BC markerar att den uppmätta komponenten inte är enbart rent kol utan kan även inkludera andra svärnedbrytbara organiska ämnen som absorberar synligt ljus. Även med dessa metoder finns betydande osäkerheter eftersom det inte finns någon gemensam standard att relatera mätmetoderna till. [10]

Det är viktigt att understryka att varken EC eller BC, ger uttryck för någon väldefinierad kemisk eller fysikalisk egenskap. BC utgör inte heller något speciellt grundämne eller specifik sammansättning av föreningar, och definieras inte heller av någon specifik fysisk parameter. EC och BC är båda metodberoende och kan inte direkt jämföras.

Det svenska begreppet "sot" används idag med samma betydelse som engelska "soot" och innebär summan av BC och OC, där OC står för Organic Carbon- organiskt kol. I denna utredning användes begreppet BC, vilket betraktas som synonymt med EC (utan att inkludera OC).

3.2 Utsläpp av partiklar och BC från vägtrafik

3.2.1 Allmänt

BC som det beskrivs i litteraturen och i CLRTAPs rapporteringsriktlinjer utgörs av partiklar i fast form. Utsläpp av BC beräknas ofta genom att man utgår ifrån att en viss viktandel av de fasta partiklarna, vanligtvis PM_{2.5}, utgörs av BC, varför partikelemissionen (massan) måste vara känd eller först beräknas.

Utsläpp av partiklar från vägtrafik härrör från följande källor:

1. avgaser
2. slitage av bromsar (och övriga fordonet utom däcken)
3. slitage av däck (med eller utan dubbar)
4. slitage av vägbanan
5. resuspension av partiklar från vägbanan eller omgivningen med ursprung enligt punkt 1-4 ovan eller från annan materia avgivet från fordonet (t.ex. bränsle- eller oljedropp)
6. resuspension av partiklar från vägbanan eller omgivningen som har annat ursprung än punkt 1-4 ovan (t.ex. geologiska partiklar etc.)

Listan ovan kan förenklas till tre kategorier av partikelkällor; **avgaser**, **slitage** och **resuspension**. Emissioner från vägtrafik kan beräknas på olika sätt beroende på syftet. Huvudsyftet i denna utredning är att uppskatta emissionen av BC som människor exponeras framför allt i tätortsmiljö, vilket innebär att alla sex punkter ovan bör inkluderas och deras BC-viktandel uppskattas. Möjligheten att göra tillförlitliga beräkningar begränsas emellertid av tillgången på tillförlitliga emissionsfaktorer för partiklar och/eller deras BC-andel.

3.2.2 Emissionsfaktorer för avgaser

Beräkningarna av fordonens avgasemissioner härrör från emissionsmodellen HBEFA². Modellen används av en rad europeiska länders miljö- och trafikansvariga myndigheter (Trafikverket i Sverige), och utvecklades ursprungligen av de nationella miljömyndigheterna (Umweltbundesamt – UBA) i Tyskland, Schweiz och Österrike tillsammans. HBEFA anses vara den mest heltäckande modellen för att beräkna fordonsemissioner som finns tillgänglig idag.

Fordonskategoriseringen i HBEFA finns i tre nivåer, där den första och grövsta nivån utgörs av följande sex fordonsslag:

1. personbilar (PC)
2. lätta lastbilar och bussar (LCV)
3. stadsbussar (Urban Bus)
4. långfärdsbussar (Coach)
5. lastbilar, långtradare (HGV)
6. motorcyklar (MC)

Den andra (finare) nivån baseras på motorns Euroklass (Euro-1 till Euro-6) och i vissa fall bränslet (diesel, bensin, alternativt), och innefattar sammanlagt ca 60 kategorier. Den finaste nivån innefattar uppdelning även på motorstorlek, reningsteknik och delvis mer specifik information om ålder när det gäller äldre fordon (Euro 0).

HBEFA innehåller en databas med emissionsfaktorer för vägtrafik, uttryckta i gram per fordonskilometer (g/fkm). I HBEFA finns olika ”set” av emissionsfaktorer för samma fordon med avseende på vägtyp, trafiksituation (fritt flöde, köbildning etc.) och fordonsflotta (år och land). Det finns även speciella emissionsfaktorer för kallstarter (g/start) och avdunstning (g/fkm) för vissa utsläppsparametrar och fordonsslag.

² HBEFA= The Handbook of Emission Factors for Road Transport (<http://www.hbefa.net/e/index.html>)

För BC-andelen i avgaser finns en allmänt accepterad källa som används i dessa sammanhang nämligen EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013. Uppgifter om BC-andelarna kommer från vägemissionsmodellen COPERT [1]. I den finns BC-andelen i avgaser från olika fordonstyper, motorklasser och bränslen specifikt angivna i procent av partikelfractionen PM_{2,5}, se Tabell 1.

De fordon som fattas i tabellen (Euro 6 etc.) har tilldelats ett givet värde som bedömts vara ”närmast”. De angivna BC-andelarna i tabellen är generella för körning i tätort och landsbygd, och oberoende av vägtyp och hastighet samt har även tillämpats på kallstarter. Detta innebär att de uppskattade BC-andelarna i avgaser enbart utgår ifrån fordonet (motorn, bränslet) i sig, och inte hur det framförs.

Det finns en spridd uppfattning att lätta bensindrivna fordon med direktinsprutning (GDI) har markant högre PM-emissionsfaktor än fordon med traditionell insprutning (PFI). Direktinsprutande motorer på lätta bensinfordon ökar snabbt inom fordonsflottan och förväntas att överstiga traditionell insprutning runt år 2020, och skulle därmed vara en viktig faktor att ta hänsyn till i beräkningarna. Eftersom beräkningsunderlaget utgörs av HBEFA-modellen där det saknas information om GDI-motorer har denna faktor inte beaktats [14].

Det bör emellertid understrykas att denna utredning inte avser partikelemissioner i allmänhet utan enbart BC, och vi saknar specifik information om BC-andelen i partiklar från GDI-motorer. En indikation på att BC-andelen av partiklarna kan vara väsentligt mindre i GDI än i dieselmotorer, är ändå att avgaserna har högre temperatur och hindrar därmed en ackumulation av sot och möjliggör kontinuerlig filterregenerering. [14]

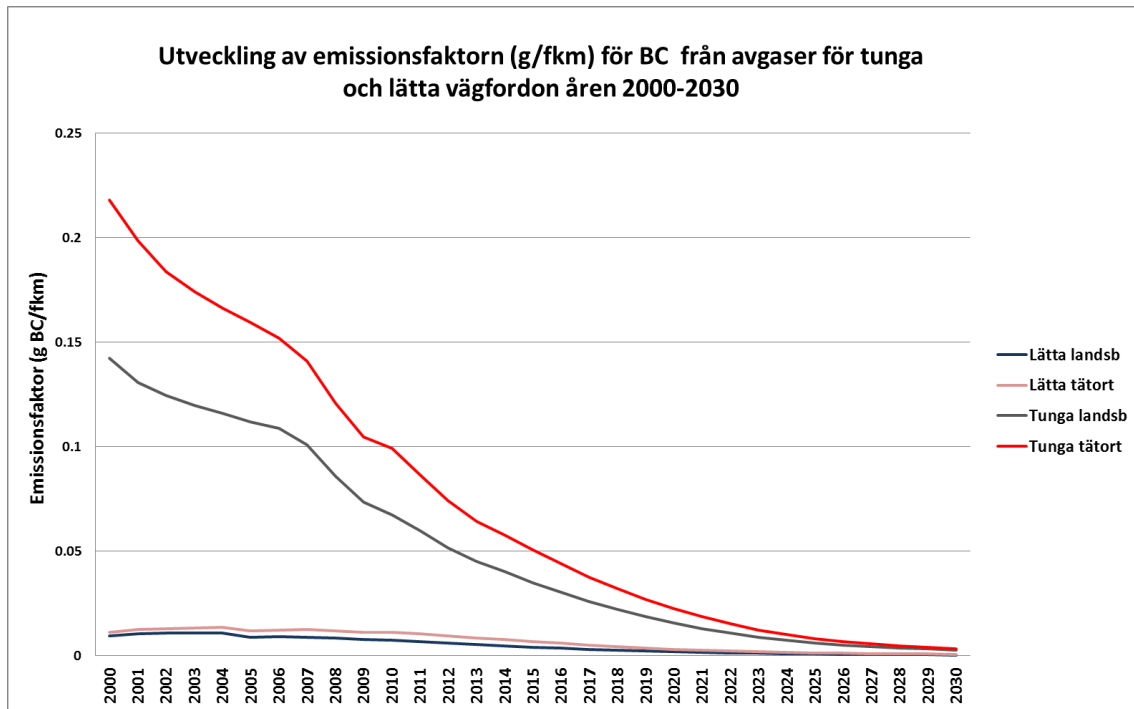
Tabell 1. Andelar av BC/EC av PM2.5 i avgaser för olika fordonstyper och bränslen.

Table A4-2: f-BC values from the COPERT model proposed for Tier 3			
Vehicle category	Euro standard	EC/PM _{2.5} (%)	Uncertainty (%)
Gasoline PC and LDV	PRE-ECE	2	50
	ECE 15 00/01	5	50
	ECE 15 02/03	5	50
	ECE 15 04	20	50
	Open loop	30	30
	Euro 1	25	30
	Euro 2	25	30
	Euro 3	15	30
	Euro 4	15	30
Diesel PC and LDV	Conventional	55	10
	Euro 1	70	10
	Euro 2	80	10
	Euro 3	85	5
	Euro 4	87	5
	Euro 3-5 DPF w. fuel additive	10	50
	Euro 3-5 Catalyzed DPF	20	50
Diesel HDV	Conventional	50	20
	Euro I	65	20
	Euro II	65	20
	Euro III	70	20
	Euro IV	75	20
	Euro IV	75	20
	Euro VI	15	30
Mopeds	Conventional	10	50
	Euro 1	20	50
	Euro 2	20	50
Motorcycles	Conventional	15	50

EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 154

I denna utredning har BC-andelarna som beskrivs ovan använts för att beräkna de avgasrelaterade utsläppen av BC. Beräkningen bygger på antagandet att alla avgaspartiklar som anges som "PM" i HBEFA är <2,5 µm.

I diagrammet nedan visas utvecklingen av emissionsfaktorn för avgasrelaterad BC mellan åren 2000-2030, baserat på ovan beskrivna beräkningsmetoder.



Figur 1. Utveckling av emissionsfaktorn (g/fkm) för BC från avgaser för tunga och lätta vägfordon åren 2000-2030.

3.2.3 Emissionsfaktorer för slitageprocesser

BC avgas till luft även från icke-förbränningsprocesser enligt EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, och bör rapporteras enligt nya riktlinjer i CLRTAP. Av detta skäl ingår "icke-avgas-BC" i denna utredning på samma sätt som BC från avgaser. För partiklar från vägtrafikens slitageprocesser (bromsar, däck, vägbana) har i denna utredning beaktats tre olika källor/beräkningsalternativ;

1. Utgå ifrån emissionsfaktorerna i EMEP/EEA Guidebook, som täcker bromsar och däck men inte vägbana. Värdena avser "PM" (tolkas här som totalmassan oavsett partikelstorlek), och samma BC-andel kan användas för alla partikelstorlekar.
2. Utgå ifrån emissionsfaktorer för partiklar från vägtrafik framtagna i svenska studier som t.ex. WearEm, och utifrån annan källa uppskatta BC-andelen.
3. Utgå ifrån HBEFAs emissionsfaktorer för "PM non-exhaust", där det emellertid är oklart vilka olika icke-avgasemissioner som den innefattar, och utifrån annan källa uppskatta BC-andelen.
4. Använda sig av de emissionsfaktorer för BC som anges i en rapport från IIASA (2004) [9].

Även om BC-andelen har antagits vara konstant oberoende av partikelstorlek [9], så har i denna utredning BC genomgående beräknats utifrån PM₁₀. Anledningen är att syftet är att uppskatta emissionen av BC som exponerar människor i urbana miljöer, och därmed är det rimlig att beräkningarna utgår ifrån sådana partiklar som håller sig svävande längre perioder och kan sprida sig betydande avstånd i stadsmiljön. Det är också en allmän uppfattning hos den medicinska expertisen att partiklar <10 µm är viktigare än TSP³ ur hälsosynpunkt, t.ex. finns nationella och internationella normer för PM₁₀ och PM_{2,5} i omgivningsluft, men inte på samma sätt för TSP.

³ TSP = Total Suspended particles

Detta innebär att endast den del av TSP som utgör PM₁₀ (ca 10 % enligt GAINS-modellen⁴) räknas in när vi uppskattar BC-emissionerna. Detta leder oss fram till följande emissionsfaktorer för BC från slitageprocesser (punkt 4 i listan ovan [9]):

Tabell 2. Emissionsfaktorer för BC av slitageprocesser från vägtrafik.

mg/fkm	Bromsar (brake lining)	Däck (tire wear)	Vägslitage (road abraision)	Emissionsfaktor icke-avgas (totalt)
Lätta fordon*	0,044	0,992	0,15	1,186
Tunga fordon**	0,275	6,312	0,76	7,347

Källa: Kupiainen & Klimont (2004)

* inkluderar LCV, PC, MC

** Inkluderar bussar (>3,5 ton)

Inga specifika emissionsfaktorer för partiklar från slitageprocesser har således behövts då emissionsfaktorer för BC direkt (mg/fkm) för dessa processer finns att tillgå enligt tabell ovan. Emissionsfaktorerna i tabellen är ”oprecisa” i den meningen att de inte skiljer på vägtyper och körsätt, eller förändras över tid.

