

# Rapport

## Evaluering av automatisk fartstilpasning (ISA) i Statens vegvesen

Effekter på fartsatferd, drivstofforbruk og klimautslipp

### Forfattere

Marianne Elvsaa Nordtømme

Terje Moen

Erlend Dahl

Odd André Hjelkrem

Petter Arnesen





# Rapport

## Evaluering av automatisk fartstilpasning (ISA) i Statens vegvesen




Effekter på fartsatferd, drivstofforbruk og klimautslipp

**EMNEORD:**  
Samferdsel  
Trafikksikkerhet  
ITS  
Automatisk  
fartstilpasning**VERSION**  
1.2**DATO**  
2016-09-21**FORFATTERE**  
Marianne Elvsaa Nordtømme  
Terje Moen  
Erlend Dahl  
Odd André Hjelkrem  
Petter Arnesen**OPPDRAGSGIVER**  
Statens vegvesen, Vegdirektoratet**OPPDRAGSGIVERS REF.**  
Anne Beate Budalen**PROSJEKTNR**  
102000983**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
42 + 1**SAMMENDRAG**

Statens vegvesen utstyrte en del av sine nye kjøretøy anskaffet i perioden fra april 2011 til april 2014 med informerende automatisk fartstilpasning (ISA). Til sammen ble 440 kjøretøy utstyrt og loggingen pågikk frem til årsskifte 2014/2015.

SINTEF har på oppdrag fra Vegdirektoratet evaluert effekten av implementering av ISA i Statens vegvesens kjøretøy, med hensyn på a) fartsatferd, b) drivstofforbruk og c) klimautslipp. Denne rapporten dokumenterer resultater fra evalueringen.

**UTARBEIDET AV**  
Terje Moen**KONTROLLERT AV**  
Trond Foss**GODKJENT AV**  
Roar Norvik**RAPPORTNR**  
SINTEF A27040**ISBN**  
9788214059656**GRADERING**  
Åpen

**SIGNATUR**  
  
**SIGNATUR**  
  
**SIGNATUR**  
  
**GRADERING DENNE SIDE**  
Åpen



# Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1.0	2016-02-29	Første versjon
1.1	2016-08-12	Revidert utgave
1.2	2016-09-21	Endret klassifisering til <i>åpen</i>



## Forord

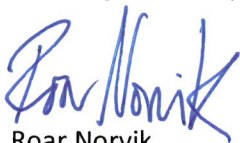
På oppdrag fra Statens vegvesen har SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling for Transportforskning, gjennomført en evaluering av implementering av et system for automatisk fartstilpasning (ISA) i Statens vegvesen. Statens vegvesen har installert informerende ISA med atferdsregistrator i en del av sine tjenestekjøretøy, og evalueringen har studert effekter av dette på fartsatferd, drivstofforbruk og miljø-/klimautslipp.

Senioringeniør Anne Beate Budalen ved Seksjon for trafikkssikkerhet, Avdeling for Trafikkssikkerhet, miljø og teknologi i Vegdirektoratet har vært kontaktperson fra oppdragsgivers side. Hos SINTEF har forskningsleder Marianne Elvsaa Nordtømme vært prosjektleder, og seniorrådgiver Terje Moen, sivilingeniør Erlend Dahl, sivilingeniør Odd André Hjelkrem og forsker Petter Arnesen har vært sentrale prosjektmedarbeidere. Seniorrådgiver Ola Rennemo har modellert energibruk fra dataene som grunnlag for beregning av effekter på drivstofforbruk og utslipp. Seniorrådgiver Trond Foss har kvalitetssikret rapporten.

Trondheim, september 2016

SINTEF Teknologi og samfunn,

Avdeling for Transportforskning



Roar Norvik

Forskningsjef





# Innholdsfortegnelse

<b>Forord .....</b>	<b>3</b>
<b>Sammendrag .....</b>	<b>6</b>
<b>Summary .....</b>	<b>10</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>14</b>
1.1 Bakgrunn .....	14
1.2 Målsetting og problemstillinger .....	14
1.3 Rapportens struktur .....	15
<b>2 Effekter av ISA .....</b>	<b>16</b>
2.1 Å måle effekter av ISA .....	16
2.2 Effekter funnet i tidligere studier .....	16
2.2.1 Reduksjon av fart og ulykker .....	16
2.2.2 Reduksjon av drivstofforbruk og miljø-/klimautslipp .....	18
<b>3 ISA-systemet i Statens vegvesens kjøretøy .....</b>	<b>20</b>
<b>4 Metode for evaluering av effekter av ISA .....</b>	<b>21</b>
4.1 Hypoteser .....	21
4.2 Datainnsamling .....	21
4.3 Tilrettelegging for analyse .....	22
4.4 Analyse av data .....	23
4.4.1 Metodisk innfallsvinkel .....	23
4.4.2 Effektmål .....	24
4.4.3 Analysemetodikk .....	25
<b>5 Resultater .....</b>	<b>26</b>
5.1 Effekter på fartsatferd .....	26
5.1.1 Andel utkjørt distanse over innslagspunkt (PDA) for ISA .....	26
5.1.2 Variasjon i fart .....	31
5.1.3 Gjennomsnittshastighet .....	31
5.2 Effekter på drivstofforbruk og klimautslipp .....	36
<b>6 Diskusjon .....</b>	<b>37</b>
6.1 Effekt på fartsatferd .....	37
6.2 Variasjon i hastighet .....	37
6.3 Drivstofforbruk og klimagassutslipp .....	38
<b>7 Konklusjon .....</b>	<b>39</b>
<b>Referanser .....</b>	<b>40</b>



VEDLEGG 1: Regionale presentasjoner



## Sammendrag

SINTEF har på oppdrag fra Vegdirektoratet evaluert effekten av implementering av automatisk fartstilpasning (ISA) i Statens vegvesens kjøretøy, med hensyn på a) fartsatferd, b) drivstofforbruk og c) klimautslipp. Denne rapporten dokumenterer resultater fra evalueringen

I denne rapporten brukes følgende kategorisering av ulike ISA-systemer:

- *Informerende ISA* gir føreren signal om at han/hun er i ferd med å bryte fartsgrensen, uten å ta kontroll over kjøretøyet.
- *Støttende ISA* gir aktiv støtte til overholdelse av fartsgrensen gjennom forslag til beslutning (f.eks. ved å gjøre gasspedalen tynge å trykke inn), men kan overstyres av bilføreren.
- *Kontrollerende ISA* er den mest inngripende varianten, hvor bilfører ikke kan overstyre systemets tilpasning til fartsgrensen.

Statens vegvesen utstyrte en del av sine nye kjøretøy anskaffet i perioden fra april 2011 til april 2014 med informerende ISA. Systemet er av typen 2MA-4X, levert av det svenske firmaet 2MA AB. En ISA-enhet med display er montert på bilens A-stolpe nær nedre venstre hjørne av frontruten i alle kjøretøyene. Displayet viser den til enhver tid gjeldende fart og fartsgrense. Farten er hentet fra GPS og er som oftest mer nøyaktig enn bilens eget speedometer som har en innebygd feilvisning ved at det alltid viser høyere hastighet enn det som er virkelig. Føreren blir varslet med et visuelt signal i form av et blinkende fartsgrensesymbol fra og med 1 km/t overskridelse. Dersom farten overstiger 4 km/t fører dette til et forsterket varsel i form av et godt hørbart lydsignal. Dersom fartsoverskridelse på mer enn 4 km/t vedvarer, så repeteres lydsignalet med jevne mellomrom. Føreren kan velge å slå av dette lydsignalet midlertidig ved å trykke på en egen knapp merket "Mute", mens det visuelle signalet med blinkende symbol vil fortsatt vises. Dersom fartsgrensen endrer seg vil "Mute" slås av og lydsignal vil bli gitt ved en fartsoverskridelse på mer enn 4 km/t.

Datainnsamlingen foregikk ved at leverandøren 2MA logget data fra ISA-enheten. 2MA gjorde datafilene tilgjengelig på sine servere, og SINTEF gikk regelmessig inn og lastet ned oppdaterte datafiler helt til årsskiftet 2014/2015. I løpet av datainnsamlingsperioden ble det logget 670 millioner datapunkter, fordelt på 440 kjøretøy og 325 000 turer. Totalt utkjørt logget distanse var 6 140 000 km.

Ulike filtreringsmetoder ble benyttet for å eliminere ulike potensielle feilkilder. Etter filtreringene var datamaterialet redusert til 245 millioner datapunkter, fordelt på 119 kjøretøy, og 130 000 turer. Totalt utkjørt logget distanse var 6 140 000 km, men ble etter filtreringen redusert til 2 190 000 km, altså 36 % av det opprinnelige materialet.

## Effektmål og analyser

Analysen er gjennomført med følgende typer effektmål:

### Fartsatferd:

- Andel utkjørt distanse over fartsgrensen (PDA)
- Gjennomsnittsfart
- Variasjon i kjørefart

### Drivstofforbruk:

- Forbruk beregnet i liter per mil

### Utslipp:

- CO<sub>2</sub>-utslipp beregnet i kg per mil

Følgende hypoteser ligger til grunn for studien:

- H1. ISA reduserer kjøring i fart over innslagspunkt for ISA (mer enn 4 km/t over fartsgrensen)
- H2. ISA fører til mindre variasjon i hastighet
- H3. ISA fører til lavere drivstofforbruk og følgelig lavere energiforbruk (relevant for elbiler)
- H4. ISA fører til redusert klimagassutslipp

Resultatet er funnet ved å sammenligne data logget før ISA ble aktivert i kjøretøyet med data logget etter at ISA er aktivert. Signifikanstesting er foretatt ved å konstruere 95 % konfidensintervaller for størrelsen på endringen i effekt.

## Resultater

### Fart

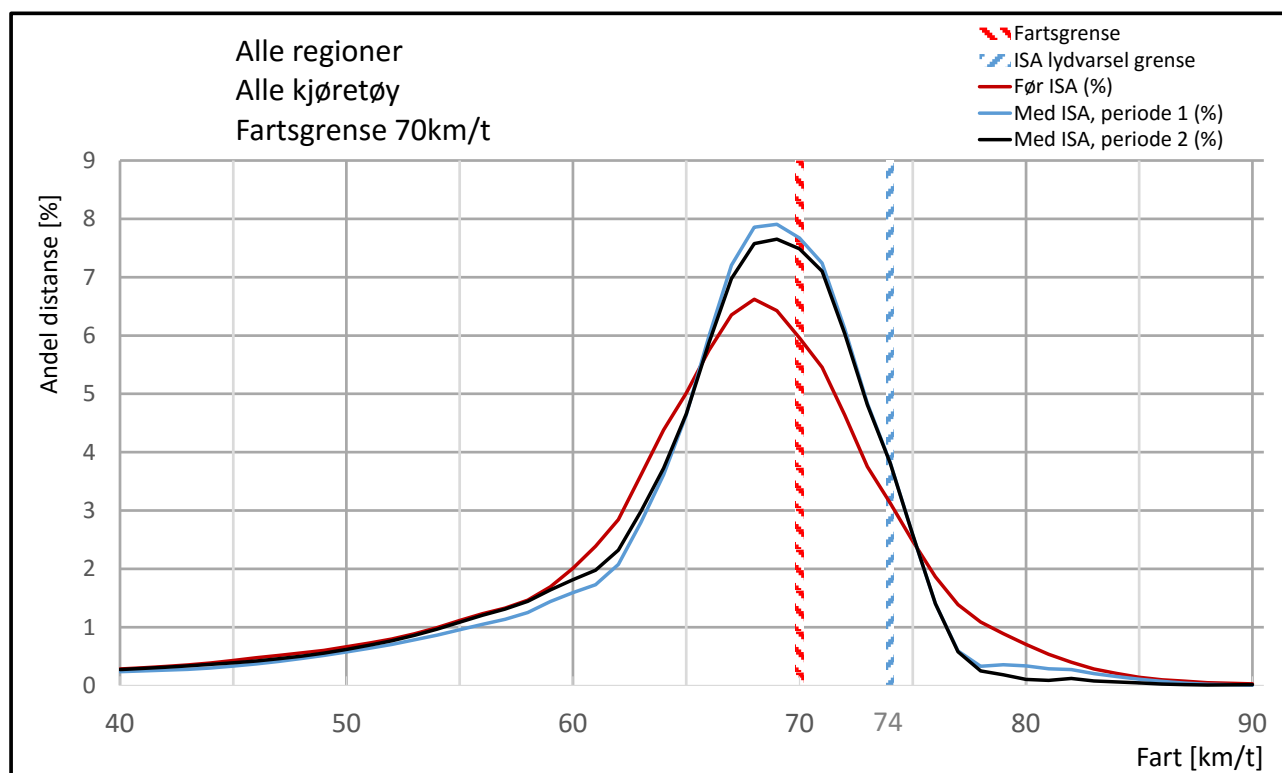
PDA defineres som andel utkjørt distanse over innslagspunkt for ISA, som er satt til 4 km/t i dette prosjektet. Totalt sett viser analysene at PDA uten ISA i dette datagrunnlaget var på 0,0585, altså ca. 5,9 %, mens PDA med ISA var på 0,0336, altså ca. 3,4 %. Vi kan si med 95 % sikkerhet at det er en positiv effekt av ISA på andel kjørt distanse i over 4 km/t over fartsgrensen.

Differansen i PDA uten og med ISA er på ca. 2,5 prosentpoeng, uavhengig av region, brukstype og fartsgrense bilen har kjørt i. Vi ser imidlertid at endringen i PDA fra uten ISA til med ISA er større for fartsgrense 70 km/t og for brukstype utlånsbil.

For fartsgrensene 50, 60, 70, 80, 100 km/t er effekten av ISA på fartsvariasjon negativ, det vil si vi observerer en mindre jevnere kjøring med ISA enn uten. For fartsgrensen 90 km/t er denne effekten derimot positiv, det vil si vi ser en jevnere kjøring med ISA. Selv om de negative effektene er små er resultatet noe overraskende, etter som det strider mot tidligere funn. En mulig forklaring kan være at fartsnivået under kjøring uten ISA har vært forholdsvis lavt.

