



Ekonomisk och energieffektiv användning av motorvärmare

Beräkning av kallstartstillägg

Annelie Carlson
Ulf Hammarström

Ekonomisk och energieffektiv användning av motorvärmare

Beräkning av kallstartstillägg

Annelie Carlson

Ulf Hammarström

Diarienummer: 2012/0072
Omslagsbilder: VTI, Katja Kircher
Tryck: LiU-tryck, Linköping 2016.

Referat

Ett sätt att uppnå en större energieffektivitet och lägre emissioner i transportsektorn är att använda motorvärmare innan motorstart. Syftet med denna studie är att uppdatera de sparpotentialer som finns med att använda motorvärmare i en nyare fordonsflotta. Beräkningsverktyget COLDSTART2014 har använts för att aktualisera beräkningar av kallstartstillägg av bränsle och emissioner med avseende på parkeringstid och utetemperatur samt för fordon i olika miljöklasser. Rapporten ger svar på hur mycket kallstartstilläggen kan minska på regional och nationell nivå förutsatt att motorvärmare används på ett effektivt sätt.

Det finns en skillnad mellan de olika miljöklasserna om hur en motorvärmare används effektivt och det innebär att det borde finnas rekommendationer som baseras på miljöklass samt på hur länge fordonet stått parkerat tillsammans med omgivande utetemperatur, och inte som idag att det baseras enbart på omgivande utetemperatur. Hur den effektiva användningen av motorvärmare ser ut beror också på vilket kostnadsperspektiv som antas. Om man ser till samhällsekonomiska kostnader så bör motorvärmare användas betydligt oftare och längre än i ett privatekonomiskt perspektiv.

Titel:	Ekonomisk och energieffektiv användning av motorvärmare - Beräkning av kallstartstillägg
Författare:	Annelie Carlson(VTI, ORCID 0000-0002-8957-8727) Ulf Hammarström (VTI)
Utgivare:	VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 886
Utgivningsår:	2016
VTI:s diarienummer:	2012/0072
ISSN:	0347-6030
Projektnamn:	Ekonomisk och energieffektiv användning av motorvärmare
Uppdragsgivare:	Energimyndigheten
Nyckelord:	Kallstartseffekt, emissioner, energi
Språk:	Svenska
Antal sidor:	75

Abstract

Using an engine heater before starting the vehicle is a way to achieve greater energy efficiency and lower emissions in the transport sector. The purpose of this study is to update the potential savings by using engine heaters in a newer vehicle fleet. The tool COLDSTART2014 has been used to update the calculations of cold start effects of fuel and emissions, with respect to parking time, ambient temperature and for vehicles of different environmental class. The report provides answers to how much the cold start effects can be reduced in the regional and national level, provided that the engine heater is used effectively.

There is a difference between the different environment classes on how an engine heater is used efficiently. There should be recommendations based on environmental class, parking time and ambient temperature, and not like today when they are solely based on ambient temperature. What constitutes an efficient use of engine heaters also depends on the cost perspective. If you look at socio-economic costs, engine heaters should be used much more frequently and longer than with a perspective of private economy.

Title:	Economic and energy efficient use of engine heater – Estimating cold start effects
Author:	Annelie Carlson (VTI, ORCID 0000-0002-8957-8727) Ulf Hammarström (VTI)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 886
Published:	2016
Reg. No., VTI:	2012/0072
ISSN:	0347-6030
Project:	Economic and energy efficient use of engine heater
Commissioned by:	Swedish Energy Agency
Keywords:	Cold start effects, emissions, energy
Language:	Swedish
No. of pages:	75

Förord

Rapporten är en del av rapportering i projektet ”Ekonomisk och energieffektiv användning av motorvärmare” som är finansierat av Energimyndigheten inom forskningsprogrammet Energieffektivare transporter. Kontaktpersoner har varit Kenneth Asp och Catharina Norberg.

Ulf Hammarström har uppdaterat verktyget COLDSTART2014 med nya funktioner för kallstarteffekter och kravnivåer på fordon. Henrik Edwards (SWECO) har modifierat verktyget enligt denna uppdatering. Modifieringen gäller både användargränssnittet till Excel och det beräkningsprogram som baseras på den tidigare modellen. Mohammad-Reza Yahya har sammanställt bakgrundsdata, beräknat och uppdaterat de tabeller som används i COLDSTART2014 vad gäller reslängd, reshastighet, parkeringstider och parkeringsformer. Han har också tagit fram uppgifter ur HBEFA som behövts för att aktualisera COLDSTART2014. Annelie Carlson har varit projektledare samt genomfört beräkningarna av kallstarteffekter och sammanställt och utvärderat resultaten. Hon har också ansvarat för att författa rapporten i samarbete med medförfattarna.

Linköping, januari 2016

Annelie Carlson
Projektledare

Process för kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 18 januari 2016 av Mattias Viklund. Annelie Carlson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Mattias Viklund har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Process for quality review

Internal peer review was performed on 18 January 2016 by Mattias Viklund. Annelie Carlson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Mattias Viklund examined and approved the report for publication. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	9
Summary	11
1. Inledning	13
1.1. Bakgrund.....	13
1.2. Syfte.....	14
1.3. Disposition.....	14
2. Metod	15
3. COLDSTART2014.....	16
3.1. COLDSTART.....	16
3.2. Uppdatering till COLDSTART2014.....	17
3.2.1. Reslängd, medelhastighet, parkeringstider och parkeringsformer.....	17
3.2.2. Uppdatering av kallstartsfunktioner för nya fordonskategorier.....	18
3.2.3. Direkta och indirekta kostnader.....	27
3.2.4. Övrig indata.....	29
4. Resultat	31
4.1. Starternas fördelning.....	31
4.2. Utetemperaturer och kylvattentemperaturer vid start	35
4.3. Beräknade kallstartstillägg.....	37
4.3.1. Genomsnittliga kallstartstillägg.....	37
4.3.2. Kallstartstillägg totalt och per region.....	41
4.3.3. Effekten på kallstartstillägg med användning av motorvärmare	41
4.4. Kostnads- och energieffektiv användning av motorvärmare	47
4.4.1. Samhällsekonomiskt perspektiv	47
4.4.2. Privatekonomiskt perspektiv	49
4.4.3. Energieffektivt perspektiv	50
4.5. Jämförelse av kallstarteffekter och kostnader på nationell nivå.....	53
5. Diskussion	56
Referenser	61
Bilaga 1 Andel starter för dygn och fördelat på parkeringstidens längd.....	65
Bilaga 2 Funktioner för att beräkna kallstartstillägg	69
Bilaga 3 Elpriser i COLDSTART2014.	73
Bilaga 4 Exempel kallstartstillägg dieselfordon.....	75

Sammanfattning

Ekonomisk och energieffektiv användning av motorvärmare – Beräkning av kallstartstillägg

av Annelie Carlson (VTI) och Ulf Hammarström (VTI)

Ett sätt att uppnå en större energieffektivitet i transportsektorn är att använda motorvärmare innan motorstart. Att förvärma motorn för att på sätt minska friktionen innebär att de extra emissioner och den extra bränsleanvändning som sker vid kallstart kan bli lägre. Syftet med denna studie är att uppdatera de sparpotentialer som finns med att använda motorvärmare i en nyare fordonsflotta. Resultatet ger en god inblick i användningen av motorvärmare i tid och för olika platser och geografiska regioner och ger svar på hur mycket emissioner och bränsleanvändning kan minska på regional och nationell nivå förutsatt att motorvärmare används. Målet är att resultaten ska kunna användas för att ge rekommendationer om hur motorvärmare bör användas under olika förhållanden och för fordon i olika miljöklasser.

Studien baseras på underlag om resvanor, meteorologiska data, parkeringsformer och förekomst av motorvärmare, användning av motorvärmare, parkeringstid och region, användning av timer, starternas fördelning på region, olika typer av startplatser över årets timmar, över parkeringstider och på olika parkeringsformer per startplats och region. För att genomföra studien har verktyget COLDSTART2014 använts och det har blivit uppdaterat för att bättre representera dagens förutsättningar. Det uppdaterade verktyget används för att aktualisera beräkningar av den extra bränsleförbrukningen och emissionerna som sker vid start, kallat kallstartstillägg, för olika kravnivåer på personbilar och elanvändning av motorvärmare.

De genomsnittliga kallstartstilläggen visar på att de blir lägre med en nyare miljöklass. Ett undantag är CO₂ och därmed bränsleförbrukningen där kallstartstilläggen för bensinbilar ökar med nyare miljöklass upp till och med Eu3-G, vilket kan bero på att kraven på miljöklasserna inte innefattar utsläpp av CO₂. Energieffektivisering och minskning av klimatgaser från fordonstrafiken är inkluderade i senare direktiv.

De totala kallstartstilläggen i Sverige och i respektive region beräknades utifrån antagande om dagens användning av motorvärmare. Resultaten visar att de mesta av de totala kallstartsutsläppen sker i Götaland, vilket beror på att det största antalet starter sker i Götaland. Den beräknade andelen av de emissioner som uppstår på grund av kallstarter utgör en betydande mängd av de totala emissioner som personbilstrafiken ger upphov till under ett år. För CO, HC och PM är den mellan 50 till 70 procent för 2013 och andelen av de totala emissionerna har ökat markant sedan de senaste beräkningarna för år 2001 gjordes. För CO₂/bränsle och NO_x har det däremot inte skett några större förändringar och deras andel är cirka 7 procent idag.

Den tid som användning av motorvärmare är effektiv att använda beror på utetemperatur, parkeringstid och miljöklass. En jämförelse mellan de olika miljöklasserna visar på att det finns en skillnad mellan de olika fordonstyperna som ibland är väsentlig. Detta leder till att det borde finnas rekommendationer som baseras på miljöklass samt på hur länge fordonet stått parkerat tillsammans med omgivande utetemperatur, och inte som idag att det baseras enbart på omgivande utetemperatur. Effektiviteten beror också på vilket perspektiv man väljer att studera. I det samhällsekonomiska perspektivet är det mer lönsamt att använda motorvärmare jämfört med det privatekonomiska. I ett energieffektivt perspektiv är det sällan som en förvärmning av motorn är effektiv. Men sett till att de lokala emissionerna minskar och att den genomsnittliga elproduktionen i Sverige har relativt låga emissioner så kan det ändå vara en lämplig avvägning att använda motorvärmare för att få till stånd minskade kallstartseffekter.

Summary

Economic and energy efficient use of engine heater – Estimating cold start effects

by Annelie Carlson (VTI) and Ulf Hammarström (VTI)

Using an engine heater before starting the engine is an alternative to achieving greater energy efficiency in the transport sector. To preheat the engine will reduce the friction and this will lead to lowering the additional fuel use that occurs during cold starts. The purpose of this study is to update the potential savings of fuel and the reductions of emissions of using engine heater in a newer vehicle fleet. The results give a good insight into the use of engine heaters with respect to parking time and for different parking sites and geographic regions. The study will give answers on how much emissions and fuel use may decrease at regional and national level, provided that the engine heater is used. The aim is that the results can be used to give recommendations on how the engine block heater should be used under different conditions and for vehicles in different environmental classes.

The study is based on data on travel patterns, meteorological data, parking forms, existence of engine heaters, use of engine heater, start distributions regarding location, how long the vehicle has been parked as well as the time of year, day and hour. To conduct the study, the tool COLDSTART2014 been used and it has been updated to become more representative of the current conditions. The updated tool has been used to update estimates of cold start effects (fuel use, emissions and electricity consumption) for different environmental classes for passenger cars.

The average cold start effects become lower with a newer environment class. One exception is CO₂ and fuel consumption where cold start effects for petrol cars is increasing with newer environmental class up to the Eu-3, which may be due to the fact that requirements for environmental classes do not include CO₂ emissions. Energy efficiency and reduction of greenhouse gas emissions from vehicle traffic is included in a later directive and for newer environmental classes.

The total cold start effects in Sweden and in each region were calculated on the assumption of current use of engine heaters. The results show that most of the total cold-start emissions occur in Götaland, due to that most starts occur in this area. The estimated share of emission due to cold starts relative total emissions of passenger cars has in some cases become substantially larger since 2001. CO, HC and PM is between 50 to 70 percent in 2013 compared to 15 to 40 percent in 2001. However, for CO₂ and NO_x, there has not been any major changes and their share is about 7percent today.

The time that the engine heaters are cost efficient to use depends on the outside temperature, the time the car is parked and the environment class of the car. A comparison between the different environmental classes shows that there is a difference between the different types of vehicles, which sometimes is essential. Therefore, there should be recommendations based on the environmental class of the vehicle, on how long it has been parked and in combination with the ambient outside temperature, and not like today, based solely on ambient outdoor temperature.

The cost effectiveness also depends on the perspective one chooses to study. In the socio economic perspective, it is more profitable to use an engine heater compared to just considering direct costs. In an energy-efficiency perspective, it is rarely effective to use an engine heater since the reduced fuel use is countered by the increased use of electricity. But with regards to the fact that local emissions are reduced and that the average electricity production in Sweden lead to relatively low emissions, it can still be a benefit to use an engine heater.

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Det finns övergripande samhällsmål i Sverige och inom EU att effektivisera energianvändningen, öka andelen förnybara energikällor i energisystemet samt minska utsläppen av växthusgaser (Regeringskansliet 2008; European Commission 2013). I sammanhanget har transportsektorn en viktig roll eftersom en stor andel fossila bränslen används inom vägtrafiken och branschen bidrar väsentligt till den totala energianvändningen och till utsläppen av CO₂ (European Commission 2015). I Sverige beräknas den andelen uppgå till drygt 30 % (Naturvårdsverket 2016).

För vägtrafiken finns också mål om ökad energieffektivisering och en ökad andel förnybara drivmedel (Europaparlamentet 2009a) och det finns ett flertal åtgärder som kan vidtas för att uppnå detta. Användning av motorvärmare har sedan länge funnits med bland sådana åtgärder. Att köra en viss sträcka inklusive en motorstart ger alltid högre bränsleförbrukning jämfört med att köra samma sträcka utan föregående motoravstängning. De s.k. kallstarteffekterna av bränsle förklaras till stor del av förhöjda friktionsförluster i motor, transmission och däck. Ju kallare utetemperatur desto större är kallstarteffekten (Ludykar m.fl. 1999, Weilenmann m.fl. 2009). Nya bilar blir mer energieffektiva och bränslesnåla. För dessa fordon är även kallstarteffekterna lägre relativt äldre fordon (Wielenmann m.fl. 2009). Sett till den totala mängden emissioner och bränsleförbrukning för en start och körsträcka kan de dock utgöra en betydande andel.

Genom att använda motorvärmare för att öka temperaturen i motorn innan start går det att väsentligt minska de utsläpp och den extra bränsleförbrukning som sker vid kallstart av fordon. Ju lägre motortemperatur desto större är reduktionsmöjligheten. Enligt Ahlvik m.fl. (1997) minskade emissionerna av kolmonoxid (CO) och kolväten (HC) med upp till 60 respektive 65% vid en utetemperatur på -15°C genom att förvärma motorn. Utsläppen av partiklar (PM) minskade med 55% i den genomförda testcykelns första del vid samma utetemperatur. Däremot påverkades inte utsläppen av kväveoxider (NO_x) i någon större utsträckning, vilket också visats i senare studier (Weilenmann m.fl. 2009; Gumus 2009). Weilenmann m.fl. (2009) visade även att i en genomsnittlig "vardaglig" körcykel sker större delen av de totala utsläppen av CO och HC vid kallstarter. Den extra bränsleförbrukningen som behövdes vid kallstarter uppmättes till 0,18 l per start vid en utetemperatur av -20°C och 0,039 l vid +23 °C.

Enligt tidigare rekommendationer¹ från Trafikverket kan användning av motorvärmare leda till en sänkning med upp till 1 dl bränsle varje gång man kör och utsläppen kan bli 50–80 procent lägre för en resa på 6 km. Den genomsnittliga besparingen är troligen lägre eftersom medeltemperaturen på motorn vid start är ca 30°C. För svenskt vidkommande på en nationell nivå har det utifrån tidigare genomförda simuleringar beräknats de totala kallstarteffekterna skulle ge ca 4 % lägre bränsleförbrukning och ca 7 % lägre emissioner av HC, CO och PM med den användning av motorvärmare som då uppskattades jämfört med alternativet med ingen motorvärmning (Hammarström 1998). Om dessutom användningen av de elektriska motorvärmarna skulle vara optimal skulle elanvändningen för detta minska med ca 70 % (Hammarström 1998).

¹ <http://www.tranas.se/download/18.7cda2081145fcfce8d430fe/1400741795989/V%C3%A4gverkets+snabbkurs+i+sparsam+k%C3%B6rning.pdf> (2016-01-04)

Beräkningarna av Hammarström och Edwards (1998) baserades på en simuleringsmodell kallad COLDSTART som utvecklades för detta syfte. I modellen ingick funktionssamband för temperaturutveckling i bilmotorer (Hammarström och Edwards 1999, Hammarström och Edwards 2000). Med modellen blev det möjligt att sätta in funktionssambanden i ett större systemperspektiv, vilket möjliggjorde att rekommendationer kunde tas fram för användning av motorvärmare utifrån olika förutsättningar, som utetemperatur och parkeringstid. Sedan dess har det skett en teknisk utveckling hos både fordon, i och med skärpta emissionskrav, bättre motorvärmare samt ändrade resvanor. Som en följd av detta behövs det en uppdatering av de tidigare rekommendationerna som tar hänsyn till denna utveckling. I sammanhanget har även ekonomiska aspekter på bränsle, el och samhällsekonomiska värden en betydelse för vad som är ekonomiskt mest lönsamt. En problemställning är att minimera kostnadsfunktionen $El + Bränsle + Avgaser$. Dessutom kan ett hänsynstagande göras gentemot energieffektiviteten där bland annat forskning gjord vid Agricultural Engineering Department of the University of Saskatchewan har visat att användning av motorvärmare i mer än fyra timmar är slöseri med energi (Bielaczyc m.fl. 2013).

1.2. Syfte

Syftet med denna studie är att förbättra kunskapen om de sparpotentialer som finns med att använda motorvärmare i en nyare fordonsflotta. Målet är att resultaten av studien ska användas för att ge rekommendationer om hur motorvärmare bör användas under olika förhållanden och för fordon i olika miljöklasser.

1.3. Disposition

Rapporten är indelad i följande delar. Kapitel 1 beskriver bakgrunden och syftet med studien. I kapitel 2 sammanfattas metoden för att genomföra arbetet, medan kapitel 3 beskriver verktyget, COLDSTART2014, som används för beräkningarna samt dess uppdatering. Kapitel 4 redovisar resultaten för bilstarternas fördelning, kallstartstillägg per start, per region och för nationell nivå samt beräkningar av optimal användning av motorvärmare. Diskussionen sammanställs i kapitel 5.

2. Metod

Arbetet med att beräkna optimal användning av motorvärmare görs med hjälp av beräkningsverktyget COLDSTART2014. För en beskrivning av verktyget och dess uppdatering, se Kapitel 3. Studien baseras på underlag om resvanor, meteorologiska data, parkeringsformer och förekomst av motorvärmare, användning av motorvärmare, parkeringstid och region, användning av timer, starternas fördelning på region, olika typer av startplatser över årets timmar, över parkeringstider och på olika parkeringsformer per startplats och region. Den första versionen av COLDSTART utvecklades i slutet av 1990-talet och det har sedan dess skett en teknisk utveckling av fordon, vilket innebär att verktyget behöver uppdateras med nya data. För att genomföra simuleringarna behövs funktioner som beskriver motortemperaturer under parkering och under uppvärmning med elektriska alternativt förbränningsdrivna motorvärmare samt funktioner som beskriver kallstarteffekter som funktion av motortemperatur. Sådana samband finns sedan tidigare (Hammarström och Edwards 1999, Hammarström och Edwards 2000) men i och med att fordonsflottan förnyats och nya miljöklasser har tillkommit så kompletteras dessa med funktioner som gäller för de nyare fordonen. En sådan komplettering görs baserad på de funktionssamband som tagits fram inom ARTEMIS-samarbetet (Serié, Jourmard 2005, Jourmard m.fl. 2007). Dessutom uppdateras information om resvanor, reslängder och hastigheter.

I utvärderingen beräknas de genomsnittliga kallstarteffekterna på regional och nationell nivå. Beräkningen är baserad på förutsättningar om var och när starter sker och det ingår en användningsfunktion som följd av lufttemperatur och parkeringstid. Analyserna görs utifrån följande förutsättningar:

- Med antagande om dagens användning.
- Ingen motorvärmning.
- Alltid motorvärmning.

Det uppdaterade verktyget används för uppdateringen av beräkningar av kallstarteffekter (bränsleförbrukning och emissioner) för olika kravnivåer på personbilar och elanvändning av motorvärmare. För att hitta den mest ekonomiska användningen av motorvärmare görs en systematisk variation av parkeringstid, lufttemperatur och motorvärmartid. Variationen i förutsättningarna är:

- Parkeringstid: 1, 2, 4, 10 och 24 timmar.
- Lufttemperatur: -20, -10, ± 0 , +10 och +20 °C.
- Motorvärmartid: Från 0.25 timmar och upp till 10 timmar i 15-minuters steg.

Totalt blir det 540 olika kombinationer. Vid beräkningarna har 0 m/s används som en medelhastighet på vinden. Beräkningarna studeras sedan utifrån de olika perspektiven energi-effektivitet, privatekonomi och samhällsekonomi. Alternativen som fokuserar på energi-effektivitet ser till hur summan av el- och bränsleförbrukningen påverkas av motorvärmning. Det privatekonomiska fokuset ligger på att minska de direkta kostnaderna, dvs bränsle- och elkostnader, medan det samhällsekonomiska perspektivet även tar hänsyn till indirekta kostnader enligt ASEK 5 för de emissioner som uppstår på grund av kallstarter.

3. COLDSTART2014

3.1. COLDSTART

COLDSTART är ett beräkningsverktyg för beskrivning av bilavgaser i form av kallstartstillägg under verkliga förhållanden (Hammarström, Edwards 1999). Simuleringsprogrammet utvecklades på VTI i slutet av 1990-talet och kan användas på två olika sätt, dels för beräkning av hur kallstarttillägg förändras beroende på utetemperaturer, parkeringstider, parkeringsplatser mm, dels för beräkning av genomsnittliga kallstarttillägg för exempelvis nationell nivå, viss region och viss typ av startplats.

Grundprincipen i COLDSTART för att ta fram kallstartstilläggen är att beräkna motortemperatur per start och sedan beräkna emissioner som funktion av motortemperatur. Motortemperaturen beror i sin tur på parkeringstid, omgivningstemperatur, vindförhållanden, om någon form av motoruppvärmning används och dess inkopplingstid samt motorstorlek. Kallstartstilläggen redovisas sedan på olika sätt i fysiska respektive monetära storheter. De fysiska storheterna inkluderar bränsle, el samt emissioner av kolväten (HC), kolmonoxid (CO), kväveoxider (NO_x), partiklar (PM) och koldioxid (CO₂). De monetära storheterna rör kostnader för bränsle och el (direkta kostnader och skatt) samt samhällsekonomiska värderingar av de effekter som uppkommer på grund av avgaser från fordon vid start samt emissioner vid elproduktion.