En annan aspekt är fordonets vikt. Det är rimligt att tro att ett fordonets vikt och axellast påverkar partikelgenereringen via vägslitage och dessa faktorer kan variera mycket inom de två kategorierna lätta och tunga fordon som används i denna utredning för att beräkna de slitagerelaterade emissionerna. Enligt uppgift från VTI så har det gjorts sådana studier i deras provvägsmaskin och lägre last gav upphov till lägre emissioner, men skillnaden var inte så stor som förväntat och dataunderlaget bedöms inte som tillförlitligt. Av detta skäl har vi valt att bortse ifrån viktaspekten i föreliggande utredning. [22]

Olika däcktypers påverkan på emissionen av BC har inte heller beaktats eftersom ett tillförlitligt underlag saknas för en sådan analys, se vidare avsnittet *Utbyte av fordonsdäck*.

3.2.4 Emissionsfaktorer för resuspension

I HBEFA-modellen (se avsnitt Emissionsfaktorer avgaser) finns emissionsfaktorer för icke-avgaspartiklar, men det är oklart vad dessa specifikt omfattar. Enligt instruktioner i modellen och i en rapport från Schweiz nationella miljömyndighet [17], anges att emissionsfaktorerna i HBEFA omfattar ”road abrasion” och ”resuspension”, men efter kontakt med källa kan detta inte bekräftas [7].

Angående resuspension av partiklar från vägbanan eller sidan av vägen (med varierande ursprung) så finns i samma rapport från IIASA [9] också uppgifter om en analys av partiklar från vägytan (”fine paved road dust”) som visade sig innehålla 15% kolföreningar varav 1 %-enhet EC (BC) och 14 % OC (Organic carbon). En annan studie som beskrivits i samma rapport visade på liknande resultat, där partiklarna från vägytan innehöll 3 % EC och 20 % OC. Det framgår inte tydligt vilket storleksintervall dessa värden avser, men med antagandet att det är motsvarande TSP som har analyserats och PM₁₀ utgör 10 % av TSP (enligt GAINS-modellen), leder detta fram till bedömningen att BC (PM₁₀) utgör 0,1-0,3 % av resuspensionspartiklarna mätt som TSP.

⁴ GAINS = The Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies, <http://gains.iiasa.ac.at/models/>

Trots efterforskningar har ingen tillförlitlig källa hittats för emissionsfaktorer från resuspensionspartiklar specifikt. Bedömningen för BC i detta bidrag är att den utgör en relativt liten del jämfört med andra källor och att det saknas tillförlitliga emissionsfaktorer, varför vi har valt att inte beakta BC från resuspension i denna utredning.

Det bör emellertid understrykas att resuspensionspartiklar - oavsett ursprung - exponerar människor och bör normalt räknas in även om samma partiklar har ingått i en tidigare beräkning av slitageemissioner. I detta fall skulle det alltså kunna vara motiverat att "dubbelräkna" slitagepartiklar eftersom syftet är exponering.

3.2.5 Vägdata och trafikarbete

För beräkningar i denna utredning har använts den finaste uppdelningen av fordonsslag vilket motsvarar indelning enligt "subsegment" i HBEFA. För trafikarbetet i hela Sverige har uppgifter baserats på den svenska fordonsslottan år 2014, vilken är integrerad i HBEFA och som de aktuella emissionsfaktorerna baseras på.

I åtgärdsdelen i denna utredning (se kapitel *Åtgärder för att minska BC-utsläpp från vägtrafik*) har trafikarbetsdata för tre diskreta år använts; 2010 (nuläge), år 2020 och år 2030, för att få ett rimligt tidsspänn och samtidigt begränsa datamängderna. Trafikarbetets utveckling framåt i tiden baseras på prognoser utförda av Trafikverket. Alternativa scenarier, som till exempel följderna av en mycket kraftig användning av el-fordon eller följderna av "peak travel" är inte medberäknat i denna prognos [20], [11].

Trafikarbetet för de olika fordonsslagen (och emissionsfaktorerna) är i denna utredning aggregerade på fyra olika huvudvägtyper där HBEFAs olika trafiksituationer som förekommer i Sverige är inviktade. Dessa fyra är motorvägar på landsbygden (RUR-MW), motorvägar i tätort (URB-MW), övriga vägar på landsbygd (RUR-NMW) och övriga vägar i tätort (URB-NMW).

För trafikarbetet i Göteborgs tätortsområde med omnejd (Göteborg, Mölndal och Partille kommun, nedan kallat "GMP") har Göteborgs Miljöförvaltnings vägdatabas för emissions- och spridningsberäkningar använts. Databasen består av ett komplett vägnät med trafikflöden på varje länk och en fordonsslagsfördelning med tre huvudkategorier. Vägindelningen i tätort/landsbygd samt motorväg/övriga vägar är samma som i HBEFA.

Den geografiskt specifika trafikdatan för GMP och miljözonen omfattar specifika trafikflöden på varje väglänk⁵, specifik fordonsslagsfördelning på de flesta väglänkar i tre grupper; lätta (personbilar, MC, lastbilar <3,5 ton), tunga (>3,5 ton utom bussar) och bussar (alla typer >3,5 ton). Förhållandet mellan fordonsslag (och deras respektive fordonskilometrar) inom dessa tre grupper med avseende på Euroklass, bränsle, motorstorlek etc., antas vara samma som den nationella fordonsslottan från HBEFA, inom de i denna utredning fyra förekommande huvudvägtyperna.

För att beräkna emissionerna inom GMP-området år 2020 och 2030 har dessa trafikarbeten justerats med samma relationer som på det nationella planet. Justeringarna har gjorts med hänsyn till fordonsslag (3 olika) och vägtyp (4 olika). Denna metod gör att beräkningarna blir konsekventa och jämförbara mellan GMP och Sverige.

⁵ Trafikflöden kommer från Trafikkontoret i Göteborg.

3.2.6 Beräkningsförutsättningar emissioner

Beräkningarna i denna utredning baserar sig på trafikarbete uttryckt som fordonskilometer (fkm). Eftersom begreppet "trafikarbete" är fordonsspecifikt måste denna parameter alltid behandlas separat för olika fordonsslag vid t.ex. emissionsberäkningar.

Emissionen beräknas genom att multiplicera emissionsfaktorn för ett specifikt fordonsslag, med det totala trafikarbetet som motsvarar detta fordonsslag, inom ett definierat geografiskt område. Emissionen anges per kalenderår, i denna utredning omfattas år 2010, år 2020 och år 2030.

Emissionsfaktorerna beror inte bara på fasta parametrar som fordonstyp, bränsle, motorstorlek, vägtyp etc., utan även på trafiksituationen, dvs. om trafikflödet är fritt, mättat, om det är köbildning eller många stopp och starter. Dessa faktorer är inviktade i de aggregerade emissionsfaktorer (för de fyra huvudvägtyperna) som använts i denna utredning.

Kallstarter beräknas från emissionsfaktorer angivna i HBEFA, uttryckta som g/start, och som multipliceras med antalet starter i Sverige under aktuellt år (också angivet i HBEFA). BC-andelar av dessa emissioner är beräknade på samma sätt som för varmemissioner. Det är viktigt att notera att emissioner för kallstarter bara finns för lätta fordon i HBEFA.

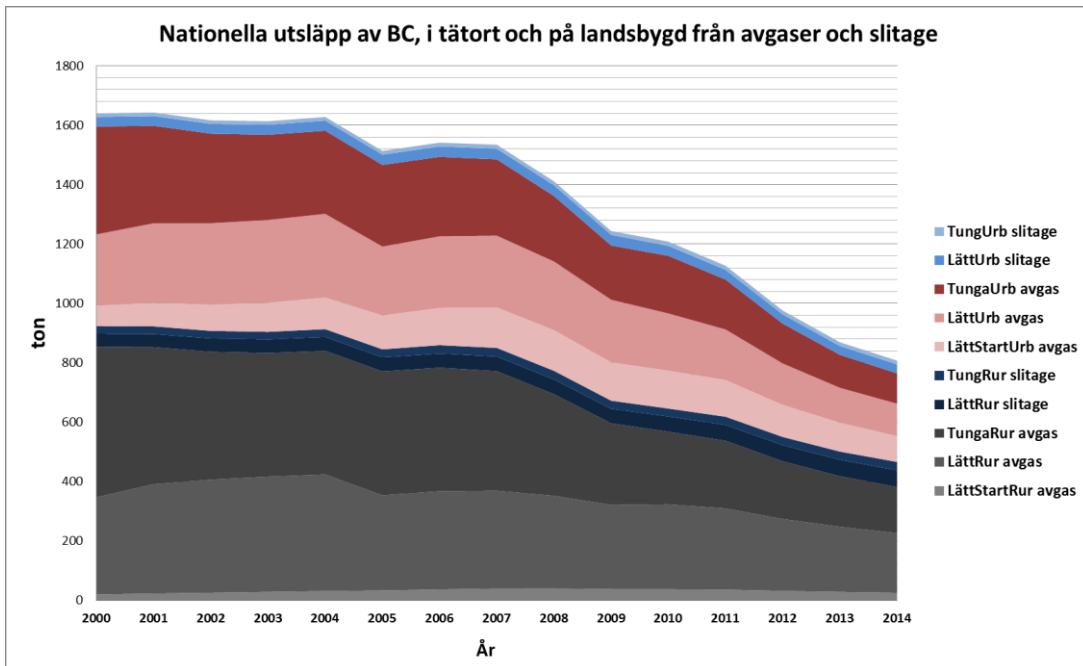
Andelen starter i tätort respektive landsbygd har tagits ifrån EMV⁶ och fördelar sig som 77,3 % i tätort och 22,7 % på landsbygd, och förekommer bara på övriga vägar (icke-motorvägar). Användningen av motorvärmare i norra Sverige kompenserar för det kallare klimatet jämfört med södra Sverige. Samma kallstartsemissioner och därmed emissionssamband kan därför användas för hela landet [7].

3.3 Beräknad utsläppsprognos av BC 2010-2020-2030

De totala utsläppen av BC från vägtrafik åren 2000-2013 visas i digrammet nedan. I denna utredning fokuseras på utsläpp i tätortsmiljöer (Urb) varför dessa utsläpp visas i färger, röda för avgaser och blå för slitage, denna färgsättning följs konsekvent genom rapporten (Landsvägar visas i grå färger). Utsläpp från landsbygdsvägar (Rur) särredovisas också, liksom för lätta och tunga fordon. Kallstarter för lätta fordon benämns som "Start".

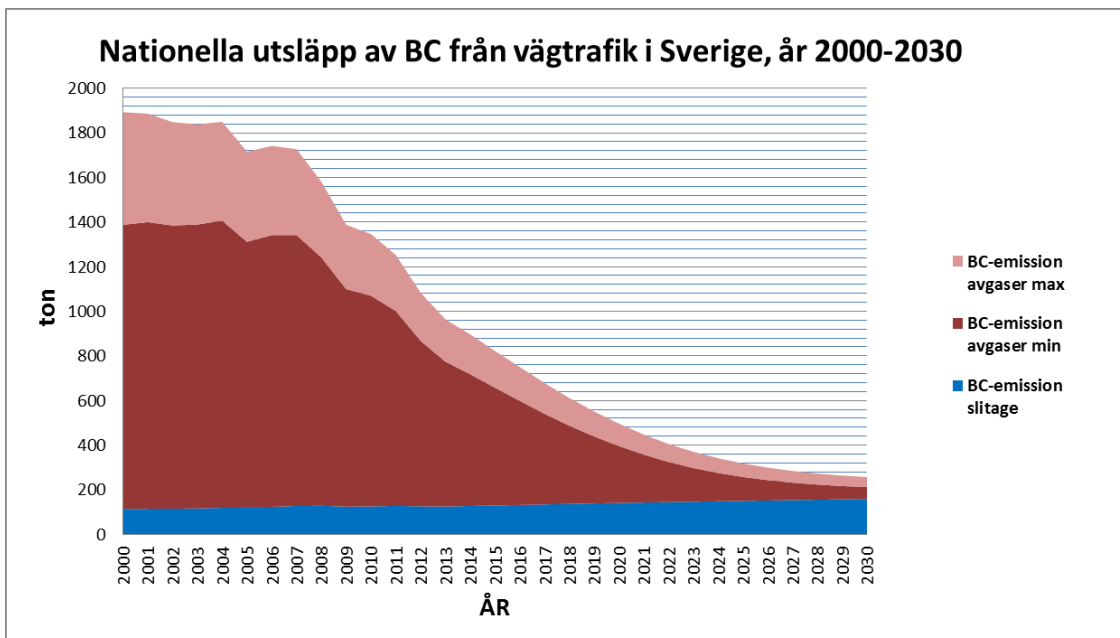
BC från avgaser och BC från slitageprocesser har valts att särredovisas i de flesta fall i denna utredning, då dessa partiklar antas skilja sig kemiskt och fysikaliskt.

⁶ EMV som är en beräkningsmodell för beskrivning av regionala och nationella avgasutsläpp. Modellen är lämplig att använda ner till och med kommunnivå. Handbok för vägtrafikens luftföreningar, Trafikverket 2012.