Når det gjelder analyse av gjennomsnittshastighet, ser man en antydning til en positiv effekt ved bruk av ISA ved at de fleste gjennomsnittshastighetene går noe ned. Resultatene er i midlertidig kun signifikant ved 3 av 6 fartsgrenser (70, 80 og 100 km/t) for alle regioner sett under ett.

For å visualisere det innhentede datasettet har en plottet fartsfordelingen ved gitte fartsgrenser, brukstyper og regioner. Figuren nedenfor gjelder fartsgrense 70, og viser andelen distanse kjørt ved en ulike hastigheter vist med heltrukne linjer, og fartsgrensen og innslagspunktet for ISA-enheten vist med stiplede vertikale linjer. Resultatet ved at PDA er større uten ISA enn med, gjenspeiles her ved at arealet under fartsfordelingskurvene til høyre for innslagspunktet for ISA er større for perioden før ISA enn for de to periodene etter ISA.



Fartsprofil før ISA ble aktivert og etter aktivering av ISA periode 1 (dag nr 1-30) og periode 2 (dag nr 84-114)

## Drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>

Analysen av drivstofforbruk baserer seg på beregninger gjennomført med grunnlag i litt over totalt 1000 turer uten og med ISA, som ble valgt tilfeldig fra hele datasettet. Beregningene tar hensyn til rulle- og luftmotstand, stigning og fartsprofil.

For hver tur er det beregnet et energibehov i form av liter drivstoff for å gjennomføre turen. Dette energibehovet ble lengdevektet ved å stykke opp turen i kjørte mil og dermed oppnå en sammenlignbar verdi målt i liter per mil. På grunn av at datainnsamlingen ikke inkluderte informasjon om drivstofforbruk, ble det nødvendig å benytte beregningsmodeller for å estimere dette. Beregningsverktøyet kalkulerer forbrukt drivstoff per tur. Dette er omregnet til forbruk per mil. Sammenhengen mellom forbrukt drivstoff og utslipp av CO<sub>2</sub> er tilnærmet lineær, slik at en kan avlede endring i CO<sub>2</sub>-utslipp fra beregningene.

	N (turer)	Gjennomsnittlig forbruk (l/mil)	Gjennomsnittlig utslipp av CO <sub>2</sub> (kg/mil)
Uten ISA	579	0,547	1,437
Med ISA	615	0,526	1,382

## Diskusjon og konklusjon

Hypotese (H1): "ISA fører til mindre kjøring over innslagspunkt for ISA (4 km/t over fartsgrensen)" kan verifiseres. I studien er det benyttet to metodiske innfallsvinkler – én der hvert kjøretøy sammenlignes med seg selv uten og med ISA, og én der turer uten ISA sammenlignes med turer uten ISA. Begge analyser viser at andelen kjøring over 4 km/t over fartsgrensen er redusert med ca. 2-4 prosentpoeng ved å kjøre med ISA.

Hypotese (H2): "*ISA fører til mindre variasjon i hastighet*" kan ikke verifiseres. For fartsgrensene 50, 60, 70, 80 og 100 km/t ses en liten, men signifikant økning i variasjon i fart, det vil si at ISA har medført mindre jevn kjøring. For fartsgrense 90 km/t ses motsatt effekt.

Hypotese (H3): "*ISA fører til lavere drivstofforbruk*" og hypotese (H4): "*ISA fører til redusert klimagassutslipp*" kan også verifiseres, ved at det ses en statistisk signifikant reduksjon i beregnet drivstofforbruk for turer med ISA sammenlignet med turer uten ISA. Reduksjonen er på 3,8 % både for drivstofforbruk og klimautslipp.

Analysene viser at ISA har hatt en positiv effekt på fartsatferd i Statens vegvesen, ved at PDA er redusert fra 5,9 til 3,4 %, altså med ca. 2,5 prosentpoeng.

Resultatene viser også at drivstofforbruk og klimautslipp har gått ned med bruk av ISA i Statens vegvesen. Mer nøyaktig er drivstofforbruket beregnet til å være redusert med 3,8 %, og gitt den lineære sammenhengen mellom dette og CO<sub>2</sub>-utslipp har også sistnevnte blitt redusert tilsvarende.

Resultatene har også reist noen spørsmål som hittil står ubesvart, f.eks. rundt hvorfor variasjonen i kjørefart ser ut til å øke etter at ISA har blitt aktivert. Dette kan studeres ved å gå nærmere inn i datamaterialet.



## Summary

The Norwegian Public Roads Administration (NPRA) funded a project where SINTEF studied the effects of implementing Intelligent Speed Adaptation (ISA) in NPRA vehicles with respect to a) driving speed behaviour, b) fuel consumption and c) CO<sub>2</sub> emissions. This report documents the results from the evaluation:

This report are using the following categorization describing different ISA systems:

- *Informative ISA* gives the driver signal that he / she is about to break the speed limit, without taking control of the vehicle.
- *Supportive ISA* provides active support to the observance of the speed limit through proposed decision (e.g. by making the gas pedal harder to tap into), but can be overridden by the driver.
- *Controlling ISA* is the most radical variant, where a driver cannot override the system's adaptation to the speed limit.

The NPRA equipped part of their new vehicles purchased in the period from April 2011 to April 2014 with informative ISA. The system is of type 2MA-4X, provided by the Swedish company 2MA AB. An ISA device with display is mounted on the A-pillar near the lower left corner of the windshield in every vehicle. The display shows the current speed and speed limit. The speed is retrieved from GPS and is usually more accurate than the car's speedometer that has a built-in error that always display a higher speed than in reality. The driver is alerted with a visual signal in the form of a flashing speed limit symbol when speeding with 1 km/h or more. If the speed exceeds 4 km/h above the speed limit, this leads to a strengthened alert in the form of an audible beep. If speeding with more than 4 km/h persists, the beep repeats periodically. The driver can choose to turn off the system beep temporarily by pressing a button labelled "Mute", while the visual signal with flashing symbol still appears. If the speed limit changes, the mute is automatically turned off and audible signal will again be given when speeding with more than 4 km/h above the speed limit.

The supplier 2MA handled all the data collection from ISA device. 2MA made data files available on their ftp-servers, and SINTEF regularly downloaded updated data files until end of year 2014/2015. During the data collection period more than 670 million data points were logged, from more than 440 vehicles driving more than 325 000 trips. Total logging distance was 6.14 million kilometres.

Different filtering methods were used to eliminate various potential sources of error. After filtration the amount of data was reduced to 245 million data points, from more than 119 vehicles driving more than 130,000 trips. Total logging distance was 6.14 million kilometres which after filtration was reduced to 2.19 million kilometres, ie 36% of the original material.

## Effect measures and analysis

The analysis was carried out with the following types of effect measures:

### Speed behaviour:

- Percentage distance driven exceeding the speed limit (PDA)
- Average Speed
- Variation in driving speed

### Fuel consumption:

- Consumption calculated in litres per 10 km.

### CO<sub>2</sub> emissions:

- CO<sub>2</sub> emissions calculated in kg per 10 km.

The following hypotheses are used in this study:

- H1. ISA leads to less driving with speeds higher than the activation threshold for ISA (more than 4 km/h above the speed limit)
- H2. ISA leads to less speed variation
- H3. ISA leads to lower fuel consumption and hence lower energy consumption (relevant for electric vehicles)
- H4. ISA leads to reduced CO<sub>2</sub> emissions

The results are found by comparing data logged before ISA was activated to data logged after ISA was enabled. Significance testing is performed by constructing 95% confidence intervals for the size of the change in the effect under study.

## Results

### Speed

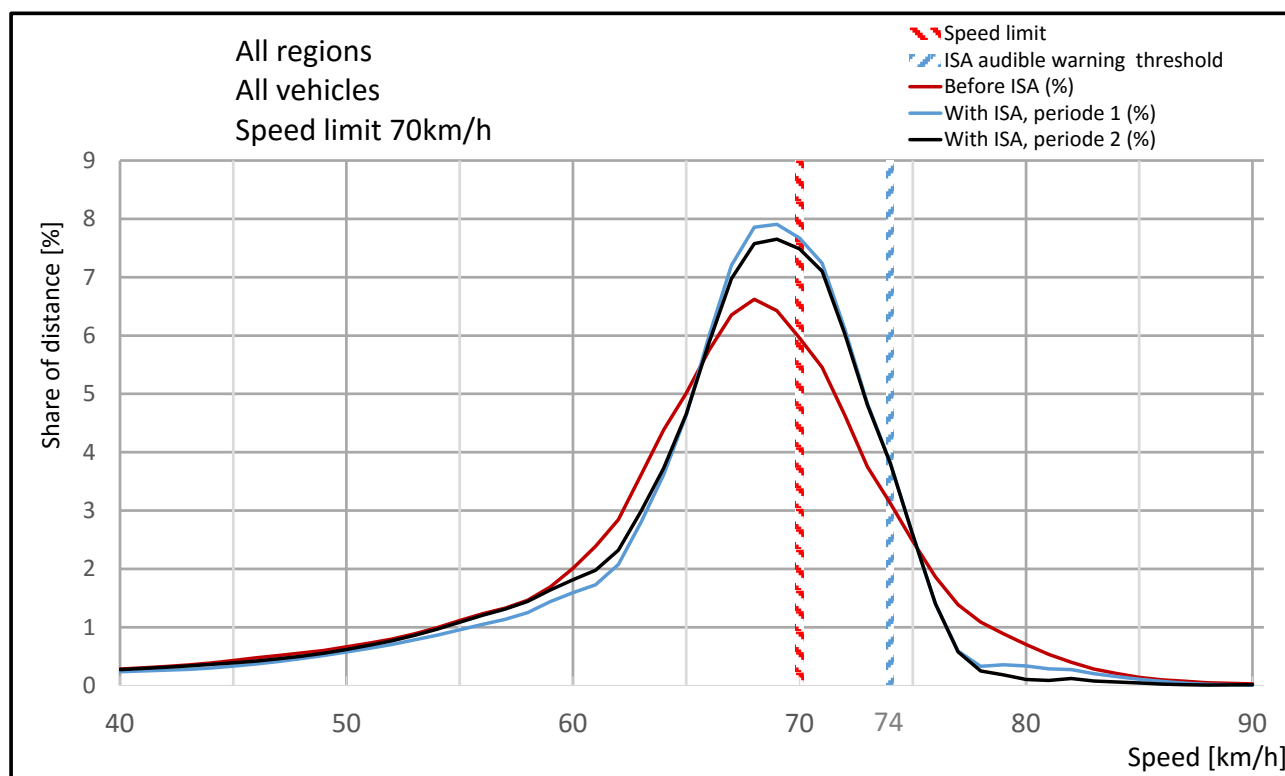
PDA is defined as a percentage of distance driven over activation threshold for ISA, which is set to 4 km/h in this project. Overall, the analysis show that PDA without ISA was 0.0585 in this dataset, i.e. approximately 5.9%, while PDA with ISA was 0.0336, i.e. approximately 3.4%. We can say with 95% confidence that there is a positive effect of ISA on the proportion of distance travelled with speeds higher than 4 km / h above the speed limit.

The difference in PDA with and without ISA is approximately 2.5 percentage points, regardless of region, vehicle usage and speed limit. However, we see that the change in PDA is larger for speed limit 70 km/h and for the vehicle usage type "lending car" (car shared by multiple employees).

For speed limits 50, 60, 70, 80, 100 km/h, the results from ISA on speed variation is negative, i.e. we observe more speed variation driving with ISA compared to without ISA. However, for the speed limit 90 km / h, this effect is positive, that is, we see less speed variations driving with ISA. Although the negative effects are small, the result is somewhat surprising in that it is contrary to past findings. A possible explanation could be that the speed level while driving without ISA has been relatively low.

For the analysis of average speeds, we see a small but positive effect of using ISA. That is, we see a reduction of the average speeds. The results are however only significant at 3 of 6 speed limits (70, 80 and 100 km/h) for the case where all regions are considered.

The logged data are visualized by plotting the speed distribution for specified speed limits, vehicle usage and regions. The figure below apply to speed limit 70, and show the percentage of distance driven at different speeds (shown in solid lines), and the speed limit and the threshold for the ISA device (shown with dashed vertical lines). The obtained result that PDA is larger without ISA compared to with ISA is reflected in the figure in that the area under the speed distribution curves to the right of the threshold for the ISA device is larger for the period before ISA than for the two periods under ISA.



Speed distribution before ISA was activated, and after activation; ISA period 1 (day no. 1-30) and period 2 (day no. 84-114)

## Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission

The analysis of fuel consumption is based on calculations from 1,000 trips driven with and without ISA, and was randomly selected from the entire data set. The calculations take into account the rolling resistance, aerodynamic drag, incline and speed profile.

For each trip the energy demand is calculated as litres of fuel to complete the journey. This energy demand is weighted according to the distance driven, by splitting the trip into each 10 km driven and in this way calculate comparable values in litres per 10 km. Because the data collection did not include information concerning fuel consumption, it was necessary to use computational models to estimate this. The model calculates fuel consumed per trip. This is translated into fuel consumption per 10 km. The relationship between fuel consumed and CO<sub>2</sub> emissions are approximately linear, so that the change in CO<sub>2</sub> emissions can be derived from the calculations.

	N (trips)	Average fuel consumption (l/10km)	Average CO <sub>2</sub> emission (kg/10km)
Without ISA	579	0.547	1.437
With ISA	615	0.526	1.382

## Discussion and conclusion

Hypothesis (H1): "ISA leads to less driving with speeds higher than the activation threshold for ISA (4 km/h above the speed limit)" can be verified. Two different methodological approaches are used in this study - one where each vehicle is compared to itself without and with ISA, and one in which trips without ISA are

compared to trips without ISA. Both analyses show that the proportion of driving with speeds higher than 4 km / h above the speed limit is reduced by approximately 2 - 4 percentage points when driving with ISA.

Hypothesis (H2): *"ISA causes less variation in speed"* cannot be verified. For speed limits 50, 60, 70, 80 and 100 km/h a small but significant increase in the variation in speed is observed, i.e. ISA has resulted in a higher speed variation. For the speed limit of 90 km/h the effect is opposite.