Dataunderlaget som behövs för att genomföra beräkningar består av följande delar:

- Resvanor
- Väderstatistik
- Parkeringsformer
- Förekomst av motorvärmare
- Användning av motorvärmare
- Användning av timer
- Parametervärden till temperaturfunktioner
- Parametervärden till kallstartsfunktioner
- Eleffekt motorvärmare
- Kostnader bränsle och el
- Samhällsekonomiska värden för utsläpp

Med COLDSTART går det att beräkna kallstartstillägg med uppdelning enligt olika geografiska områden, typer av startplatser, typ av uppvärmningsformer, månad, typ av dag samt tid på dygnet. De olika geografiska områdena i utvärderingen är Sverige samt Götaland, Svealand och Norrland. Typen av platser för start är definierad som bostad, arbete och övrig. Året är indelat i månader samt i de övergripande delarna semester eller övrig. Veckodagarna delas in i vardag, lördag respektive sön och fördelningen på när starterna sker under ett dygn är på timbasis. Hur länge bilarna står parkerade är indelade i 10-minutersperioder mellan 0 till 2 timmar, i 30-minutersperioder mellan 2 timmar och 4 timmar och därefter i 1-timmesperioder.

3.2. Uppdatering till COLDSTART2014

För att kunna ta fram rekommendationer för dagens fordonsflotta och för att kunna beräkna kallstartseffekter på regional och nationell nivå så uppdaterades COLDSTART till en ny version kallad COLDSTART2014. Denna uppdatering gällde:

- Reslängdsfördelning.
- Medelhastighet som funktion av reslängd.
- Parkeringstider
- Parkeringsformer
- Funktioner för kallstartsemissioner för nya fordonskategorier, bensin och diesel
- Funktioner för emissioner för nya fordonskategorier, bensin och diesel
- Kostnader för el och bränsle
- Samhällsekonomiska kostnader för emissioner

3.2.1. Reslängd, medelhastighet, parkeringstider och parkeringsformer

I den första programversionen baserades denna beskrivning i sin helhet på resvaneundersökningen, RVU (Trafikanalys 2007, Trafikanalys 2012, Trafikanalys 2013). I RVU följs en person under 24 timmar varför den maximala parkeringstiden som kan observeras är kortare än 24 timmar. Den minsta enheten är res-element till skillnad från ”motorstart till motoravstängning”. Vidare finns en representativ geografisk beskrivning och uppgifter om startplats.

En studie baserad på instrumenterade bilar (Vägverket, 1999) visade på att den genomsnittliga körsträckan mellan på varandra följande motorstarter var väsentligt kortare än vad RVU gav för res-element. Med denna nya information som grund korrigerades indata-matriserna till den äldre versionen av COLDSTART.

Tillgång till mätdata från instrumenterade bilar har förbättrats radikalt sedan senaste uppdateringen av matriserna i COLDSTART. Ett intressant sådant material avser data från 620 instrumenterade bilar som Test Site Sweden (TSS) sammanställt för en tidsperiod av två år (2010-2012) och med 102 000 resor². Nackdelar med TSS är att data inte kan ge en representativ beskrivning av geografisk fördelning, att uppgifter om typ av startplats saknas och det är oklart hur urvalet av förare gjorts.

För att kunna få med nödvändig information valdes att ta fram matriser baserade på en kombination av TSS och RVU där RVU baseras på data för två år, dels 1 okt 2005 – 30 sep 2006, dels 1 jan 2011 – 31 dec 2011. Vissa begränsningar i det tillgängliga datamaterialet genomfördes för att ta bort de data som antogs vara felaktiga. Begränsningarna innebär att medelhastigheten skulle ligga mellan 6 km/tim och 120 km/tim; att reslängden mellan motorstarter skulle vara kortare än 200 km samt att restiden skulle vara kortare än 120 minuter. Utifrån datamaterialet beräknade medelreslängden till 10,0 km.

I Bilaga 1 redovisas exempel på starternas fördelning på parkeringstider för RVU (figur 1:1, 1:3 och 1:5) och för TSS (figur 1:2, 1:4 och 1:6) för ett exempel ifråga om månad och veckodag.

² <http://database.testsitesweden.com/>

Vad som kan observeras ur figur 1:1 och 1:2 är följande:

- Att andelen starter med parkeringstid upp till 5 min är väsentligt större för TSS än för RVU
- Att andelen starter med parkeringstid över 23 h är väsentligt större för TSS än i RVU
- Att det både i RVU och i TSS finns toppar vid intervall (parkeringstid): 1, 13, 26, 31 och 40.

Metoden för att göra uppdateringen var att:

- Betrakta fördelningar av parkeringstid från RVU och TSS på nivåerna: del av år; veckodag och starttimme
- Identifiera delar av fördelningarna per timme som är någorlunda lika, dvs. med max- eller min-värde för samma parkeringstid
- Parkeringar med en parkeringstid av minst 1 h har bedömts vara någorlunda lika fördelade (med undantag för >23 h)
- Förutsätt att antalen enligt RVU för parkeringar med en parkeringstid av minst 1 h är ”sanna” värden
- Förutsätt att de relativa fördelningarna av parkeringar med parkeringstid av max 1.5 h baserade på de 620 bilarna är ”sanna” värden
- Bilda indexkurvor per timme, baserat på TSS, för intervallet av parkeringar med en parkeringstid av max 1.5 h. Gör en intervallindelning av dygnet enligt följande: 0-6; 6-9; 9-14; 14-18; 18-24. Välj intervallet 1-1.5 att vara lika med 1. Bilda indexserier för parkeringstidsintervallet 0-1.5 h per dygnsintervall.
- Korrigera antalen i RVU-tabellerna inklusive uppdelning på startplats för parkeringstiderna av max 1,5h (intervallet 1-1,5 blir då oförändrat).

Detta resulterar normalt i ett ökat antal starter i intervallet upp till 1 h. Det totala antalet starter ökar därmed också. Slutligen justeras därför också antalen i de aggregerade tabellerna med uppdelning på region.

Det kan antas att problemet med att TSS inte funnits per startplats inte har så stor betydelse eftersom det dominerande antalet starter under morgonen sker vid bostaden, dvs. att TSS-fördelningarna för morgonen domineras av starter vid bostaden. Samma resonemang kan föras avseende eftermiddag/kväll och starter vid arbete.

Sammanlagt uppdaterades 32 matriser som beskriver starternas fördelning på:

- Region och startplats
- Region, plats och månad
- Månad, typ av plats, timme och parkeringstid.

3.2.2. Uppdatering av kallstartsfunktioner för nya fordonskategorier

I den tidigare versionen av COLDSTART finns tre olika kravnivåer på fordon att tillgå. Kravnivåerna utgick ifrån de som definierades i Naturvårdsverkets författningssamling SNF 1987:3 och var:

- Årsmodeller 1976-1984 utan katalysator, bensin
- Årsmodeller 1989 och nyare med katalysator, bensin
- Årsmodeller 1993 och nyare med katalysator, bensin, Mk1

Nyare kravnivåer på fordon har sedan dess tillkommit och i och med uppdateringen till COLDSTART2014 finns det nu 10 kravnivåer och diesel har inkluderats som alternativ. De kravnivåerna som inkluderas ses i Tabell 1.

Tabell 1. Kravnivåer på passagerarfordon som är inkluderade i studien.

Bensin	Diesel
– E0woC-G ^a	– E0woC-D ^a
– E0Cat-G ^b	– Eu1-D
– Eu1-G	– Eu2-D
– Eu2-G	– Eu3-D
– Eu3-G	
– Eu4-G	

a) Utan katalysator b) Med katalysator

För att kunna få representativa uppskattningar av kallstartstillägg behövdes en uppdatering av avgasfunktionerna och motorvärmarfunktionerna.

Avgasemissionerna efter start är utöver motortemperatur också beroende av körmonster och reslängd. Dessa förhållanden beaktades tidigare genom att genomföra slutliga korrekationer baserade på en äldre kallstartmodell från INRETS (Serié, Jourmard 1997). De befintliga funktionerna för avgasbildning är baserade på differensen mellan utsläpp vid motorns kallfas (*Yct*) och utsläpp vid motorns varmfas (*Yht*) i FTP75³. Dessa körmonster är identiska men *Yct* har en lägre motortemperatur än fullt uppvärmd motor medan *Yht* är med fullt uppvärmd motor. Körsträckan är 5 779 m och tar 505 s där medelhastigheten är 41,2 km/h.

Bakgrunden till att enbart använda en körcykel är behovet av många observationer och den relativt sett låga tillgången på mätdata som förelåg då COLDSTART utvecklades. FTP75 är den testmetod inklusive körcykel som de svenska avgasbestämmelserna var baserad på före EU-inträdet.

Två grupper av emissionsfunktioner utvecklades:

- En avseende utan motorvärmare
- En avseende med motorvärmare.

Den andra punkten omfattar både utan och med användning av motorvärmare.

Som förklaringsvariabel för starttilläggets storlek används kylvattentemperatur. Det görs dock åtskillnad mellan kylvattentemperatur som funktion av enbart lufttemperatur och av en kombination av lufttemperatur och temperaturökning som funktion av motorvärmare.

Kylvattentemperaturen vid motoravstängning har förutsatts motsvara en för fullt uppvärmd motor, 80°C. Vid parkering i varm- alternativt kallgarage väljs speciella omgivningsförhållanden representativa för dessa val. Vid parkering utomhus är lufttemperatur och vindförhållanden de förhållanden som bestämmer temperaturutvecklingen.

³ FTP75 (Federal Test procedure) är en standardiserad körcykel bestående av tre delar; en fas då motorn är kall, en likadan då motorn är varm samt en transient fas (www.epa.gov)

Temperaturutvecklingen i motorn efter avstängning beskrivs som funktion av lufttemperatur, vindhastighet och parkeringstid.

Parkeringsförhållanden påverkar temperaturen enligt följande:

- Varmgarage: välj lufttemp inomhus
- Kallgarage: välj lufttemp utomhus och vind 0 m/sek.

Två typer av motorvärmare beskrivs, en som är eldriven och en som är bränsle driven.

Möjligheten att använda eldriven motorvärmare påverkas av parkeringsförhållanden.

Bränsle driven motorvärmare används enbart utomhus. Förarens val att använda en befintlig motorvärmare bestäms av startplats, tillgång till eluttag, parkeringstid och lufttemperatur.

Två typer av funktioner ingår:

- Temperaturutveckling under parkeringstid
- Extra avgaser som följd av motorstart vid lägre temperatur än fullt uppvärmd motor.

Funktioner för extra avgaser:

- för A10/F40 (utan katalysator) och A12 (katalysator)
- Beroende på brister i funktionerna har indexserier tagits fram där de först framtagna funktionerna utgör en del av underlaget
- Nivåbestämning görs genom att som indata ge ett värde för $22^{\circ}\text{C } Y_{ct}-Y_{ht}$

Kort sammanfattat är att huvudprincip för COLDSTART är:

- Utsläpp som funktion av motortemp vid start
- Beskriver temperaturutveckling
- Beskriver utsläpp som funktion av kylvattentemperatur.

Medan den nya principen för COLDSTART2014 är:

- Utan motorvärme: utsläpp som funktion av parkeringstid och lufttemperatur (a)
- Med motorvärme: utsläpp som (a) plus motorvärme-korrektion (mv).

Motorvärme-korrektionen baseras på motortemphöjning dvs. i huvudsak som tidigare. Alla gamla funktioner ”ej mv” byts ut mot funktioner för basemissioner. Totalt ingår två drivmedel, bensin och diesel, samt olika kravnivåer, totalt 10 stycken.

Motorvärmarfunktioner utvecklas som kan användas som korrektionsfaktorer:

- Då inkopplingstiden går mot noll går funktionsvärdena mot 1
- Då inkopplingstiden går mot stora värden går funktionerna mot gränsvärden.

Nedan följer en kort beskrivning av förändringarna mellan COLDSTART och COLDSTART2014:

- Fler motortyper ingår, totalt 10.
- Emissioner utan motorvärme beräknas som funktion av parkeringstid och lufttemperatur i stället för kylvattentemperatur.
- Betydelsen av körmonster/medelhastighet ingår direkt i emissionsfunktionen.
- Betydelsen av reslängd ingår direkt i emissionsfunktionen.
- Betydelsen av parkeringstid ingår direkt i emissionsfunktionen,
- Inverkan av motorvärme görs med en funktion i form av korrektionsfaktorer som integreras med INRETS-funktionerna.
- Korrektionsfaktorn för motorvärme beräknas som tidigare som funktion av kylvattentemperatur.
- Samtliga kallstartsfunktioner byts ut mot senare utvecklade funktioner för att beräkna kallstartstillägg (André, Joumard 2005, Joumard m.fl. 2007).

Funktionen från INRETS (se Bilaga 2):

$$EE(T, v, dd) = w(20,20) \times f(T, v) \times h(dd) \times g(t)$$

Det finns ingen känd anledning att använda denna form på $EE(T, v, dd)$. Istället väljs följande:

$$EE(T, v, dd) = w(T, v) \times h(dd) \times g(t)$$

Där:

$h(dd)$: korrektion reslängd

$g(t)$: korrektion parkeringstid

T : lufttemperatur

v : hastighet

t : parkeringstid

T varierar timme för timme i indata dvs. det är inte självklart hur T skall väljas. Antingen kan medeltemperatur under parkeringstiden väljas eller temperatur under den timme som motorstart sker. I de genomförda beräkningarna valdes det senare alternativet.

I COLDSTART2014 implementeras funktionerna enligt Bilaga 2, men med förändring enligt ovan. Med dessa funktioner beräknas basemissioner och utan justering för motorvärmare. För att implementera motorvärmarefunktioner (mv) används bE0 och bE1 i form av korrektionsfaktorer till funktionerna:

$$EE(T, v, dd) = w(T, v) \times h(dd) \times g(t) \times mv(T, dT)$$

Det finns mv -funktioner enbart för bensin E0 och E1 och dessa funktioner används generellt enligt Tabell 2.

Tabell 2. Mv -funktioner.

Kravnivå	Bensin	Diesel
Euro 0	bE0	bE0
Euro 1	bE1	bE0
Euro 2	bE1	bE0
Euro 3	bE1	bE0
Euro 4	bE1	bE0

Utdata efter uppdateringen av kallstartstilläggen är desamma som tidigare fast för 10 motortyper. Det är dock ingen uppdelning på cylindervolymsklass, men speciellt bör bränsleförbrukning och CO₂ vara direkt proportionella mot motorstorlek.

Eftersom de funktioner som de övriga kallstartsemissionerna utgått ifrån, inte innehåller direkt kallstarttillägg avseende partiklar (PM), saknas därför denna information. I studien ansågs det av vikt att få med dessa och en förenklad metod för att inkludera PM togs fram.

I funktionerna beskrivs partiklar baserat på PAH. Mätning av PAH vid INRETS har innehållit en uppdelning på gas och partiklar där PAH omfattar 16 olika ämnen. För varje ämne, varje kravnivå och varje drivmedelstyp finns uppgifter om hur den totala mängden av ämnet fördelas på gas och partiklar.

Tidigare användes EMV-modellen för att beräkna nationella emissioner från vägtrafiken (Sjödén m.fl. 2009). Den ersattes fullt ut av ARTEMIS år 2006, som sedermera blev HBEFA (Vägverket 2007). I EMV-modellen ingår partikelutsläpp där det för varje kravnivå och drivmedelstyp finns ett kallstartvärde motsvarande FTP75. Dessutom ingår korrektionsvärden för att få värden motsvarande en genomsnittlig start under året.

I HBEFA ingår en kallstartmodell liknande INRETS-modellen. Kallstarttillägg beräknas som funktion av:

- Hastighet
- Lufttemperatur
- Parkeringstid
- Reslängd

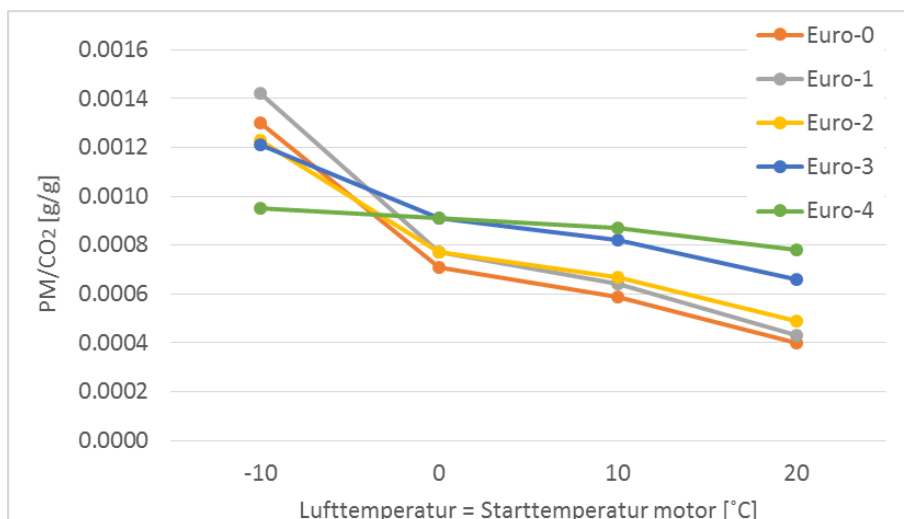
Beträffande PM ingår kallstarttillägg enbart för dieselfordon. Eftersom det bedömdes osäkert och komplicerat att beräkna kallstartutsläpp av partiklar med INRETS-metoden har som alternativ valts att utveckla samband baserade på HBEFA⁴ för dieselfordon och EMV för bensindrivna fordon.

I HBEFA har kallstartutsläpp för samtliga reglerade ämnen inklusive CO₂ beräknats för följande förutsättningar:

- Trafikscenario (x km/h)
- Lufttemperatur: -10; 0; +10; +20
- Reslängd: 20 km
- Parkeringstid: 12h
- Kravnivå
- Cylindervolym
- Diesel.

Först har en analys utförts avseende vilket annat ämne som PM har bäst samvariation med, vilket visade sig vara CO₂. Därmed har en modell utvecklats baserat på PM och CO₂ i utdata från HBEFA. Kvoter mellan PM och CO₂ har beräknats per förutsättning enligt ovan. Det visar sig att dessa kvoter är lika vid jämförelse mellan olika cylindervolym. Se Figur 1 och Tabell 3 för dieselfordon utan partikelfilter och Figur 2 och Tabell 4 för dieselfordon med partikelfilter.

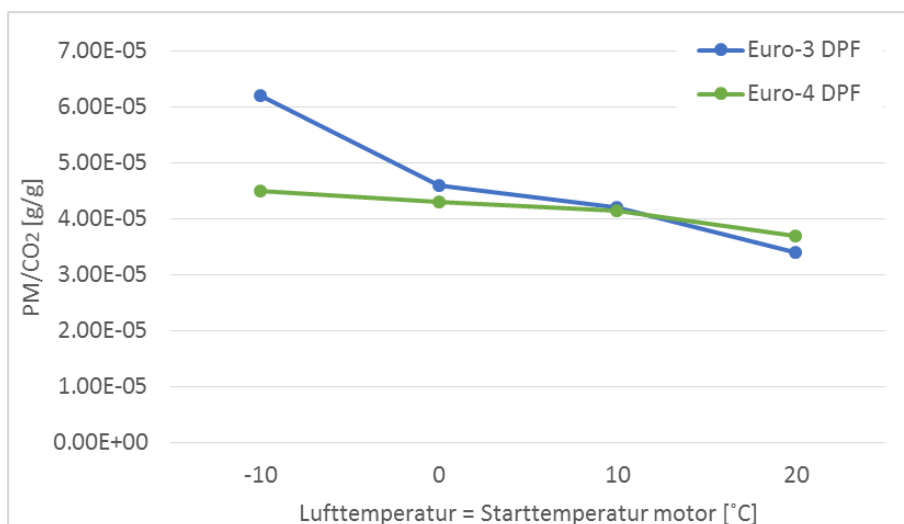
⁴ Beräkningar utförda av Mohammad-Reza Yahya, VTI.



Figur 1. Kvoten mellan PM och CO₂ [g/g] som funktion av lufttemperatur (=starttemperatur) för dieselfordon utan partikelfilter (DPF) enligt HBEFA 3.1.

Tabell 3. Kvoten mellan PM och CO₂ [g/g] för dieselfordon utan DPF.

Kravnivå	Utetemperatur [°C]			
	-10	0	10	20
Euro-0	1,30E-03	7,10E-04	5,90E-04	4,00E-04
Euro-1	1,42E-03	7,70E-04	6,40E-04	4,30E-04
Euro-2	1,23E-03	7,70E-04	6,70E-04	4,90E-04
Euro-3	1,21E-03	9,10E-04	8,20E-04	6,60E-04
Euro-4	9,50E-04	9,10E-04	8,70E-04	7,80E-04



Figur 2. Kvoten mellan PM och CO₂ som funktion av lufttemperatur (=starttemperatur) för dieselfordon med partikelfilter enligt HBEFA 3.1.

Tabell 4. Kvoten mellan PM och CO₂ [g/g] för dieselfordon med DPF.

Kravnivå	Utetemperatur [°C]			
	-10	0	10	20
Euro-3 DPF	6,00E-05	5,00E-05	4,00E-05	3,00E-05
Euro-4 DPF	5,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	4,00E-05

För temperaturer utanför intervallet i tabellen genomförs extrapolering.

Arbetsgången som följer är att beräkna:

- $w(PM, v, t) = (PM/CO_2(T)) \times w(CO_2, v, T)$
- dc som för CO₂.
- $g(t)$ som för CO₂.

Där

- w : Extra emission per start [g]
- v : Hastighet [km/h]
- t : Parkeringstid [min]
- T : Lufttemperatur [°C]
- dc : Kallfasens längd [km]
- $g(t)$: Korrektion för parkeringstid.

I EMV finns bara två uppsättningar med korrektionsfaktorer, se Tabell 5.

Tabell 5. Korrektionsfaktorer i EMV.

	HC	CO	NO _x	Bränsle- förbrukning	PM
e0	0,60	0,486	0,548	0,903	0,733
e1	1,24	1,418	0,759	0,976	1,537

Baserat på Tabell 5 dras slutsatsen att PM för bensinbilar mest korrelerar med CO. Därför har följande kvoter beräknats mellan PM och CO för tätortskörcykeln i FTP75, se Tabell 6 och Tabell 7.

Tabell 6. Kvot mellan PM och CO [g/g] för bensinbilar enligt EMV utan korrektion.