Figur 2. Utsläppen av BC åren 2000-2014 uppdelat på avgaser/slitage samt tunga och lätta fordon.

För att få en helhetsbild av de framtida BC-utsläppen och samtidigt knyta ihop utsläppsnivåerna med åtgärder som analyseras i kommande kapitel, har även BC-utsläppen beräknas totalt åren 2000-2030, se diagram nedan (se även tabell Bilaga 1). I denna beräkning har också ett osäkerhetsintervall lagts in för utsläpp från avgaser (min, max). Motsvarande osäkerhetsuppskattningar saknas i underlagsdata för BC från slitage.



Figur 3. Utsläpp av BC åren 2000-2030 uppdelat på avgaser och slitage.

4 Åtgärder för att minska utsläpp av BC från vägtrafik

4.1 Inledning

Det finns i teorin ett stort antal åtgärder som är möjliga att genomföra för att minska utsläpp av BC från vägtrafik. Lämpligt val av åtgärder att analysera har diskuterats med beställaren (Trafikverket). Vi har därefter valt ut ett antal åtgärder som bedömts som relevanta och möjliga att beräkna utifrån rådande förutsättningar. Dessa är:

1. Minskat Trafikarbete, vilket i sin tur är uppdelat på ett antal specifika åtgärder som baserar sig på FFF7-utredningen (Fossilfrihet på väg) [3].
2. Miljözoner i städer, där vi har utformat ett antal mer eller mindre sannolika scenarier för reglering av fordon inom ett geografiskt område.
3. Övriga åtgärder. Dessa har inte beräknats i sin helhet men en grov bedömning av effekten har gjorts, underbyggd med studier och data.

4.2 Minskat trafikarbete (*Fossilfrihet på väg (FFF)*)

I detta avsnitt beräknas effekterna av minskat trafikarbete till följd av ett antal åtgärder som föreslås i FFF-utredningen (*Fossilfrihet på väg*), i vårt avsnitt refererat till som *Utredningen*.

Regeringen beslutade 2012 att tillsätta en särskild utredare med uppdrag att kartlägga möjliga handlingsalternativ samt identifiera åtgärder för att reducera transportsektorns utsläpp och beroende av fossila bränslen i linje med visionen om ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser år 2050. Prioriteringen om en fossiloberoende fordonsflotta 2030 ska ses som ett steg på vägen mot denna vision.

Utredningen analyserar olika alternativ för hur begreppet *fossiloberoende fordonsflotta* kan ges en innebörd som stöder arbetet för att nå den långsiktiga visionen. Utredningen syftar till att kartlägga möjliga handlingsalternativ samt identifiera åtgärder för att reducera transportsektorns utsläpp och beroende av fossila bränslen.

Potentialerna för de åtgärder som redovisats i utredningen avser praktiskt genomförbara potentialer för minskad av biltrafiken i Sverige (lätta och tunga fordon). Effekterna på trafikarbetet bedöms ge samma relativa effekter på energianvändningen. Tidsaspekten i utredningen var 40 år framåt med naturligt stora osäkerheter i potentialerna (intervall angivna).

Flera av åtgärderna är nära förknippade med varandra, vilket gör att det kan vara svårt att särskilja effekterna från olika åtgärder och risk finns för dubbelräkning. I tabellerna nedan - hämtade från utredningen (sid 332, 333, 428) - tas hänsyn till eventuell dubbelräkning i reduktionerna för att få fram en total potential. Den totala potentialen blir därmed lägre än summan av de enskilda åtgärderna.

⁷ FFF= Fossiloberoende FordonsFlotta

Tabell 3. Effekten av olika åtgärder på trafikarbetet för personbil 2030 och 2050 jämfört med basscenariot (i procent) enligt FFF-utredningen.

	2030	2050
Hållbar stadsplanering	4–10	10–20
Trängselskatt, parkeringspolicy och avgifter	2–3	3–6
Trafikledning och trafikinformation	> 0,3	> 0,3
Bilpooler och biluthyrning	1–3	3–5
Samåkning	–	–
E-handel	1–3	1–5
Resfritt	2–4	4–6
Total potential (exkl. kollektivtrafik och hastighetsreducerande åtgärder)	10–21	20–35

Tabell 4. Effekten av olika åtgärder på trafikarbetet för lastbil 2030 och 2050 jämfört med basscenariot (i procent) enligt FFF-utredningen.

	2030	2050
Trafikledning och trafikinformation	> 0,3	> 0,3
Samordnade godstransporter i staden	1–3	3–5
Ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad godstransporter	2–9	4–15
Längre och tyngre lastbilar	2–4	4–10
Total potential	5–16	11–28

Tabell 5. Potentialer för energibesparingar genom effektivt framförande av fordon i vägtrafik enligt FFF-utredningen.

Åtgärd	Potential
Begränsning av hastigheter på landsväg	3–4 %
Hastighetsövervakning	3 %
Tekniska hjälpmedel/sparsam körning	4–5 %
Vägutformning och vägytor	3–4 %
Totalt i vägtrafik (cirka)	15 %

Åtgärd	Potential
Begränsning av hastigheter på landsväg	3–4 %
Hastighetsövervakning	3 %
Tekniska hjälpmedel/sparsam körning	4–5 %
Vägutformning och vägytor	3–4 %
Totalt i vägtrafik (cirka)	15 %

Åtgärderna i tabell 3 och 4 är hämtade från kapitlet Minskad efterfrågan på transporter och ökad transporteffektivitet, och tabell 5 från kapitlet Energieffektiv framdrift av fordon i Utredningen.

I denna utredning har sju åtgärder från *Fossilfrihet på väg* valts ut som bedöms som de mest analyserbara. Varje åtgärd har benämnts med en bokstav och tjänar som ett åtgärdsscenario för beräkning av potentiell minskning av BC-emissioner. Åtgärderna som har valts ut från ovanstående tabeller är följande:

- A- Hållbar stadsplanering, inklusive infrastruktur för gång och cykel
- B- Trängselskatt, parkeringspolicy och avgifter
- C- Bilpooler och biluthyrning
- D- Förändrade hastighetsgränser (effekter på trafik)
- E- E-handel
- F- Samordnade godstransporter i staden
- G- Ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad godstransporter

I denna utredning, som syftar till att utreda åtgärder som minskar utsläpp av BC från vägtrafik och dess exponering av människor i tätortsmiljöer, har vi antagit att en viss andel av minskningen av trafikarbetet ligger på tätortsvägar och en viss del på landsbygdsvägar, vilket redovisas vidare under varje åtgärd. Antagandet om andel av minskningen som påverkar tätort eller landsbygd baseras på åtgärdens karaktär, där åtgärder i städer antas till 100 % påverka vägtrafik i tätorter. När åtgärdernas karaktär har varit oklar har vi vanligtvis antagit en fördelning proportionellt mot fördelning av vägtrafiken mellan tätort och landsbygd i det underlag vi haft tillgång till i HBEFA-modellen.

Siffrorna för år 2020 och 2030 representerar skillnaden mellan sceneriets utfall och det så kallade *basscenariet*, vilket betyder situationen samma år om åtgärden inte hade genomförts (och ingen annan åtgärd heller). Vi har konsekvent valt att använda den högsta nivån i respektive potentialintervall som presenteras i tabellerna 3-5. Uppgifter om år 2020 har vi fått från Trafikverket.

4.2.1 Hållbar stadsutveckling (A)

FFF-utredningen tar upp ett antal åtgärder som syftar till att minska biltrafiken i tätorter. Dessa är (för mer detaljerad beskrivning hänvisas till FFF-utredningen):

- Tätare och grönare städer
- Funktionsblandad bebyggelse
- Utformning och hastighet på gator utifrån gåendes och cyklisters villkor
- Förbättrad tillgänglighet med kollektivtrafik till arbetsplatser, service och fritidsaktiviteter
- Korta avstånd till effektiv kollektivtrafik
- Färre parkeringsplatser och marknadsbaserade parkeringsavgifter

För denna åtgärd utgår beräkningarna ifrån en **minskning av trafikarbetet för lätt trafik på tätortsvägar på -11 % för år 2020 och -29 % för år 2030**. Ingen minskning av trafiken för tunga fordon eller på landsbygdsvägar.

4.2.2 Trängselskatt (B)

Trängselskatt finns i Stockholm sedan 2006 och i Göteborg sedan 2013. Skatten ökar framkomligheten, vilket reducerar bränsleförbrukning och utsläpp. Dessutom minskar trafikarbetet med personbil och kollektiva färdmedel ökar, vilket också påverkar utsläppen. Bussar i kollektivtrafik (> 14 ton) betalar inte trängselskatt.

Incitament till tunga miljöbilar är relativt små. Att ytterligare premiera miljölastbilar utöver en miljölastbilspremie genom befrielse från trängselskatt kan motiveras om dessa fordon bidrar till minskade emissioner. Detta gäller framförallt eldrivna, laddhybridserade och hybridiserade lastbilar. Gasdrivna lastbilar kan också ge lägre partikelemissioner än dieseldrivna, även om skillnaderna för Euro VI är små. Ännu finns inga eldrivna tunga lastbilar men utredningen bedömer att de kan introduceras inom en nära framtid.

Utredningen föreslår att miljölastbilar ges befrielse från trängselskatten. Eftersom tunga bussar (> 14 ton) är befriade från trängselskatt föreslår utredningen inga ytterligare regler för dessa. Undantag för lätta lastbilar och bussar inriktas på elbilar och laddhybrider. Utredningen föreslår därför att eldrivna lätta lastbilar och eldrivna lätta bussar befrias från trängselskatt samt att motsvarande fordonstyper som är laddhybrider bara ska betala halv trängselskatt.

Samma regler bör även gälla vätfordon som helt drivs av bränsleceller och elfordon. Personbilar som drivs med el bör inte undantas från trängselskatt, men att ge taxiföretagen incitament att välja laddhybrider och elbilar kan ge positiva effekter. Taxibilar som drivs av bränsleceller bör också medges fullständig befrielse i två år. Utredningen föreslår att ovanstående förslag förs in i lagen om trängselskatt och att befrielseerna gäller till 2020-12-31.

För denna åtgärd utgår beräkningarna ifrån en **minskning av trafikarbetet för lätt trafik på tätortsvägar på -3,3 % för år 2020 och -8,6 % för år 2030. Stadsbussar och landsvägsbussar ökar med 2,5 % respektive 10% år 2020, och med 5,1 % respektive 21 % år 2030 (tätortsvägar)**. Ingen minskning av trafiken antas ske för tunga fordon eller på landsbygdsvägar.

4.2.3 Bilpooler och biluthyrning (C)

Bildelning innebär att ett antal personer delar på användningen av en eller flera bilar i en bilpool. Bilpooler kan vara öppna för alla typer av användare eller vara avgränsade till ett specifikt företag eller organisation. De huvudsakliga skälen för att gå med i en bilpool är ekonomi, miljö och bekvämlighet. För företag och organisationer kan också image och arbetsmiljö vara bidragande faktorer. Bilpoolsalternativet innebär för många privatpersoner, offentliga organisationer och företag en attraktiv lösning som ger en kostnadsbesparing jämfört med egen bil. Det minskade behovet av parkeringar innebär även lägre kostnader för kommun och fastighetsägare. Långsiktigt innebär det att värdefull mark i städerna kan användas för förtätning och för att öka tillgängligheten med gång, cykel, kollektivtrafik och samordnade godstransporter.

För denna åtgärd utgår beräkningarna ifrån en **minskning av trafikarbetet för lätta fordon på tätortsvägar på -3,3 % för år 2020 och -8,6 % för år 2030. Stadsbussar ökar istället trafikarbetet med 3,0 % år 2020 och 6,1% år 2030 (tätortsvägar), även landsvägsbussar ökar med 12 % år 2020 och 25 % år 2030 (tätortsvägar)**.

Ingen minskning av trafikarbetet för tunga fordon (utom bussar) eller på landsbygdsvägar antas ske.

4.2.4 Förändrade hastighetsgränser (D)

Sänkta hastigheter är för alla trafikslag ett effektivt sätt att spara bränsle. Sänkta hastigheter kan uppnås genom ökad efterlevnad och sänkt skyltad hastighet. Ett nytt hastighetssystem där nuvarande hastighetsgränser sänks med 10 km/h utom i landsbygd kan ge en minskning av vägtrafikens utsläpp med

3-4 %. Om man införde ett system i fordonen som helt eliminerade hastighetsöverträdelser skulle vägtrafikens utsläpp minska med ca 2,5 %.

Hastigheten är från utsläppssynpunkt viktigast på landsväg, men även i lägre hastigheter i tätort med ryckigt körmonster samt med många korsningar och samspel med andra fordon och oskyddade trafikanter.

Av den ökning av utsläppen som hastighetsöverträdelser skapar står tunga vägfordon för nästan hälften, 200 000 ton, vilket är betydligt mer än deras andel av trafikarbetet. Enligt Trafikverket har tunga lastbilar med > 12 ton och tunga bussar > 10 ton en hastighetsregulatorer som begränsar topphastigheten. Dessa är enligt nationella föreskrifter och EU-direktiv inställda på högst 90 km/h för lastbil, trots att maxhastigheten är 80 km/h. Om hastighetsregulatorerna ställs ner till 80 km/h skulle bränsleförbrukningen kunna minska med 8 %.