Hypothesis (H3): *"ISA leads to lower fuel consumption"* and hypothesis (H4): *"ISA leads to reduced CO<sub>2</sub> emissions"* can also be verified, in that a statistically significant reduction in estimated fuel consumption is observed for trips with ISA compared to trips without ISA. The reduction is 3.8% for both fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions.

The analysis show that ISA has a positive effect on driver behaviour within the NPRA, in that PDA is reduced from 5.9 % to 2.4%, i.e. approximately 2.5 percentage points.

The results also show that fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions have decreased by the use of ISA in the NPRA. More specifically, fuel consumption is estimated to be reduced by 3.8%, and given the linear relationship between fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission the latter have been reduced equivalently.

The results have also raised some unanswered questions. For instance why the variation in driving speed seems to increase after ISA was activated. This can be studied by doing further data analysis.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Fart er en av de aller viktigste årsaksfaktorene ved alvorlige trafikkulykker. Rundt halvparten av dødsulykkene i Norge skjer med for høyt fartsnivå, og fart er en viktig medvirkende årsak til høyt skadeomfang (Statens vegvesen 2014a). Sammenhengen mellom fart og ulykkesrisiko er også veldokumentert innen trafiksikkerhetsforskningen, og tallfestet i den såkalte potensmodellen (Elvik 2009, Nilsson 2004).

Rothengatter (1988) har gjennomført studier som viser at faktorer som oppdagelsesrisiko, andre trafikanters fartsvalg og kjøreglede har størst innvirkning på den individuelle førerens valg av fart. Forskningen viser også at selv om atferden (fartsvalget) påvirkes av kontrolltiltak, forblir holdningene mot atferden uendret. Elvik (2009) trekker frem reisetid og ulykkesrisiko som to av de viktigste faktorene for fartsvalg, men peker også på at andre trafikanters fartsnivå, egenskaper ved føreren (alder, kjønn, erfaring, førertilstand m.m.), egenskaper ved reisen (formål, sosial situasjon i bilen m.m.), trafikkforhold, veggeometri og omgivelser har betydning for førernes fartsvalg.

Automatisk fartstilpasning (*Intelligent Speed Adaptation – ISA*) er et førerstøttesystem utformet for å redusere fart og derved ulykkesrisikoen. Systemet lignet først på en cruisekontroll-funksjon hvor førerne selv forhåndsbestemte maksimal fart, mens det i dag benyttes GPS-data koblet opp mot digitale vegdata for å variere maksfarten etter gjeldende fartsgrense. Det eksisterer ulike former for ISA, som har ulike mekanismer for fartsbegrensning (Jenssen 2010). Begrepene som brukes om de forskjellige typene varierer, i denne rapporten brukes følgende kategorisering (ibid.):

- *Informerende ISA* gir føreren signal om at han/hun er i ferd med å bryte fartsgrensen, uten å ta kontroll over kjøretøyet.
- *Støttende ISA* gir aktiv støtte til overholdelse av fartsgrensen gjennom forslag til beslutning (f.eks. ved å gjøre gasspedalen tynge å trykke inn), men kan overstyres av bilføreren.
- *Kontrollerende ISA* er den mest inngripende varianten, hvor bilfører ikke kan overstyre systemets tilpasning til fartsgrensen.

I følge forskere ved University of Leeds er ISA "*ikke lenger kun et fåtall akademikers tankespinn, og det er generelt akseptert av mange i bilindustrien at implementeringen av ISA er uunngåelig*" (Carsten 2006). Systemet er hittil likevel ikke implementert i stor skala.

## 1.2 Målsetting og problemstillinger

For å øke sikkerheten blant sine ansatte og for å vise vei for andre offentlige og private virksomheter, har Statens vegvesen (SVV) vedtatt å implementere informerende ISA med atferdsregistrator i alle sine tjenestebiler. Offentlige virksomheter er en betydelig oppkjøper av nye kjøretøy. Ved å kreve installering av avanserte førerstøttesystemer i disse kjøretøyene, kan myndigheter både forbedre sikkerheten på kjøreturer som foretas av egne ansatte, og sikkerheten i kjøretøyparken generelt dersom disse bilene selges videre på brukmarkedet.

SINTEF har på oppdrag fra Vegdirektoratet evaluert effekten av implementering av ISA i Statens vegvesens kjøretøy, med hensyn på i) fartsatferd, ii) drivstofforbruk og iii) klimautslipp. Denne rapporten dokumenterer resultater fra evalueringen.

### 1.3 Rapportens struktur

Rapporten er delt inn i 6 kapitler. Kap. 2 gir en oversikt over tidligere studier av effekter av ISA, og hvordan effektene er målt. Kap. 3 gir en nærmere beskrivelse av ISA-systemet som er implementert i Statens vegvesens biler. Kap. 4 beskriver hvilke metoder og tilnærminger som er brukt i prosjektet, mens kap. 5 dokumenterer resultatene. Kap. 6 oppsummerer og diskuterer de viktigste momenter fra studien.

## 2 Effekter av ISA

Selv om ISA så langt ikke har vært varig implementert i stor skala, er det utført forsøk av varierende omfang og med ulike typer ISA i mange land siden begynnelsen av 1980-tallet. Dette gjelder bl.a. Sverige, Nederland, Belgia, Australia, Storbritannia, Danmark, Norge, Ungarn, Spania, Frankrike og USA (for oversikt se f.eks. Carsten 2006, Young og Lenné 2010). De fleste forsøkene er gjennomført som naturalistiske eksperimenter, mens noen er gjennomført i simulator. De seneste årene er ISA-forsøk i Skandinavia gjennomført som del av såkalte Pay-as-you-speed (PAYS)-ordninger, det vil si ordninger hvor forsikringspremien er knyttet til den enkelte forsikringstakers fartsatferd (Lahrman m.fl. 2012, Stigson m.fl. 2013).

### 2.1 Å måle effekter av ISA

For å måle effekten av ISA har tidligere studier som regel logget data i en førperiode hvor ISA ikke var aktivert, og deretter inndelt i ulike analyseperioder for å studere korttids- og langtidsvirkninger. Noen har også logget data i en etter-periode uten ISA. De ulike studiene har benyttet seg av ulike typer effektvariabler. Hovedsakelig kan vi skille mellom fire typer målte effekter når det gjelder fartsatferd (Doecke m.fl. 2011, Lahrman m.fl. 2012):

- Punktmål (beskrevet med gjennomsnitt, standardavvik, persentiler, andel som har kjørt over fartsgrensen, andel som har kjørt 10 km/t over fartsgrensen)
- Fartsnivå over tid eller distanse (beskrevet med vektet gjennomsnitt)
- Kjøring over fartsgrense – antall tilfeller, andel tid eller distanse
- Variasjon i fart

I Lahrman et al. (2012) sin studie av PAYS i Danmark er metodevalg og effektberegningen grundig diskutert. De argumenterer for å bruke andel utkjørt distanse over fartsgrense (*Proportion of distance driven above the speed limit* – PDA) som hovedmål for effekten av ISA på fartsatferd. Hovedargumentet for å benytte dette målet fremfor gjennomsnittsfart og standardavvik er at hensikten med ISA er å forhindre at bilførere kjører over fartsgrensen, ikke å redusere gjennomsnittsfarten. Dermed ses PDA som et mer relevant mål for å studere endring i fartsatferd som følge av ISA enn endring i gjennomsnittsfart.

For å kunne sammenligne med andre studier benyttet også Lahrman et al. (2012) punktmål i form av gjennomsnittlig fri fart i et tverrsnitt av vegen. Fartsdata som ikke kunne antas å være av fritt valg (altså hvor farten kan antas å ha blitt begrenset av forhold utenfor kjøretøyet) ble ekskludert fra analysen. Terskelverdiene for ekskludering innenfor hver enkelt fartsgrense ble satt ut fra eget skjønn, og lå på f.eks. 35 km/t for fartsgrense 50 km/t og 65 km/t for fartsgrense 80 km/t.

### 2.2 Effekter funnet i tidligere studier

#### 2.2.1 Reduksjon av fart og ulykker

En rekke studier konkluderer med at ISA virker fartsmodererende og at systemet derfor bidrar til en reduksjon i antall drepte og skadde i trafikken (se f.eks. Agerholm 2011, Carsten 2012, Høye m.fl. 2011, Jenssen m.fl. 2003). Effektene varierer etter hva slags type ISA som er testet, hvor det er testet, og om det var en incentivordning med i bildet. De hittil mest omfattende forsøkene, gjennomført i Sverige fra 1999 til 2002, viste en gjennomsnittlig fartsreduksjon på 3-4 km/t med informerende ISA (Biding og Lind 2002).

I en grundig litteraturgjennomgang av studier gjort på ISA fra midten av 1990-tallet og utover 2000-tallet fant Young og Lenné (2010) at informerende ISA medfører reduksjon i gjennomsnittsfart på opp til 5 km/t. Videre bemerkes at ISA har stor effekt på de høyeste fartsnivåene, ved at maksimumsfart, 85-persentil og tid kjørt

over fartsgrensen reduseres. Dermed reduseres også variasjonen i fartsnivå, og gjennomsnittsfarten blir relativt konstant. Videre fant Young og Lenné at ISA er mest effektiv i de lavere fartssonene, men det er også i disse områdene førere tenderer til å slå av systemet dersom det er mulig. Videre viser forfatterne til studier som indikerer at ISA har effekt kun mot de førerne som fra før av holdt seg nær fartsgrensen, men ikke de som har liten eller ingen intensjon om å holde fartsgrensen.

Senere studier bekrefter de positive effektene av informerende ISA. Basert på data fra det franske LAVIA-forsøket konkluderer Lai et al. (2012) med at effekten av informerende ISA på ulykkesforekomst er signifikant. De hevder imidlertid at effekten er liten, og at støttende og kontrollerende systemer kan ha langt større effekter. De fant at den ulykkesreduserende effekten med 100 % penetrasjon i markedet vil være 2,7 % for informerende ISA, 12 % for støttende ISA og 29 % for kontrollerende ISA. Effekten ble funnet å være størst på veier med lav fartsgrense.

Doecke et al. (2011) har studert effekten av informerende ISA i kjøretøy tilhørende de lokale myndighetene i regionen New South Wales i Australia. De konkluderte med at systemet hadde potensial til å redusere personskadeulykker med offentlig eide kjøretøy med 20 %, tilsvarende 171 ulykker per år.

Et kjent problem med frivillige varianter av ISA er at positive effekter på fartsatferd avtar over tid (Warner og Åberg 2008). I studier fra de seneste årene har varianter av ISA derfor ofte vært kombinert med økonomiske insentivordninger som skal styrke motivasjonen for mer trafiksikker (og klima- og miljøvennlig) fartsatferd. Dette dreier seg om såkalte Pay-as-you-drive (PAYD)- og Pay-as-you-speed (PAYS)-løsninger, det vil si hvor forsikringspremien er knyttet til den enkelte forsikringstakers bruksmønster og/eller fartsatferd. Flere nyere studier konkluderer med at slike ordninger vil ha positiv effekt på kjøremengde og/eller ulike variabler for kjøreatferd (fart, akselerering, bremsing, svingebevegelser) og derved ha positive effekter på både sikkerhet, miljø og klima (Dijksterhuis m.fl. 2015, Ellison m.fl. 2015, Lahrmann m.fl. 2012, Merrikhpour m.fl. 2014, Stigson m.fl. 2013).

Resultater fra det danske *Pay as you speed*-forsøket viste at førerstøtte, i dette tilfellet ISA, i kombinasjon med registrering av føreratferd som grunnlag for beregning av en bonus, kan ha positiv og holdbar effekt på føreratferd blant unge førere (Lahrmann m.fl. 2012). Effekten av å ha informativ ISA i bilen (uten incentiver) ble beregnet til å redusere andel kjørt distanse over fartsgrensen fra ca. 7 % uten ISA til ca. 5 % med ISA i starten av testperioden ved fartsgrense 50 km/t, og fra 13 % til rundt 7 % ved fartsgrense 80 km/t. Effektene var størst i den første testperioden og avtok deretter.

Et svensk forsøk med PAYS og ISA viste også en positiv og varig effekt på fartsatferd (Stigson m.fl. 2013). Til sammen 152 private bilforsikringstakere fikk installert informerende ISA (en lignende variant som hos Statens vegvesen) i bilen, og kunne oppnå maksimum 30 % avslag i forsikringspremien ved mindre enn 1 % distanse kjørt over fartsgrensen (innslagspunkt 6 km/t over). En kontrollgruppe bestående av 98 bilforsikringstakere fikk ingen feedback og oppnådde 20 % avslag i forsikringspremien uansett kjøreatferd. Resultatene fra forsøket viser at testgruppen hadde 6 % distanse kjørt over fartsgrensen mens tilsvarende andel for kontrollgruppen var 14 %. Studien sier ingenting om effekten av ISA isolert fra de økonomiske insentivene.

I et norsk forsøk gjennomført i 2006-2007 fikk forsikringskunder mellom 18 og 25 år bosatt i Karmøy tilbud om 30 % rabatt i forsikringen mot å utstyre bilen med informativ ISA og atferdsregistrator. Resultatene fra prosjektet viste en klar oppstarteffekt av ISA på andel kilometer kjørt 5 km/t eller mer over fartsgrensen, men at denne effekten avtok utover i forsøket (Berg m.fl. 2008). De fant også at størst andel overtredelser skjer der fartsgrensen er lav. For forsøksperioden sett under ett var andelen kjørt distanse over i 5 km/t eller mer over fartsgrensen så mye som mellom 15 og 23 %. Likevel var hovedkonklusjonen at ISA ga lavere andel fartovertredelser enn kjøring uten ISA, også mot slutten av forsøket.