Kravnivå	PM/CO [g/g]
Euro-0	4,93E-04
Euro-1	9,86E-04
Euro-2	7,87E-04
Euro-3	7,56E-04
Euro-4	9,72E-04

Tabell 7. Kvoter för starttillägg mellan PM och CO enligt EMV med korrektion.

Kravnivå	PM	CO	PM/CO [g/g]
Euro-0	32,562	2,42E-02	7,43E-04
Euro-1	30,203	3,23E-02	1,07E-03
Euro-2	37,861	3,23E-02	8,53E-04
Euro-3	16,874	1,38E-02	8,20E-04
Euro-4	10,210	1,08E-02	1,05E-03

För bensindrivna bilar beräknas PM baserat på INRETS-funktionerna för CO och kvoter enligt EMV:

$$w(PM, v, T) = (PM/CO) \times w(CO, v, T)$$

Där:

$w(CO, v, T)$: Kallstartstillägg enligt INRETS för CO [g/km]

$w(PM, v, T)$: Kallstartstillägg enligt beräkning för PM [mg/km]

Den resulterande modellen för beräkning av PM i den uppdaterade COLDSTART2014 innebär att en uppskattning av PM görs baserat på CO₂ för diesel och CO för bensinbilar.

För dieselbilar beräknas:

$$w(PM, v, t) = (PM/CO_2(T)) \times w(CO_2, v, T)$$

med $PM/CO_2(T)$ enligt Tabell 8. Dessa värden har sedan extrapolerats till -50 och +100 °C, vilka visas i Tabell 9 och Figur 3

dc beräknas som för CO₂.

$g(t)$ beräknas som för CO₂.

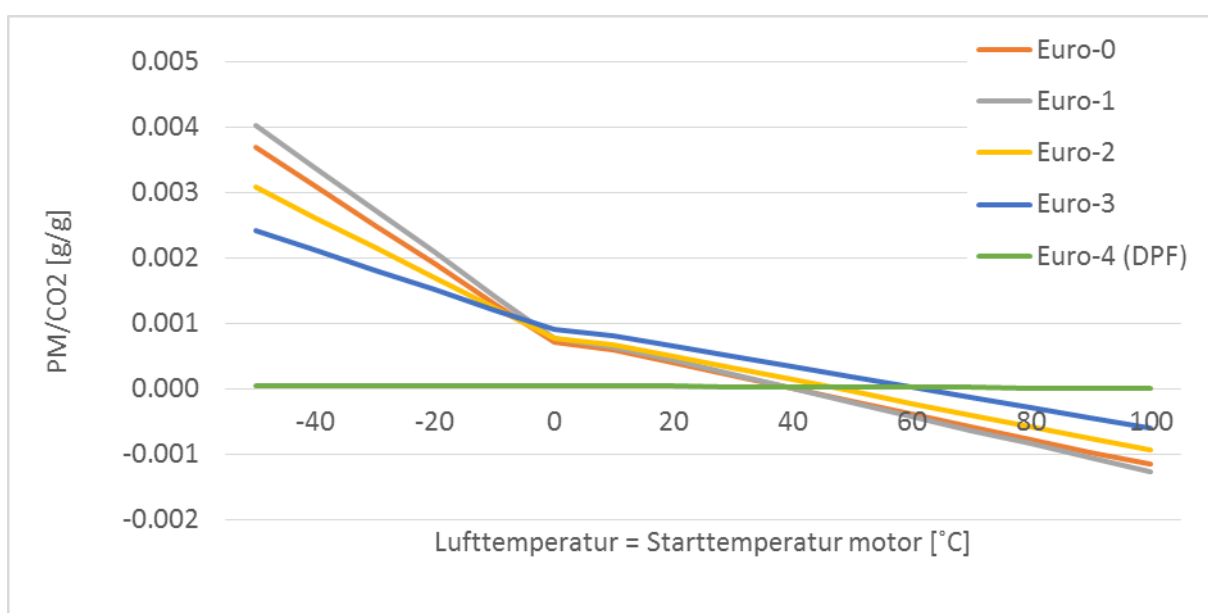
Tabell 8. Kvoter för starttillägg mellan PM och CO₂, PM/CO₂ [g/g]. Personbilar diesel.

Kravnivå	Lufttemperatur [°C]			
	-10	0	10	20
Euro-0	1,30E-03	7,06E-04	5,89E-04	3,95E-04
Euro-1	1,42E-03	7,70E-04	6,42E-04	4,30E-04
Euro-2	1,23E-03	7,70E-04	6,66E-04	4,89E-04
Euro-3	1,21E-03	9,06E-04	8,18E-04	6,61E-04
Euro-4 (DPF)	4,50E-05	4,32E-05	4,10E-05	3,68E-05

Tabell 9. Extrapolering PM/CO₂ [g/g]. Personbilar diesel.

Kravnivå	Lufttemperatur [°C]					
	-50	-10	0	10	20	100
Euro-0	3,70E-03	1,30E-03	7,06E-04	5,89E-04	3,95E-04	-1,16E-03
Euro-1	4,03E-03	1,42E-03	7,70E-04	6,42E-04	4,30E-04	-1,27E-03
Euro-2	3,08E-03	1,23E-03	7,70E-04	6,66E-04	4,89E-04	-9,30E-04
Euro-3	2,42E-03	1,21E-03	9,06E-04	8,18E-04	6,61E-04	-6,00E-04
Euro-4 (DPF)	5,22E-05	4,50E-05	4,32E-05	4,10E-05	3,68E-05	3,20E-06

Extrapolering Extrapolering



Figur 3. Extrapolering PM/CO₂ [g/g]. Personbilar diesel.

För bensindrivna bilar beräknas PM baserat på INRETS-funktionerna för CO.

Följande beräknas:

$$w(PM, v, T) = (PM/CO) \times w(CO, v, T)$$

med PM/CO enligt Tabell 10.

Där:

$w(CO, v, T)$: kallstarttillägg enligt INRETS för CO [g/km]

$w(PM, v, T)$: kallstarttillägg enligt beräkning för PM [mg/km]

dc beräknas som för CO.

$g(t)$ beräknas som för CO.

Tabell 10. Kvoter för starttillägg mellan PM och CO enligt EMV inklusive korrektion. Personbilar, bensin

Kravnivå	PM/CO [g/g]
Euro-0	7,43E-04
Euro-1	1,07E-03
Euro-2	8,53E-04
Euro-3	8,20E-04
Euro-4	1,05E-03

3.2.3. Direkta och indirekta kostnader

De direkta kostnaderna för bensin och diesel är hämtade från årsstatistiken för bensin, blyfri 98 och 95 samt diesel som publiceras av Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet (SPBI). Priserna är årsmedelspriser för 2013, se Tabell 11. I beräkningarna används grundpriset.

Tabell 11. Årsmedelspriser för bensin och diesel 2013⁵.

År 2013	Grundpris SEK/l	Skatt SEK/l	Konsumentpris SEK/l
Blyfri 98	6,39	8,64	15,03
Blyfri 95	6,28	8,25	14,53
Diesel	6,96	7,52	14,48

Elpriset i COLDSTART2014 är detsamma oavsett region men det är indelat i fyra större grupper som representerar olika årstider.

- Januari
- Februari, mars, november och december
- April, september och oktober
- Maj, jun, juli och augusti.

I varje årstidsgrupp är priset sedan uppdelat på veckodag respektive helgdag samt för dygnets alla timmar. Elpriserna i COLDSTART2014 är baserade på de registrerade timvisa spotpriserna under 2013 i Sverige och som finns på Nordpool⁶. De har sedan beräknats som medelvärde för respektive årstid, dag och timme. Se Bilaga 3 för en sammanställning av elpriserna.

Elnätsavgifter är hämtade från Nils Holgersson-rapporten som presenterar dess undersökning för år 2013 (Nils Holgerssongruppen 2013). Enligt rapporten varierar nätavgiften kraftigt mellan olika elnätsområden och var 2013 som lägst 340 SEK/MWh exkl. moms och 814 SEK/MWh som högst för en typisk flerbostadsfastighet i Sverige.

⁵ <http://spbi.se/>

⁶ www.nordpoolspot.com/

Medel för riket var 594 SEK/MWh exkl. moms. Skatten på el är 293 SEK/MWh för större delen av landet⁷. För en del kommuner⁸ i glesbygden är skatten lägre och ligger på 194 SEK/MWh. På priset inkl. skatt tillkommer sedan moms på 25%.

De samhällsekonomiska värdena är hämtade från ASEK5 (Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet) och är de kalkylvärden som bör användas i transportsektorns samhällsekonomiska analyser (Trafikverket 2014a, 2014b). I den tidigare versionen av COLDSTART användes samhällsekonomiska kalkylvärden för HC, CO, NO_x som representerade effekter i en tätort (Vägverket 1996). Senare har emissionernas samhällskostnader delats in i regionala och lokala effekter. I den uppdaterade versionen används de regionala effekterna som bas. Till dessa adderas de lokala effekterna.

För utsläpp av CO₂ anges att de ska värderas lika med det politiska skuggpriset som motsvarar drivmedelsskatten på koldioxid, vilket för närvarande är 1,08 SEK/kg. För luftutsläpp av NO_x, SO₂ och VOC används värderingar för de regionala effekterna samt lokala effekter för en referenstätort. Enligt ASEK 5 (Trafikverket 2014) anges att Kristianstad kan användas som referenstätort när det gäller att beräkna effekter av emissioner som är svåra att hänföra till en specifik tätort. Därför används denna tätort till uppskattningarna av de lokala samhällsekonomiska kostnaderna. Även PM ingår i studien och det är de lokala effekter som ingår i beräkningarna. De värden som anges i Tabell 12 är uppräknade till 2013 års värde med konsumentprisindex (SCB 2013).

Tabell 12. Samhällsekonomiska kalkylvärden som används i COLDSTART2014.

Emission	Global effekt [SEK/kg]	Regional effekt [SEK/kg]	Lokal effekt [SEK/kg]	Total effekt [SEK/kg]
CO ₂	1,12			1,12
NO _x		83	11	94
SO ₂		28	91	119
VOC		41	18	60
PM _{2.5}			3 096	3 096

För el beräknas de samhällsekonomiska kostnaderna utifrån kalkylvärdena i Tabell 12 som gäller för de utsläpp som elproduktionen på 146,8 TWh (Energimyndigheten 2014) genererade enligt Naturvårdsverkets sammanställning över utsläpp till luft per bransch⁹. De samhällskostnader som beaktas är globala effekter av CO₂ samt regionala effekter av NO_x, SO₂ samt VOC, se Tabell 13. För PM finns endast lokala effekter enligt ASEK (Trafikverket 2014). Elproduktion år 2011 producerades i huvudsak med vattenkraft (45%), kärnkraft (40 %), förbränningsbaserad produktion (11 %), vindkraft (4%), (Energimyndigheten 2014). I den

⁷ www.skatteverket.se/

⁸ Samtliga kommuner i Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län, Sollefteå. Ånge, Örnsköldsvik, Ljusdal, Torsby, Malung-Sälen, Mora. Orsa och Älvdalen.

⁹ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luft/Utslapp-till-luft-per-bransch/>

förbränningsbaserade produktionen användes till störst del bibränslen, avfall och torv (ca 75 %) medan resten var olja, kol och gas. (Energimyndigheten 2014).

Tabell 13. Utsläpp från elproduktion 2011 och dess samhällsekonomiska kalkylvärden.

Emission	Utsläpp	Utsläpp	Samhällsekonomiskt värde
	[1 000 ton]	[g/kWh]	[SEK/kWh]
CO ₂	2 834	19,31	0,0216
NO _x	3,04	0,21	0,0017
SO ₂	1,37	0,09	0,0003
NMVOG	0,63	0,04	0,0002
Summa			0,0237

3.2.4. Övrig indata

Tidigare använda data om utetemperaturer och vindförhållanden är baserade på underlag från SMHI och innehåller uppgifter om lufttemperatur, luftfuktighet och vindstyrka varje timme för ett antal mätplatser under en tioårsperiod. Medelvärden har sedan beräknats, dels för varje mätplats över tioårsperioden, dels för mätplatser inom samma region, dvs Norrland, Svealand och Götaland. Med detta fås ett genomsnittlig väderdata för respektive region. Utifrån SMHI definieras normalvärden som medelvärden beräknade över tillräckligt lång period och över vissa bestämda tidsperioder (30 år)¹⁰. Standardnormalperioder är sådana tidsperioder som har en högre status. Den senaste är 1961-1990 och nästa blir 1991-2020. Med anledning av att det fortfarande är 1961-1990 som är den gällande standardnormalperioden så används samma väderdata som vid tidigare beräkningar.

Förekomst av motorvärmare och användning av motorvärmare samt användning av timer och effekten på motorvärmare antas vara lika som vid en tidigare studie av kallstarteffekter (Hammarström, Edwards 1999). Effekten på motorvärmare via kylvattnet ligger normalt mellan ca 400 till 550 W. Enligt Calix har de motorvärmare med eleffekter från 400 W och 550 W. Den variant som det säljs mest av är 550 W, varför den används i studien. De utsläpp som genereras från elproduktion tas från Tabell 13. För bensindrivna motorvärmare antas avgasutsläpp och bränsleförbrukning enligt Tabell 14. Enligt Eberspächer är den vanligaste effekten på bränsledrivna motorvärmare 5 kW. En normal drifttid är 30 minuter där motorvärmaren används på full effekt upp tills att kylvattnet är 70°C sen går den ner på halv effekt upp till 80°C. Det finns ingen reningsutrustning, men förbränningen är optimerad och motorvärmarna ska klara gränsvärden för utsläpp. Den information som finns återgiven för bensindrivna motorvärmare i Tabell 14 är de värden som användes vid tidigare beräkningar (Hammarström 1998). För dieseldrivna motorvärmare har inga tillförlitliga data kunnat hittas annat än bränsleförbrukningen.

¹⁰ www.smhi.se

Tabell 14. Avgasutsläpp och bränsleförbrukning för drift av bränsledrivna motorvärmare.^a

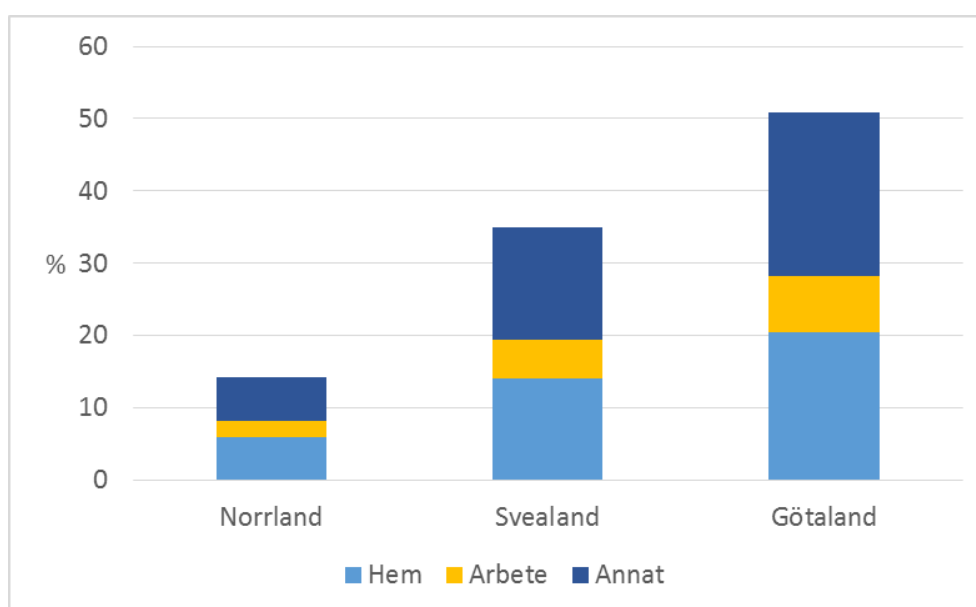
Bränsle	Uteffekt	CO ₂ [g/dm ³]	CO [g/dm ³]	HC [g/dm ³]	NO _x [g/dm ³]	Bränsle [dm ³ /timme]
Bensin	100%	2360	0,3	0,44	0,12	0,69
	25%	2360	0,13	0,76	0,21	0,17
Diesel	100%	2540				0,62
	25%	2540				0,16

^a Uppgifter från Eberspächer.

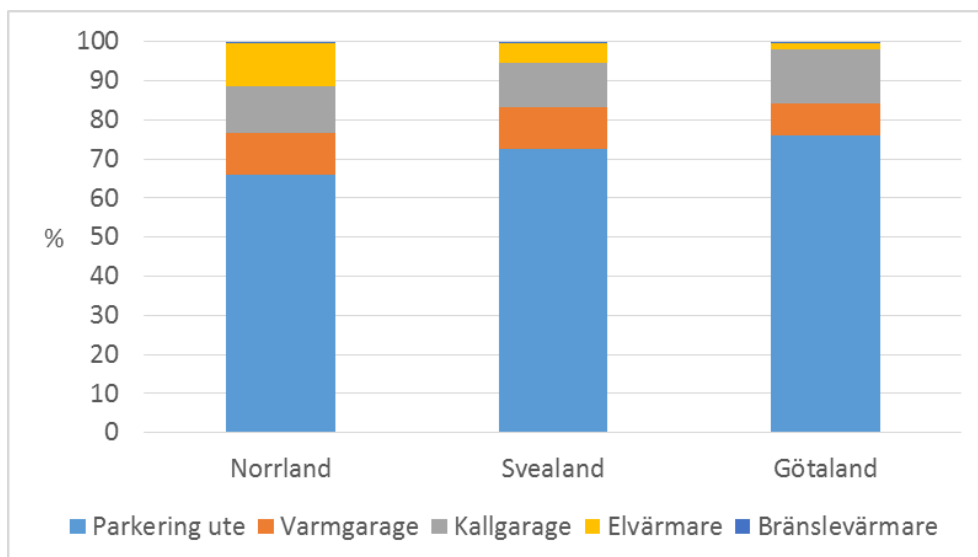
4. Resultat

4.1. Starternas fördelning

Totalt sett i Sverige sker ca 5 751 miljoner starter per år i Sverige. Detta beräknas enligt antalet fordonskilometer dividerat med den genomsnittliga körsträckan. Antalet fordonskilometrar under ett år tas fram till den årliga sammanställningen av trafikens utsläpp som trafikverket publicerar och den genomsnittliga körsträckan är beräknad utifrån resvaneundersökningen, RVU, som Trafikanalys genomför och sammanställer samt de data som finns i Test Site Sweden databas över fordons körmönster. I Figur 4 visas fördelningen av antalet starter för respektive region och startplats. De flesta starter sker i Götaland. Ungefär lika många starter sker vid hemmet som vid annan plats, där annan plats kan vara vid affär, dagis och liknande. Figur 5 visar hur starterna fördelar sig på olika startplatser beroende på hur fordonen stått parkerade. Där är utomhusparkering det vanligaste alternativet med runt 70%, följt av varmgarage, kallgarage, elvärme och bränslevärme. I Tabell 15 är denna information kombinerad och visar andelen starter beroende på region, parkeringsplats och parkeringsalternativ.



Figur 4. Fördelning av starter på region och på startplats.



Figur 5. Fördelning av andel starter med avseende på uppvärmningsalternativ.

Tabell 15. Fördelning av starter med avseende på parkeringsplats och region [%]^a.

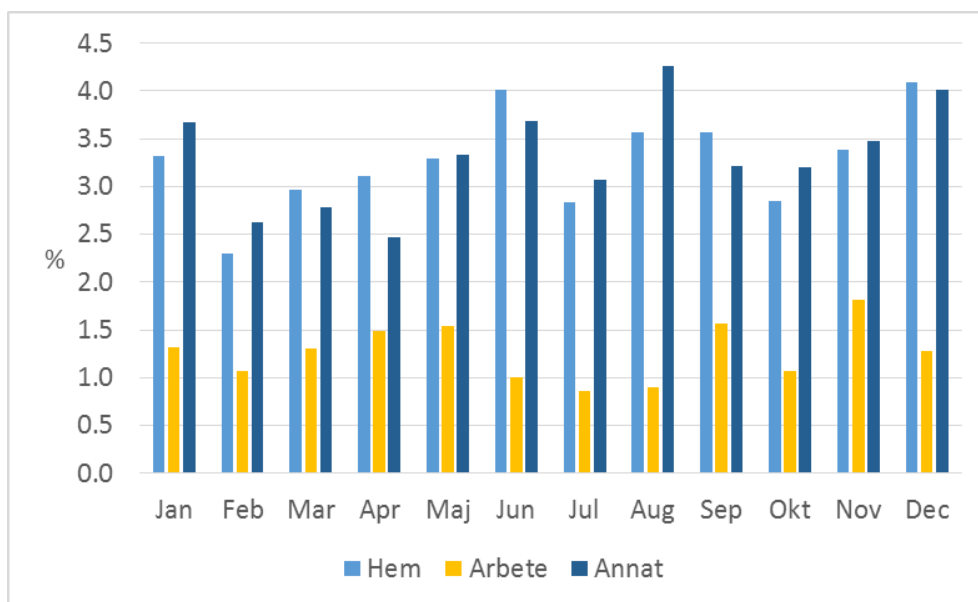
Norrland			
	Hemma	Arbete	Annat
Parkering ute	13	10	43
Varmgarage	10	1	-
Kallgarage	11	1	-
Elvärmare	8	3	-
Bränslevärmare	0	0	0
Summa	42	15	43
Svealand			
	Hemma	Arbete	Annat
Parkering ute	16	12	44
Varmgarage	9	1	-
Kallgarage	10	1	-
Elvärmare	4	1	-
Bränslevärmare	0	0	0
Summa	40	15	45
Götaland			
	Hemma	Arbete	Annat
Parkering ute	18	14	44
Varmgarage	8	1	-
Kallgarage	13	1	-
Elvärmare	1	0	-
Bränslevärmare	0	0	0
Summa	40	15	44

^a) Avrundat till närmsta heltal i tabellen.