Regulatorn begränsar bara hastigheter > 80 km/h, och vid lägre hastighetsgränser behövs i stället mer avancerade system för intelligent stöd för anpassning av hastighet. Sådana system kan ge en varning vid överskridande, alternativt blir det fysiskt trögare att trycka ned gaspedalen. Registrering av hastighetsöverskridande kan också göras av arbetsgivaren. Erfarenheter har visat att det är svårt att införa dessa system på frivillig väg. Manuell hastighetskontroll och automatisk hastighetskontroll med kameror kan dock ge ett väsentligt bidrag till att hålla nere hastigheterna. Tekniken finns i dag för system i fordonen som gör det omöjligt att överskrida gällande hastighetsbegränsning, svårigheten ligger i att få acceptans för denna typ av förarstöd.

Den viktigaste åtgärden för hastighetsförändring av trafiken är begränsade skyltade hastigheter på landsväg och hastighetsövervakning. Alla åtgärder som sänker hastigheten medför tidsförluster och därmed kostnader. På plussidan finns sänkta energikostnader, lägre utsläpp, lägre kostnader för fordon och infrastruktur genom minskat slitage samt minskade trafikolyckor. Dessutom minskar bullret utefter trafiklederna.

För denna åtgärd utgår beräkningarna på en **minskning av trafikarbetet för lätta fordon på tätortsvägar på -1,1 % för år 2020 och -3,0 % för år 2030. Stadsbussar och landsvägsbussar ökar båda med 1,5 % respektive 3,1 % år 2020 och 2030 (tätortsvägar)**. Landsbygdsvägar har motsvarande förändringar.

4.2.5 E-handel (E)

E-handeln ökar stadigt och påverkar också den traditionella handeln till viss del. Personresor för inköp av något slag står för 17 procent av alla personresor och 9 procent av persontransportarbetet i Sverige (Trivector, 2011). Vid inköpsresorna används huvudsakligen bil och vid inköp av dagligvaror är ofta inköpet det enda ärendet för resan. För att e-handeln ska ha potential förutsätts effektiva samordnade godstransporter varför detta område har stark koppling till åtgärden Samordnade godstransporter i staden (F).

Storskalig e-handel kräver utbud och efterfrågan. Utbudet av sällanköpsvaror som erbjuds via e-handel är mycket stort, medan utbudet inom dagligvaruhandeln hittills varit begränsat. Andelen returerna för e-handel är i dag högre än för traditionell handel, vilket kan ta ut en del av potentialen.

Effekterna av e-handel kan delas upp i flera delar;

- Den kortsiktiga effekten är att en fysisk inköpsresa ersätts helt eller delvis med e-handel. E-handel gör att det är lättare att klara sig utan bil och att bilnehavet minskar.
- På lång sikt kan e-handel påverka stadsstrukturen så att en del handelsområden i attraktiva lägen kan omvandlas till funktionsblandade stadskvarter.

Effekten på förändrad handels- och stadsstruktur är förstås mycket osäker. Går utvecklingen i riktning mot en mer hållbar stad kan e-handeln minska utsläppen och bidra positivt till andra mål. En mer storskalig e-handel av dagligvaror kan emellertid påverka utbudet av närbutiker och funktionsblandningen negativt.

För denna åtgärd utgår beräkningarna på en **minskning av trafikarbetet för lätt trafik på tätortsvägar på -1,1 % för år 2020 och -3,0 % för år 2030. Inga förändringar för tunga och bussar.** Landsbygdsvägar hade motsvarande förändringar.

4.2.6 Samordnade godstransporter i staden (F)

Samordnade godstransporter innebär att varor från många olika leverantörer går till en samordningscentral där varorna lastas om för gemensam leverans till butiker eller företag.

Leveranserna från samordningscentralen kan gå till s.k. microterminaler för ett mindre område från vilket sedan leveranserna till mottagarna sker med små eldrivna fordon. En annan möjlighet är transport med elcyklar och eldrivna packcyklar för lättare transporter, bokning av tidsluckor för av- och pålastning och automatiska upphämtningsställen som är öppna dygnet runt och även kan utnyttjas för internethandel.

Större butikskedjor samordnar redan i dag många av sina lastbilstransporter genom att leveranserna går till ett gemensamt lager och sedan med fullastade lastbilar ut till affärerna. Mindre butiker får däremot ofta leveranser från många olika leverantörer som kommer med skilda lastbilar. Det är här vinsten finns av en samordning. Analysen bör helt eller delvis vara tillämplig i alla tätorter i Sverige. Den ökade samordningen avser i första hand transporter som på idag inte är samordnade. Transporter av schaktmassor eller avfallstransporter behandlas inte. Samordning kan även ske i fjärrtransporter.

För denna åtgärd utgår beräkningarna på en **minskning av trafikarbetet för tung trafik (ej bussar) på tätortsvägar på -4,7 % för år 2020 och -12,5 % för år 2030. Ingen minskning av trafiken på lätta fordon, bussar eller på landsbygdsvägar.**

4.2.7 Ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad godstransporter (G)

Av svenska lastbilars inrikes trafikarbete 2011 skedde 17 procent utan last. Störst andel tomkörning har timmertransporter som aldrig har någon returlast. Oftast får transportören betalt för en envägstransport. Utmaningen för transportören är att matcha transporter med returer i konkurrens med andra transportörer. Möjligheten till returtransport begränsas av transportköparnas krav på leveransprecision och tidsplanering. Det blir en avvägning mellan leveransservice och fyllnadsgrad där kraven på leveransservice ofta är höga.

Konkurrensregelverk kan innebära problem för att direkt byta gods mellan olika speditörer, däremot borde det inte vara något problem att köpa utrymme av varandra.

Hinder för mer effektiv ruttplanering är delvis de samma som för ökad fyllnadsgrad. Det gäller att matcha möjliga transporter med ledig kapacitet. Men ruttplaneringen handlar också om att hitta den mest

effektiva vägen mellan målpunkterna. Navigeringssystem kan med hjälp av tillgänglig information beräkna både den kortaste och snabbaste vägen.

En viktig förutsättning för att öka fyllnadsgraden är att information om transportbehov och transportresurser finns för aktörer i realtid. Det behövs därför utveckling av informationsteknik som möjliggör bättre övervakning av fyllnadsgraden. Ofta är fyllnadsgraden räknat i fylld golvyta relativt bra men sämre räknat på fylld volym. Vid intermodala transporter är skillnader i lastbärare och tiden för omlastning viktiga hinder för ökad fyllnadsgrad. Man bör fokusera på transporteffektivitet i logistiksystemen och på hållbarhetsdimensioner. Det är också viktigt att lastbäraren på ett snabbt och effektivt sätt kan förflyttas mellan de olika trafikslagen.

Utöver de åtgärder som nämns ovan avseende ökad fyllnadsgrad behövs även ökad kunskap om olika ruttplaneringsystem. Syftet är primärt att få fram ett underlag för ersättning till åkaren, men metoden kan på sikt bli en bas för ruttplanering. Vägvalen är en hopvägning av flera olika parametrar där även bränsleförbrukning ingår.

För denna åtgärd utgår beräkningarna ifrån en **minskning av trafikarbetet på tätortsvägar för tunga trafik (utom bussar) på -1,5 % för år 2020 och -3,7 % för år 2030. Inga förändringar för lätta och bussar.** Denna förändring låg till 90 % på landsbygdsvägar och **bara 10% på tätortsvägar.**

4.2.8 Sammanfattning av åtgärder för att minska trafikarbetet

Sammanfattningsvis kan de olika åtgärderna för minskat trafikarbete inom tätortsmiljöer i Sverige visas enligt tabell nedan. Värdena i cellerna syftar på den procentuella förändringen av trafikarbetet (fkm) för respektive fordonsslag, samt en bedömning av hur stor andel av förändringen som ligger i tätortsmiljöer.

I flera scenarier antas 100 % ske i städer, dessa är A (Hållbar stadsplanering är just planering i städer/tätorter), B (Trängselskatt är en åtgärd enbart i städer/tätorter), C (Bilpooler & biluthyrning bedöms kräva relativt tät befolkning för att få ekonomiskt underlag och lönsamhet) och F (Samordande godstransporter i staden är just i staden/tätorten).

I scenarie D (Förändrade hastighetsgränser)- och scenarie E (E-handel) antas trafiken påverkas enligt den fördelning av trafikmängd mellan urban och rural som finns i HBEFAs basprognos för år 2020/2030. I scenarie G (Ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad i godstransporter) antas att 90 % påverkar trafik på landsbygden, detta är ett godtyckligt antagande baserat på att den största mängden godstrafik sker i landsbygdsmiljöer. I flera scenarier sker ökning av bussar till följd av att framförallt lätta fordon minskar.

Tabell 6. Sammanställning av procentuella förändringar i olika scenarier för minskat trafikarbete uppdelat på fordon, år 2020 och 2030 jämfört med basscenariet.

	Scenarier A-G						
	A	B	C	D	E	F	G
Andel i urban miljö (%)	100	100	100	24/35*	24/35*	100	10
	År 2020 (% trafikförändring)						
Lätta fordon (<3,5 ton)	-11,1	-3,3	-3,3	-1,1	-1,1	0	0
Stadsbuss	0	+2,5	+3,0	+1,5	0	0	0
Landsvägsbuss	0	+10,4	+12,4	+1,5	0	0	0
Tunga lastbilar	0	0	0	0	0	-4,7	-1,5
	År 2030 (% trafikförändring)						
Lätta fordon (<3,5 ton)	-29	-8,6	-8,6	-3,0	-3,0	0	0
Stadsbuss	0	+5,1	+6,1	+3,1	0	0	0
Landsvägsbuss	0	+21	+25	+3,1	0	0	0
Tunga lastbilar	0	0	0	0	0	-12,5	-3,8

* 24 % för tunga och 35% för lätta.

Ovanstående beräkningar omfattar enbart vad dessa förändringar skulle få för effekt på utsläppen från vägtrafiken. Därmed bortses ifrån de ökningarna som sker på andra trafikslag till följd av dessa minskningar. Enligt FFF-utredningen ligger de ökningarna i dessa fall helt på spårtrafik (tåg, tunnelbana, spårvagn). Även dessa trafikslag bidrar med partikelemissioner till luft och kan ha en BC-andel som inte är försumbar. Tågens huvudsakliga utsläpp sker emellertid sannolikt inte i tätortsmiljöer, det gör däremot spårvagnarnas, och vad gäller tunnelbana så ger emissionerna upphov till en förhållandevis mycket hög exponering.

4.3 Miljözoner i tätorter

4.3.1 Miljözoner allmänt

Alla städer är ålagda att uppfylla EU:s miljö kvalitetsnormer, vilket bl.a. innebär att invånarna ska garanteras en acceptabel luftmiljö. När luftkvaliteten i städerna försämrades efterhand på grund av ökande trafik övervägdes olika åtgärder. I Sverige startade arbetet med miljözoner för att minska utsläppen av

särskilt kväveoxider, partiklar och kolväten från tung trafik år 1993 med diskussioner mellan Stockholm, Göteborg och Malmö.

År 1996 infördes en miljözon för tung trafik i dessa städer, därefter har även Lund, Uppsala och Helsingborg infört miljözoner. Bestämmelsernas utformning och vilka fordon som skulle omfattas regleras på nationell nivå och finns beskrivet i miljözons-bestämmelserna i trafikförordningen (SFS 1998:1276) med ändringar [21]. Detta innebär att man utgår från EU:s miljöklassning av fordon för att avgöra vilka som är tillåtna inom miljözonen.

I Sverige används sedan mitten av 2000-talet EUs Euroklasser för avgasemissioner. Euroklasser finns för både lätta (1,2,3, osv) och tunga (I, II, III osv) fordon. Euroklasser anger fordonens högsta tillåtna utsläpp. Personbilar (PC) som säljs nya i Sverige måste sedan 2012 klara kraven för Euro 5, detsamma gäller för lätta lastbilar (LCV). För nya tunga fordon gäller Euro VI från 2014. Gränsvärdena för en euroklass bestäms med flera års framförhållning och från ett visst datum blir det förbjudet att sälja nya bilar som inte uppfyller en viss Euroklass.

Äldre bilar är naturligt tillåtna i trafik, och på begagnatmarknaden, trots att de inte alltid uppfyller senaste Euroklass. Därför ställer reglerna för miljözon krav på viss lägsta Euroklass. [26] I tabellen nedan visas en sammanställning av de senaste Euro-klasserna för lätta fordon och hur de förhåller sig till den svenska avgaslagstiftningen.⁸

Tabell 7. Tabell över motorers Euro-klasser och lagstiftning.

Euro-klass	Svensk benämning	Lagstiftad nivå
Euro 3	Miljöklass 2000	2001-2005
Euro 4	Miljöklass 2005	2006-2010
Euro 5	Miljöklass 2005	Obligatoriskt för nya bilmodeller i Sverige från 2011-01
Euro 6		Obligatoriskt för nya bilmodeller i Sverige från 2015-09

Miljözonen är en restriktion för att motverka trafik med för höga avgasutsläpp i centrala delar av en stad, med syftet att minska exponeringen av människor som vistas där. Miljözonen fungerar därmed som ett komplement till utsläppskrav på nya fordon.

Kraven avser enbart tunga lastbilar och bussar (totalvikt över 3,5 ton), och minskar därigenom utsläppen där nyttan är som störst, det vill säga där det vistas mycket människor på en förhållandevis liten yta.