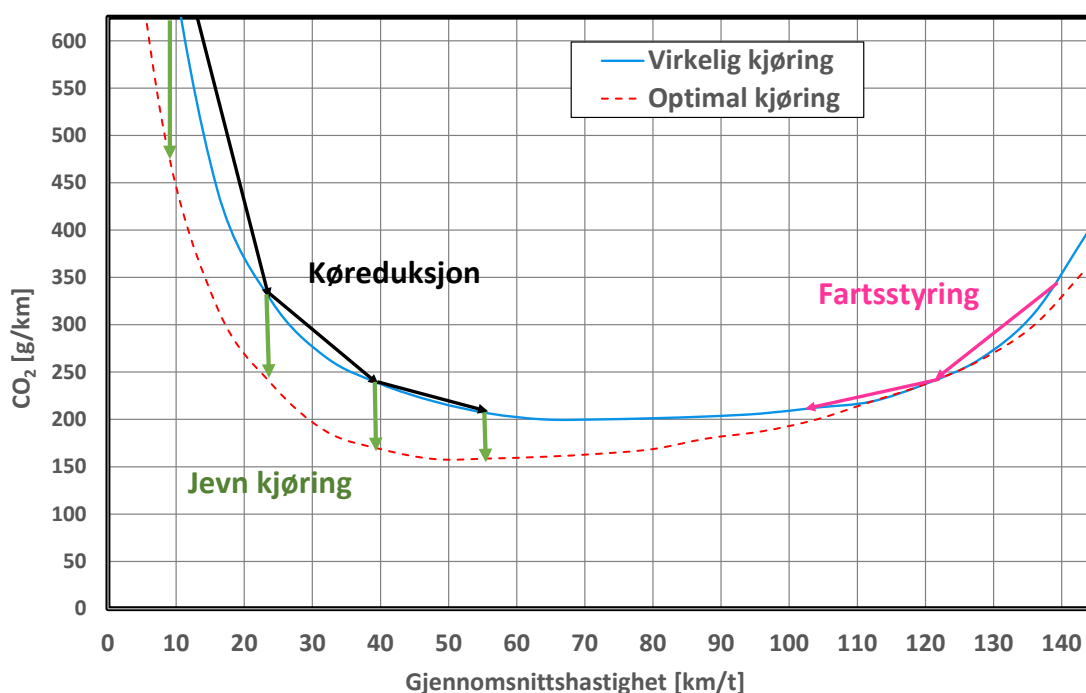
### 2.2.2 Reduksjon av drivstofforbruk og miljø-/klimautslipp

De fleste studier av ISA fokuserer på effekter på fart og ulykker, og ikke på miljø og klima. Lai et al. (2012) er blant unntakene, siden de også har studert effekten av støttende og kontrollerende ISA på drivstofforbruk og utslipp. De fant at støttende ISA reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp med 3,4 %, mens kontrollerende ISA reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp med 5,8 % i fartsgrense 70 mph (tilsvarende ca. 110 km/t).

Várhelyi et al. (2004) fant at støttende ISA førte til 11 % reduksjon i CO-utslipp, 7 % reduksjon i NO<sub>x</sub>-utslipp og 8 % reduksjon i HC-utslipp<sup>1</sup>. Utslippene var estimert basert på loggede farts- og akselerasjonsdata ved bruk av et utslippsberegningsverktøy kalt VETO. Denne modellen var imidlertid validert med utslippsdata fra en eldre Volvo 940 bilsbil, som ble produsert når krav til utslipp var lavere enn dagens krav. Strengere krav har ført til endringer i utslippsprofilen fra bilmotorer, noe som reduserer den eksterne validiteten til denne kilden.

Stigson et al. (2013) beregnet at effekten av ISA og økonomiske insentiver på fart medførte en reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp på 300 kg per år per bilfører. Det reduserte drivstofforbruket førte til en besparelse i drivstoffkostnader på EUR 200 per år per bilfører.

Det er utbredt å anta at det er en sammenheng mellom fart og drivstofforbruk. Denne sammenhengen er ikke lineær, men følger en skjev U-formet kurve, som vist i Figur 1. Figuren er hentet fra Barth og Boriboonsomsin (2008), som også presenterer tiltak for å minimere forbruket. Grafen viser den skjeve U-formen tydelig. Den viser at for høye hastigheter (over 97 km/t) vil forbruket øke med økende hastighet. For lave hastigheter (under 48 km/t) vil forbruket øke med synkende hastighet.



Figur 1: Grunnleggende funksjon for utslipp/energiforbruk som funksjon av hastighet (Barth og Boriboonsomsin 2008, oversatt til norsk av SINTEF)

<sup>1</sup> Hydrokarboner

For å forstå denne kurven er det ofte nyttig å se fart i sammenheng med energibruk. For å få en bil til å bevege seg, kreves energi som frigjøres fra drivstoffet via motoren. Enhver motstand som bilen møter krever en viss mengde energi for å opprettholde ønsket hastighet. De største motstandene som en bil møter på er rullemotstand, luftmotstand, stigninger og bremsemotstand.

Rullemotstand og luftmotstand er i stor grad avhengig av farten. Jo høyere farten blir, jo mer energi må kjøretøyet bruke for å kompensere for økt luftmotstand og rullemotstand. Disse to kreftene er forklaringen på høyresiden av U-en i Figur 1. Det vil si at dersom et tiltak får hastigheten til å gå ned, gitt at en allerede befinner seg i hastighetsområdet over 60 km/t, vil dette føre til mindre energibehov. Dette fører igjen til mindre drivstofforbruk.

Bremsemotstand er i stor grad avhengig av sjåføratferd og trafikkvolum. Hver gang bremsepedalen blir aktivert, føres bremseklossene inntil bremseskivene. Friksjonen mellom dem fører til at hjulets hastighet avtar, og bevegelsesenergien i hjulet blir omdannet til varme. Denne energien kan ikke gjenbrukes (vi ser bort fra regenerative bremsere, da dette er svært lite utbredt i dagens bilpark), og kan anses som tapt. Det vil si at en kjørestil som minimerer bremsebruken er optimalisert med tanke på energibruk. En jevn kjørestil har få fluktuasjoner i fart, og dermed lite bruk av bremsene. Dermed kan en si at et tiltak som fører til en jevn kjørestil fører til mindre drivstofforbruk.

I stigninger er det vanskelig å påvise en direkte sammenheng mellom fart og energibruk. En stigning krever at bilen øker sin potensielle energi, og denne prosessen er like krevende ved høye hastigheter som ved lave hastigheter. Dog er det viktig å tenke på at motoren har et optimalt virkningsområde som er avhengig av turtall og motorlast. Tiltak som gjør at motoren holder seg i dette området vil føre til optimal energiutnyttelse, men selve kjørefarten har ingen direkte påvirkning her.

Basert på en energibetraktning av sammenhengen mellom fart og forbruk, kan en påstå at tiltak som enten senker høye hastigheter eller fører til jevn kjøring, vil redusere drivstofforbruket.

### 3 ISA-systemet i Statens vegvesens kjøretøy

Statens vegvesen utstyrte alle sine nye kjøretøy anskaffet i perioden fra april 2011 til april 2014 med informerende ISA. Systemet er av typen 2MA-4X, levert av det svenske firmaet 2MA AB, se Figur 2.

Systemet er basert på en GPS-mottaker som kontinuerlig identifiserer kjøretøyets posisjon og hastighet. ISA-systemet inneholder data om skiltede fartsgrenser, hentet fra Nasjonal vegdatabank (NVDB). Den GPS-målte hastigheten blir sammenlignet med skiltet fartsgrense fra NVDB, og overtredelser blir registrert.

En ISA-enhet med display er montert på bilens A-stolpe nær nedre venstre hjørne av frontruten i alle kjøretøyene, se Figur 3. Plasseringen er valgt for å kunne gi best mulig informasjon til fører uten å hindre sikt. Displayet viser den til enhver tid gjeldende fart (hele km/t) og fartsgrense. Farten er hentet fra GPS og er som oftest mer nøyaktig en bilens eget speedometer som har en innebygd feilvisning ved at det alltid viser høyere hastighet enn det som er virkelig.

Føreren blir varslet med et visuelt signal i form av et blinkende fartsgrensesymbol fra og med 1 km/t overskridelse. Dersom farten overstiger 4 km/t fører dette til et forsterket varsel i form av et godt hørbart lydsignal. Dersom fartsoverskridelse på mer enn 4 km/t vedvarer, så repeteres lydsignalet med jevne mellomrom.

Føreren kan velge å slå av dette lydsignalet midlertidig ved å trykke på en egen knapp merket "Mute" (se Figur 2), mens det visuelle signalet med blinkende symbol vil fortsatt vises. Dersom fartsgrensen endrer seg vil "Mute" slås av og lydsignal vil bli gitt ved en fartsoverskridelse på over 4 km/t.

Informasjon om installasjonen av ISA og atferdsregistrator ble gitt til alle ansatte i Statens vegvesen via interne websider. Det ble også lagt ut et infoskriv i alle kjøretøy som ble utstyrt med systemet. Hvorvidt de enkelte bilførerene har fått med seg denne informasjonen er ikke kjent.



Figur 2: 2MA-4X ISA. Her vises fartsgrense 50 og bilens fart lik 0. Legg merke til "Mute" knapp.



Figur 3: Bilde tatt under montering av en ISA-enhet på A-stolpen i ett av Statens vegvesens kjøretøy

## 4 Metode for evaluering av effekter av ISA

Effektevaluering er et mangfoldig forskningstema med flere typer modeller (Vedung 1997). Det som hovedsakelig skiller disse modellene fra hverandre er hvilke effekter (effekter på *hva*) som skal evalueres. I dette tilfellet er målet å studere virkningen av informerende ISA på *fartsatferd*. I tillegg ønskes studert effekter på *drivstofforbruk* og *klimagassutslipp*. I analysene benyttes begrepet *tur* i fra kjøretøyet starter å kjøre til kjøretøyet stanser og tenning slås av.

### 4.1 Hypoteser

Følgende hypoteser ligger til grunn for studien:

- H1. ISA fører til mindre grad av kjøring over innslagspunkt for ISA (4 km/t over fartsgrensen)
- H2. ISA fører til mindre variasjon i hastighet
- H3. ISA fører til lavere drivstofforbruk og følgelig et lavere energiforbruk (relevant for elbiler)
- H4. ISA fører til redusert klimagassutslipp

Effektene er funnet ved å sammenligne data logget før ISA ble aktivert i kjøretøyet med data logget etter at ISA er aktivert.

### 4.2 Datainnsamling

Data for turer uten ISA har blitt logget i 2011 og 2012, mens data for turer med ISA har blitt logget i 2012-2014. Data er logget i en periode på minst 1 måned uten at ISA-systemet har vært aktivert, deretter i opptil 33 måneder med systemet aktivert. Tabell 1 beskriver de ulike typer data som ble logget for hvert datapunkt.

Tabell 1: Beskrivelse av et datapunkt fra en ISA-enhet

Navn	Beskrivelse
<b>Tid</b>	Tidspunkt for loggføringen. Hver ISA-enhet produserte én loggføring per sekund.
<b>Latitude</b> <b>Longitude</b>	GPS-posisjonen til bilen på tidspunktet for loggføringen
<b>Fart</b>	Bilens fart på tidspunktet for loggføringen. Hentet fra ISA-enheten.
<b>Fartsgrense</b>	Fartsgrensen på veistrekningen bilen befant seg på i tidspunktet for loggføringen. Hentet fra en intern database i ISA-enheten, med data fra Elveg-databasen hentet fra NVDB.
<b>BlackSilentMode</b>	Om ISA-enheten var aktivert eller ikke (dersom BlackSilentMode er på, er ISA-enheten "svart og stille", altså deaktivert.
<b>Lyd</b>	Om mute-knappen på ISA-enheten var aktivert eller ikke. Dersom mute-knappen er aktivert, vil ikke ISA-enheten benytte lydsignal til å signalisere en fartsoverskridelse.

Datainnsamlingen foregikk ved at leverandøren av ISA-systemet (2MA) logget data fra ISA-enheten. 2MA gjorde datafilene tilgjengelig på sine servere, og SINTEF gikk regelmessig inn og lastet ned oppdaterte datafiler helt til årsskiftet 2014/2015.

Datafilene som ble hentet ned fra 2MA sine servere bestod av to filer for hver tidsperiode: én fil inneholdt loggdata fra ISA-enhetene med ett datapunkt for hvert sekund en bil med ISA-enhet hadde vært aktiv, mens den andre inneholdt aggregerte data med ett datapunkt for hver tur. Det var i hovedsak den første datafilen som ble benyttet som rådata, mens den andre ble brukt til å verifisere at innlesingen ble gjort korrekt.

I løpet av datainnsamlingsperioden ble det logget 670 millioner datapunkter, fordelt på 440 kjøretøy og 325 000 turer. Totalt utkjørt logget distanse var 6 140 000 km.

I datafilene SINTEF har lastet ned ligger ingen direkte personidentifiserbare opplysninger. Ved å koble datafilene med oversikter over hvem som har tilgang til de ulike tjenestekjøretøyene er det likevel teoretisk mulig å identifisere enkeltindivider.

### 4.3 Tilrettelegging for analyse

Data fra ISA-enheten inneholder enkelte potensielle feilkilder. Dette er for det første knyttet til kvaliteten på GPS-data. En GPS kan miste kontakt med satellitter i korte perioder, spesielt ved kjøring i tunnel, ved bergvegg eller høye bygninger. I slike tilfeller vil posisjoneringen bli feil, og dette kan gi store utslag på farten som registreres, etter som farten er beregnet som funksjon av tid og posisjonering i forhold til forrige loggepunkt.

Ved korte avstander mellom parallelle veger kan unøyaktighet i GPS-systemet føre til at posisjoneringen blir satt til en nærliggende veg med en annen fartsgrense enn den man faktisk kjører på. Dermed kan data feilaktig registreres som fartsovertredelse.

En annen potensiell feilkilde ligger i at fartsgrensen som er lagt inn i ISA-enheten kan avvike fra skiltet fartsgrense på vegen. 2MA har jevnlig oppdatert ISA-enhetene med data fra NVDB, men bruk av testkjøretøy har likevel vist at feil har forekommet. Dersom skiltet fartsgrense er høyere enn den som ligger i ISA-enheten, vil bilfører ofte forholde seg til det som er skiltet. Gjeldende strekning kan da feilaktig registreres med fartsovertredelse. Hvilke strekninger dette gjelder er ikke mulig å kontrollere i ettertid, fordi NVDB ikke inneholder historiske data, kun dato for når dagens fartsgrense ble gjeldende (altså når gjeldende skilting ble satt opp).