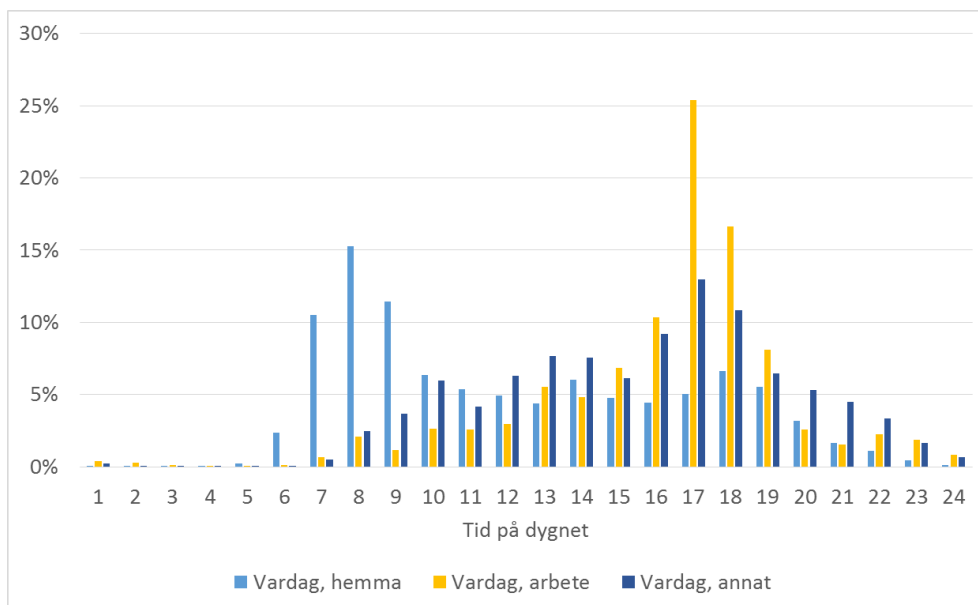
Starterna fördelas sedan även över årets månader, veckodag, tid på dygnet samt hur länge de stått parkerade. Detta redovisas i Figur 6, Figur 7 och Figur 8 med Norrland som exempel. Som ses minskar antalet starter på arbete under sommarmånaderna, vilket är att förvänta.

Sett över ett dygn, sker flest starter på morgonen vid hemmet för att sedan minska under dagen med en liten ökning vid 17 till 19-tiden. Starter vid arbete och vid annan plats följer en annan fördelning där de flesta starter sker vid en normal arbetstids slut. Att starter vid annan plats följer en liknande kurva kan bero på att personer väljer att göra ärenden när de ändå lämnar arbetet.

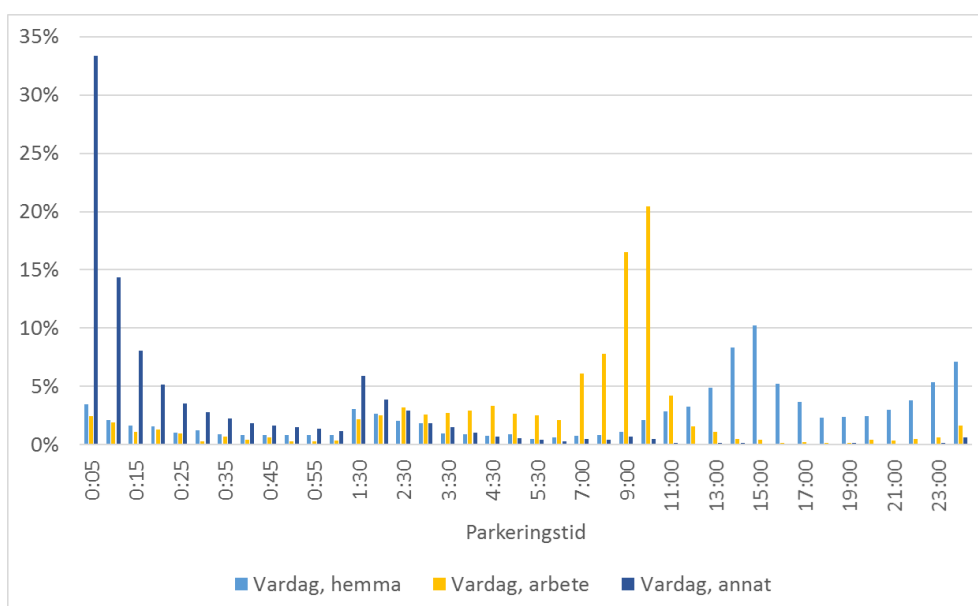
Figur 8 är en översikt över hur länge ett fordon stått parkerad innan start. Parkeringstiden är uppdelad i 5-minutersintervall upp till 1 timme, mellan 1 till 6 timmar är uppdelningen i halvtimmesintervall och efter 6 timmar är det timvis. Sett till fördelningen av starter med avseende på hur länge de stått parkerade, visar att bilar parkerade vid hemmet har oftast stått längre tid medan de som startats på annan plats har stått parkerade betydligt kortare tidsperiod. Parkeringstiden vid arbetet ligger mellan 7 till 10 timmar för de starter som sker där, vilket passar in på en normal arbetsdag.



Figur 6. Distribution av starter per månad och för olika startplatser – Norrland.

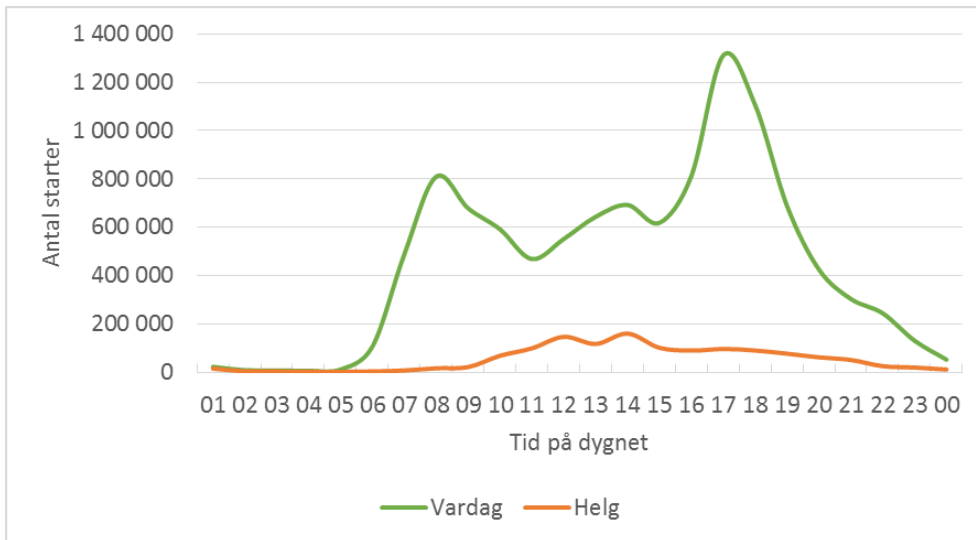


Figur 7. Andel starter med avseende på tid på dygnet. Normal månad, vardag.

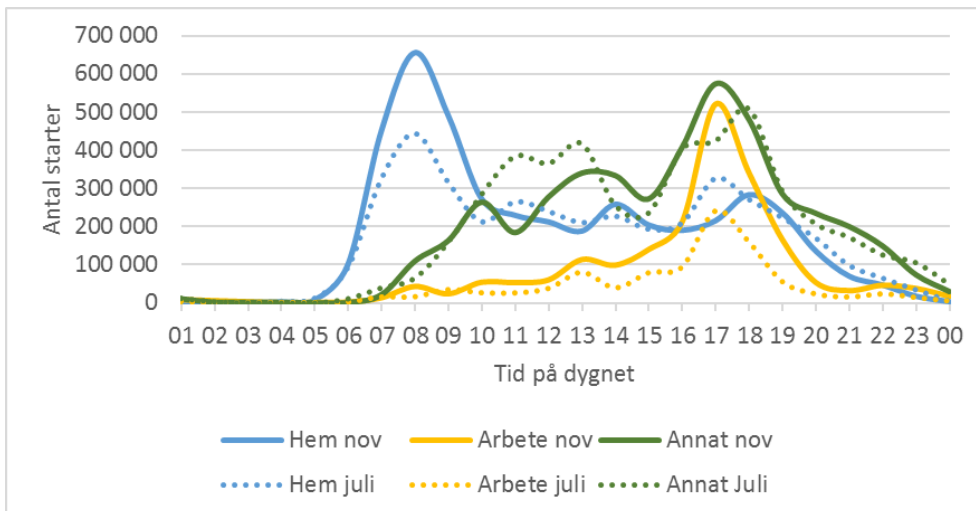


Figur 8. Andel starter med avseende på parkeringstid och parkeringsplats. Normal månad, vardag.

I Figur 9 och Figur 10 visas hur det totala antalet starter varierar över dagen i Götaland, dels mellan en vardag och helgdag, dels för en vardag under en vinter- respektive en sommarmånad och på olika startplatser. Under en vecka sker flest antal starter under sen eftermiddag och i anslutning till när arbetsdagen slutar. Det finns även en topp på morgonen. På helgen är det inte lika uttalade toppar och antalet starter är väsentligt färre. Vid en jämförelse mellan en vinter och en sommarmånad ses också att mönster för starterna skiljer sig åt. Det är inte lika tydliga toppar under vissa perioder för sommarmånaderna och ett större antal starter görs från parkeringsplatser markerade som *Annat* jämfört med en vintermånad.



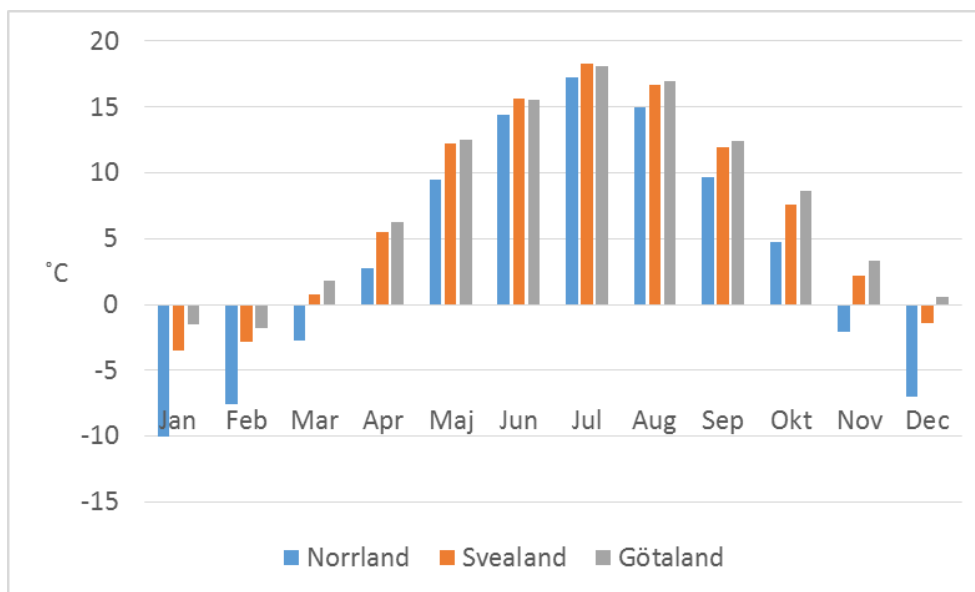
Figur 9. Antal starter en vardag och helgdag i november i Götaland.



Figur 10. Antal starter en vardag i november respektive juli och på olika startplatser i Götaland.

4.2. Utetemperaturer och kylvattentemperaturer vid start

I Figur 11 visas den genomsnittliga utetemperaturen vid start vid hemmet, månadsvis och för de olika regionerna. I COLDSTART2014 finns det liknande temperaturkurva för startplatserna arbetet och annat. Den genomsnittliga medeltemperaturen för dessa platser skiljer sig inte mycket åt från den vid hemmet. Den största avvikelser är ca 0,5 °C.



Figur 11. Genomsnittlig utetemperatur vid start, hemmet.

Den genomsnittliga temperaturen på kylvattnet vid start beror på utetemperatur, vindförhållanden, var fordonet har stått parkerat, hur länge det stått parkerat samt var i avsvavlingsförloppet som motorn befinner sig i. I COLDSTART2014 har dessa beräknats för olika parkeringsalternativ, parkeringsplatser och regioner, se Tabell 16. Kylvattentemperaturen är i för den genomsnittliga starten som lägst strax över 20°C om bilen stått parkerad i ett kallgarage. Vidare är kylvattentemperaturen generellt sett något högre i Norrland än i Svealand och Götaland, med undantag för alternativet *Elvärme* där det omvända förhållandet gäller. Att kylvattentemperaturen i vissa fall är något högre i Norrland än övriga landet, även fast utetemperaturen är lägre, kan bero på att något fler starter görs då fordonet stått parkerat en kortare stund (<1 timme), vilket innebär att motorn inte har hunnit svalna (Hammarström, Edwards 1999). Sett till skillnader mellan parkeringsplatserna *Hemma* och *Arbete* så skiljer de sig åt med några °C, men skillnaden är relativt liten.

Tabell 16. Genomsnittlig kylvattentemperatur vid start med avseende på parkeringsplats och region [$^{\circ}\text{C}$].

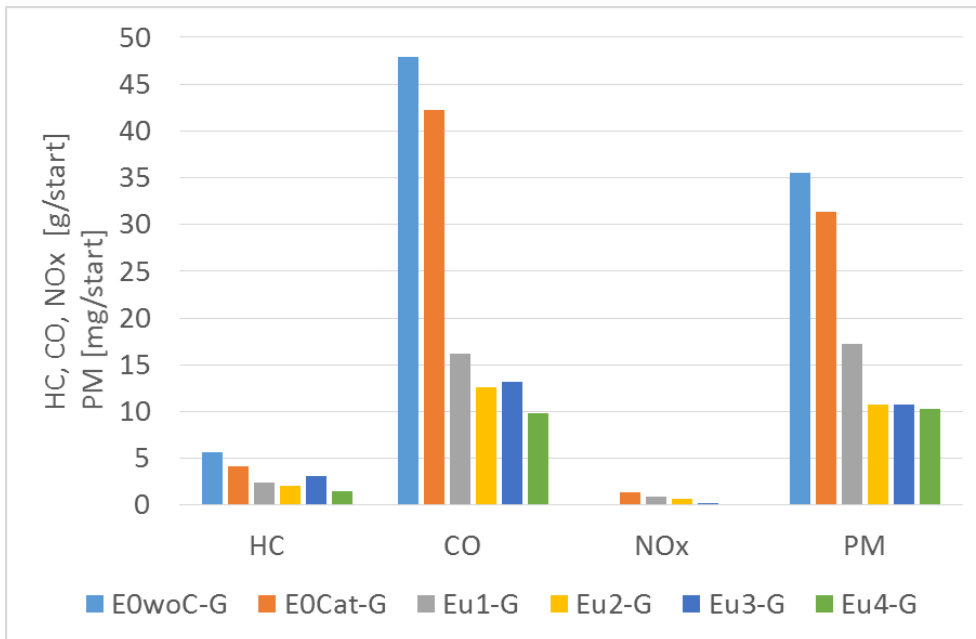
Norrland		
	Hemma	Arbete
Parkering ute	25	22
Varmgarage	29	30
Kallgarage	28	26
Elvärmare	32	35
Bränslevärmare	74	74
Svealand		
	Hemma	Arbete
Parkering ute	23	21
Varmgarage	29	30
Kallgarage	27	27
Elvärmare	36	38
Bränslevärmare	72	72
Götaland		
	Hemma	Arbete
Parkering ute	21	20
Varmgarage	29	30
Kallgarage	25	27
Elvärmare	36	37
Bränslevärmare	72	71

4.3. Beräknade kallstartstillägg

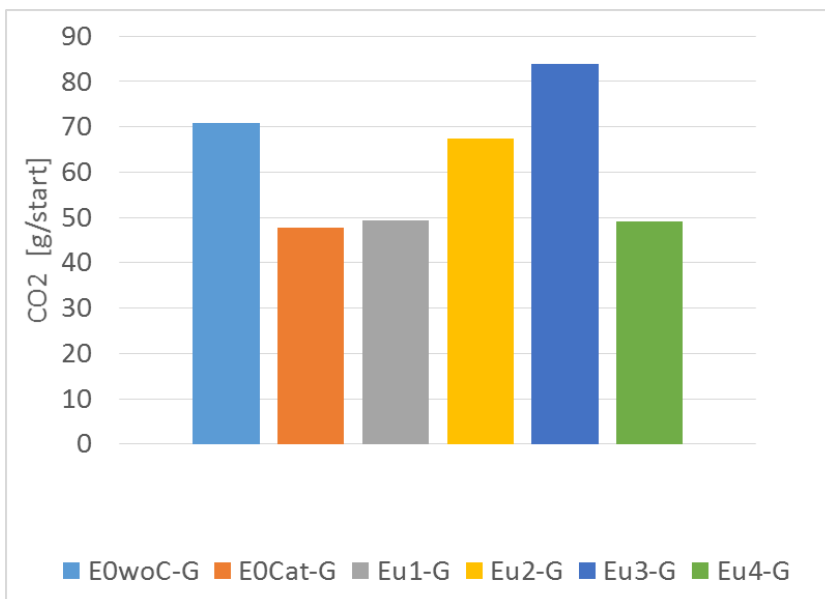
4.3.1. Genomsnittliga kallstartstillägg.

I detta avsnitt redovisas de genomsnittliga kallstartstilläggen enligt de antagande som gjorts om startplatser, starttider, användning av motorvärmare mm som finns definierade i COLDSTART2014. Det innebär att vissa starter sker utan att man använt motorvärmare även om den möjligheten finns.

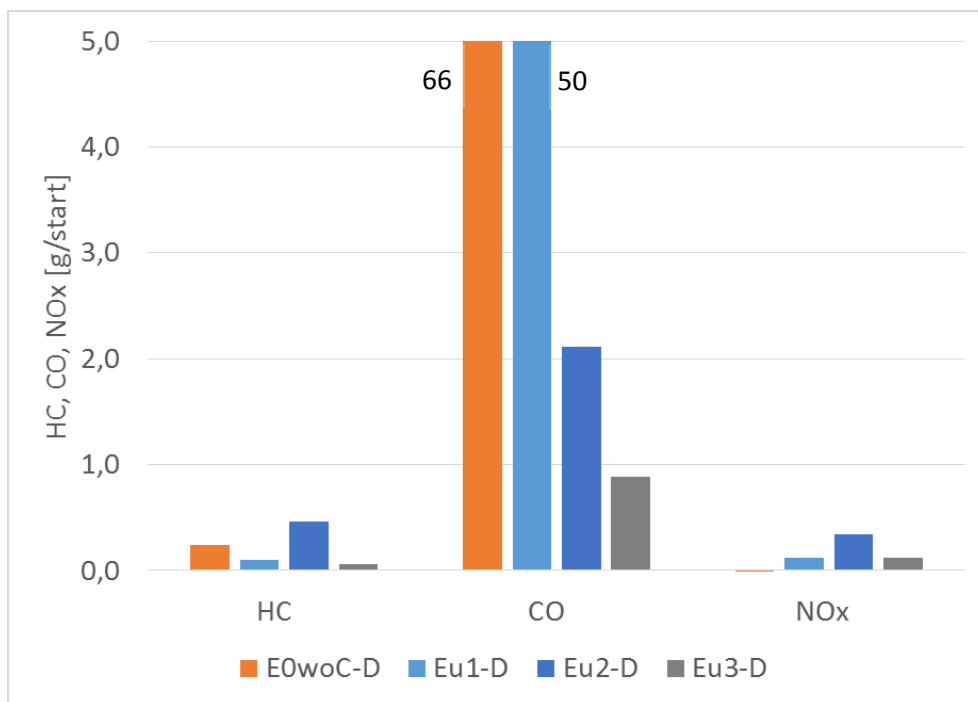
Figur 12 och Figur 13 visar genomsnittliga kallstartstillägg för olika miljöklasser på bensinbilar. Samma uppgifter för dieslbilar visas i Figur 14 och Figur 15. Som kan ses i Figur 12 blir kallstartstilläggen generellt lägre ju högre miljöklass fordonet har. Eu3-G avviker något då emissionerna är något högre relativt Eu2-G. Den största minskningen sker mellan preEuro-klasserna, kallade E0woC-G och E0cat-G, jämfört med Eu1-G till Eu4-G. Kallstartstilläggen av CO₂ visar en annan utveckling. Från E0Cat-G ökar kallstartstilläggen med en högre miljöklass. Undantaget är Eu4-G som ligger på samma nivå som Eu1-G. För dieslbilar är det en liknande trend med undantag för Eu2-D som har högre utsläpp än övriga dieselfordon som är inkluderade i studien. Endast CO visar ett minskat kallstartstillägg för Eu2-D jämfört med tidigare miljöklasser. Det är också för CO som det sker en dramatisk minskning av kallstartstilläggen mellan E0woC-D och Eu1-D jämfört med Eu2-D och Eu3-D.



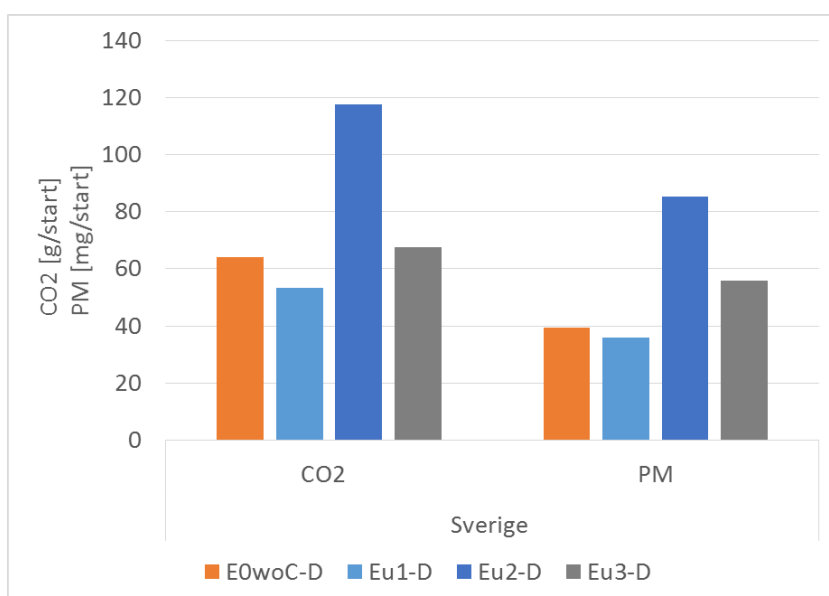
Figur 12. Kallstartstillägg för HC, CO, NO_x och PM för en genomsnittlig start, bensinbilar, Sverige.



Figur 13. Kallstartstillägg för CO₂ för en genomsnittlig start, bensinbilar, Sverige.