Följande regler gäller i dagens miljözonsbestämmelser:

- Alla tunga fordon är tillåtna att köra i miljözon i 6 år från första registrering oavsett registreringsland.
- Fordon som tillhör Euro II-III får färdas i miljözon i 8 år från första registrering oavsett registreringsland.
- Fordon som tillhör Euro IV eller som anpassats till Euro IV får färdas till och med 2016.

⁸ Konsumentverket, <http://www.bilsva.se/sv/A-O/Utslappsklass/>

- Fordon som tillhör Euro V eller som anpassats till Euro V får färdas till och med 2020.
- För fordon som tillhör Euro VI eller bättre alternativt anpassats till Euro VI eller bättre finns ingen tidsbegränsning.⁹

Då miljö kvalitetsnormer (MKN) fortfarande överskrids har ytterligare trafikrestriktioner diskuterats utöver den gällande miljözonen för tung trafik.

4.3.2 Miljözoner - beräkningsunderlag

För att kunna beräkna effekten av miljözoner i en typisk svensk tätort krävs ett konkret dataunderlag av trafikflöden och vägnätsgeografi. Denna utredning omfattar tätortsmiljöer nationellt men för att kunna studera en tätortsmiljö närmare måste man antingen välja ut en eller flera tätortsområden som kan antas som typiska för Sverige, eller också studera alla. I denna utredning har det sammanhängande tätortsområdet som utgörs av kommunerna Göteborg, Mölndal och Partille (nedan kallat "GMP") valts ut, då det bedöms som ett fullgott representativt exempel och där det samtidigt finns tillgång till detaljerad och tillförlitlig trafikdata.

IVL har i samarbete med Miljöförvaltningen i Göteborg fått tillgång till vägnätet som finns inlagt i Miljöförvaltningens emissionsdatabas som bl.a. används för emissions- och spridningsberäkningar för Göteborg och närliggande kommuner. Vägnätet kommer ursprungligen från Trafikverket och är ett uttag från den nationella vägdatabasen NVDB10. Vägdatan har modifierats av Miljöförvaltningen och kompletterats med HBEFA-koder, trafikflöden (stadens egna mätningar på kommunala vägar), fordonslagsfördelning etc. för att möjliggöra tillförlitliga emissionsberäkningar. Dessa trafikdata grundar sig på året 2011 och några få år bakåt i tiden och representerar "nuläget", vilket i denna utredning betraktas som år 2010.

Vi har därmed i detta beräkningsexempel således begränsat oss till området GMP respektive den existerande miljözonen i Göteborg, vilka får tjäna som representativa svenska tätortsmiljöer (med avseende på trafikflöden, fordonslagsfördelning, emissionstäthet och spridningsbild).

I övrigt har beräkningarna följande förutsättningar:

- Fordonsparkens sammansättning i Sverige som genomsnitt i jämförelse med kommuner med miljözon skiljer sig något genom att fordonen är något yngre i de kommuner som har miljözon [24]. Detta har bortsetts ifrån i beräkningarna för att inte göra dem för komplicerade.
- Enligt kontrollmätningar genomförda av Trafikkontoret i Göteborg år 2006 så efterlevs miljözonens regler till 95%, varför det bedöms som rimligt att göra beräkningarna som om miljözonen helt efterlevs [24]. Ingen justering för regelbrott har gjorts i denna studie.
- I denna utredning antas också att miljözonen gäller vid alla tidpunkter utan undantag.
- Beräkningen utgår ifrån att den geografiska utbredningen av miljözonen är samma i alla scenarier och samma Eurokrav för tunga som för lätta (i de scenarier som omfattar lätta).

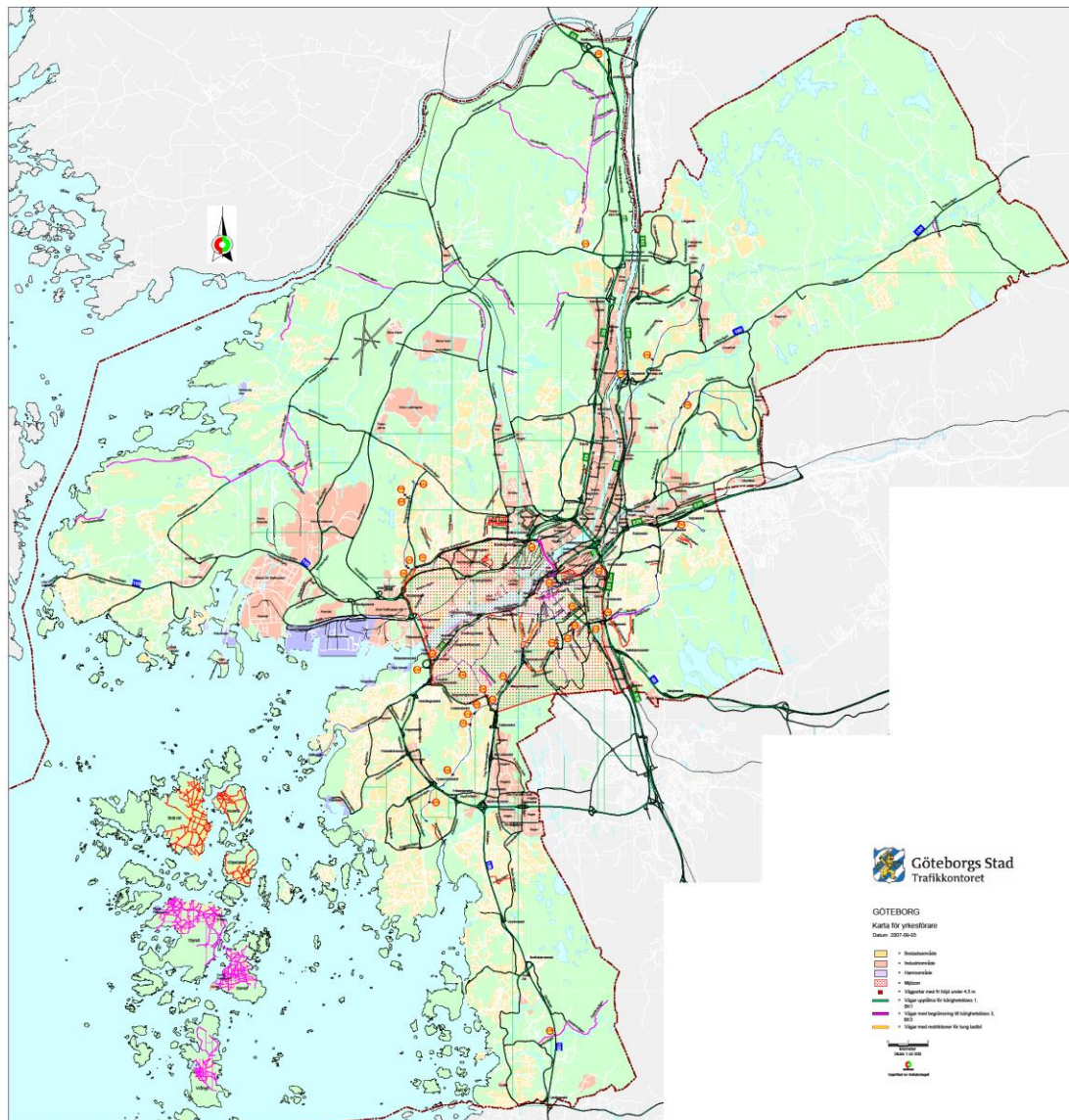
⁹ www.goteborg.se

¹⁰ NVDB = Nationella Vägdatabasen, www.nvdb.se

- Lätta lastbilar (LCV) är i likhet med personbilar Euro-klassade men med andra krav för olika luftföroreningar och även olika tidpunkter för införande av krav i jämförelse med personbilar. Sådana aspekter har vi bortsett ifrån i beräkningar av fordonsflottan, vilket innebär att LCV, PC och även MC behandlas på samma sätt (dvs. som PC)

Fordon av olika årsmodeller förväntas alltså bidra med samma förhållande av trafikarbete inom miljözonen som i HBEFAs nationella värden, ett antagande som leder till en viss överskattning av emissionerna, och potentialen för minskade emissioner, då Göteborgs fordonsflotta sannolikt är något yngre än det nationella snittet. Antalet fordonskilometrar som minskas inom de olika scenarierna skall på samma sätt ses som en viss överskattning av denna effekt. I verkligheten genomförs det något färre resor med de äldre fordonen.

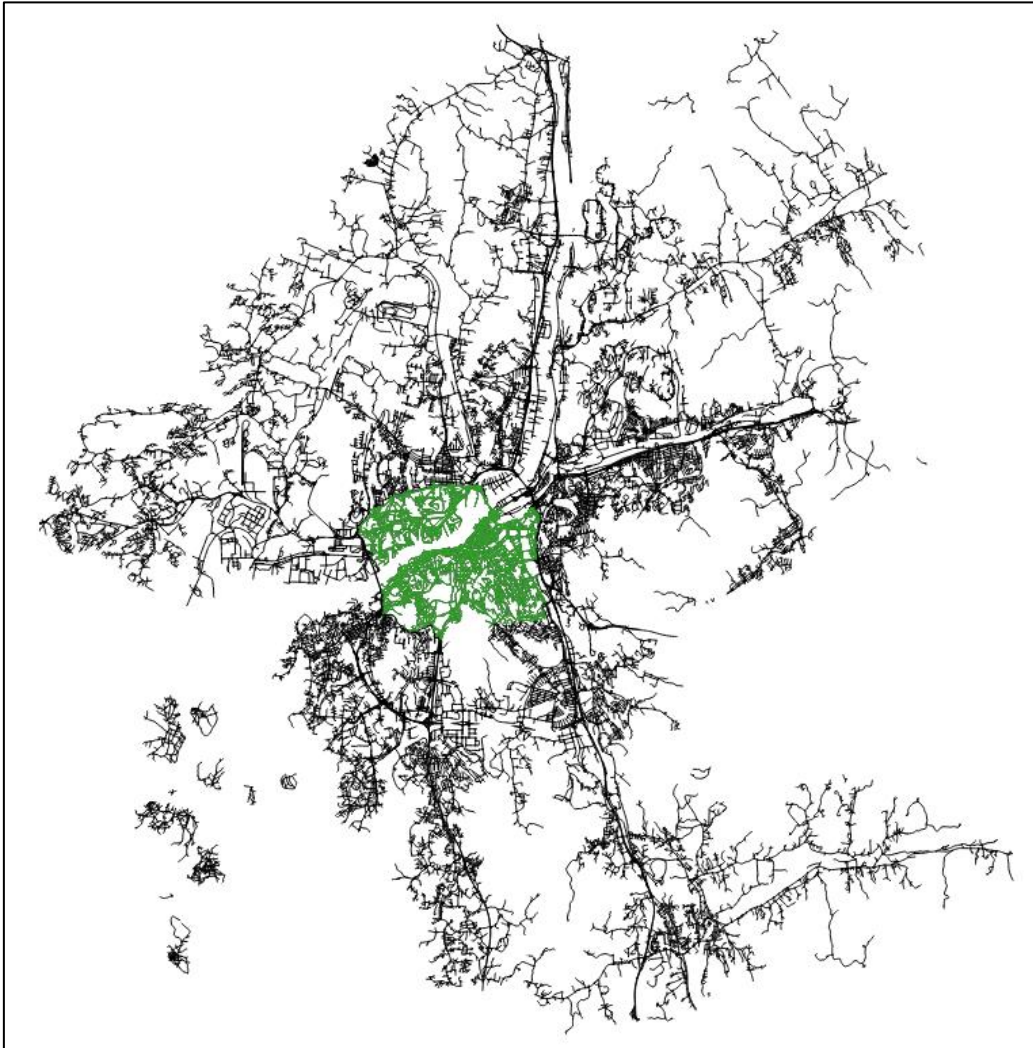
Det analyserade vägnätet omfattar Göteborg, Mölndal och Partilles kommuner, vilket utgör ett naturligt sammanhängande tätortsområde, respektive miljözonens geografiska avgränsning så som den definieras på Göteborgs Trafikkontors websida, se bild nedan:



Figur 4. Karta över Göteborg kommun och miljözonen markerad med ett prickat område.

Beräknade trafikförändringar sker inom miljözonen, men luftkvaliteten i detta mycket begränsade område påverkas även starkt av utsläppen i omgivande områden och till viss grad av hela tätortsområdet Göteborg-Mölndal-Partille. Eftersom syftet med denna utredning är att uppskatta utsläpp som exponerar människor i tätortsmiljöer är det viktigt att också presentera utsläppsvärden för hela tätortsområdet som utgör GMP.

För att kunna göra beräkningar av miljözonen specifikt har områdets vägnät (med all tillhörande data) klippts ut med ett GIS-program och exporterats för beräkningsanalyser. Hela tätortsområdets och miljözonens vägnätsgeografi visas i kartan nedan:



Figur 5. Vägnätsskarta över Göteborg, Mölndal och Partille (svart), och vägar inom Göteborgs miljözon visade med grönt.

4.3.3 Scenarier av miljözoner i tätorter

Beräkningarna bygger på att vägtrafikens emissioner inom miljözonen varierar i ett antal scenarier där miljözonen har införts och resultatet jämförs med de emissioner som samma område skulle ge upphov till om miljözonen inte fanns.