Det endelige datagrunnlaget inkluderer kun data fra kjøring i fartsgrenser 50 km/t og over. Dette ble valgt i samråd med oppdragsgiver, fordi data fra strekninger med fartsgrense 30 og 40 km/t kan være beheftet med mye støy. Dette kan særlig være i form av GPS-unøyaktighet som fører til posisjonering på nærliggende veger i stedet for den man faktisk kjører på.

Alle kjøretøy med mindre enn 30 dager eller 100 km med eller uten ISA aktivert ble fjernet fra datamaterialet, siden det var ønskelig med en viss datamengde både før og etter ISA-enhetene ble aktivert.

Deretter ble alle turer med maksimumsfart mindre enn 20 km/t, og alle turer der mute-knappen på ISA-enheten var blitt aktivert, fjernet. Begge disse filtreringene ble antatt å omfatte unormale turer.

Statens Vegvesen bidro med å identifisere de brukstypene blant sine kjøretøy som ofte kjører uvanlig sakte og/eller med mange stopp, og denne delen av datamaterialet ble filtrert bort.

Brukstypene som ble beholdt for videre analyse ble gruppert som følger:

- Plan og forvaltning
- Utlånsbil
- Tilsynsbil
- Ulykkesberedskap
- Utbygging
- Grunnboring/Lab.bil/Landmåling
- Kontrollbil (også kalt utekontrollbil)

Tabell 2 viser alle steg i filtreringen og hvor mange turer eller kjøretøy som gjenstod i analysedataet etter hvert steg.

Tabell 2: Filtrering av kjøretøy

	Antall kjøretøy for analyse	Antall turer for analyse
Opprinnelig	440	325 000
Filtrerte bort alle kjøretøytyper som ikke er i listen over	285	232 000
Filtrerte bort alle kjøretøy med mindre enn 30 dager og 100 km med eller uten BlackSilentMode	123	132 000
Filtrerte bort kjøretøy med feil, turer med maksfart < 20km/t, og turer der mute-knappen har blitt trykket	119	130 000

Etter disse filtreringene var datamaterialet redusert til 245 millioner datapunkter, fordelt på 119 kjøretøy, og 130 000 turer. Totalt utkjørt logget distanse var 6 140 000 km, men ble etter filtreringen redusert til 2 190 000 km, altså 36 % av det opprinnelige materialet.

## 4.4 Analyse av data

### 4.4.1 Metodisk innfallsvinkel

Denne evalueringen er gjennomført med sammenligning av data fra perioden før ISA er aktivert med data fra perioden etter at ISA er aktivert. Som beskrevet over er formålet å avdekke effekt av ISA på følgende parameter:

- Fartsatferd
- Drivstofforbruk
- Klimagassutslipp

Ulikt tidligere studier av ISA er ikke denne studien gjennomført som en før-/etter-studie. Dette fordi vi ikke har grunnlag for å si om de enkelte bilførerne som inngår i materialet har tidligere erfaring med ISA eller ikke.

I og med at Statens vegvesen har utstyrt alle sine nye kjøretøy med ISA over en lengre periode, er det godt mulig at flere av bilførerene har kjørt tjenestebiler med ISA før de har kjørt en bil der ISA ikke var aktivert (altså denne bilens "før"-periode). Om dette gjelder kun noen få eller mange er ukjent. Vi velger derfor å snakke om kjøring *uten og med ISA*, fremfor før- og etter-periode i denne studien.

Når data fra ulike tidsperioder sammenlignes kan effektene forstyrres av andre (eksterne) faktorer som også kan påvirke fartsnivået. Endringer i fart kan f.eks. skyldes tilfeldig variasjon, ugyldige fartsdata, eller plutselig økning i trafikk som gjør at trafikken ikke flyter som før (Elvik 2014). Vi kan ikke utelukke at det er registrert endringer i fart for enkeltkjøretøy i dette prosjektet, som skyldes slike ytre faktorer. Det er imidlertid liten grunn til å anta systematiske forskjeller mellom perioder uten ISA og med ISA for hele utvalget samlet, etter som disse periodene varierer i tidspunkt mellom de enkelte kjøretøy og også inkluderer turer over hele landet.

Bilførerene som har kjørt bilene uten ISA antas å i stor grad være de samme som har kjørt bilene med ISA. Vi kan ikke utelukke at det har forekommet enkelte tilfeldige variasjoner i hvem som har kjørt de ulike bilene, men det er ingen grunn til å tro at det skal ha skjedd en systematisk utskifting av sjåfører fra den ene perioden til den andre.

#### 4.4.2 Effektmål

Som beskrevet i kap. 2 har de fleste studier som har studert effekter av ISA på fartsatferd brukt gjennomsnittsfart i punkt som indikator. Nyere teknologi har åpnet muligheter for å logge fart kontinuerlig, og man er derfor ikke lenger avhengig av å bruke punktfart. Senere studier har derfor i større grad benyttet andel kjørt distanse over fartsgrensen (eller innslagspunkt for ISA) som effektmål i stedet for gjennomsnittsfart i punkt (Berg m.fl. 2008, Lahrman m.fl. 2012). I følge Lahrman et al. (2012) er dette det beste effektmålet fordi hensikten med ISA ikke er å redusere gjennomsnittsfart, men å gi økt overholdelse av den til enhver tid gjeldende fartsgrense. I tråd med denne argumentasjonen benytter derfor også denne studien PDA som det primære effektmål på fartsatferd. PDA er beskrevet tidligere i denne rapporten, og defineres som andel utkjørt distanse over innslagspunkt for ISA, som er satt til 4 km/t i dette prosjektet. Vi har imidlertid også gjennomført analyser av gjennomsnittsfart, for å muliggjøre sammenligning med tidligere studier.

Analysen er derfor gjennomført med følgende typer effektmål:

Fartsatferd:

- Andel utkjørt distanse over fartsgrensen
- Gjennomsnittsfart
- Variasjon i kjørefart

Drivstofforbruk:

- Forbruk beregnet i liter per mil

Klimagassutslipp:

- CO<sub>2</sub>-utslipp beregnet i kg per mil

#### 4.4.3 Analysemetodikk

Analysene er gjennomført som en sammenligning av effektmålene mellom turer foretatt uten ISA og turer foretatt med ISA. Signifikanstesting er foretatt ved å konstruere 95 % konfidensintervaller for størrelsen på endringen i effekt. Dette kan gjøres ved hjelp av standard statistisk inferens, her ved bruk av persentilene i t-fordelingen. Slike 95 % konfidensintervaller forteller om effekten er signifikant (dersom intervallet ikke inneholder 0), men gir også et mål på usikkerheten knyttet til hvor stor effekten kan antas å være. I siste del av den statistiske analysen av fartsatferd er regresjon med invers logit-transformasjon brukt til å se på langtidseffekten av ISA.

På grunn av at datainnsamlingen ikke inkluderte informasjon om drivstofforbruk, ble det nødvendig å benytte beregningsmodeller for å estimere dette. De aller fleste beregningsverktøy baserer seg på en gitt sammenheng mellom fart og utslipp, gitt variasjoner i ytre forhold som for eksempel vegens geometri og trafikkmengde på lenkenivå. Det vil si at endring i kjørestil ikke blir fanget opp i disse modellene, kun endring i fartsnivå. For å beregne effekter på drivstofforbruk er det benyttet et beregningsverktøy som nylig er utviklet ved SINTEF. Verktøyet baserer seg på informasjon om vegnettet, kjøretøyegenskaper og fartsprofil.

På grunn av at beregningsmetodikken er tidkrevende, er det ikke beregnet forbruk for alle turer. Det er hentet et tilfeldig utvalg av turer med og uten ISA aktivert. Antall turer er satt til 1000 turer med og uten ISA for å redusere mest mulig statistisk variasjon og samtidig få en akseptabel beregningstid. Siden disse turene er tilfeldig utvalgt og antall turer såpass stort, antas turene uten og med ISA å være sammenlignbare, selv om observasjonene ikke er parvise (dvs. kjørt på samme strekning).

Beregningsverktøyet kalkulerer forbrukt drivstoff per tur. Dette er omregnet til forbruk per mil. Sammenhengen mellom forbrukt drivstoff og utslipp av CO<sub>2</sub> er tilnærmet lineær, slik at en kan avlede endring i CO<sub>2</sub>-utslipp fra beregningene. Utslipp av for eksempel CO, NO<sub>x</sub> og HC er ikke like lineært avhengig av drivstofforbruket, og er dermed ikke tatt med i analysen.



## 5 Resultater

### 5.1 Effekter på fartsatferd

Dette kapitlet viser resultater fra analyser av datamaterialet beskrevet i det foregående. Resultater er vist for effekter på fartsnivå og variasjon i kjørefart, drivstofforbruk og klimagassutslipp.

#### 5.1.1 Andel utkjørt distanse over innslagspunkt (PDA) for ISA

Analysen av andel utkjørt distanse over innslagspunkt for ISA (altså mer enn 4 km/t over fartsgrensen) – kalt PDA – er gjennomført på to aggregerte nivåer av datagrunnlaget: i) effekter per bil uten og med ISA og ii) effekter på alle turer uten vs. alle turer med ISA.

Første nivå tar for seg bil for bil og gir dermed totalt PDA før og etter ISA per bil. Totalt er 119 biler brukt i denne studien. Fordelen ved dette aggregeringsnivået er at de 119 datasettene kan antas å være av relativt høy presisjon, og at en såkalt paret t-test kan gjennomføres for å observere statistisk signifikante effekter tydeligere og med større styrke. Effekter ble undersøkt for region, brukstype og fartsgrense, se Tabell 2.

Tabell 3 viser PDA (andel kjørt distanse i mer enn 4 km/t over fartsgrensen) uten ISA aktivert og med ISA aktivert, differansen uten/med ISA aktivert og 95 % konfidensintervall for effektene.

Tabell 3: Effekt av ISA på PDA (andel kjørt distanse (%)) i mer enn 4 km/t over fartsgrensen) for datagrunnlaget aggregert til per bil. Der datagrunnlaget er for svakt til å utføre statistisk inferens er notasjonen 0\* brukt.

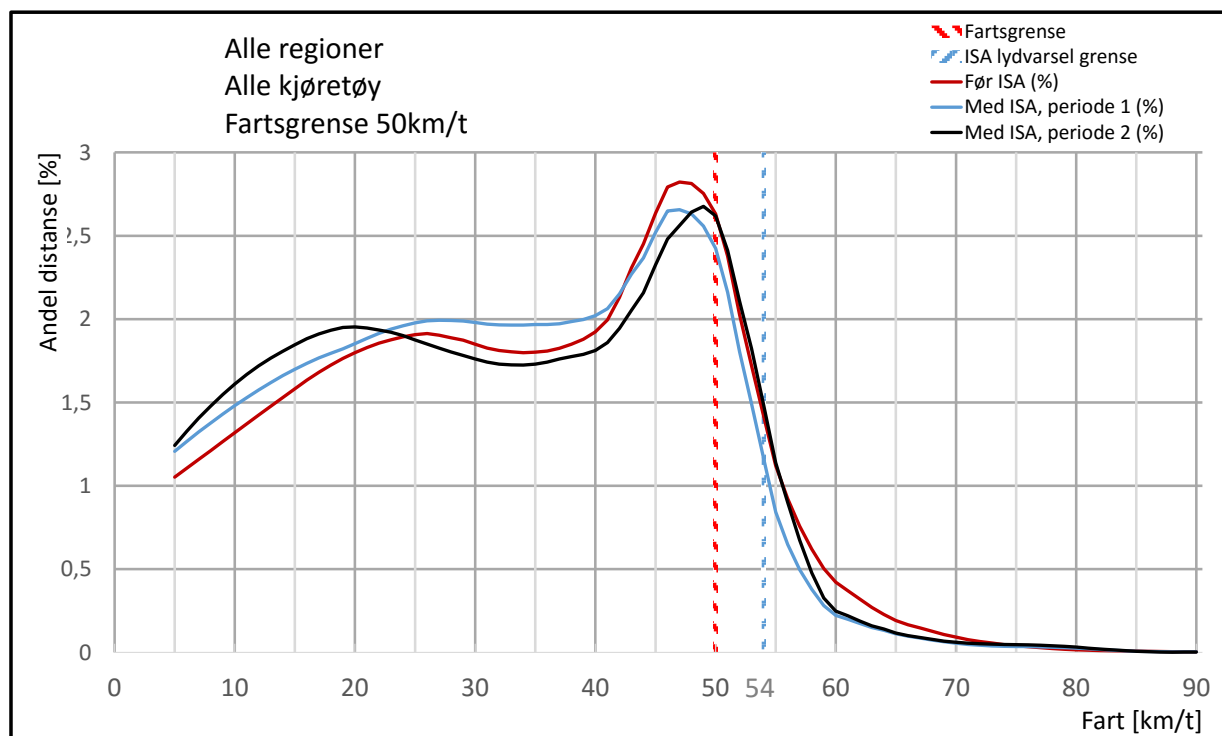
	Antall kjøretøy	PDA uten ISA	PDA med ISA	Differanse	95% konfidensintervall
Alle kjøretøy	119	5,85	3,36	2,48	(0,0189 0,0307)
Region					
Øst	33	5,60	2,81	2,79	(0,0139 0,0419)
Sør	23	5,47	3,96	1,51	(0,0002 0,0299)
Vest	20	5,39	2,73	2,67	(0,0168 0,0366)
Midt	29	6,60	4,01	2,59	(0,0139 0,0378)
Nord	14	6,12	3,26	2,86	(0,0129 0,0443)
Brukstype					
Utbygging	57	5,67	3,23	2,44	(0,0159 0,0330)
Utekontroll	30	5,12	3,54	1,59	(0,0028 0,0289)
Utlånsbil	15	7,56	3,63	3,93	(0,0251 0,0534)
Lab.bil/grunnmåling/landmåling	11	6,20	3,91	2,29	(0,0051 0,0407)
Tilsynsbil	3	4,26	1,85	2,41	0*
Plan og forvaltning	3	8,21	2,42	5,78	0*
Ulykkesberedskap	0*	0*	0*	0*	0*
Fartsgrense					
50	119	7,11	5,61	1,49	(0,0082 0,0217)
60	117	7,29	5,39	1,90	(0,0117 0,0263)
70	115	7,33	3,94	3,38	(0,0254 0,0423)
80	119	4,85	2,36	2,49	(0,0179 0,0320)
90	63	5,11	1,89	3,22	(0,0158 0,0485)
100	38	4,35	1,62	2,73	(0,0098 0,0448)

Totalt sett viser analysene at PDA uten ISA i dette datagrunnlaget var på 0,0585, altså ca. 5,9 %, mens PDA med ISA var på 0,0336, altså ca. 3,4 %. Uten unntak inneholder konfidensintervallene for differansene i PDA uten og med ISA ikke 0, noe som betyr at vi med 95 % sikkerhet kan si at det er en positiv effekt av ISA på andel kjørt distance i over 4 km/t over fartsgrensen.