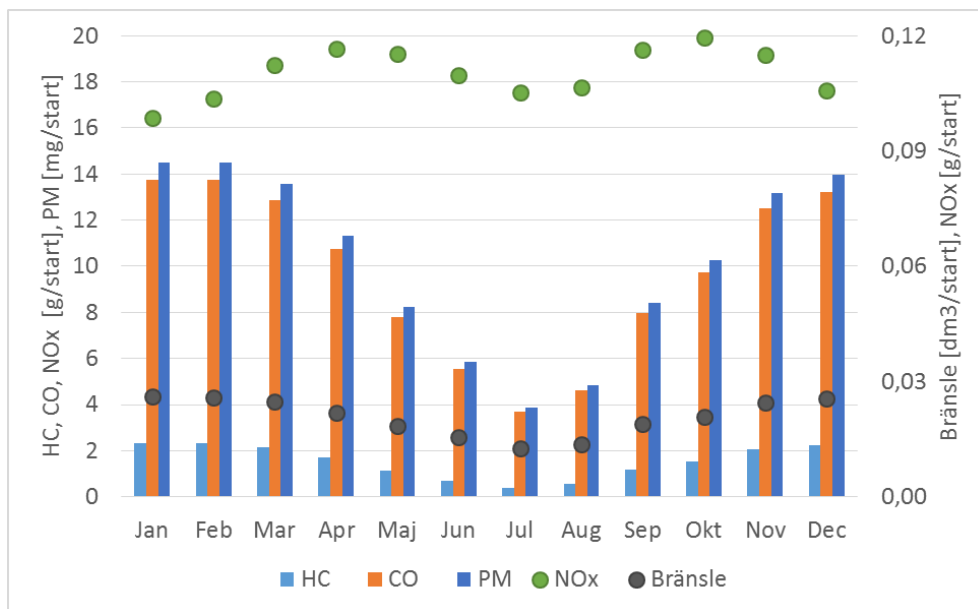
Figur 14. Kallstartstillägg för HC, CO och NO_x för en genomsnittlig start, dieselbilar, Sverige.



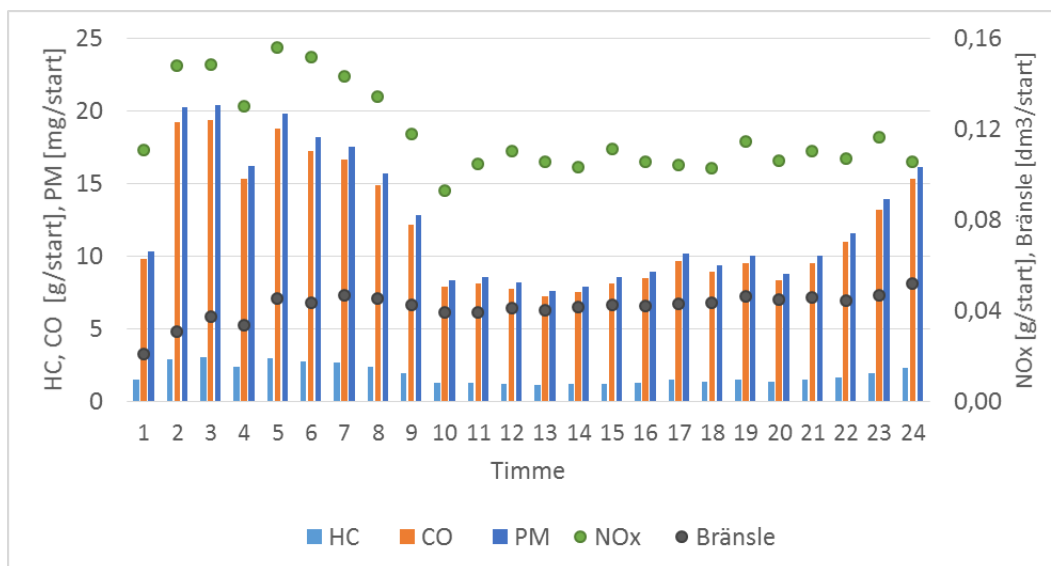
Figur 15. Kallstartstillägg för CO₂ och PM för en genomsnittlig start, dieselbilar, Sverige.

Figur 12 till Figur 15 visar hur de genomsnittliga emissionerna per kallstart varierar på årsbasis mellan olika miljöklasser och bränslen för personbilar. Som ses finns en del skillnader beroende på vilket fordon som man studerar. Kallstartstilläggen varierar också över året och över dygnets timmar inom varje fordonstyp. I Figur 16 och Figur 17 visas ett exempel på hur denna variation ser ut för en bensinbil Eu4 över året och över ett dygn. Sett över året minskar kallstartstilläggen över sommaren. NO_x påvisar en något annorlunda utveckling i och med att kallstartstilläggen är

högre under vår och sommar relativt vinter och sommar. Även under ett genomsnittligt dygn varierar kallstartstilläggen där de högsta emissionerna sker under morgontimmarna. Vid 10-tiden på förmiddagen planar det ut på en nivå som är drygt hälften av nivåerna som är de högsta under morgonen, och vid 21-tiden börjar de bli högre igen.



Figur 16. Genomsnittligt kallstartstillägg per månad för HC, CO, PM, NO_x och bränsle, Eu4-G.



Figur 17. Genomsnittligt kallstartstillägg under ett dygn av HC, CO, PM, NO_x och bränsle, Eu4-G.

4.3.2. Kallstartstillägg totalt och per region

Med informationen om fordonsflottans sammansättning, starter på olika tidpunkter, platser, parkeringstider, användning av motorvärme samt väder i kombination med kallstartstilläggsfunktioner för olika miljöklasser fås uppgifter om hur stora kallstartstilläggen är under ett år i Sverige och för respektive region. Resultatet redovisas i Tabell 17. Totalt sett sker de högsta utsläppen på grund av kallstarter i Götaland följt av Svealand och Norrland. Till exempel beräknades kallstartstilläggen av CO₂ vara ca. 351 kton under ett år. Det kan jämföras med de beräknade totala utsläppen av CO₂-ekv från personbilar som år 2014 var 10 607 kton¹¹ (2000 12 490 kton).

Tabell 17. Kallstartstillägg emissioner och elförbrukning enligt antaganden om dagens användning av motorvärmare.

Utsläpp	Sverige	Norrland	Svealand	Götaland
HC [ton]	7 048	993	2 401	3 654
CO [ton]	44 421	6 178	15 106	23 138
NO _x [ton]	1 282	166	450	666
CO ₂ [ton]	350 944	49 512	120 741	180 689
PM [ton]	165	24	57	85
EI[GWh]	522	195	219	108
Bränsle [m ³]	148 682	21 018	51 151	76 513

4.3.3. Effekten på kallstartstillägg med användning av motorvärmare

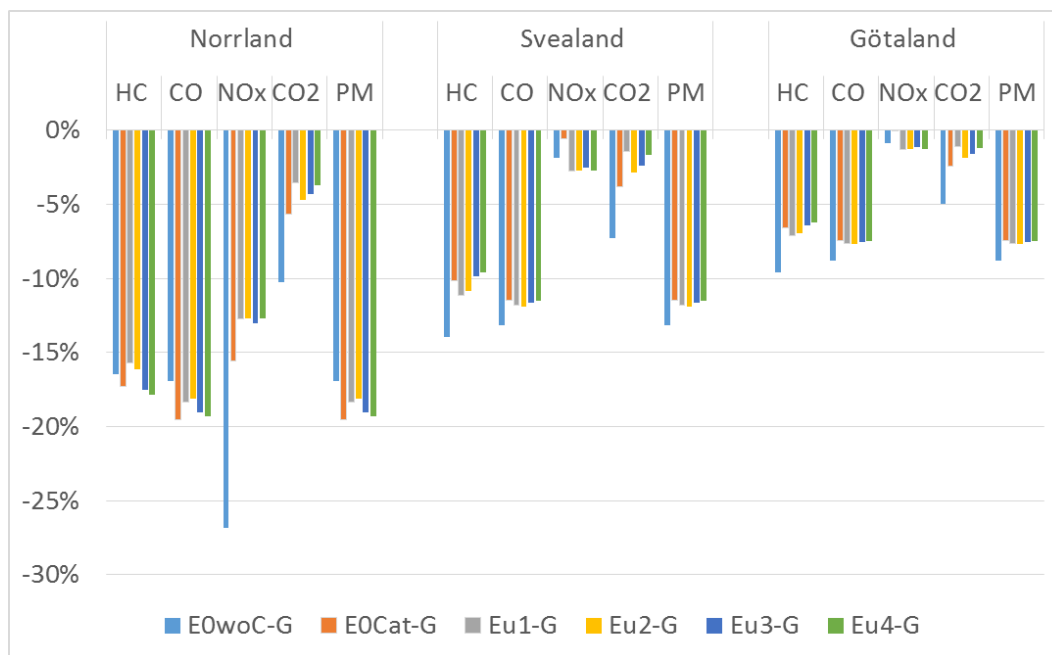
I Tabell 18 visas den procentuella skillnaden i det genomsnittliga kallstartstillägget på Sverigenivå mellan att inte använda motorvärmare och att alltid använda motorvärmare. Skillnaden är beräknad för olika kravnivåer. Överlag sker det en minskning för alla emissioner och för bränsleförbrukningen.

¹¹ <http://naturvardsverket.se/sv/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/> , 2015-12-29

Tabell 18. Kallstartseffekter, procentuell skillnad för en genomsnittlig start med motorvärmare relativt utan motorvärmning.

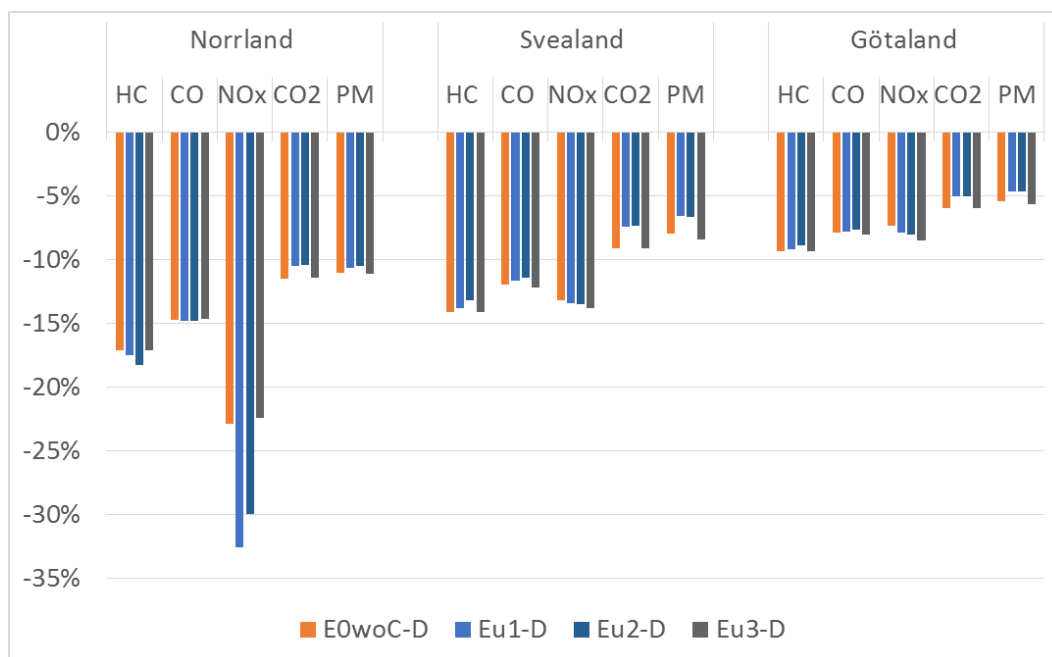
Bensin	E0woC-G	E0Cat-G	Eu1-G	Eu2-G	Eu3-G	Eu4-G
HC	-17%	-14%	-10%	-11%	-15%	-16%
CO	-15%	-16%	-14%	-13%	-15%	-16%
NO _x	-8%	-6%	-3%	-3%	-4%	-3%
CO ₂	-10%	-6%	-7%	-6%	-7%	-7%
PM	-15%	-16%	-14%	-13%	-15%	-16%
Diesel	E0woC-D	Eu1-D	Eu2-D	Eu3-D		
HC	-12%	-14%	-18%	-12%		
CO	-10%	-10%	-14%	-10%		
NO _x	-13%	-13%	-21%	-13%		
CO ₂	-8%	-8%	-10%	-8%		
PM	-10%	-10%	-12%	-9%		

Eftersom det i genomsnitt är kallare ju längre norrut man kommer i landet så undersöktes även hur nyttan med att använda motorvärmare skiljer sig åt mellan de tre regionerna. I Figur 18 och Figur 19 redovisas hur mycket kallstartstilläggen minskar för en genomsnittlig start ifall el-motorvärmare används. Som ses minskar de genomsnittliga kallstartstilläggen mest i Norrland, följt av Svealand och sist Götaland. För HC, CO och PM är minskningen mellan 15-20%, för NO_x ca 12% och för CO₂/bränsle är minskningen strax under 5% i Norrland för de flesta miljöklasserna av bensinbilar.



Figur 18. Minskade kallstartstillägg med dagens användning av motorvärmare för olika miljöklasser av bensinbil (genomsnittlig start).

Samma tendens finns för dieselbilar, där nyttan av motorvärmare är störst i Norrland. I detta fall gäller det speciellt NO_x där minskning kan vara upp till drygt 30%.



Figur 19. Minskade kallstartstillägg med dagens användning av motorvärmare för olika miljöklasser av dieselbil (genomsnittlig start).

Antaganden om dagens användning av motorvärmare innebär att den inte alltid används fast det skulle kunna vara möjligt. Den teoretiskt möjliga sänkningen av emissioner och bränsleförbrukning vid kallstarter skulle således kunna vara lägre. Hur stora de totala besparingarna i mängden emissioner och bränsleförbrukning är med att använda motorvärmare, enligt antagande om dagens användning respektive att motorvärmare alltid används, visas i Tabell 19 och de är avrundade till närmaste antalet ton. Även mängden el som används för motorvärmning redovisas.

Enligt tabellen skulle den största totala minskningen av kallstartstilläggen för de flesta emissioner ske i Svealand, följt av Norrland och sist Götaland utifrån antagande om dagens användning av motorvärmare. Sett till om motorvärmare alltid används inför en start så blir minskningen däremot större i Götaland än i Norrland, medan den totalt sett fortfarande är störst i Svealand. Den ytterligare minskningen av kallstartstillägg av att alltid använda motorvärme sker dock till priset av en ökad elanvändning, ca 90 % högre jämfört med dagens användning av motorvärmare och sett till landsnivå.

Tabell 19. Totala minskade kallstartstillägg och ökad elförbrukning under ett år i Sverige samt i respektive region om motorvärmare används enligt dagens förutsättningar respektive om motorvärmare alltid används.

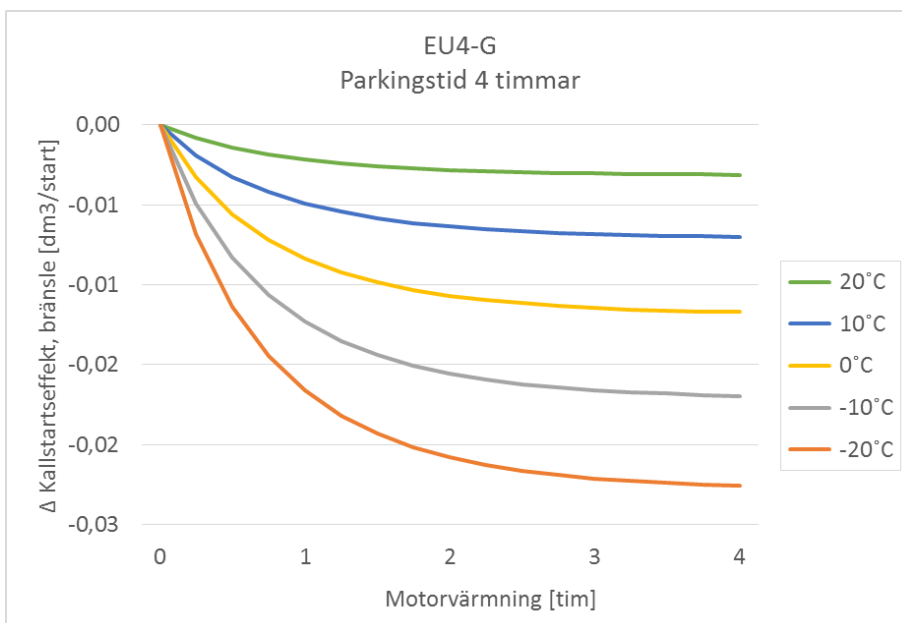
Dagens användning av motorvärmare ^a				
	Sverige	Norrland	Svealand	Götaland
HC [ton]	-839	-281	-333	-225
CO [ton]	-5 459	-1 827	-2 186	-1 446
NO _x [ton]	-41	-27	-11	-3
CO ₂ [ton]	-18 954	-6 098	-7 808	-5 049
PM [ton]	-13	-4	-5	-3
EI [GWh]	522	195	219	108
Bränsle [m ³]	-8 070	-2 589	-3 318	-2 163
Motorvärmare används alltid ^a				
	Sverige	Norrland	Svealand	Götaland
HC [ton]	-1 114	-294	-432	-387
CO [ton]	-7 405	-1 909	-2 888	-2 606
NO _x [ton]	-77	-30	-26	-21
CO ₂ [ton]	-27 188	-6 398	-10 781	-10 119
PM [ton]	-19	-5	-7	-7
EI [GWh]	988	218	395	375
Bränsle [m ³]	-11 472	-2 715	-4 544	-4 213

^{a)} De minskade kallstartstilläggen är relativt till om motorvärmare inte används.

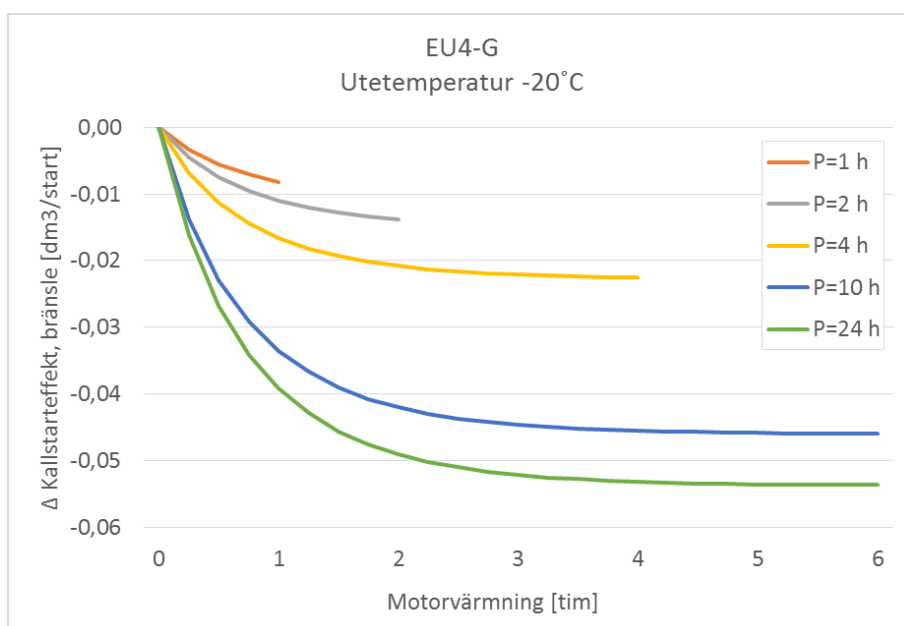
Förutom att se till hur kallstartstilläggen påverkas på nationell och regional basis vid olika användning av förvärmning av motorn så har det också undersökts hur utetemperatur, längd på parkeringstid och hur länge motorvärmaren används påverkar storleken på kallstartstilläggen. Resultaten för hur bränsleanvändningen påverkas visas i Figur 20 till Figur 23. För bensinbilar används Eu4-G och för dieslbilar visas resultat för Eu3-D.

Motorvärmaren gör mest nytta vid kallare omgivningstemperaturer, Figur 20, och då fordonet stått parkerat en längre tid, Figur 21. För en Eu4-G är den absoluta effekten på kallstartstilläggen storlek i form av bränsleförbrukning 100 % lägre för -20°C jämfört med 0°C för samma parkeringstid (4 timmar) och samma inkopplingstid av motorvärmaren (1 timme). Om samma bil har stått parkerad i 24 timmar och haft motorvärmare på i 1 timme så är bränsleförbrukningen nästan 4 gånger lägre jämfört med om bilen stått parkerad i 1 timme och haft på motorvärmaren under lika lång tid.

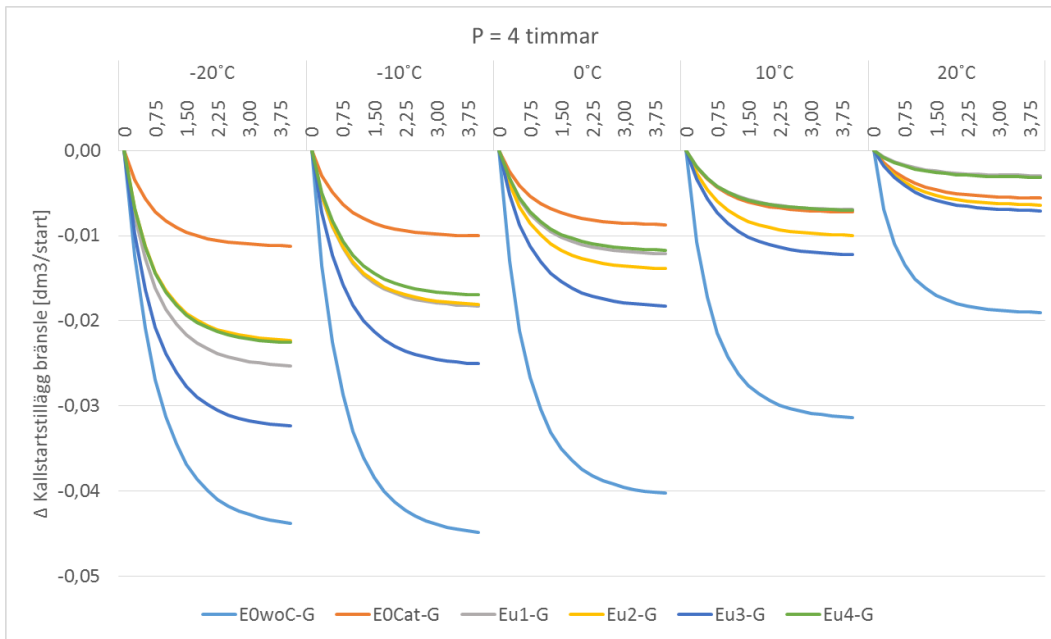
Nyttan sett till minskade bränsleförbrukning är också avtagande med tiden som motorvärmaren är inkopplad och den största minskningen av kallstartstilläggen av bränsle sker i början av uppvärmningsfasen. Hur mycket kallstartstilläggen påverkas är beroende av fordonstyp, vilket visas i Figur 22 och Figur 23. För bensindrivna fordon ses också att de minskade kallstartstilläggen för bränsle blir lägre med varmare utetemperatur. För dieslbilar visar det däremot på motsatt utveckling för de flesta av de inkluderade miljöklasserna, dvs ju varmare utetemperatur desto mer nytta gör motorvärmning i att minska kallstartstilläggen för drivmedelsförbrukningen. Det är endast Eu2-D som visar på samma utveckling som för bensinbilar. Eu2-D och E0woC-G visar också på en mycket stor vinst med att förvärma motorn vid kallare temperaturer relativt de andra miljöklasserna.