Miljözonen innebär att vissa fordon inte kan åka inom det definierade geografiska området. De generella emissionsfaktorerna i HBEFA för vägtrafik innefattar inte en justering för miljözoner på de vägtyper som definieras som att de går i tätort. Därmed måste de generella emissionsfaktorerna justeras för att uppskatta emissionerna i miljözonen i jämförelse med emissionerna utanför.

I denna utredning har ett antal scenarier med avseende på miljözonåtgärder utformats för att uppskatta vad sådana åtgärder skulle kunna få för effekter på emissionerna av BC. Scenarierna grundar sig dels på regler enligt dagens modell i Göteborg, dels på utökade miljözonsregler med avseende på Euro-klasser,

bränslen och fordonstyper. Beräkningarna bör vidare omfatta de tre olika beräkningsåren i denna utredning, nämligen "nuläget", vilket här definieras som år 2010, och dels på de två prognosåren 2020 och 2030.

I samtliga scenarier har antagits att de fordon som inte får köra i miljözonen efter utvidgat regelverk ersätts till 100 % av fordon som får köra där, dvs. det totala antalet fordonskilometrar hålls konstant (eller för år 2020 och 2030 justerat enligt beskrivet tidigare).

Sammanlagt **åtta** scenarier för emissionsberäkningar av BC i miljözoner har utformats, utöver "noll-scenarier" som motsvarar ingen miljözon alls (för respektive analysår), dessa visas i tabellen nedan (x = får köra i miljözonen):

Tabell 8. Tabell över de åtta olika scenarier av utökning av miljözonen som har jämförts i denna utredning, inklusive Scenarie 0 = ingen miljözon för alla tre analysåren 2010, 2020 och 2030 (x = får köra i miljözonen).

	År	Tunga							Lätta						
		Euroklass							Euroklass						
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	1	2	3	4	5	6
Scenarie 0	Alla	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Scenarie 1*	2010				x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-
Scenarie 2	2010						x	-	x	x	x	x	x	x	-
Scenarie 3	2020						x	x	x	x	x	x	x	x	x
Scenarie 4	2030							x	x	x	x	x	x	x	x
Scenarie 5	2010				x	x	x	-				x	x	x	-
Scenarie 6	2010						x	-						x	-
Scenarie 7	2020						x	x						x	x
Scenarie 8	2030							x							x

* Scenarie 1 motsvarar dagens miljözon

Scenarierna har utformats för att få jämförbara beräkningsresultat och för att passa de tre analysåren 2010, 2020 och 2030, och har medvetet inte utformats för att exakt motsvara dagens planerade regler om utfasning av fordon. Därmed ska de snarare ses mer som exempel på den principiella effekten av åtgärden miljözon vid olika tidpunkter. Ingen bedömning eller värdering har gjorts om realismen för att sådana åtgärder ska kunna genomföras.

Eftersom miljözonskraven utgår ifrån motorns Euro-klass har denna utredning utgått ifrån Eurobenämningen i HBEFA för att justera emissionsfaktorerna. Principen för beräkning av scenarierna har varit att ersätta emissionsfaktorerna för de fordon som inte tillåts åka i det specifika scenariet, med en emissionsfaktor för de fordon som tillåts åka. Denna emissionsfaktor beräknas fram genom att vikta de enskilda emissionsfaktorerna med trafikarbetet, och därmed få fram en medelemissionsfaktor.

Denna metod genererar emissionsfaktorer som speglar tätortsmiljöer i Sverige generellt sett, och ska därmed betraktas som representativ för en "typisk svensk tätort", samtidigt som de konkreta beräkningarna för miljözoner utgår ifrån Göteborgs trafiksituation och geografi.

4.4 Bränsleförändringar i fordonsflottan

4.4.1 Ökad andel biogena bränslen

Information om emissionsfaktorer för BC (avgaser) från alternativa bränslen (biobränslen, gasbränslen etc.) är mycket begränsat i litteraturen och anges inte i EMEP/EEA Emissions Inventory Guidebook. IVL har emellertid ett pågående projekt om effekter av förnybara bränslen i fordonsflottan på luftkvalitet finansierat inom FFI programmet där IVL har sammanställt emissionsfaktorer för EC/BC från E85 (Etanol), CNG (Compressed Natural Gas), B100 (biogen diesel) och DME (dimetyleter) med hjälp av data som har tagits fram i EU FP/ projekt Transphorm¹¹, övriga litteraturdata och data från biltillverkare som deltar i FFI- projektet.

Emissionsfaktorerna som slutligen används i FFI- projektet kommer från påbyggnad av emissionsmodellen COPERT. För att få emissionsfaktorer från COPERT konsistenta med HBEFA, användes BC-andelar av PM från COPERT, som tillämpades på PM från HBEFA. Emissionsfaktorerna är emellertid inte kompletta för de olika fordonstyperna och osäkerheterna bedöms som stora. Emissionsfaktorer finns framtagna för 2011 och 2020, men inte för år 2030.

Emissionsfaktorerna i FFI-projektet är indelade i specifika vägtyper enligt HBEFA och aggregerade emissionsfaktorer saknas, vilket innebär problem både för att beräkna medelemissionsfaktorer för en grupp av vägar, men också för att det är oklart hur emissionsfaktorer för köbildning ska vägas in. Ett annat problem är att det saknas uppgifter för trafikarbeten för de olika kategorierna av fordon med utbytta bränslen, varför det krävs ytterligare antaganden för att räkna fram emissionsfaktorer.

Med tanke på ovanstående omständigheter bedöms det inte kunna göras tillförlitliga beräkningar av utbyte av bränslen i denna utredning. Denna typ av åtgärd - som i denna utredning skulle syfta till minskade avgasemissioner - blir ju också mindre relevant i framtiden med tanke på de prognostiserade utsläppsminskningarna av avgaser och deras sjunkande andel jämfört med BC från slitage.

4.5 Utbyte av fordonsdäck

Det bedöms relevant att visa principiella effekter på BC-emissioner genom enskilda däckbyten, baserat på de studier som berör denna fråga. Det mest solida underlaget för påverkan på partikelemissioner generellt sett från däckslitage anses vara utredningen *NanoWear* [4]. Studien analyserade hur olika däcktyper och vägbeläggningar genererade slitagepartiklar av olika storlekar, mängder och kemiska sammansättningar. Hastighetens inverkan analyserades också.

Slutsatserna från studien visade bl.a. följande;

1. Sommardäck avger små mängder ultrafina partiklar
2. Grova partiklar (2,5-10 µm) bildas i stor omfattning av samtliga dubbdäck. Sommardäck genererar också grova partiklar, men i ca två tiopotenser lägre koncentrationer.
3. Emissionen av alla partikelstorlekar ökar med ökande hastighet för *dubbdäck*. Detta gäller för alla däcktyper även för PM₁₀, däremot sjunker istället emissioner av partiklar <1 µm för odubbade däck och sommardäck. För PM_{2,5} ligger emissionen stabilt över hastighetsförändringen för dess däcktyper.

¹¹ www.Transphorm.eu , Report D1.1.2

4. Ökande däcktemperatur medför lägre bildning av grova partiklar för dubbdäck, men högre för sommardäck.
5. Emissionsfaktorer för ultrafina partiklar har beräknats och är för dubbdäck i storleksordningen tio gånger lägre än för fordonsavgaser. Odubbade däck har genomgående lägre emissionsfaktorer.
6. Dubbdäckens dubbutstick korrelerar med emissionsfaktorer för PM₁₀, men sämre med mindre partikelstorlekar. För PM_{0,6} är sambandet negativt vid 70 km/h

Ovanstående slutsatser är endast ett urval av alla slutsatser av utredningen. Utredningen ger emellertid mycket lite information om hur BC- emissioner skulle förändras genom åtgärder som däckbyten, beläggningsförändringar eller hastighetsförändringar. Skillnaderna mellan samma däcktyper av olika fabrikat var också stora.

En anledning till detta är bl.a. osäkerheten i vilket partikelstorleksintervall som den huvudsakliga BC-andelen i slitagepartiklar finns. En studie genomfördes 2005 [16] med EC/BC-analys av partiklar i stadsmiljöer insamlade i sex olika Europeiska städer. Studien visade att EC utgör ca 5-10% av PM_{2,5}, men endast 1-5 % av PM_{2,5-10}, samtidigt som det är en hög korrelationen av EC i de båda partikelstorleksintervallen, vilket indikerar samma källor. Partiklar i storleken 2,5-10 µm antas domineras av lokala slitagepartiklar och resuspension, medan partiklar 1-2,5 µm antas vara en blandning av dessa och avgaspartiklar och dessutom bestå av en betydande andel långdistanstransporterade partiklar.

Sammantaget är osäkerheterna mycket stora om vilka effekter däckbyten, vägbeläggningståtgärder och hastighetsförändringar skulle ha på slitage-BC-emissionen. I själva verket är det osäkert vad själva åtgärden också skulle bestå i då det är svårt att uppskatta förändringar av BC-emissionen baserat på förändringar i partikelemissionerna när det gäller slitage. Beräkningar av påverkan på totala emissioner genom däckbyten på fordon har därför inte genomförts i denna utredning.

4.6 Partikeldämpande åtgärder mot resuspension

Partikeldämpande åtgärder mot resuspension innebär normalt att ett medel (vätska) sprids på vägytan på natten med syftet att skapa och behålla en fuktighet på vägytan som därmed binder partiklarna och motverkar uppvirvling. Medlet består oftast av en saltlösning (MgCl, CMA etc.) eller rent vatten.

Partikeldämpande åtgärder i stadsmiljön har pågått i både Stockholm [13] och Göteborg [23] under ett antal år och flera utvärderingar har gjorts. Dessa visar att halterna av PM₁₀ kan sänkas med ca 1-5 µg/m³ under säsongen med höga halter (vårvinter), och ca 5-10 dygn under samma period kan i bästa fall undvikas från överskridande av normen.

Efter resonemanget om resuspension i avsnitt Emissionsfaktorer för resuspension bedöms inte denna åtgärd vara möjlig att räkna på ifråga om BC. Det är också viktigt att påpeka att slitaget av vägbana och däck kan öka med sådana åtgärder även om resuspensionen tillfälligt minskar.

4.7 Sammanfattning av åtgärder mot BC i tätortsmiljö

Åtgärder för att minska BC-emissioner i tätortsmiljö och därmed exponering för människor skulle kunna innefatta alla möjliga åtgärder mot partiklar som innehåller BC. Ett problem är att kunskapen om BC-andelen i olika typer av partiklar (olika källor) är begränsad vilket gör att beräkningar blir vanskliga.

Ett sätt att få en överblick av möjliga åtgärder mot BC är emellertid att sammanställa åtgärder mot partiklar i allmänhet. Göteborg stad tog år 2012 fram ett Miljöprogram [6] med en omfattande åtgärds-sammanställning för att förbättra miljön i Göteborgs kommun, varav luft och partiklar ingår.

I Göteborg stads Miljöprogram finns tolv lokala miljö kvalitetsmål som Kommunfullmäktige har antagit och som innehåller ett antal delmål. Dessa mål har sin utgångspunkt i de nationella miljö kvalitetsmålen. De flesta av de lokala miljö kvalitetsmålen gäller till år 2020 och vissa till år 2050. Ett av målen är Frisk Luft, med delmålet *Lägre halter av partiklar* och som innefattar PM₁₀ och PM_{2,5}. För att uppnå delmålet finns sammanlagt 44 åtgärder föreslagna, varav 34 bedöms kunna påverka partikelutsläppen från vägtrafiken.

I denna utredning utgår vi ifrån att BC helt och hållet finns i partiklar < 10 µm (slitage) och mindre än 2,5 µm (avgaser), varför genomgången av åtgärder i Göteborgs stads Miljöprogram mot partiklar bedöms vara ett lämpligt underlag för att också få en bred överblick av åtgärder mot utsläpp av BC i svensk tätortsmiljö.

De flesta av dessa åtgärder täcks av de åtgärder som valts ut från *Fossilfrihet på väg* för minskat trafikarbete, och presenteras i avsnittet *Minskat trafikarbete (Fossilfrihet på väg (FFF))*. I tabellen nedan visas de 34 åtgärderna i Miljöprogrammet med en hänvisning till vilken åtgärd i denna utredning som den relaterar till. Åtgärdslistan tar inte hänsyn till om ansvaret eller rådigheten över åtgärden ligger inom det statliga, kommunala eller privata.

Tabell 9. Åtgärder i Göteborg Stads miljöprogram mot partiklar i luft och deras koppling till åtgärder beskrivna i denna utredning.