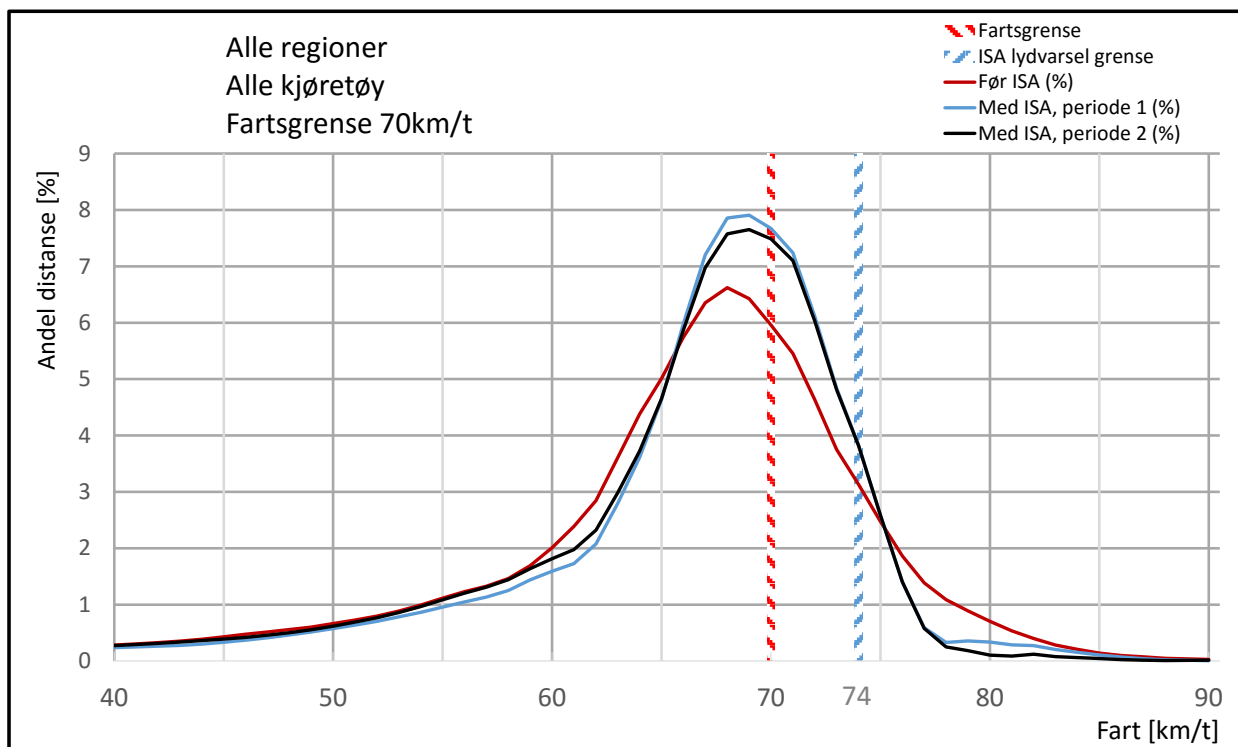
Differansen i PDA uten og med ISA er altså på ca. 2,5 prosentpoeng, uavhengig av region, brukstype og fartsgrense bilen har kjørt i. Vi ser imidlertid at endringen i PDA fra uten ISA til med ISA er større for fartsgrense 70 km/t og for brukstype utlånobil. Forskjellene er relativt små, men ser ut til å samsvare med de kategorier med høyest PDA uten ISA.

Tabell 3 hvor datagrunnlaget er aggregert per bil, viser at ISA hadde minst effekt i Region sør. Tabellen viser også at effekten av ISA var minst for brukstype Utekontroll og størst for brukstype Utlånobil når man tar hensyn til statistisk signifikans.

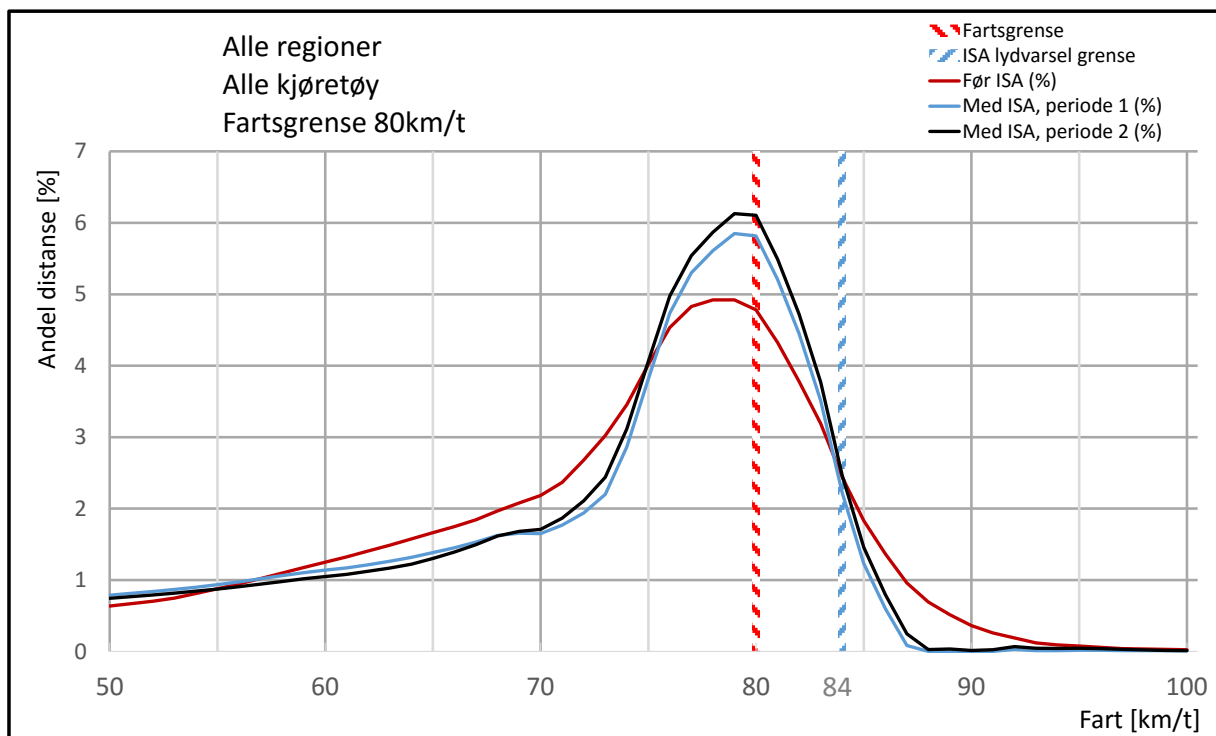
For å visualisere det innhentede datasettet har en plottet fartsfordelingen ved gitte fartsgrenser, brukstyper og regioner. Dette metoden ble også brukt i Biding og Lind (2002). I Figur 4 - Figur 6 vises fartsfordelingen for alle regioner og alle kjøretøy ved henholdsvis fartsgrense 50, 70 og 80 km/t. I disse figurene er andelen distance kjørt ved ulike hastigheter vist med heltrukne linjer, og fartsgrensen og innslagspunktet for ISA-enheten vist med stiplede vertikale linjer. Resultatet fra Tabell 3 (PDA større uten ISA enn med) gjenspeiles i disse figurene ved at arealet under fartsfordelingskurvene til høyre for innslagspunktet for ISA er større for perioden på 30 dager før ISA ble aktivert, enn for de to periodene etter ISA, der periode 1 angir de første 30 dagene fra dag nr 1 til 30 og periode 2 angir de 30 dagene fra dag nr 84 til 114. I disse figurene er registrerte hastigheter mellom 0-5 km/t tatt ut av datasettet og derfor heller ikke vist. Disse registreringene tilsvarer ofte stillestående biler, akselerasjonsfaser osv. Med mindre annet er presisert gjelder denne datafiltreringen ikke for den øvrige analysen.



Figur 4: Andel distance som funksjon av fart, fartsgrense 50. Periode 1 er dag nr 1-30 og periode 2 dag nr 84-114



Figur 5: Andel distance som funksjon av fart, fartsgrense 70. Periode 1 er dag nr 1-30 og periode 2 dag nr 84-114



Figur 6: Andel distance som funksjon av fart, fartsgrense 80. Periode 1 er dag nr 1-30 og periode 2 dag nr 84-114

I neste del av denne analysen er datagrunnlaget aggregert til PDA per tur. Totalt er 16 945 turer uten ISA og 110 255 turer med ISA med i analysematerialet. I tillegg til de samme variablene som i analysen per bil, ser vi også her på endringer i ulike tidsperioder. Her ser vi spesifikt på endring i PDA i ukedager vs. helg, til ulike tidspunkt på døgnet og endring i PDA ved bruk av ISA over tid. I denne analysen er en litt annen innfallsvinkel brukt med hensyn på de observerte data. Ettersom forskjellen på lengden mellom to turer kan være svært forskjellig, er det valgt å vekte datagrunnlaget relativt til turlengde. For eksempel vil PDA målt for en tur på 10 km vektes 10 ganger så mye som målt PDA for en tur på 1 km. Det antas at denne vektingen reduserer noe av støyen forbundet med disse målingene.

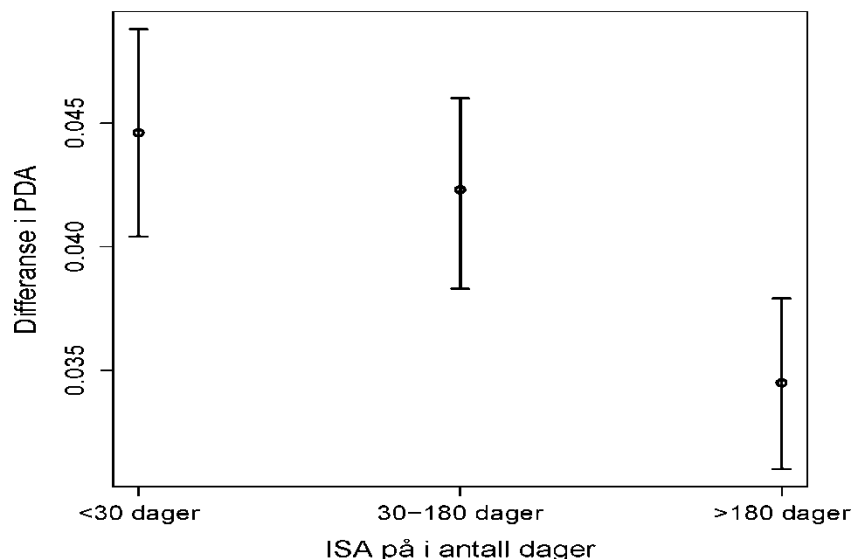
Resultatene (vist i Tabell 4) er i all hovedsak i god overenstemmelse med resultatene i Tabell 3. Effekten av ISA synes imidlertid noe sterkere med denne analysen. Dette kan antakelig skyldes bl.a. vektingen av turlengde.

Tabell 4: Effekt av ISA for datagrunnlaget aggregert til per tur. Der datagrunnlaget er for svakt til å utføre statistisk inferens er notasjonen 0\* brukt.

	Antall turer uten ISA	Antall turer med ISA	PDA uten ISA	PDA med ISA	Differanse	95% konfidensintervall
Alle turer	16945	110255	8,44	4,77	3,67	(0,0334 0,0401)
Region						
Øst	3399	23750	8,31	3,49	4,83	(0,0405 0,0560)
Sør	3346	18539	7,78	5,87	1,90	(0,0125 0,0256)
Vest	3476	27716	7,03	3,72	3,31	(0,0268 0,0395)
Midt	4714	27632	8,75	5,83	2,92	(0,0226 0,0358)
Nord	2010	13044	10,91	4,68	6,23	(0,0508 0,0737)
Brukstype						
Utbygging	6903	56335	8,48	4,73	3,76	(0,0325 0,0426)
Utekontroll	4451	24714	7,25	5,41	1,84	(0,0125 0,0243)
Utlånsbil	2237	13428	11,10	4,47	6,23	(0,0544 0,0780)
Lab.bil/grunnmåling/landmåling	2019	9734	8,63	4,71	3,92	(0,0293 0,0491)
Tilsynsbil	901	3168	5,94	2,19	3,75	(0,0284 0,0466)
Plan og forvaltning	434	3302	10,72	3,27	7,44	(0,0437 0,1052)
Ulykkesberedskap	0*	0*	0*	0*	0*	0*
Fartsgrense						
50	15353	100 869	9,42	7,32	2,09	(0,0173 0,0246)
60	11084	73142	10,60	7,87	2,74	(0,0225 0,0322)
70	7015	52124	11,75	5,26	6,49	(0,0585 0,0714)
80	11580	84106	7,15	3,49	3,66	(0,0320 0,0411)
90	1449	8121	5,76	2,19	3,58	(0,0239 0,0477)
100	1043	8517	6,39	4,36	2,03	(0,0038 0,0367)
Uke/Helg						
Ukedag	16311	105986	8,46	4,72	3,75	(0,0340 0,0409)
Helg	634	4695	7,94	5,91	2,03	(0,0019 0,0387)
Tidspunkt på døgnet						
0700-1600	12973	84866	7,56	4,45	3,51	(0,0314 0,0387)
1600-2200	2336	15001	9,91	5,25	4,65	(0,0356 0,0575)
2200-0700	1636	10814	9,49	6,01	3,49	(0,0244 0,0454)
ISA over tid						
ISA på < 30 dager	16945	10106	8,44	3,98	4,46	(0,0404 0,0488)
ISA på 30-180 dager	16945	15796	8,44	4,23	4,23	(0,0383 0,0460)
ISA på > 180 dager	16945	84779	8,44	5,00	3,45	(0,0310 0,0379)

Tabell 4 hvor datagrunnlaget er aggregert per tur, viser også at ISA hadde minst effekt i Region sør. I Region Nord hadde ISA størst effekt, der fartsnivået før ISA ble aktivert var relativt høyt. Tabellen viser også at effekten av ISA var minst for brukstype Utekontroll, og størst for brukstype Utlånsbil når man tar hensyn til statistisk signifikans. I tillegg viser tabellen at endring i PDA var størst for fartsgrense 70, men her var også fartsnivået relativt høyt før aktivering av PDA. Hvorfor endringen er størst for fartsgrense 70 er vanskelig å si, men veger med denne fartsgrensen er typisk ulykkesutsatte strekninger, så slik sett er en reduksjon svært gunstig.