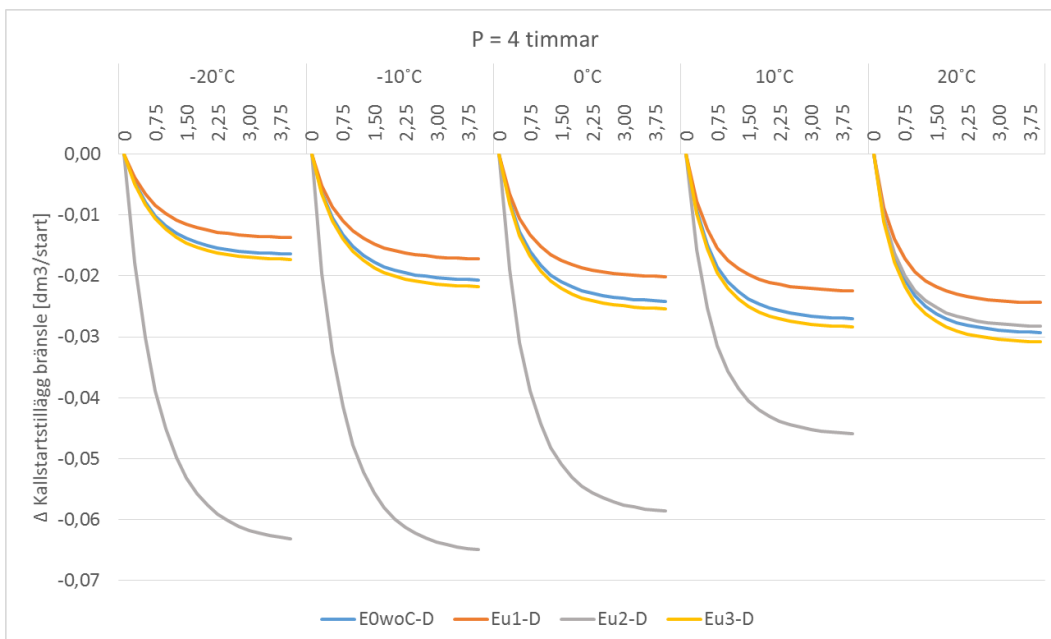
Figur 20. Effekten på kallstartstilläggen för bränsle med avseende på utetemperatur och inkopplingstid av motorvärmare. Eu4-G och parkeringstid 4 timmar.



Figur 21. Effekten på kallstartstilläggen med avseende på parkeringstid och inkopplingstid av motorvärmare. Eu4-G och omgivningstemperatur -20°C.



Figur 22. Effekten på kallstartstillägg för bränsle vid olika utetemperaturer och inkoppling av motorvärmare, parkeringstid = 4 timmar, bensin.



Figur 23. Effekten på kallstartstillägg för bränsle vid olika utetemperaturer och inkoppling av motorvärmare, parkeringstid = 4 timmar, diesel.

4.4. Kostnads- och energieffektiv användning av motorvärmare

En kostnads- respektive energieffektiv inkopplingstid har uppskattats för eldrivna motorvärmare med avseende på kravnivå, lufttemperatur och parkeringstid. En systematisk variation har genomförts av utetemperatur, parkeringstid, och hur länge motorvärmare varit inkopplad. I Tabell 20 till

Tabell 25 visas dels hur länge motorvärmaren kan användas för att fortfarande vara kostnadsalternativt energieffektiv, siffran i vänstra kolumnen, samt vid vilken användningstid där den största vinsten inträffar, siffran i parentesen). Anges inget värde på någon plats i tabellerna så innebär det att det inte är effektivt att använda motorvärmare i det perspektiv som undersöks.

4.4.1. Samhällsekonomiskt perspektiv

Tabell 20- EU-G: Effektiva inkopplingstider av elmotorvärmare (tim) i ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Lufttemperatur [°C]	Parkeringstid [tim]									
	1		2		4		10		24	
Eu1-G										
-20	≤1,00	(0,25)	≤2,00	(0,50)	≤2,25	(0,50)	≤3,00	(0,50)	≤3,25	(0,50)
-10	≤1,00	(0,25)	≤1,25	(0,25)	≤1,50	(0,25)	≤2,00	(0,50)	≤2,25	(0,50)
0	≤0,75	(0,25)	≤1,00	(0,25)	≤1,00	(0,25)	≤1,25	(0,25)	≤1,25	(0,25)
+10	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤0,75	(0,25)
+20	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)
Eu2-G										
-20	≤1,00	(0,25)	≤1,50	(0,25)	≤1,75	(0,50)	≤2,25	(0,50)	≤2,50	(0,50)
-10	≤1,00	(0,25)	≤1,00	(0,25)	≤1,25	(0,25)	≤1,75	(0,50)	≤1,75	(0,50)
0	≤0,75	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤1,00	(0,25)	≤1,25	(0,25)	≤1,25	(0,25)
+10	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤0,75	(0,25)
+20	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)
Eu3-G										
-20	≤1,00	(0,25)	≤1,25	(0,25)	≤1,75	(0,50)	≤2,75	(0,75)	≤3,00	(0,75)
-10	≤0,75	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤1,25	(0,25)	≤2,00	(0,75)	≤2,25	(0,50)
0	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤1,25	(0,50)	≤1,25	(0,50)
+10	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,25)
+20	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)
Eu4-G										
-20	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤1,25	(0,50)	≤1,75	(0,75)	≤2,00	(0,75)
-10	≤0,25	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤1,25	(0,50)	≤1,50	(0,50)
0	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,25)	≤0,75	(0,25)
+10	-		-		≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)	≤0,25	(0,25)
+20	-		-		-		-		-	

Tabell 21. EU-D: Effektiva inkopplingstider av elmotorvärmare (tim) i ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Lufttemperatur [°C]	Parkeringsstid [tim]									
	1		2		4		10		24	
Eu1-D										
-20	-	-	≤0,50	(0,25)	≤1,25	(0,50)	≤1,25	(0,50)	≤1,25	(0,50)
-10	-	-	≤0,75	(0,25)	≤1,25	(0,50)	≤1,25	(0,50)	≤1,25	(0,50)
0	-	-	≤0,50	(0,25)	≤1,00	(0,50)	≤1,00	(0,50)	≤1,00	(0,50)
+10	-	-	≤0,50	(0,25)	≤1,00	(1,00)	≤1,00	(0,50)	≤1,00	(0,50)
+20	-	-	≤0,50	(0,25)	≤1,00	(0,50)	≤1,00	(0,50)	≤1,00	(0,50)
Eu2-D										
-20	≤1,00	(0,50)	≤2,00	(1,00)	≤4,00	(1,50)	≤8,00	(2,00)	≤8,25	(2,00)
-10	≤0,75	(0,50)	≤2,00	(0,75)	≤4,00	(1,25)	≤6,50	(1,75)	≤6,50	(1,75)
0	≤0,50	(0,25)	≤1,75	(0,50)	≤3,00	(1,00)	≤4,25	(1,25)	≤4,25	(1,25)
+10	-	-	≤1,00	(0,50)	≤2,00	(0,75)	≤3,00	(1,00)	≤3,00	(1,00)
+20	-	-	≤0,50	(0,25)	≤0,75	(0,50)	≤1,25	(0,50)	≤1,25	(0,50)
Eu3-D										
-20	-	-	≤0,75	(0,25)	≤1,50	(0,75)	≤1,50	(0,75)	≤1,50	(0,75)
-10	-	-	≤1,00	(0,50)	≤1,50	(0,75)	≤1,50	(0,75)	≤1,75	(0,75)
0	-	≤0,25	(0,25)	≤1,00	(0,50)	≤1,75	(0,75)	≤1,75	(0,75)	(0,75)
+10	-	≤0,50	(0,25)	≤1,25	(0,50)	≤1,75	(0,75)	≤1,75	(0,75)	(0,75)
+20	-	≤0,50	(0,25)	≤1,50	(0,50)	≤1,75	(0,75)	≤1,75	(0,75)	(0,75)

4.4.2. Privatekonomiskt perspektiv

Tabell 22. EU-G: Effektiva inkopplingstider av elvärmare (tim) i ett privatekonomiskt perspektiv.

Lufttemperatur [°C]	Parkeringsstid [tim]				
	1	2	4	10	24
Eu1-G					
-20	-	-	-	≤1,00 (0,50)	≤1,25 (0,50)
-10	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,50 (0,25)
0	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-
Eu2G					
-20	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤1,00 (0,50)
-10	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,50 (0,25)
0	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-
Eu3G					
-20	-	-	≤0,25 (0,25)	≤1,50 (0,50)	≤1,75 (0,75)
-10	-	-	-	≤0,75 (0,50)	≤1,25 (0,50)
0	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,50 (0,25)
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-
Eu4G					
-20	-	-	-	≤0,75 (0,25)	≤1,00 (0,50)
-10	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,50 (0,25)
0	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-

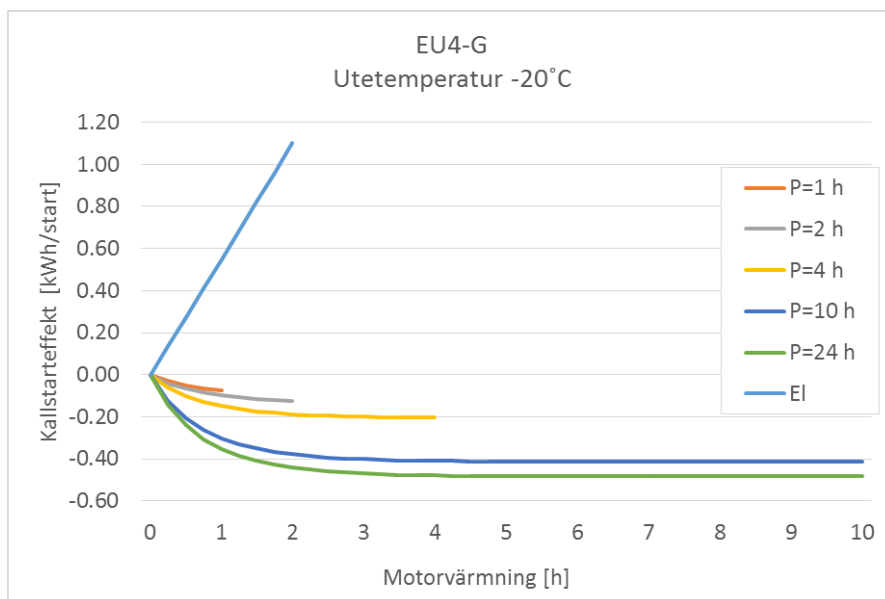
Tabell 23. EU-D: Effektiva inkopplingstider av elvärmare (tim) i ett privatekonomiskt perspektiv.

Lufttemperatur [°C]	Parkeringsstid [tim]					
	1	2	4	10	24	
Eu1-D						
-20	-	-	-	-	-	-
-10	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	≤0,50	(0,25)	-
+20	-	-	-	-	-	≤0,25 (0,25)
Eu2-D						
-20	-	≤0,25 (0,25)	≤1,00 (0,50)	≤1,75 (0,75)	≤1,75 (0,75)	≤1,75 (0,75)
-10	-	≤0,25 (0,25)	≤1,25 (0,50)	≤1,75 (0,75)	≤1,75 (0,75)	≤1,75 (0,75)
0	-	≤0,25 (0,25)	≤1,00 (0,50)	≤1,50 (0,75)	≤1,50 (0,75)	≤1,50 (0,75)
+10	-	-	≤0,75 (0,25)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)
+20	-	-	-	≤0,50 (0,25)	≤0,50 (0,25)	≤0,50 (0,25)
Eu3-D						
-20	-	-	-	-	-	-
-10	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,25 (0,25)	≤0,25 (0,25)
+10	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,25 (0,25)	≤0,25 (0,25)
+20	-	-	0,25 (0,25)	≤0,50 (0,25)	≤0,50 (0,25)	≤0,50 (0,25)

4.4.3. Energieffektivt perspektiv

Som visats i Figur 21 till Figur 23 leder en användning av motorvärmare till en minskad bränsleförbrukning som är större ju kallare utetemperaturer är och ju längre bilen stått parkerad, dvs hur mycket avkyld motorn har hunnit bli. Men energieffektiviteten med en minskad bränsleförbrukning motverkas av en ökad elförbrukning till själva motorvärmaren. Som ses i Figur 24 ökar elförbrukningen relativt snabbt jämfört med den minskade bränsleförbrukningen av att förvärma motorn. Exemplet nedan är för en bensinbil Eu4 där den tillkommande elförbrukningen är högre än den minskade bränsleförbrukningen efter ca 45 minuters inkoppling vid en utetemperatur av -20°C och då bilen stått parkerad i 24 timmar. Denna tidpunkt då den totala energianvändningen blir högre med motorvärmning sker tidigare vid varmare utetemperaturer och kortare parkeringsstid. I Tabell 24 och

Tabell 25 visas när det är energieffektivt med avseende på summan av el- och bränsleförbrukning att förvärma motorn med eldriven motorvärmare.



Figur 24. Förändring i kallstarteffekter, energieffektiviteten med motorvärmning, bensin Eu4-G.

Tabell 24. EU-G: Effektiva inkopplingstider av elvärmare (tim) i ett energieffektivt perspektiv.

Lufttemperatur [°C]	Parkeringstid [tim]				
	1	2	4	10	24
Eu1-G					
-20	-	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,25 (0,25)
-10	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-
Eu2G					
-20	-	-	-	-	≤0,25 (0,25)
-10	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-
Eu3G					
-20	-	-	-	≤0,50 (0,25)	≤0,75 (0,50)
-10	-	-	-	-	≤0,25 (0,25)
0	-	-	-	-	≤0,50 (0,25)
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-
Eu4G					
-20	-	-	-	-	-
-10	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-

Tabell 25. EU-D: Effektiva inkopplingstider av elvärmare (tim) i ett energieffektivt perspektiv.

Lufttemperatur [°C]	Parkeringsstid [tim]					
	1	2	4	10	24	
Eu1-D						
-20	-	-	-	-	-	-
-10	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	-	-	-
Eu2-D						
-20	-	-	≤0,50 (0,25)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)
-10	-	-	≤0,75 (0,25)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)
0	-	-	≤0,50 (0,25)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)	≤1,00 (0,50)
+10	-	-	≤0,25 (0,25)	≤0,50 (0,25)	≤0,50 (0,25)	≤0,50 (0,25)
+20	-	-	-	-	-	-
Eu3-D						
-20	-	-	-	-	-	-
-10	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-
+10	-	-	-	-	-	-
+20	-	-	-	0,25 (0,25)	0,25 (0,25)	0,25 (0,25)

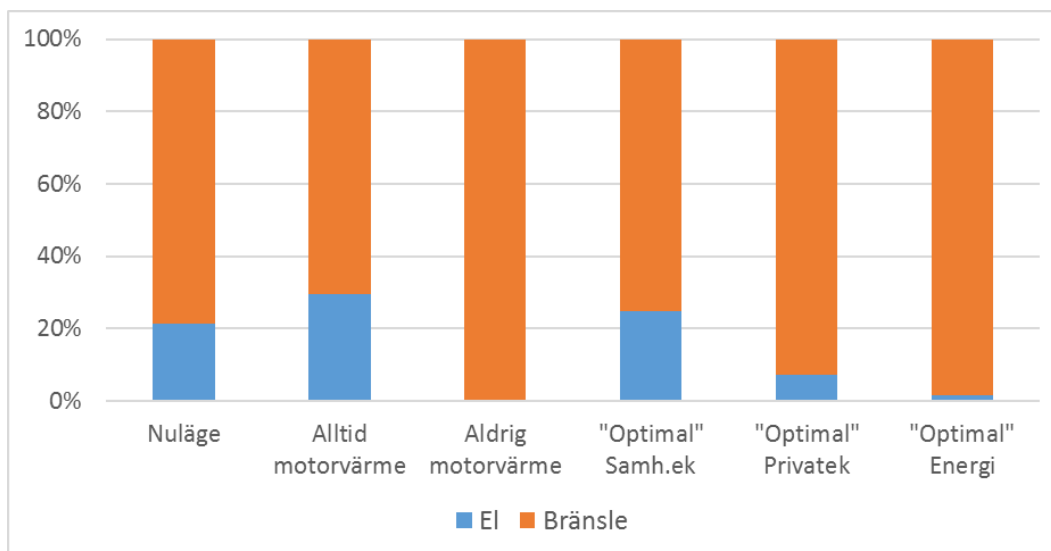
4.5. Jämförelse av kallstartseffekter och kostnader på nationell nivå

I Tabell 26 sammanfattas de kallstartstillägg på nationell nivå som är beräknade utifrån olika förutsättningar. Den ”optimala” användningen är beräknad utifrån de resultat som är beskrivna i kapitel 4.4. Antalet starter i dessa tre scenarier är sammanslagna efter en indelning som motsvarar de parkeringstider som undersökts för att få fram den tid som en elektrisk motorvärmare ska användas för att minimera den aspekt som undersöks; Samhällsekonomisk kostnad; Privatekonomisk kostnad eller Energi. De lägsta utsläppen av CO₂, CO och NO_x sker om användningen av motorvärmare är enligt lägst samhällsekonomisk kostnad. Det lägsta utsläppet av HC fås om motorvärmare alltid används. Att aldrig använda motorvärmare ger däremot det högsta utsläppet av CO₂ samt PM. Att minimera energianvändningen ger det högsta utsläppet av HC, CO och NO_x.

Sett till elförbrukning mellan de olika alternativen så borde elvärmare användas mer i ett samhällsekonomiskt perspektiv än vad det gör enligt *Nuläge*. I ett privatekonomiskt perspektiv borde den däremot användas betydligt mindre, vilket visar att den nyttan som minskade kallstartstillägg leder till inte uppväger den merkostnad det blir för bilägaren att använda mer el till motorvärme. Bränsleförbrukningen på grund av kallstartstillägg är som lägst vid en samhällsekonomisk användning medan den totala energianvändningen (el + bränsle) är som lägst om man minimerar med avseende energi. I *Energi* är bränsleanvändningen betydligt högre än i det samhällsekonomiska alternativet men det uppvägs av att elanvändningen för motorvärmning är väsentligt lägre. I Figur 25 ses hur stor andelen av den totala energianvändningen för kallstartstillägg under ett år som utgörs av el respektive bränsle.

Tabell 26. Kallstartstillägg för ett år vid olika förutsättningar.

	Nuläge	Alltid		”Optimal användning”		
		motorvärme	motorvärme	Samhällsek.	Privatek.	Energi
HC [ton]	7 048	6 772	7 886	6 826	7 938	8 008
CO [ton]	44 421	42 476	49 881	38 916	49 682	50 440
NO _x [ton]	1 282	1 246	1 323	-597	1 336	1 600
CO ₂ [ton]	350 944	342 711	369 899	297 159	333 614	353 405
PM [ton]	165	159	178	111	144	167
EI [GWh]	522	988	0	580	108	22
Bränsle [m ³]	148 682	145 280	156 752	127 124	142 336	150 270



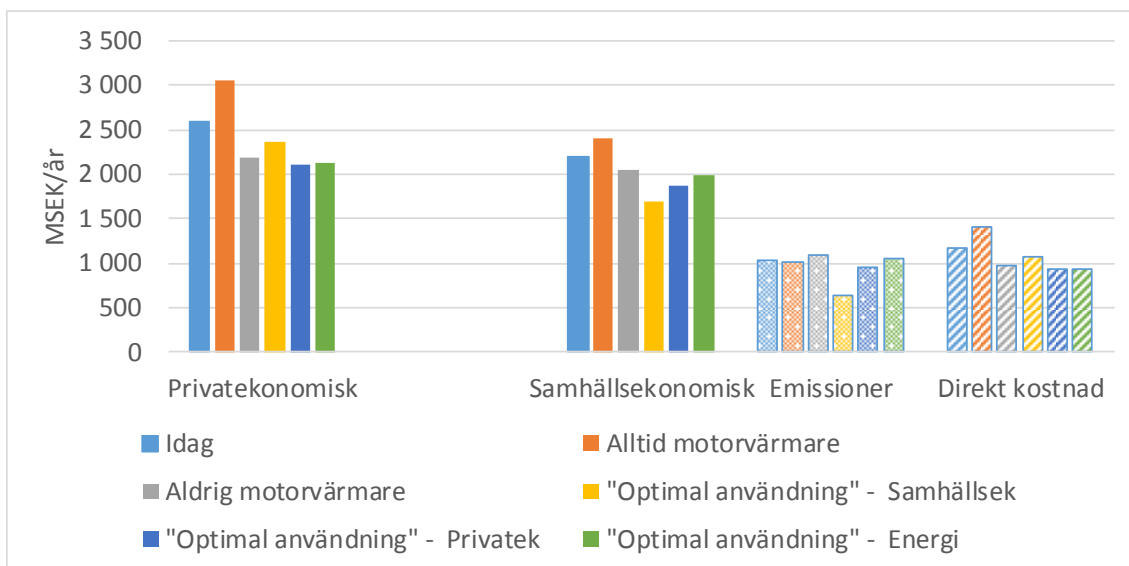
Figur 25. Andel el och bränsle av total energianvändning vid de olika användning av motorvärmare.

I Figur 26 redovisas hur de privatekonomiska respektive samhällsekonomiska kostnaderna för kallstartstilläggen skiljer sig åt mellan de olika alternativen¹². De staplar som representerar *Emissioner* och *Direkt kostnad* visar hur mycket av den samhällsekonomiska kostnaden som utgörs av dessa. Som ses av figuren så är den privatekonomiska kostnaden högre än den samhällsekonomiska för alla alternativen. Eftersom de direkta kostnaderna för el och bränsle är desamma oavsett perspektiv så visar detta att skatten överstiger de samhällsekonomiska kostnader som ingår i studien, dvs emissioner för kallstartstillägg samt elproduktion.

Rangordningen enligt kostnad av de olika alternativen skiljer sig något åt, beroende på om det är privat- eller samhällsekonomi som minimeras. I båda fallen är dock *Alltid motorvärmare* mest kostsam följt av *Nuläge*. Den lägsta kostnaden för de respektive perspektiven sker, som förväntat, i de fall där användningen utgår från att minimera privatekonomisk eller samhällsekonomisk kostnad, alternativt total energiåtgång.

Som kan ses i figuren så är den privatekonomiska kostnaden för att använda motorvärmare på ett samhällsekonomiskt sätt ett dyrare alternativ än att enbart se till de direkta kostnaderna inklusive skatt. Den extra kostnaden är i detta fall ca. 12 % högre eller drygt 250 MSEK extra under ett år jämfört med att använda motorvärmare på ett sätt som gynnar privatekonomin.

¹² Privatekonomisk kostnad = direkt kostnad + skatter
 Samhällsekonomiska kostnad = direkt kostnad + samhällsekonomisk kostnad för luftemissioner.



Figur 26. Kostnader per år för kallstartstillägg och elanvändning vid olika förutsättningar.