Åtgärd nr i Miljöprogrammet	Namn på åtgärd	Fångas upp i denna utredning Scenarie A-G:
28	Ta fram en godsplan	F, G
31	Samordna leveranser till och från byggprojekt	-
32	Verka för att etablera en kombiterminal	F, G
33	Sänk hastigheten i staden	D
34	Verka för sänkta hastigheter på infartslederna	D
35	Verka för möjligheten att ta ut parkeringsavgifter på privat tomtmark*	A
36	Utvärdera och vid behov skärp Göteborgs Stads parkeringspolicy	A
37	Utred möjligheten att särskilja parkeringsplatser från hyres-/boendekostnaden	-
38	Minska söktrafiken	A
42	Upprätta fler gröna transportplaner	A, F, G
44	Verka för att använda trängselskatten som stöd för hållbart resande*	B
47	Initiera projekt för utveckling av e-handelslogistik	E
48	Bygg ett cykelresecentrum	A
49	Bygg en gång- och cykelbro över älven	A
51	Bygg supercykelbanor	A

Åtgärd nr i Miljöprogrammet	Namn på åtgärd	Fångas upp i denna utredning Scenarie A-G:
52	Skapa fler cykelparkeringar	A
53	Förbättra framkomligheten för cyklister	A
54	Verka för möjligheten att ta med cykel i kollektivtrafiken	A
55	Förbered för ett nytt låncykelsystem	A
56	Tillåt cykling på vägbana även om det finns cykelbana	A
59	Följ upp och utöka prioriterad vinterväghållning av viktiga cykelbanor	A
60	Gör det attraktivt och säkert att cykla till skolor	A
61	Ta fram en fotgängarplan	A
62	Skapa fler gångfartsgator i centrum	A
63	Stärk gångstråk i centrala Göteborg	A
64	Stötta bilpoolsutvecklingen	C
65	Utred hur kapaciteten med kollektivtrafik kan höjas i centrala staden	A
66	Utred förutsättningarna för att bygga linbana	A
68	Använd Flexlinjen för minskat fritidsresande med bil	A
81	Utred hur miljö kvaliteten kan säkerställas i nyplanerade områden	A
82	Reglera godstransporterna med lastbil till och från Göteborgs hamn	F
83	Verka för differentierad trängselskatt för tunga fordon*	B
87	Verka för att minska dubbdäcksanvändningen*	Se avsnitt <i>Utbyte av fordonsdäck</i>
88	Tillämpa miljöanpassad halkbekämpning	-

* Åtgärd som berör nationell lagstiftning

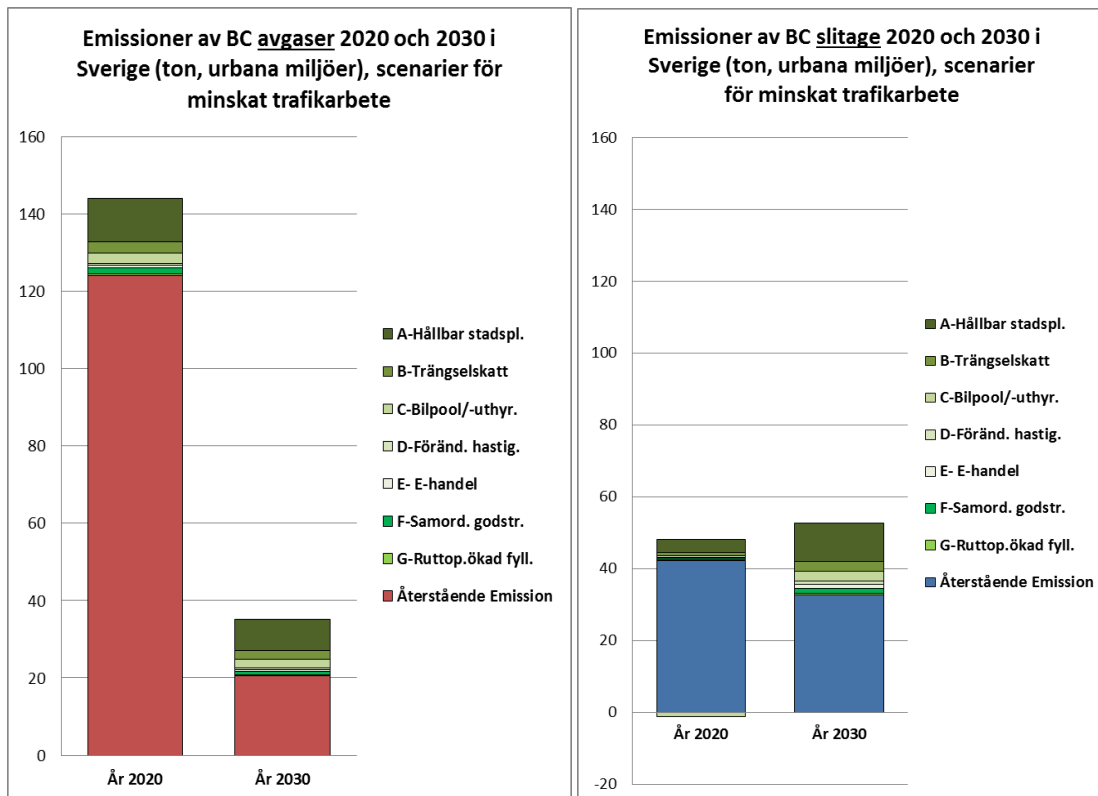
Sammanfattningsvis täcks de flesta relevanta åtgärder mot partiklar upp av de åtgärder som valdes ut från Fossilfrihet på väg, utom nr 31, 37 och 88, enligt vår bedömning.

Utökade miljözoner finns inte med i Miljöprogrammets åtgärdslista [5] men har behandlats i ett särskilt avsnitt i denna rapport.

5 Resultat från åtgärdsanalysen

5.1 Minskat trafikarbete i tätortsområden

I diagrammen nedan visas utsläppen av BC från vägtrafiken i Sveriges tätortsområden. Diagrammet till vänster (röda staplar) visar avgaser och den högra visar slitage (blå staplar). De gröna delarna visar de potentiellt möjliga utsläppsminskningarna om respektive åtgärd skulle genomföras. Hela stapeln inklusive de gröna delarna är således utsläppet helt utan åtgärder, i denna rapport kallat för *Basscenario*.



Figur 6. Utsläpp och minskningar av BC inom Sveriges tätortsområden för olika åtgärder för minskat trafikarbete som förslås inom FFF-utredningen. Avgaser till vänster och slitage till höger.

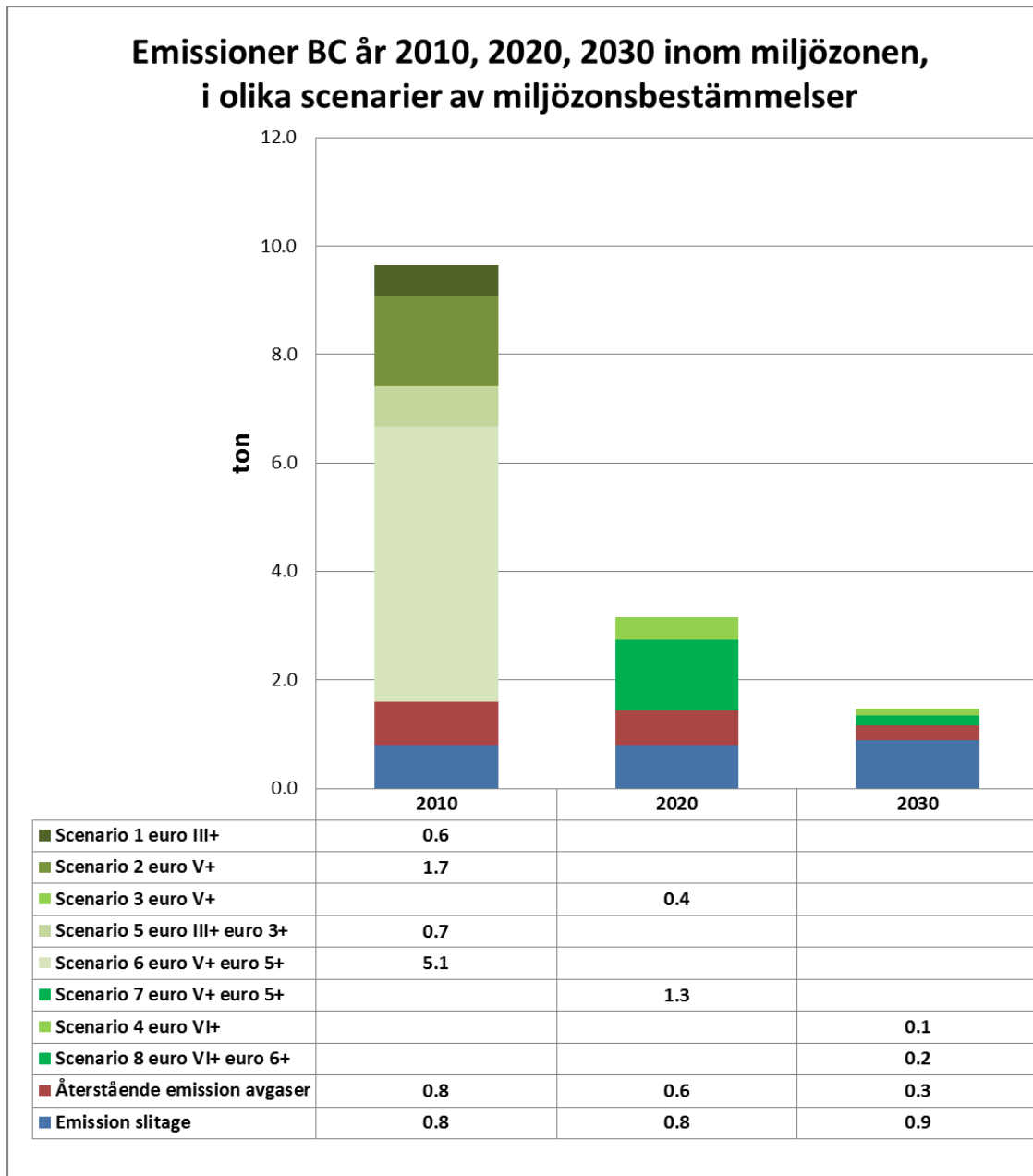
I Tabell 10 visas emissioner och minskningar från diagrammen ovan i sifferform.

Tabell 10. Utsläpp och minskningar av BC inom Sveriges tätortsområden för olika åtgärder för minskat trafikarbete som förslås inom FFF-utredningen.

ton BC/år	Avgaser		Slitage	
	År 2020	År 2030	År 2020	År 2030
Basscenario	144.1	35.0	47.0	52.7
A-Hållbar stadspl.	-11.2	-7.9	-3.7	-10.6
B-Trängselskatt	-2.9	-2.3	-0.9	-2.8
C-Bilpool/-uthyr.	-2.8	-2.3	+1.1	-2.7
D-Föränd. hastig.	-0.4	-0.4	-0.3	-1.0
E- E-handel	-0.6	-0.4	-0.4	-1.1
F-Samord. godstr.	-1.6	-0.9	-0.4	-1.4
G-Rutttop.ökad fyll.	-0.5	-0.3	-0.1	-0.4
Återstående Emission	124.1	20.6	42.3	32.8

5.2 Införande av miljözoner i tätortsområden

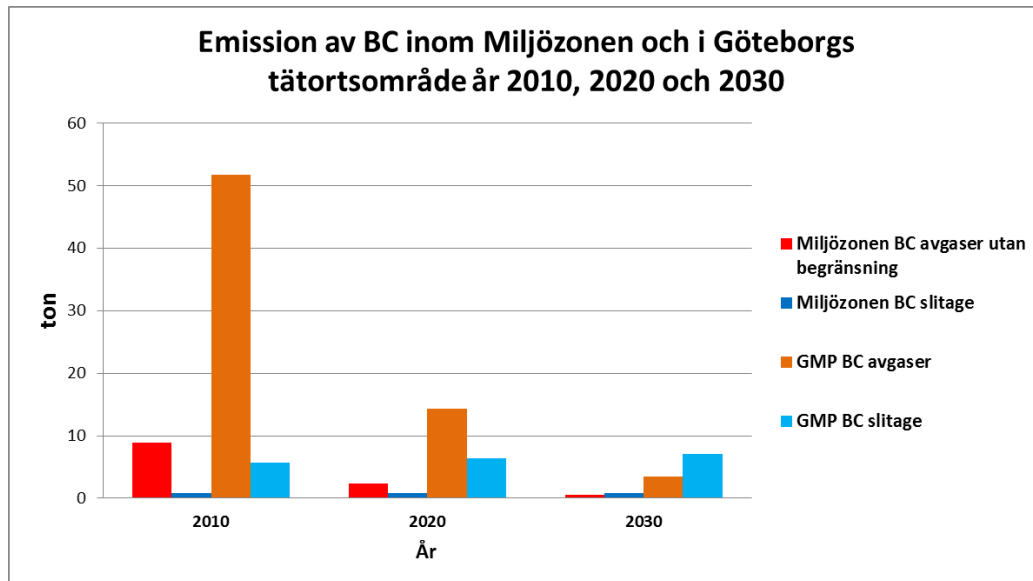
I diagrammet nedan visas utsläpp av BC inom miljözonsområdet (exemplet Göteborg), dels helt utan begränsningar av fordon och dels med olika scenarier för utökade miljözonsbestämmelser, för olika prognosår. De gröna delarna visar de potentiellt möjliga utsläppsminskningarna om respektive scenario skulle genomföras. Hela stapeln inklusive de gröna delarna är således utsläppet helt utan fordonsbegränsningar.



Figur 7. Utsläpp av BC inom miljözonen år 2010, 2020 och 2030, helt utan begränsningar (hela stapeln) och med utsläppsminskningar för de olika scenarierna (gröna delarna).

5.3 Jämförelse utsläpp i miljözonen och i hela tätortsområdet

Eftersom luften (och föroreningarna) blandas om bör man jämföra utsläppens storlek inom miljözonen och i hela Göteborgs tätortsområde, för att få en bättre uppfattning om hur utsläpp och utsläppsminskningar kan påverka halterna. Detta har gjorts i diagrammen nedan, uppdelat på avgaser och slitage.