Det kanskje mest interessante funnet i denne analysen er en indikasjon på at effekten av ISA avtar som funksjon av tid (se de tre nederste radene i Tabell 4), der endring i PDA etter 30 dager (4,5 prosentpoeng) synes større enn endringen i PDA i perioden 30-180 dager (4,2 prosentpoeng), og hvor denne endringen igjen synes større enn endring i PDA etter en periode på mer enn 180 dager (3,5 prosentpoeng), se Figur 7 for et plott av denne utviklingen.



Figur 7: Utvikling i effekten av ISA over tid

For å analysere dette grundigere ble en enkel regresjonsmodell med invers-logit-transformasjon brukt for å studere effekten av ISA som funksjon av antall dager etter at ISA ble aktivert, dvs.

$$PDA = \text{logit}^{-1}(\beta_0 + \beta_1 t) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 t)'}}$$

der  $t$  er antall dager,  $\text{logit}^{-1}(\beta_0)$  vil gi PDA rett etter at ISA ble slått på og  $\beta_1$  er en parameter som angir styrken på endring i PDA over tid. Ved bruk av vektet minste kvadraters metode ble parameterverdiene estimert til  $\hat{\beta}_0 = -3.3627840$  og  $\hat{\beta}_1 = 0.0008174$ , med kredibilitetsintervaller estimert til henholdsvis  $(-3.4161770, -3.3119560)$  og  $(0.0007178, 0.000918)$ . Disse kredibilitetsintervallene er funnet ved å "resample" 1000 "bootstrap"-utvalg. At kredibilitetsintervallet til  $\beta_1$  ikke inneholder 0 betyr igjen at endringen i PDA over tid er funnet til å være statistisk signifikant. Den estimerte modellen forteller for eksempel at rett etter at ISA er aktivert vil PDA ligge rundt  $\text{logit}^{-1}(-3.3627840) = 0.0335$ , mens etter  $t = 500$  dager med ISA vil PDA ligge rundt  $\text{logit}^{-1}(-3.3627840 + 0.0008174 \times 500) = 0.0495$ . Merk at regresjonmodellen tar for seg

utviklingen i PDA etter ISA som funksjon av tid, mens Figur 7 viser utviklingen i *differansen* i PDA mellom før og etter ISA. At effekten av ISA avtar etter tid er et resultat funnet også i andre studier (se f.eks. Vårheli m.fl. 2004, Warner og Åberg 2008).

### 5.1.2 Variasjon i fart

Lai m.fl. (2012) har funnet at ikke bare PDA går ned som følge av ISA, men også at variasjonen i kjørefart blir mindre. For å studere dette i datamaterialet fra ISA-bruk i Statens vegvesen er følgende måltall for variasjonen  $V_i^x$  ved fartsgrense  $x$  og for tur  $i$  valgt

$$V_i^x = \frac{1}{n_i^x} \sum_{j=1}^{n_i^x} (y_{i,j}^x - \mu_i^x)^2,$$

der  $\mu_i^x$  er gjennomsnittshastigheten ved fartsgrense  $x$  og for tur  $i$ ,  $n_i^x$  er antall målinger av hastigheten ved fartsgrense  $x$  og for tur  $i$  og  $y_{i,j}^x$  er måling nummer  $j$  ved fartsgrense  $x$  og for tur  $i$ . Dette måltallet vil fortelle oss hvor stor variasjonen var i fartsvalget ved en gitt fartsgrense per tur, og er valgt for å ligne på den vanlige estimatoren for varians. Forskjellen i fartsvariasjon uten og med ISA er regnet ut ved hjelp av dette måltallet og resultatet kan sees i Tabell 5. Igjen er observasjonene vektet med lengden på turen i den gitte fartsgrensen.

Tabell 5: Effekt av ISA på fartsvariasjon for datagrunnlaget aggregert til per tur.

	Antall turer med ISA	Antall turer uten ISA	Variasjon uten ISA	Variasjon med ISA	Differanse	95 % Konfidensintervall
Fartsgrense						
50	15352	100869	4,1309	4,2879	-0,1569	(-0,1893 -0,1570)
60	11084	73141	3,2970	3,4560	-0,1680	(-0,2237 -0,1123)
70	7015	52124	2,7506	2,9219	-0,1713	(-0,2481 -0,0946)
80	11580	84103	3,8541	4,6571	-0,8031	(-0,8774 -0,7288)
90	1449	8121	2,4591	2,2093	0,2498	(0,0906 0,4089)
100	1043	8516	2,3202	3,0248	-0,7046	(-0,9587 -0,4504)

Som vist i figuren over inneholder ingen av konfidensintervallene 0, som igjen betyr at vi ser en signifikant forskjell i variasjon i fartsvalg mellom kjøring uten ISA og kjøring med ISA. For fartsgrensene 50, 60, 70, 80, 100 km/t er denne effekten negativ, det vil si vi observerer en mer ujevn kjøring med ISA enn uten. For fartsgrensen 90 km/t er denne effekten derimot positiv, det vil si vi ser en jevnere kjøring med ISA. Selv om de negative effektene er små er resultatet noe overraskende, etter som det strider mot tidligere funn (Biding og Lind 2002). En mulig forklaring kan være at bilførere som kjører med ISA er mer opptatt av fartsgrensen gjennom stadige varslinger fra ISA-systemet. Dette kan igjen føre til oftere nedbremsinger enn ved kjøring uten ISA. For å undersøke nærmere hva som forårsaker denne effekten kreves et mer detaljert arbeid som det ikke har vært rom for i dette prosjektet. Før man har bragt dette på det rene er det vanskelig å si hva slags effekt det kan ha for trafiksikkerheten.

### 5.1.3 Gjennomsnittshastighet

I denne analysen blir endringen i gjennomsnittshastighet per bil før og etter aktivering av ISA nærmere undersøkt. Datagrunnlaget undersøkes for ulike fartsgrenser og for de ulike regionene. I denne analysen brukes kun registrerte hastigheter over 5 km/t, da registreringer fra stillestående og saktegående biler vil ha

stor innvirkning på gjennomsnittshastigheten. Se Tabell 6 for resultater. Igjen ser man en antydning til en positiv effekt ved bruk av ISA ved at de fleste gjennomsnittshastighetene går noe ned. Resultatene er i midlertidig kun signifikant ved 3 av 6 fartsgrenser (70, 80 og 100 km/t) for alle regioner sett under ett, for 100 km/t ved Region øst, for 50 km/t ved Region Sør og for 80 km/t ved Region Midt. I tillegg er det en signifikant negativ effekt av ISA for 90 km/t i Region Nord (men kun på grunnlag av bare 8 observasjoner). Ideelt sett skulle man ønske at de signifikante forskjellene i gjennomsnittshastigheten med og uten ISA kunne observeres visuelt i Figur 4, Figur 5 og Figur 6, men siden disse fordelingene er usymmetriske og med ulik spredning, samt at de signifikante forskjellene er små må man støtte seg på tallmaterialet i Tabell 6 i dette tilfellet.

Biding og Lind (2002) argumenterer for å studere reduksjonen i 85 % persentilen til fartsfordelingen som en mål på effekten av ISA. Den høyeste farten av de 85 % laveste fartsregistreringen definerer 85 % persentilen. Det argumenteres med at reduksjonen i denne verdien er større enn for gjennomsnittsfarten siden denne også vil påvirkes av bredden til fartsfordelingen. Også for mange av fartsfordelingene i dette prosjektet, f.eks. i Figur 4, Figur 5 og Figur 6, kan en bredere fordeling for situasjonen før ISA observeres, og man kan derfor anta en større reduksjon i 85 % persentilfarten enn for gjennomsnittsfarten.

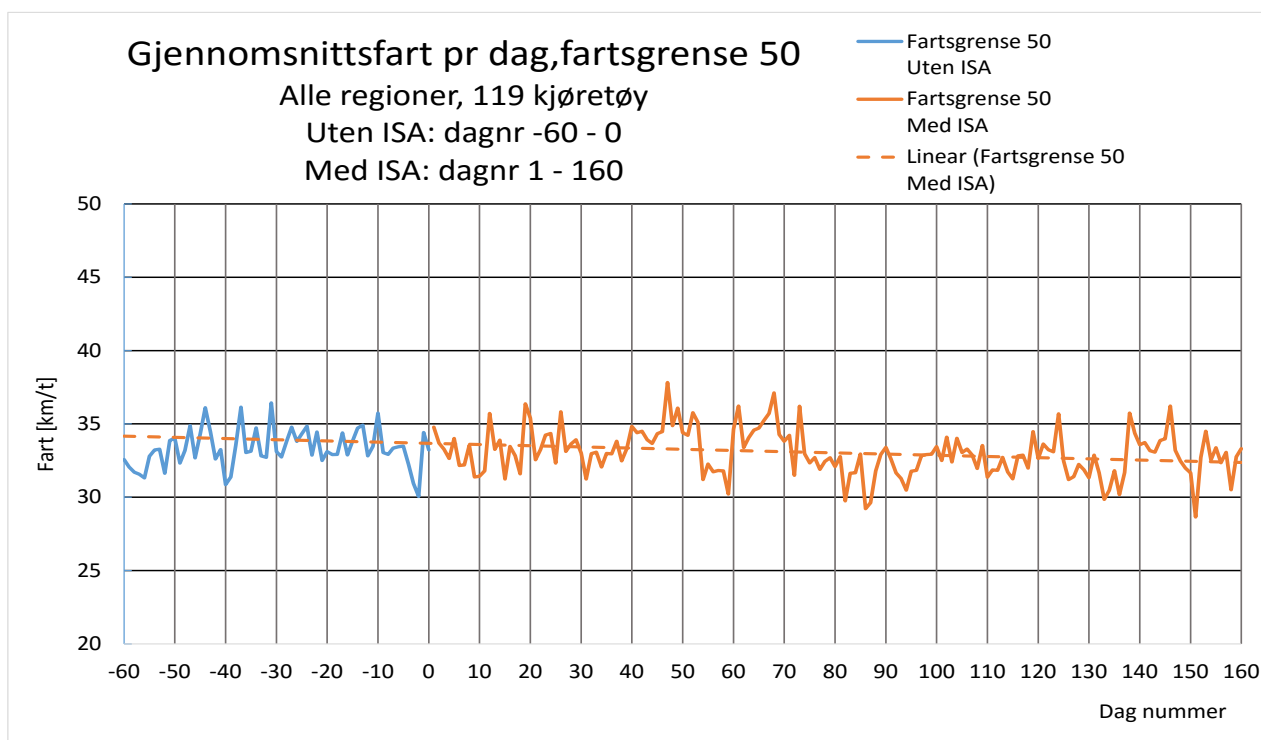
Tabell 6: Effekt av ISA på gjennomsnittsfarten for datagrunnlaget aggregert til per bil.

Region	Fartsgrense	Antall kjøretøy	Gj. fart uten ISA	Gj. fart med ISA	Differanse	95% konfidensintervall
Alle	50	119	33,81	33,45	0,36	(-0,42 1,14)
	60	117	50,94	50,43	0,51	(-0,41 1,43)
	70	115	63,48	62,14	1,34	(0,22 2,45)
	80	119	66,60	64,69	1,91	(0,44 3,37)
	90	63	80,62	80,56	0,06	(-1,60 1,72)
	100	38	92,23	86,22	6,01	(1,33 10,67)
Øst	50	33	31,48	31,75	-0,27	(-1,86 1,33)
	60	32	49,25	48,55	0,70	(-0,93 2,33)
	70	31	63,27	61,40	1,87	(-1,04 4,78)
	80	33	64,31	62,85	1,46	(-1,95 4,88)
	90	18	83,37	81,17	2,20	(-1,34 5,73)
	100	19	92,46	81,46	11,00	(2,29 19,72)
Sør	50	23	35,15	33,96	1,19	(0,01 2,36)
	60	23	47,90	48,29	-0,39	(-2,19 1,42)
	70	22	62,01	62,27	-0,26	(-2,49 1,98)
	80	22	64,96	65,58	-0,62	(-3,71 2,46)
	90	20	75,45	77,02	-1,57	(-5,39 2,23)
	100	18	91,41	91,15	0,26	(-2,29 2,80)
Vest	50	20	34,72	34,51	0,21	(-1,49 1,90)
	60	20	51,52	49,96	1,56	(-1,62 4,75)
	70	20	64,05	61,57	2,48	(-0,90 5,86)
	80	20	64,66	60,55	4,11	(-0,75 9,01)
	90	4	75,05	76,40	-1,35	(-8,43 5,74)
	100	1	102,27	88,15	14,12	0*
Midt	50	29	34,80	34,06	0,74	(-0,53 2,00)
	60	29	53,64	52,87	0,77	(-1,35 2,88)
	70	29	64,63	63,83	0,80	(-0,48 2,08)
	80	29	70,56	67,86	2,70	(0,92 4,47)
	90	13	85,25	83,27	1,98	(-0,29 4,25)
	100	0	0*	0*	0*	0*
Nord	50	14	33,78	33,85	-0,07	(-4,49 4,35)
	60	13	53,57	54,14	-0,57	(-2,58 1,44)
	70	13	63,04	60,84	2,20	(-0,82 5,23)
	80	13	69,30	67,14	2,16	(-1,65 5,97)
	90	8	82,59	85,67	-3,08	(-5,82 -0,33)
	100	0	0*	0*	0*	0*