5. Diskussion

För vägtrafiken finns mål om ökad energieffektivisering. Det finns ett flertal åtgärder som kan vidtas för att uppnå detta där användning av motorvärmare är en sådan åtgärd. Att köra en viss sträcka inklusive en motorstart ger alltid högre bränsleförbrukning jämfört med att köra samma sträcka utan att fordonet stått parkerad med motorn avstängd. Genom att använda motorvärmare för att öka temperaturen i motorn innan start för att minska friktionen går det att minska de utsläpp och den extra bränsleförbrukning som sker vid kallstart av fordon.

Syftet med denna studie är att uppdatera de sparpotentialer som finns med att använda motorvärmare i en nyare fordonsflotta. Målet är att resultaten ska kunna användas för att ge rekommendationer om hur motorvärmare bör användas under olika förhållanden och för fordon i olika miljöklasser. Metoden för detta är att använda beräkningsprogrammet COLDSTART-2014 som utvecklats och uppdaterats vid VTI. Det uppdaterade verktyget används för att aktualisera beräkningar av kallstarteffekter (bränsleförbrukning och emissioner) för olika kravnivåer på personbilar och elanvändning av motorvärmare. Studien baseras på underlag om resvanor, meteorologiska data, parkeringsformer och förekomst av motorvärmare, användning av motorvärmare, parkeringstid och region, användning av timer, starternas fördelning på region, olika typer av startplatser över årets timmar, över parkeringstider och på olika parkeringsformer per startplats och region, reshastigheter. Som indata används även kallstartsfunktioner för olika miljöklasser av personbilar, bränsle- och elpriser, skatter och samhälls-ekonomiska värderingar av emissioner.

COLDSTART2014 har under projektet uppdaterats med ny information om resvanor, reslängder, hastigheter, bränsle- och elpriser, skatter och samhälls-ekonomiska värderingar av emissioner. Dessutom har nya miljöklasser för fordon lagts till och med det funktioner som beskriver motortemperaturer under parkering och under uppvärmning med elektriska alternativt förbränningsdrivna motorvärmare samt funktioner som beskriver kallstarteffekter som funktion av motortemperatur.

De genomsnittliga kallstartstilläggen blir lägre med en nyare miljöklass. Ett undantag är CO₂ och därmed bränsleförbrukningen där kallstartstilläggen för bensinbilar ökar med nyare miljöklass upp till och med Eu3-G. Detta kan bero på att katalysatorn använder oförbränt bränsle för att komma upp i den arbetstemperatur där katalysatorns renande effekt av emissioner blir optimal. I direktiven för kraven som gäller för miljöklasserna av bilar som reglerar hur mycket av olika ämnen som får finnas i avgaserna finns inte några krav på CO₂ och inte heller på bränsleförbrukning (Europeiska gemenskapen 1991, Europaparlamentet 1994, Europaparlamentet 1998). En avvägning som biltillverkarna kan ha gjort är att acceptera en högre bränsleförbrukning för att avgasreningen ska komma igång snabbare och därmed leda till lägre emissioner så att miljöklasskraven kan uppnås. 2009 antogs dock en förordning som gäller CO₂ och bränsleförbrukning för nya bilar (Europaparlamentet 2009b). I den fastställs att utsläppen av CO₂ och bränsleförbrukning ska ligga under en viss gräns som med tiden blir lägre och den gäller för nya fordon som tillverkas 2012 och framåt. I förordningen finns även information om att biltillverkaren ska betala straffavgifter ifall de överstiger gränsen för de genomsnittliga specifika CO₂-utsläppen, vilket är ett incitament för att få biltillverkarna att ta bränsleförbrukningen i beaktande.

De totala kallstartstilläggen i Sverige och i respektive region beräknades utifrån antagande om dagens användning av motorvärmare. Resultaten visar att de största kallstartutsläppen sker i Götaland följt av Svealand och Norrland, vilket till stor del beror på att de flesta starter i landet sker i Götaland. Antalet starter överväger därmed de genomsnittliga emissionerna som är högre i Norrland. Däremot är nyttan med att förvärma motorn är i genomsnitt större per start i

Norrland jämfört med Götaland. Detta är avhängigt att kallstartstilläggen normalt sett blir större ju kallare utetemperaturen är och ju längre ett fordon är parkerat.

Detta samband visar sig även i utvärderingen av vad omgivande temperatur och parkeringstid har för effekt på kallstartstilläggen. Den visar just det sambandet att ju kallare det är ute och ju längre ett fordon stått parkerat, desto mer effekt har det på att minska kallstartstilläggen. Dessutom sker den största vinsten med förvärmning under den första timmen då motorvärmaren är inkopplad för att sedan avta ju längre motorvärmaren är igång. En jämförelse mellan de olika miljöklasserna visar på att det finns en skillnad mellan de olika fordonstyperna som ibland är väsentlig. Detta leder till att det borde finnas rekommendationer som baseras på miljöklass samt på hur länge fordonet stått parkerat tillsammans med omgivande utetemperatur, och inte som idag att det baseras enbart på omgivande utetemperatur.

Sett till den totala mängden emissioner som kallstarter ger upphov till och relaterat till den totala mängd emissioner som personbilstrafiken genererar under ett år så har kallstarterna i vissa fall fått en kraftigt ökad betydelse. I Tabell 27 visas hur stor andel de beräknade kallstartstilläggen utgör av de totala utsläppen från personbilstrafiken under år 2001 och 2013. För CO, HC och PM utgör kallstartstilläggen år 2013 mellan ca 50 % till 70 % av de totala emissioner. År 2001 var andelen betydligt lägre. För NO_x och CO₂ har det däremot inte skett några drastiska förändringar mellan åren. Att vissa kallstartstillägg har fått en ökad betydelse sett till de totala tilläggen ligger i linje med vad som kan förväntas. Personbilar har under denna tidsperiod fått en allt mer effektiv rening av emissioner då motorn är i varmfas. Detta innebär att dessa emissioner per fordonskilometer har minskat under åren medan det inte har varit samma utveckling för då motorn är i kallfas.

Tabell 27. Kallstartstilläggens andel av personbilstrafikens totala utsläpp under ett år [%].

År	Emission				
	CO	CO ₂	HC	NO _x	PM
2001 ^a	41%	8%	19%	9%	15%
2013	73%	7%	69%	7%	52%

^aHammarström (1998)

I beräkningen av hur stora kallstartstilläggen skulle vara om inte motorvärmning användes alls i Sverige, jämfört med dagens användning, visar det sig att dessa då skulle vara betydligt större. Eftersom motorvärmare inte alltid används skulle de även kunna vara lägre än vad de är, men det kommer i så fall att ske till en kostnad av en högre elanvändning. Och sett till de resultat som beräknats så avtar nyttan med motorvärmare med högre temperatur och kortare parkeringstid. Med andra ord är det inte alltid effektivt att förvärma motorn med avseende på vilken kostnad som uppstår i relation till vilka vinster det medför. I studien har en systematisk variation av variablerna parkeringstid, utetemperatur och inkopplingstid av motorvärmaren skett. Detta för att undersöka vid vilka inkopplingstider som en förvärmning av motorn är effektiv. De perspektiv som studeras avser samhällsekonomi, privatekonomi och energi-effektivitet.

Tidigare rekommendationer finns för hur motorvärmare ska användas.

Exempelvis rekommenderar Energimyndigheten (2010):

- Vid kallare än -15°C så bör motorn värmas i 1,5 timmar före start.
- Vid ca 0°C bör motorn värmas i 1 timme före start.
- Upp till +10° C bör motorvärmaren användas i 0,5 timmar före start

Calix, som är ett företag som producerar och säljer motorvärmare, rekommenderar inkopplingstider enligt följande¹³:

- Vid -20°C ca 3 timmar
- Vid -10°C ca 2 timmar.
- Vid ±0°C ca 1 timme.
- Vid +10°C ca 1 timme.

Sett i relation till dess rekommendationer visar de beräkningar som är gjorda i denna studie att den effektiva användningen är i paritet med de rekommendationer som finns angivna, dvs. då det finns en vinst med att använda motorvärmare, se Tabell 28. Den optimala tiden att använda motorvärmaren är dock oftast kortare och ligger i de flesta fall på mellan 0,25 till 0,5 timmar. Hur länge är beroende på parkeringstid, utetemperatur samt vilken miljöklass bilen har. Utvärderingen av hur länge användning av motorvärmare är effektiv visar att nyttan i ett samhällsekonomiskt perspektiv är större jämfört med privatekonomiskt perspektiv. Sett till samhällsekonomin är det effektivt att i de flesta fall, både vad gäller omgivande utetemperatur som parkeringstid, att förvärma motorn innan start. För privatekonomin är det däremot för bilsbilar generellt sett effektivt endast då bilen stått parkerat en längre tid och då utomhustemperaturen är 0°C eller kallare.

Tabell 28. Kostnadseffektiv användning av att använda motorvärmare.

Utetemperatur	Samhällsekonomiskt	Privatekonomiskt
-20°C	0,50 – 3,25 timmar	0 – 1,75 timmar
-10°C	0,25 – 2,25 timmar	0 – 1,25 timmar
±0°C	0,25 – 1,25 timmar	0 – 0,50 timmar
+10°C	0 – 0,75 timmar	-
+20°C	0 – 0,5 timmar	-

För dieslbilar ser det något annorlunda ut där den samhällsekonomiska inkopplingstiden ligger mellan 0 till 1,75 timmar, med undantag för Eu2-D där en inkopplingstid på drygt 8 timmar är samhällsekonomiskt lönsamt vid -20°C och då bilen stått parkerad i 24 timmar. Anledningen till detta är att för Eu2-D visar det sig att motorvärmningen leder till minskningen av kallstartstilläggen för emissioner av PM och NO_x som är så stora att det blir lönsamt med lång användningstid. För privatekonomin ligger inkopplingstiden på mellan 0 till 1,75 timmar för dieslbilar där det blir mer lönsamt att använda motorvärmare ju varmare utetemperaturen är samt ju längre fordonet stått parkerat.

Generellt sett för bilsbilar, samt även för Eu2-D, är att det är mest effektivt att använda motorvärmare vid kallare utetemperaturer, även om kallstartstilläggen minskar vid plusgrader om motorn förvärms något. Den största vinsten i minskade kallstartstillägg vad gäller bränsle sker redan under den första halvtimmen. Då har mellan 45-55% av den totala bränsleminskningen skett.

Sambandet med minskad nytta med motorvärmare med ökad omgivningstemperatur gäller dock inte för övriga dieslbilar. För dessa visar sambanden att nyttan med motorvärmning ökar i och

¹³ <http://www.calix.se/support/vanliga-fraagor> 2014-04-23

med att den omgivande utetemperaturen blir varmare. Detta beror på att det i de funktioner som beskriver kallstartstilläggen inte innehåller ett temperaturberoende för parkeringstidens inverkan på kallstarterna (Joumard m.fl. 2007).

Användning av motorvärmare är dock inte ett effektivt medel sett till enbart en förbättrad energieffektivitet. Visserligen minskar bränsleförbrukningen med att förvärma motorn, men den vinsten äts relativt snabbt upp av den ökade elanvändning som behövs för att driva själva motorvärmaren. Utifrån de resultat som beräknats är det mer sällan som en användning av motorvärmning är energieffektivare än att inte använda den. Totalt minskad energianvändning kan inträffa då bilen stått parkerad länge, ≥ 4 timmar, och då omgivningstemperaturen är kallare än 0. Undantaget även här är dieselbilarna där Eu2-D och Eu3-D visar på energieffektiv användning vid varmare temperatur. Fördelen sett i ett systemperspektiv är dock att motorvärmning minskar de lokala utsläppen av avgaser, vilket i sammanhanget medför en samhälls-ekonomisk nytta i och med att exponeringen samtidigt blir lägre. Dessutom är den genomsnittliga elproduktionen i Sverige relativt ren emissionsmässigt sett, och sammantaget kommer emissionerna att minska i och med ett användande av motorvärmare. I detta fall måste det göras en avvägning av vad som ska anses vara viktigast; energieffektivitet eller minskade emissioner.

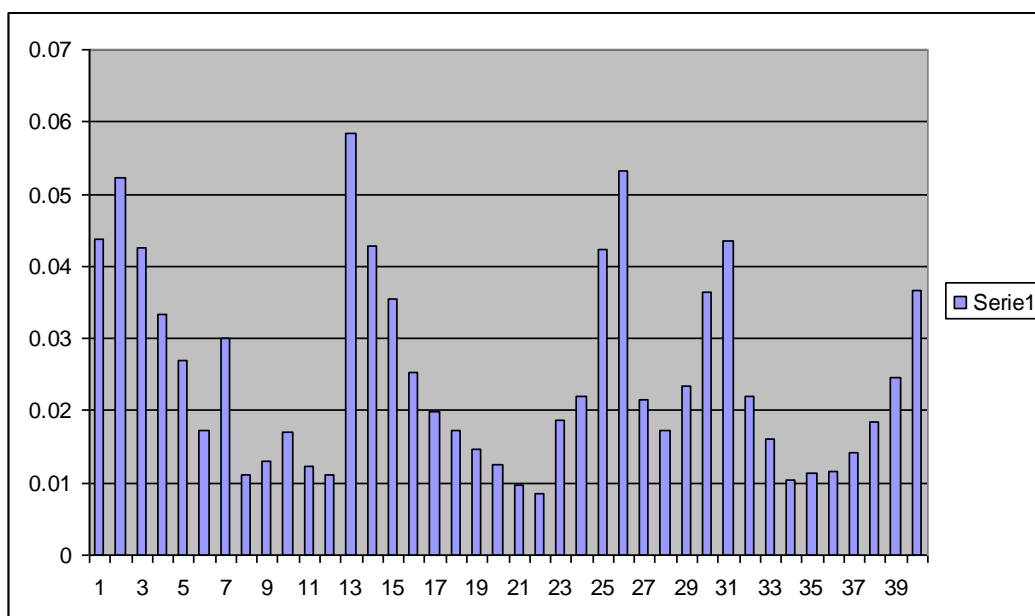
Referenser

- Ahlvik, P., Almén, J., Westerholm, R., Ludykar, D. (1997) Impact of a Block Heater on Regulated and Some Unregulated Emissions from a Gasoline Fueled Car at Low Ambient Temperatures, SAE Technical Paper 972908.
- Bielaczyc, P., Szczotka, A., Woodburn, J. (2013) An overview of cold start emissions from direct injection spark-ignition and compression ignition engines of light duty vehicles at low ambient temperatures. *Combustion Engines*. 2013, 154(3), 96-103.
- Energimarknadsinspektionen (2014) Elnätsföretagens nättariffer, Hushållskunder, www.energimarknadsinspektionen.se/sv/Publikationer/Arssrapporter/elnsatsforetag-arsrapporter/
- Energimyndigheten (2010) Använd motorvärmaren rätt, ET2010:49.
- Energimyndigheten (2013a) Energiläget 2013, Statens Energimyndighet, ET 2013:22
- Energimyndigheten (2013b) Utmaningar för den nordiska elmarknaden, Statens Energimyndighet, ER 2013:14
- Energimyndigheten (2014) Energiläget i siffror, Statens Energimyndighet, rapport att ladda ner från www.energimyndigheten.se
- Europakommissionen (2002) Kommissionens direktiv 2002/80/EG av den 3 oktober 2002 om anpassning till den tekniska utvecklingen av rådets direktiv 70/220/EEG om åtgärder mot luftförorening genom avgaser från motorfordon, Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L 291/20, 28.10.2002
- Europaparlamentet (1994) Europaparlamentets och rådets direktiv 94/12/EG av den 23 mars 1994 om åtgärder mot luftförorening genom avgaser från motorfordon och om ändring av direktiv 70/220/EEG, Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L 100/42, 19.4.94
- Europaparlamentet (1998) Europaparlamentets och rådets direktiv 98/69/EG av den 13 oktober 1998 om åtgärder mot luftförorening genom avgaser från motorfordon och om ändring av rådets direktiv 70/220/EEG, Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L 350/1, 28.12.98
- Europaparlamentet (2009a) Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/33/EG av den 23 april 2009 om främjande av rena och energieffektiva vägtransportfordon, Europeiska unionens officiella tidning, Europeiska unionens officiella tidning, L 120/5, 15.5.2009.
- Europaparlamentet (2009b) Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 443/2009 av den 23 april 2009 om utsläppsnormer för nya personbilar som del av gemenskapens samordnade strategi för att minska koldioxidutsläppen från lätta fordon, Europeiska unionens officiella tidning, L 140/1, 5.6.2009
- Europeiska gemenskapen (1991) RÅDETS DIREKTIV av den 26 juni 1991 om ändring av direktiv 70/220 EEG om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot luftförorening genom avgaser från motorfordon (91/441/EEG), Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L242/1. 30.8.91
- European Commission (2013) Green paper - A 2030 framework for climate and energy policies, Brussels, 27.3.2013, COM(2013) 169 final
- European Commission (2015) EU Energy in figures - Statistical pocketbook 2015, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015

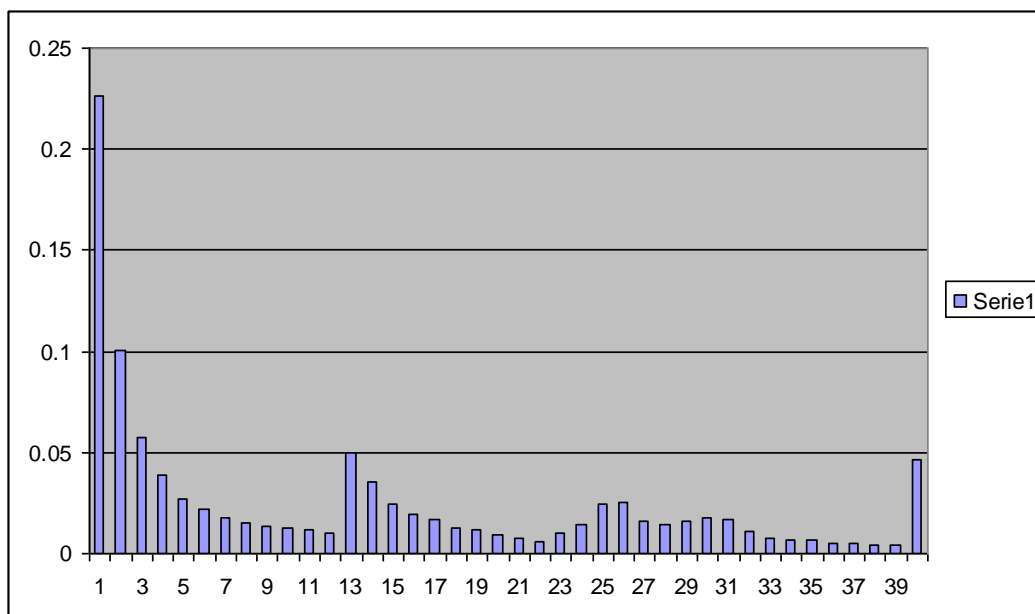
- Favez, J-Y., Weilenmann, M. Stilli, J. (2009) Cold start extra emissions as a function of engine stop time: Evolution over the last 10 years, *Atmospheric Environment* 43 (2009) 996–1007
- Gumus, M. (2009) Reducing cold-start emission from internal combustion engines by means of thermal energy storage system, *Applied Thermal Engineering* 29 (2009) 652–660
- Hammarström, U., Edwards, H. (1999) COLDSTART – En beräkningsmodell för beskrivning av bilavgaser i form av kallstartstillägg under verkliga förhållanden, VTI rapport 438.
- Hammarström, U., Edwards, H. (2000) Funktionssamband för temperaturutveckling i bilmotorer, VTI, M896
- Hammarström, U. (1998) Avgasutsläpp från vägtrafiken i Vägverkets regioner – Utvecklingen utan, alternativt med, optimal användning av motorvärmare, VTI meddelande 846-1998
- IEA (2014) Monthly Electricity Statistics, January 2014, International Energy Agency. <http://www.iea.org/stats/surveys/mes.pdf>
- Journard, R., Andre, J-M, Rapone, M., Zallinger, M., Kljun, N. André, M., Samaras, Z., Roujol, S., Laurikko, J., Weilenmann, M., Markewitz, K., Geivanidis, S., Ajtay, D., Paturel, L. (2007) Emission factor modelling and database for light vehicles - Artemis deliverable 3. Report n°LTE 0523, June 2007
- Ludykar, D., Westerholm, R., Almén, J. (1999) Cold start emissions at +22, -7 and -20°C ambient temperatures from a three-way catalyst (TWC) car: regulated and unregulated exhaust components, *The Science of the Total Environment* 235 (1999) 65-69.
- Naturvårdsverket (2015) Nationella utsläpp och upptag av växthusgaser, www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser--nationella-utslapp/ (2016-01-04)
- Statens naturvårdsverk (1987) Kungörelser med föreskrifter om avgasrening för vissa bilar; utfärdad den 15 oktober 1987. A12-regulation, SNF 1987:3 MS:8
- Nils Holgerssongruppen (2013) Fastigheten Nils Holgerssons underbara resa genom Sverige – En avgiftsstudie för 2013, Rapport 11/11 2013
- Regeringskansliet (2008) En sammanhållen klimat- och energipolitik, Klimat, Regeringens proposition 2008/09:162
- SCB (2014) Konsumentprisindex för december 2013, Statistiska Meddelanden PR 14 SM 1401.
- Serié, E. and Journard, R. (1997) Modelling of cold start emissions for road vehicles. INRETS Report LEN 9731. Lyon.
- Serié, E., Journard, R. (2005) Modelling of cold start excess emissions for passenger cars, INRETS Report LTE 0509. Lyon.
- Sjödin, Å., Jerksjö, M., Sandström, C., Erlandsson, L., Almén, J., Ericsson, E., Larsson, H., Hammarström, U., Yahya, M-R, Johansson, H. (2009) Implementering av ARTEMIS Road Model i Sverige, IVL Rapport B1831
- SOU (2008) Ett energieffektivare Sverige -Delbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen, SOU 2008:25.
- Trafikanalys (2007) RES 2005–2006 Den nationella resvaneundersökningen, SIKa Statistik 2007:19
- Trafikanalys (2012) RVU Sverige - den nationella resvaneundersökningen 2011

- Trafikanalys (2013) RVU Sverige - den nationella resvaneundersökningen 2011–2012, Statistik 2013:13
- Trafikverket (2013) Sparsam körning – där tanken bär framåt, 2013:131
- Trafikverket (2014a) Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.1, Kapitel 11 Luftföroreningar, Version 2014-04-01.
- Trafikverket (2014b) Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.1, Kapitel 12 Klimatgaser, Version 2014-04-01.
- Weilenmann, M., Favez, J-Y., Alvarez, R. (2009) Cold-start emissions of modern passenger cars at different low ambient temperatures and their evolution over vehicle legislation categories, Atmospheric Environment 43(2009) 2419-2429.
- Vägverket (1996) Reviderade värderingar 1998 – 2007, PV(HK), September 1996.
- Vägverket (1999) Körsätt 98. Inledande studie av körmönster och avgasutsläpp i tätort samt utveckling av metod för att mäta förändringar av acceleration och hastighet kring korsningar. Publikation 1999:137.
- Vägverket (2007) SIMAIR ett modellverktyg för bedömning av luftkvalitet i vägars närområde - Luftföroreningar i svenska tätorter 2004, 2010 och 2020, Slutrapport maj 2007

Bilaga 1 Andel starter för dygn och fördelat på parkeringstidens längd.