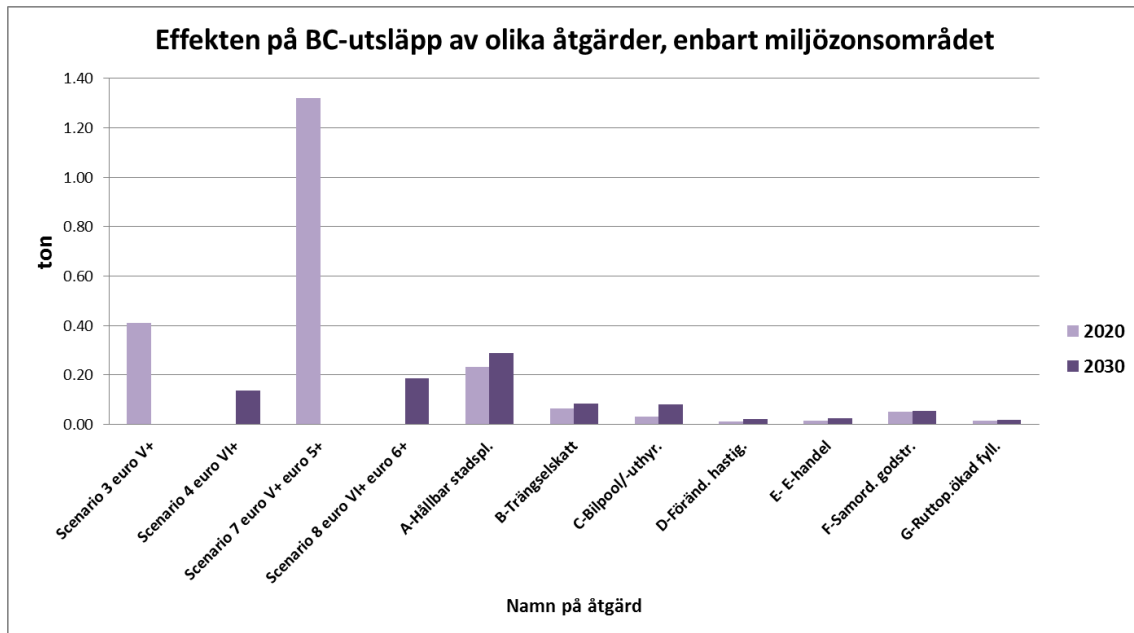
Figur 8. Jämförelse av utsläppens storlek inom miljözonen och i hela Göteborgs tätortsområde.

5.4 Total påverkan

För att kunna jämföra åtgärderna för Trafikarbete (kapitel 4 Scenarie A-G) och för Miljözonen (kapitel 4 Scenarie 1-8), krävs en nedskalning av de nationella utsläppen för trafikarbete till miljözonsområdet. Detta har gjorts genom direkt jämförelse med trafikarbeten för de tre fordonsslagen.

Ett problem med metodiken är emellertid att åtgärderna för minskat trafikarbete påverkar utsläppsminskningarna från miljözonsbestämmelser (sänker dem). Det finns även en motsvarande effekt i att om miljözonsscenarierna realiserar så överskattas effekterna av trafikminskningar. Med andra ord sker flera "negativa återkopplingar" på utsläppsminskningarna för de olika alternativen av åtgärder. Följden blir att man inte fullt ut kan summera effekten på utsläpp för de olika åtgärderna och att de olika scenarierna för miljözoner är komplement till varandra, dessa utsläppsminskningar går inte att addera.

Att jämföra de olika scenarierna isolerade från varandra är ett sätt att utvärdera alla åtgärder tillsammans, detta visas i diagrammet nedan (år 2020 och 2030). BC-utsläppen för avgaser och slitage har summerats i detta diagram (till skillnad från andra delar i rapporten) för att få en överblick av den totala effekten av olika åtgärder.



Figur 9. Totala effekten av åtgärder mot BC-utsläpp nedskalad till att gälla enbart miljözonsområdet för att få de nationella åtgärderna jämförelsebara.

6 Diskussion

Att det inte finns någon helt tydlig definition av BC har försvårat beräkningarna i föreliggande utredning. Detta är också en bidragande orsak till att emissionsfaktorer i vissa fall är bristfälliga eller saknas, som t.ex. med BC från slitage, eller har stora osäkerheter som för BC från avgaser. Vår uppfattning är också att BC från avgaser och BC från slitage kan vara olika typer av partiklar vad gäller såväl storleksfördelning som fysiska och kemiska egenskaper. Av dessa skäl har vi valt att särredovisa utsläppen från avgaser och slitage i de flesta fall, och summering av dessa bör göras med försiktighet utan för långtgående slutsatser.

Trafikdata från såväl HBEFA som från Miljöförvaltningen bedöms som tillförlitliga. En obalans i metodiken är emellertid att trafikdata i miljözonen och Göteborg-Mölndal-Partille-området enbart har tre fordonsslag, medan HBEFA-data har en mycket hög detaljeringsgrad. Vi har emellertid varit noga med att alltid viktiga aggregerade emissionsfaktorer så korrekt som möjligt.

Prognoserna baseras på Trafikverkets officiella bild av den framtida utvecklingen och på beräkningar i modellen HBEFA. Det är viktigt att notera att dessa trafikdata inte tar hänsyn till urbanisering eller inträffande av ”peak travel”, utan utgår ifrån svagt ökande trafikarbete fram till år 2030. För beräkningar av avgasutsläppen har HBEFA 3.1 använts. Dessa emissionsfaktorer har en kraftigt prognostiserad sänkning i framtiden, som kan ifrågasättas.

Beräkningsmetodiken och dataunderlaget för scenarierna för minskat trafikarbete bedöms i allmänhet som tillfredställande och bygger på FFF-utredningen, brister är snarare emissionsfaktorerna som diskuteras ovan. För miljözonsscenerierna kan realismen ifrågasättas, utformningen av dessa var emellertid tvungen att anpassas efter prognosåren och för att vara tydligt definierade och leda till tydliga resultat.

Det kan konstateras - som också har visats i utredningen - att det finns ett stort antal potentiella åtgärder för att minska vägtrafikens utsläpp av BC, men som i dagsläget inte kan beräknas med tillräcklig noggrannhet, dels på grund av osäkerheter i emissionsfaktorer för partiklar från vägtrafik generellt (PM10, PM2.5), dels på grund av stora osäkerheter i andelen BC i olika fraktioner av vägtrafikrelaterade partiklar.

Specifika åtgärder mot BC blir därför osäkra att bedöma och glider lätt över i en diskussion om åtgärder mot partiklar från vägtrafik i allmänhet.

Ett särskilt problem som det inte funnits utrymme för att belysa i föreliggande studie är förekomsten och betydelsen av högemitterande fordon, främst dieselfordon, i den svenska fordonsflottan, det som i USA benämns ”smoking vehicles”. Kunskapen om dessa är mycket begränsade för svenska förhållanden. Riktade åtgärder mot sådana fordon skulle kunna vara ett kostnadseffektivt sätt att minska utsläppen av kanske i synnerhet BC.

7 Slutsatser

- Utsläppen av BC från vägtrafik i Sverige låg relativt stabilt mellan åren 2000-2007 (ca 1500 ton/år) till följd av fordonsflottans sammansättning, för att därefter ha sjunkit betydligt fram till idag (ca 800 ton år 2014).
- Den svenska vägtrafikens utsläpp av BC fördelas ca 60/40 mellan landsbygds- och tätortstrafik under perioden 2000-2014. BC-utsläppen följer inte helt fördelningen av trafikarbetet, utan beror också bl.a. av fordonsslagfördelning, trafiksituationer och bränslen.
- Av vägtrafikens totala BC-utsläpp var bidraget från slitagerelaterade källor – ”non-combustion BC” – obetydligt omkring år 2000, men utgör ca 15 % år 2014 och prognosticeras öka till ca 30 % år 2020, om de få uppgifter som återfunnits i litteraturen rörande BC-utsläpp relaterade till slitagepartiklar stämmer med verkligheten.
- För år 2030 utgör den prognosticerade BC-andelen från slitage 68 % av totalen BC, dvs. en klar merpart av de totala BC-utsläppen beräknas då komma från slitage.
- Utsläppen av BC från avgaser minskar kraftigt under åren 2010-2030 till följd av de prognostiserade sjunkande emissionsfaktorerna (se Figur 1).
- Det är möjligt att sänka BC-utsläppen från avgaser betydligt för alla tre beräkningsåren, men detta kräver radikala regleringar av fordonsflottan.
- Åtgärder för att minska trafikarbetet beräknas ge relativt små procentuella sänkningar av BC-utsläppen år 2020, men år 2030 kan sådana åtgärder uppskattningsvis sänka utsläppen med ca 30-40%, (utöver sänkningar av avgas-BC som ändå sker till följd av lägre emissionsfaktorer).
- Åtgärder mot slitagerelaterade BC-utsläpp är svårare att formulera och kvantifiera effekter av, då emissionsfaktorerna är osäkra och för flera källor som däck och bromsar (och eventuellt resuspension) saknas tillförlitliga underlagsdata för beräkningar.
- Åtgärder i miljözoner omfattar bara detta geografiska område och inte resten av tätortsområdet. I verkligheten blandas luften och föroreningar om och utsläppsminskningarna inom miljözonen

bör tolkas med försiktighet vad gäller slutsatser om halterna av BC inom miljözonen eller tätortsområdet.

- Föreliggande utredning är baserad på det för närvarande mest tillförlitliga och tillgängliga underlaget för beräkningar av BC från vägtrafik. Kunskapsluckorna inom området är dock fortfarande stora. För att fördjupa kunskapen rörande BC i tätortsmiljö i allmänhet och vägtrafikens bidrag i synnerhet, vad gäller såväl utsläpp, halter, exponering som mest kostnadseffektiva åtgärder för att minska utsläppen, behöver både utsläpps- och haltmätningar och spridnings-beräkningar utföras. Ett särskilt fokus skulle kunna vara att belysa förekomsten och betydelsen av högemitterande fordon med avseende på partiklar i allmänhet och BC i synnerhet.

8 Referenser

- [1] COPERT, <http://emis.com/copert>
- [2] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2014
- [3] *Fossilfrihet på väg*, SOU 2013:84.
- [4] Gustafsson et. al. *NanoWear, Nanopartiklar från slitage av däck och vägbana*, VTI rapport 660, 2009.
- [5] Göteborgs stads Miljöförvaltningen, Lotta Silfver, muntligt
- [6] Göteborgs Stads Miljöprogram, <http://goteborg.se/wps/portal/invanare/miljo/det-gor-goteborgs-stad/goteborgs-miljoprogram>
- [7] Handbok för vägtrafikens luftföroreningar, Trafikverket 2012.
- [8] HBEFA, <http://www.hbefa.net/e/index.html>
- [9] Kupiainen & Klimont (2004) *Primary Emissions of Submicron and Carbonaceous Particles in Europe and the Potential for their Control*, Interim Report IR-04-079 IIASA.
- [10] Johansson C., Hansson H.C., *PM10 och sot i Sverige*. Institutionen för tillämpad miljövetenskap, Stockholms universitet.
- [11] Millard-Ball, Adam, Schipper, Lee, 2011, *Are we reaching Peak Travel? Trends in passenger transport in eight industrialized countries*, Transport reviews, V. 31, pp. 357-378.
- [12] MK Consulting, Schweiz, Mario Keller, muntligt
- [13] Norman (2009) *Försök med dammbindning med CMA mot höga partikelhalter i Stockholms innerstad 2007 och 2008*, SLB analys
- [14] *Particle emissions from petrol cars*, Transport and Environment, November 2013.

- [15] *Pollutant Emissions from Road Transport, 1990 to 2035*, Federal Office for the Environment (FOEN)
- [16] Sillanpää et. al., *Organic, elemental and inorganic in particulate matter of six urban environments in Europe*, Atmospheric Chemistry and Physics, 2005
- [17] Skårman, T., Gustafsson, T., Kindbom, K., Mawdsley, I., Jerksjö, M. (2014) *Swedish BC emission inventory 2000-2012 based on default information from the EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013. SMED Report No 152:2014.*
- [18] SMED BC-prognos (2014)
- [19] Stockholm Miljöförvaltning, SLB-analys, april 2001. *Stockholms miljözoneffekter på luftkvalitet 2000.*
- [20] Trafikverket, Håkan Johansson, muntligt
- [21] Transportstyrelsen, www.transportstyrelsen.se
- [22] VTI, Mats Gustafsson, muntligt
- [23] Wisell& Svensson (2013) *Utvärdering av partikeldämpande åtgärder i Göteborg 2013*
- [24] WSP Analys & Strategi, *Miljözon för personbilar i Göteborg stad*, 2010-03-23.
- [25] Åström et. al. IVL Svenska Miljöinstitutet, *Åtgärder för att minska utsläpp av NOx och PM2,5 från den svenska transportsektorn 2025*. B2111, 2013.
- [26] <http://www.miljofordon.se/fordon/miljopaverkan/miljoklasser>
- [27] www.Transphorm.eu, Report D1.1.2

9 Bilaga 1

Tabell 10. Uppskattade totala BC-utsläpp från vägtrafiken åren 2000-2030 i femårsintervall.

År	BC-emission avgaser min	BC-emission avgaser max	BC-emission slitage
2000	1274	1779	114
2005	1190	1594	122
2010	944	1221	126
2015	528	692	130
2020	255	355	141
2025	107	168	150
2030	53	98	159

Infoga logtyper här



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se