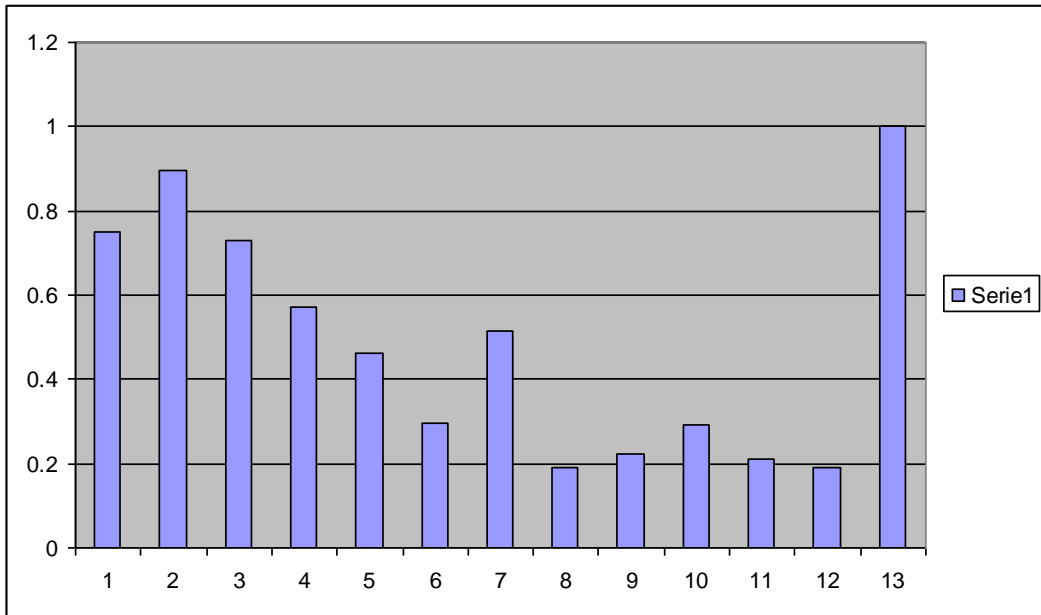


Figur 1:1 RVU 13 motsvarar 1-1,5 h¹⁴

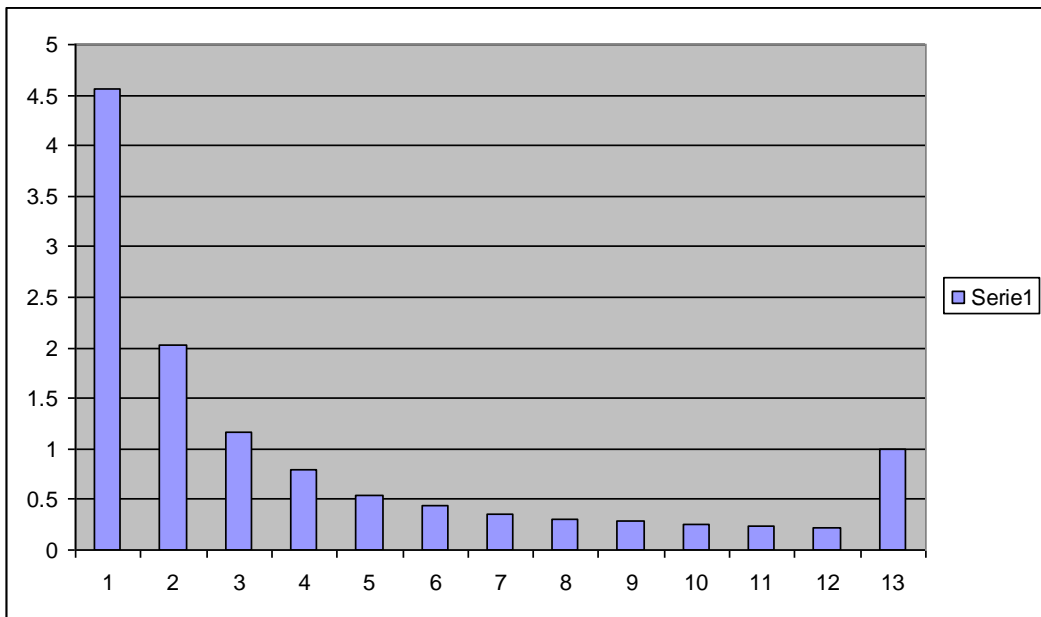


Figur 1:2 TSS 13 motsvarar 1-1,5 h

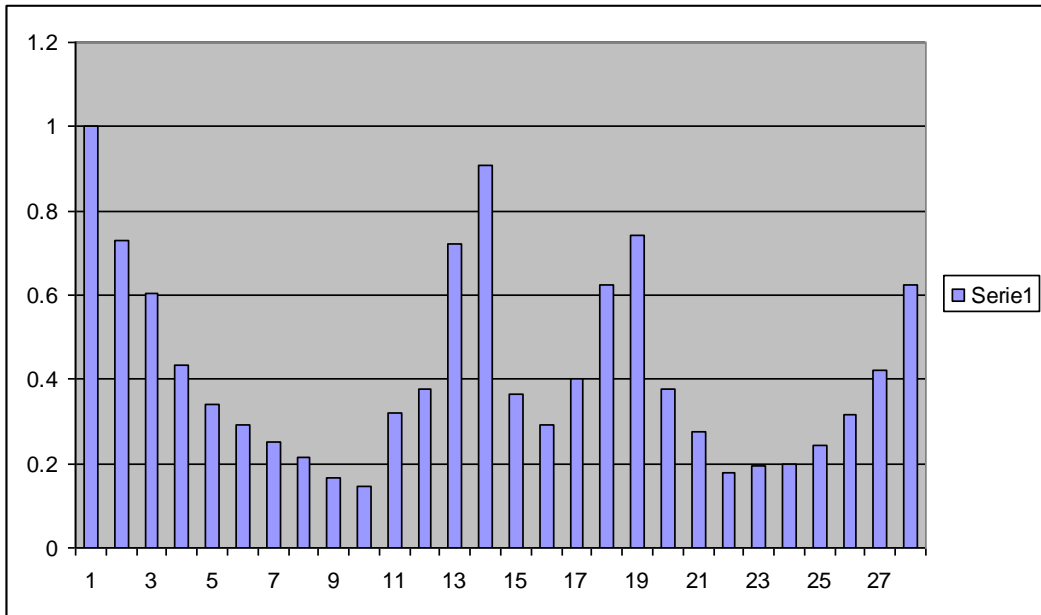
¹⁴ 1: 0-5 min; 2: 5-10 min; 3: 10-15 min; 4: 15-20 min; 5: 20-25 min; 6: 25-30 min; 7: 30-35 min; 8: 35-40 min; 9: 40-45 min; 10: 45-50 min; 11: 50-55 min; 12: 55-60 min; 13: 1-1.5 h; 14: 1.5-2 h; 15: 2-2.5 h; 16: 2.5-3 h; 17: 3-3.5 h; 18: 3.5-4 h; 19: 4-4.5 h; 20: 4.5-5 h; 21: 5-5.5 h; 22: 5.5-6 h; 23: 6-7 h; 24: 7-8 h; 25: 8-9 h; 26: 9-10 h; 27: 10-11 h; 28: 11-12 h; 29: 12-13 h; 30: 13-14 h; 31: 14-15 h; 32: 15-16 h; 33: 16-17 h; 34: 17-18 h; 35: 18-19 h; 36: 19-20 h; 37: 20-21 h; 38: 21-22 h; 39: 22-23 h



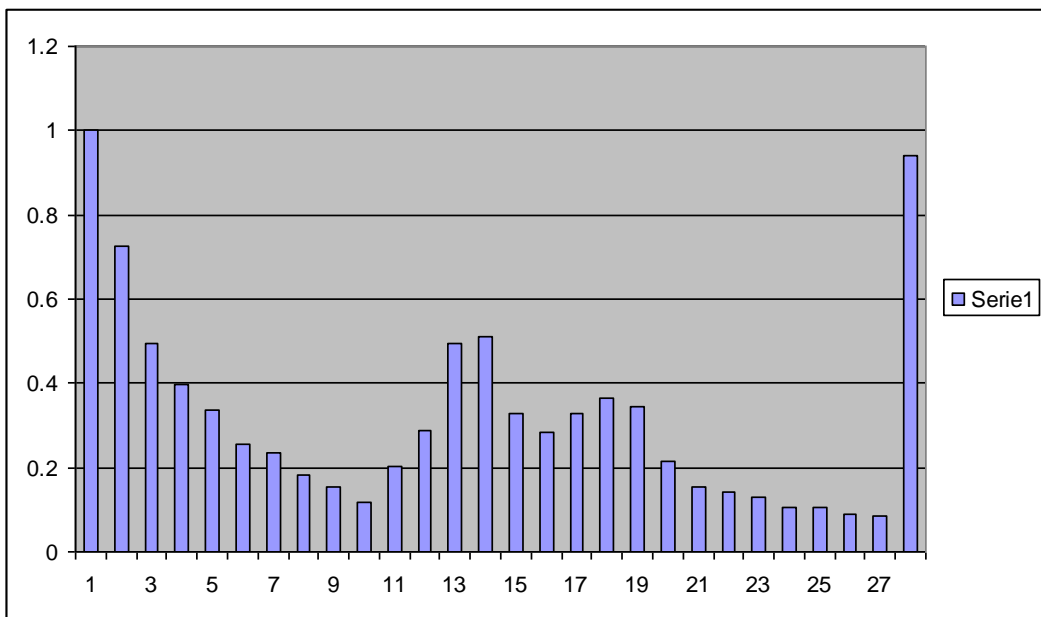
Figur 1:3 RVU 13 motsvarar 1-1,5 h



Figur 1:4 TSS 13 motsvarar 1-1,5 h



Figur 1:5 RVU 1 motsvarar 1-1.5 h



Figur 1:6 TSS 1 motsvarar 1-1.5 h

Bilaga 2 Funktioner för att beräkna kallstartstillägg

Följande funktion används för att generellt beskriva kallstarttillägg:

$$EE(T, v, dd) = w(20,20) \times f(T, v) \times h(dd) \times g(t)$$

Där:

$EE(T, v, dd)$: Extra emission per start [g]

$w(20,20)$: Extra emission per start vid 20°C och 20 km/h

$f(T, v)$: Korrektion för temperatur och hastighet

$h(dd)$: Korrektion för reslängd

$g(t)$: Korrektion för parkeringstid

T : Lufttemperatur [°C]

v : Medelhastighet under kallfasen [km/h]

t : Parkeringstid [min]

Den första faktorn i funktionen $w(20,20)$ ger mängd extra avgaser per start vid $T=20$ och $v=20$. Egentligen är detta en linjär funktion av T och v men som har låsts vid 20°C och 20 km/h. Variationen, den relativa, med T och v beskrivs i stället av $f(T, v)$.

$$f(T, v) = a_0 + a_1 \times T + a_2 \times v$$

Denna faktor har bildats som kvoten: $w(T, v)/w(20,20)$. Detta blir en index-funktion med värdet 1 för $T=20$ och $v=20$.

Om reslängden är kortare än dc skall kallstarttillägget reduceras. Detta görs med följande funktion:

$$h(dd) = (1 - \exp(e \times dd)) / (1 - \exp(e))$$

$$dd = d/dc$$

Där:

d : Körsträcka [km]

dc : Kallfasens längd [km]

$$dc = b_0 + b_1 \times T + b_2 \times v$$

I Tabellerna I, II och III redovisas exempel på *dc* för bensin Euro 0, bensin Euro 3 och diesel Euro 3.

Tabell 2:1 Exempel på kallfasens längd *dc* för bensin Euro 0.

T	v	HC	CO	NO_x	CO₂
-10	20	6.0	5.1	5	4.7
	40	7.8	7.5	6	8.7
0	20	5.4	5.1	5	5.6
	40	7.3	7.5	6	8.4
10	20	4.9	5.1	5	5.4
	40				
20	20				
	40				

Tabell 2:2 Exempel på kallfasens längd *dc* bensin Euro 3.

T	v	HC	CO	NO_x	CO₂
-10	20				
	40				
0	20				
	40				
10	20	5.3	4	4	5.4
	40				
20	20				
	40				

Tabell 2:3 Exempel på kallfasens längd *dc* diesel Euro 3.

T	v	HC	CO	NO_x	CO₂
-10	20				
	40				
0	20				
	40				
10	20	8.7	6.5	8	7.8
	40				
20	20				
	40				

Ett fullt kallstarttillägg förutsätter att körsträckan d minst uppgår till kallfasens längd dc . Funktionen $h(dd)$ går mot 1 då dd går mot 1. Med rätt val av parametern a planar $h(dd)$ ut på en nivå ungefär lika med 1 också då dd ökar över 1. I tabell 4 beskrivs funktionen.

Tabell 2:4 Funktionen $h(dd)$

a	dd									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	3	4	5	10
-1	0,29	0,52	0,71	0,87	1,00	1,37	1,50	1,55	1,57	1,58
-1,2	0,31	0,55	0,73	0,88	1,00	1,30	1,39	1,42	1,43	1,43
-1,4	0,32	0,57	0,75	0,89	1,00	1,25	1,31	1,32	1,33	1,33
-1,6	0,34	0,59	0,77	0,90	1,00	1,20	1,24	1,25	1,25	1,25
-1,8	0,36	0,61	0,79	0,91	1,00	1,17	1,19	1,20	1,20	1,20
-2	0,38	0,64	0,81	0,92	1,00	1,14	1,15	1,16	1,16	1,16
-2,2	0,40	0,66	0,82	0,93	1,00	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12
-2,4	0,42	0,68	0,84	0,94	1,00	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10
-2,6	0,44	0,70	0,85	0,95	1,00	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08
-2,8	0,46	0,72	0,87	0,95	1,00	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
-3	0,47	0,74	0,88	0,96	1,00	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

Om $dd > 1$ skall $h(dd) = 1$. Detta är nästan uppfyllt. Det skulle kunna vara motiverat med en villkorssats som begränsar $h(dd)$ till värden max lika med 1.

Ett fullt kallstarttillägg förutsätter att parkeringstiden är så lång att motortemperaturen kommer ner till omgivande lufttemperatur. Denna effekt beskrivs av funktionsdelen $g(t)$.

$$g(t) = c_0 + c_1 \times t + c_2 \times t^2 + c_3 \times t^3 + c_4 \times t^4 + c_5 \times t^5$$

För att denna funktion skall fungera måste man komplettera med en villkorssats. Om parkeringstiden är större än den tid det tar till att motortemperaturen blir lika med den hos omgivande lufttemperatur så välj att sätta $g(t) = 1$.

En viss parkeringstid innebär i modellen alltid samma relativa effekt på kallstarten oberoende av lufttemperatur.

Korrektionsfunktionerna för parkeringstid har indelats i:

- Tre motortyper: bensin utan kat, bensin med kat och diesel
- HC, CO, CO₂ och NO_x

Totalt blir det 12 funktioner.

Med denna lösning blir det ingen uppdelning på cylindervolympklass. Speciellt bör bränsleförbrukning/CO₂ vara direkt proportionell mot motorstorlek. När t går mot noll går $g(t)$ mot 0 och när t går mot stora värden går $g(t)$ mot 1.

Bilaga 3 Elpriser i COLDSTART2014.

Tabell 3:1 Medelvärden beräknade på timvisa spotpriser på den svenska elmarknaden år 2013^{a)} [kr/MWh].

Tid	Jan		Feb/Mars/Nov/Dec		April/Sep/Okt		Maj/Jun/Jul/Aug	
	Veckodag	Helg	Veckodag	Helg	Veckodag	Helg	Veckodag	Helg
00 - 01	309,60	310,61	305,72	298,17	310,30	332,35	286,53	272,49
01 - 02	302,37	302,59	298,63	287,92	301,43	322,88	269,82	257,78
02 - 03	299,48	295,79	295,63	282,66	294,73	316,74	257,13	246,01
03 - 04	304,52	292,51	301,97	281,37	295,11	313,96	252,16	234,43
04 - 05	310,80	294,52	311,37	289,53	310,00	317,61	256,61	224,98
05 - 06	323,59	300,73	323,46	295,78	346,07	325,11	283,87	225,93
06 - 07	351,48	305,09	344,99	300,52	400,41	334,03	323,56	238,59
07 - 08	425,86	305,96	385,09	305,26	469,35	342,10	364,16	267,49
08 - 09	449,59	308,84	396,04	309,17	499,79	348,91	383,80	284,73
09 - 10	439,41	316,26	377,37	314,83	477,01	358,68	382,62	297,38
10 - 11	433,22	322,87	365,38	318,54	457,41	362,20	383,10	302,99
11 - 12	414,61	327,74	354,53	319,25	442,43	358,63	381,20	302,40
12 - 13	404,89	325,62	348,92	316,79	422,77	352,29	369,54	298,46
13 - 14	405,49	322,13	348,99	313,19	407,85	344,32	360,62	294,04
14 - 15	401,14	321,14	350,39	311,92	398,84	335,55	350,79	289,21
15 - 16	405,69	326,96	356,88	314,66	396,63	332,05	343,63	286,47
16 - 17	427,77	338,97	366,47	323,13	394,32	335,40	339,33	287,45
17 - 18	469,72	361,57	382,39	332,61	413,41	348,49	346,27	292,78
18 - 19	460,13	359,47	377,27	334,31	436,23	367,00	351,87	298,21
19 - 20	405,03	342,29	363,72	329,60	454,14	375,20	349,63	302,53
20 - 21	357,10	329,44	343,59	320,10	421,87	370,50	344,57	304,86
21 - 22	344,78	320,95	334,42	315,64	390,49	355,30	341,28	307,49
22 - 23	330,65	320,64	323,60	311,84	362,14	342,79	331,16	304,19
23 - 00	314,03	308,53	309,99	301,80	326,66	324,15	301,19	287,07

^{a)} Egen bearbetning av data om elspotpriser på timbasis (www.nordpoolspot.com)

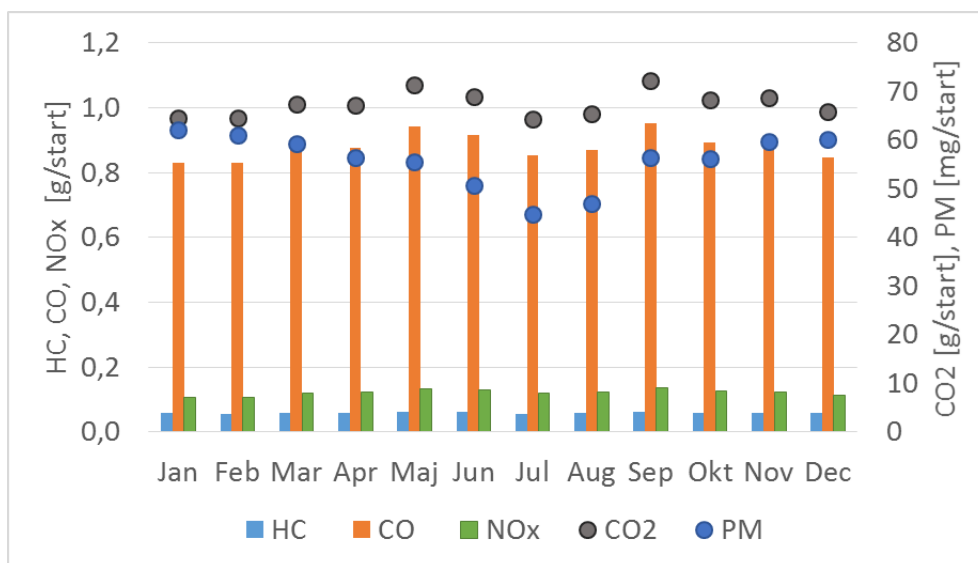
Energiskatt el, exkl. moms (Energimyndigheten 2013a)

- Norra Sverige: 194 kr/MWh
- Södra Sverige: 293 kr/MWh

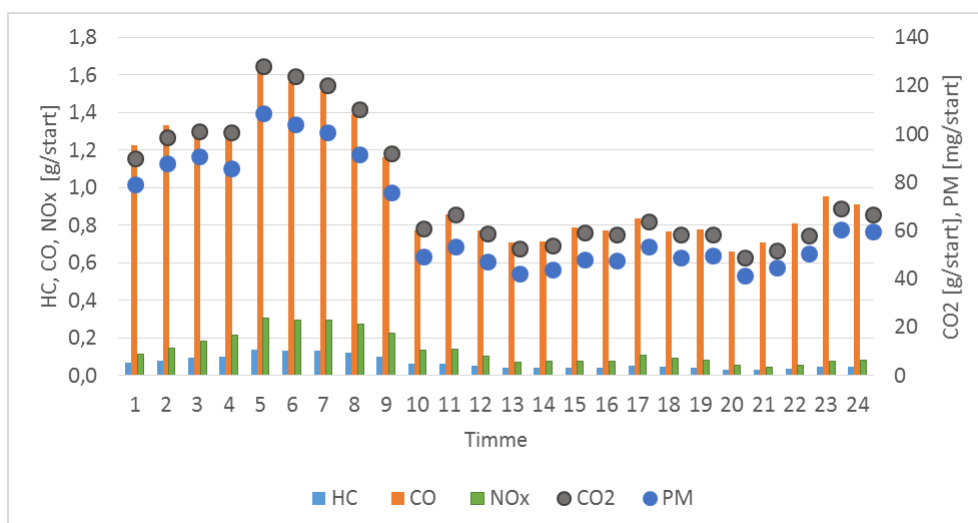
Nätavgifter elöverföring, medelvärde rörligt pris, hushållskunder, exkl. moms.
(Energimarknadsinspektionen 2014)

- Lägenhet och villa 16A 5 000 kWh årsförbrukning: 148,60 kr/MWh
- Villa 20A 10 000 kWh årsförbrukning: 134,60 kr/MWh
- Villa 20A 20 000 kWh årsförbrukning: 138,30 kr/MWh
- Villa 25A 20 000 kWh årsförbrukning: 138,60 kr/MWh
- Villa 25A 30 000 kWh årsförbrukning: 142,20 kr/MWh

Bilaga 4 Exempel kallstartstillägg dieselfordon



Figur 4:1 Genomsnittliga kallstartstillägg per månad, dieselfordon Eu3-D.



Figur 4:2 Genomsnittliga kallstartstillägg per timme under ett dygn, dieselfordon Eu3-D.

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Medicon Village AB
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