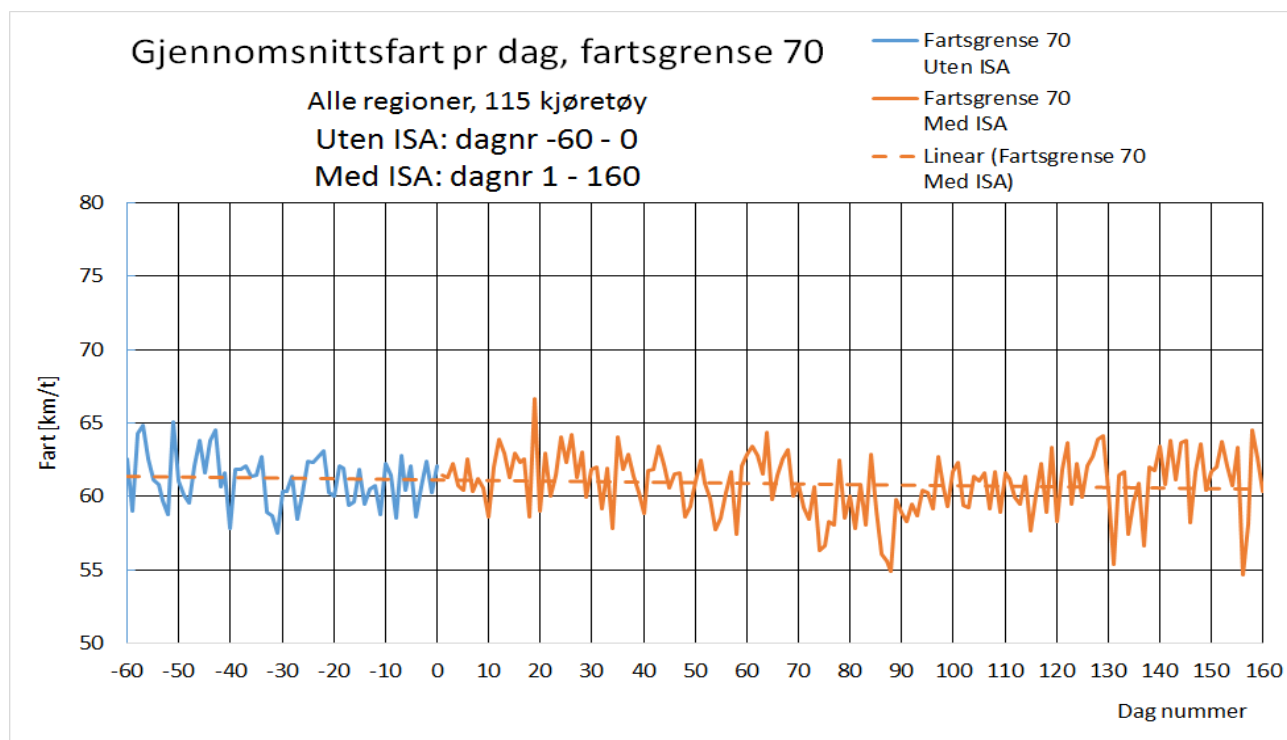
Figur 8, Figur 9 og Figur 10 viser gjennomsnittsfarten pr dag for alle bruksklasser av kjøretøy og for alle regioner med og uten ISA aktivert. Antall kjøretøy er 119 for fartsgrense 50 og 80, og 115 for fartsgrense 70.



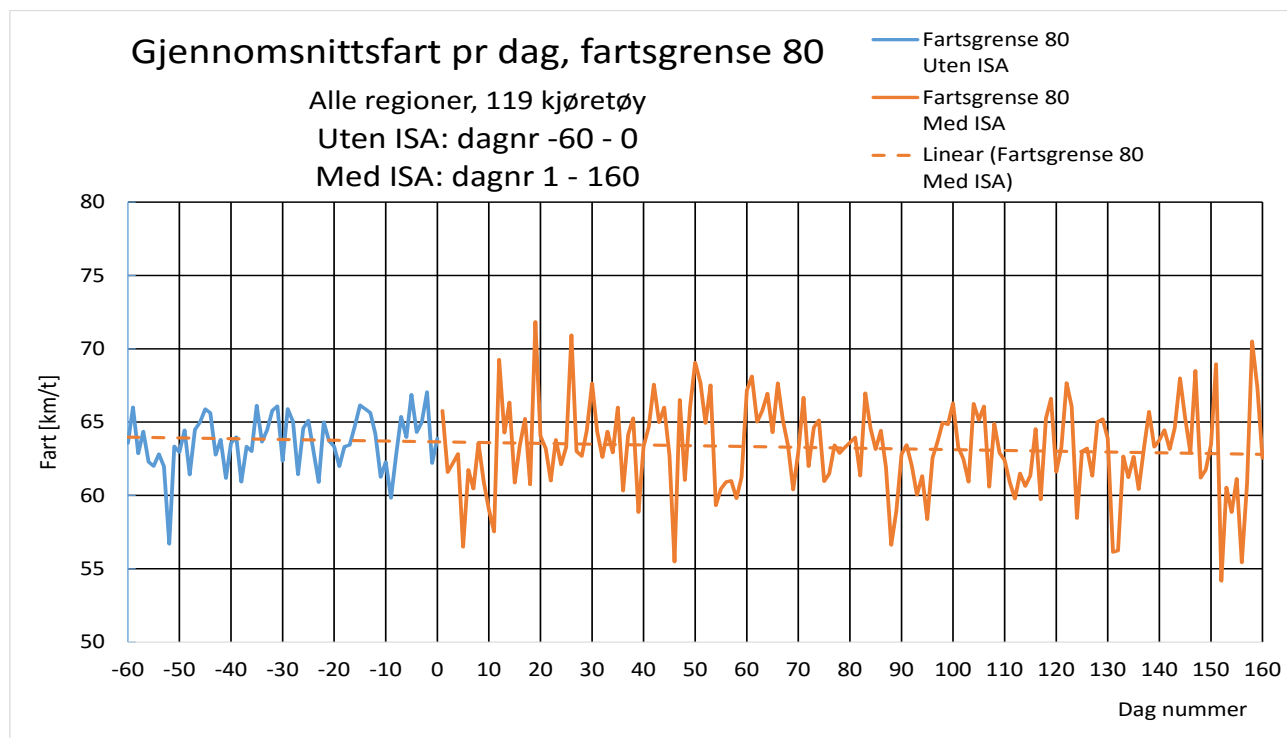
Perioden uten ISA er her vist fra 60 dager før til dag nummer 0 som er siste dag før ISA aktiveres. Dag nummer 1 til og med dag nummer 160 viser utviklingen i gjennomsnittsfart pr dag med ISA aktivert. Trenden for alle fartsgrenser er at gjennomsnittshastigheten er synkende i perioden etter at ISA er aktivert.



Figur 8: Gjennomsnittsfart for fartsgrense 50 fordelt pr dag med og uten ISA aktivert, samt trendlinje (stiplet)



Figur 9: Gjennomsnittsfart for fartsgrense 70 fordelt pr dag med og uten ISA aktivert, samt trendlinje (stiplet)



Figur 10: Gjennomsnittsfart for fartsgrense 80 fordelt pr dag med og uten ISA aktivert, samt trendlinje (stiplet)

## 5.2 Effekter på drivstofforbruk og klimautslipp

Analysen av drivstofforbruk baserer seg på beregninger gjennomført med grunnlag i litt over totalt 1000 turer uten og med ISA, som ble valgt tilfeldig fra hele datasettet som beskrevet i kap. 4. For hver tur er det beregnet et energibehov i form av liter drivstoff for å gjennomføre turen. Dette energibehovet ble lengdevektet ved å stykke opp turen i kjørte mil og dermed oppnå en sammenlignbar verdi målt i liter per mil. Resultatet fra analysen er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Drivstofforbruk og utslipp av CO<sub>2</sub> med og uten ISA

	N (turer)	Gjennomsnittlig forbruk (l/mil)	Gjennomsnittlig utslipp av CO <sub>2</sub> (kg/mil)
Uten ISA	579	0,547	1,437
Med ISA	615	0,526	1,382

Tabellen viser at turer uten ISA har et gjennomsnittlig forbruk på 0,55 l/mil, mens turer gjennomført med ISA har et forbruk på 0,53 l/mil. Dette tyder på at bruk av ISA medfører en reduksjon i drivstofforbruk med i underkant av 0,02 l/mil. Ved å gjennomføre en t-test på utvalget av turer finner vi en p-verdi på 0,0023, som viser at endringen er statistisk signifikant.

Siden sammenhengen mellom drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp er tilnærmet lineær, kan man av dette avlede at kjøring med ISA har medført en reduksjon i utslipp av CO<sub>2</sub> med 0,04 kg/mil.

Den prosentvise reduksjonen av både drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp er 3,8 %.

Beregningsmodellen som er benyttet er mer avansert enn de aller fleste andre beregningsverktøy, fordi den baserer seg på informasjon om vegnettet, kjøretøyegenskaper og fartsprofil. Vegnettsinformasjon ble hentet fra nasjonal Vegdatabank (NVDB). Kjøretøyegenskapene ble hentet fra Autosys basert på kjøretøyets registreringsnummer, og bestod av kjøretøyets høyde, bredde, vekt og motoreffekt. Verdier for kjøretøyenes luftmotstand (Cd-verdi), ble manuelt hentet ved søk på internett.

Tallene i tabellen bygger imidlertid på antakelser om motorvirkningsgrad, luftmotstand og rullemotstand som ikke er verifiserte. De er beregnet på samme måte uten og med ISA, og disse tallene er derfor sammenlignbare.

## 6 Diskusjon

### 6.1 Effekt på fartsatferd

Hypotese (H1): "ISA fører til mindre kjøring over innslagspunkt for ISA (4 km/t over fartsgrensen)" kan verifiseres. I studien er det benyttet to metodiske innfallsvinkler – én der hvert kjøretøy sammenlignes med seg selv uten og med ISA, og én der turer uten ISA sammenlignes med turer uten ISA. Begge analyser viser at andelen kjøring over 4 km/t over fartsgrensen er redusert med ca. 2-4 prosentpoeng ved å kjøre med ISA. Den positive effekten gjelder for alle regioner, alle brukstyper (unntatt ulykkesberedskap hvor ingen turer er registrert), alle fartsgrenser, både ukedag og helg, og over ulike perioder av døgnet. I dette datagrunnlaget synes effekten å være særlig stor for Region nord, for brukstypen "utlånssbil" og for fartsgrense 70 km/t. Videre ser effekten ut til å være større på ukedager enn i helgedager.

Effekten av ISA har i stor grad vært størst for de underkategorier i analysen der PDA var høyest i utgangspunktet. Dette tyder på at ISA har virket etter hensikten, ved å bringe fartsnivået ned til under innslagspunktet i større grad enn før.

Siden data har vært logget over lengre tid har det vært mulig å se nærmere på langtidseffekten av kjøring med ISA. Et viktig funn i analysen er at effekten av ISA ser ut til å avta over tid. Mer spesifikt er effekten for første måneds kjøring med ISA (gitt at man ikke har kjørt med ISA i andre kjøretøy) større enn effekten for måned 2-6, og denne effekten er igjen større enn for måned 7+. Dette er i tråd med de tidligere studier som finnes av langtidseffekter av ISA, og indikerer en tilvenningseffekt av systemet.

Sammenligner vi funn fra dette prosjektet med funn fra lignende prosjekter ser det ut til at Statens vegvesens ansatte i mindre grad kjører over fartsgrensen enn andre grupper. I Karmøy-forsøket lå andelen som kjørte 5 km/t eller mer over fartsgrensen på mellom 15 og 23 % med informativ ISA og atferdsregistrator, mens denne rapporten viser at tilsvarende andel i Statens vegvesen er på kun 6 % med kun atferdsregistrator og litt over 3 % med både ISA og atferdsregistrator i kjøretøyene. Denne forskjellen kan trolig forklares både med førernes alder og bakgrunn, da førerne som ble rekruttert i Karmøy-forsøket var unge bilinteresserte forsikringskunder. Vi kan heller ikke se bort fra det faktum at ansatte i Statens vegvesen kan ha en mer forsiktig kjørestil når de kjører etatens merkede tjenestekjøretøy enn de ellers ville hatt. Dette kan virke særlig sterkt pga. vissheten om at kjøringen ble logget ved hjelp av atferdsregistrator.

Det må videre understrekes at nettopp atferdsregistratoren i seg selv kan ha ført til mindre fartsovertredelser i perioden før ISA ble installert. Atferdsregistratoren var plassert synlig i kjøretøyet, og selv om skjermen ikke var skrudd på var ISA-enheten installert. Det var også formidlet informasjon om systemet til de ansatte. Dette kan ha bidratt til en mer forsiktig kjørestil enn man ellers ville hatt. *Den reelle effekten av å ha informativ ISA i Statens vegvesens kjøretøy kan dermed være større enn det som er målt og rapportert her.*

### 6.2 Variasjon i hastighet

Hypotese (H2): "ISA fører til mindre variasjon i hastighet" kan ikke verifiseres. For fartsgrensene 50, 60, 70, 80 og 100 km/t ses en liten, men signifikant økning i variasjon i fart, det vil si at ISA har medført mindre jevn kjøring. For fartsgrense 90 km/t ses motsatt effekt. Disse resultatene er vanskelig å forklare sikkert, kan skyldes at bilførere som kjører med ISA er mer opptatt av fartsgrensen gjennom stadige varslinger fra ISA-systemet og dermed har hyppigere oppbremsinger.

### 6.3 Drivstofforbruk og klimagassutslipp

Hypotese (H3): "*ISA fører til lavere drivstofforbruk*" og hypotese (H4): "*ISA fører til redusert klimagassutslipp*" kan også verifiseres, ved at det ses en statistisk signifikant reduksjon i beregnet drivstofforbruk for turer med ISA sammenlignet med turer uten ISA. Reduksjonen er på 3,8 % både for drivstofforbruk og klimagassutslipp. Dette er ikke en stor besparelse, men den aggregerte effekten for all kjøring med alle tjenestekjøretøy vil likevel være betydelig. Dette betyr at ISA også medfører økonomiske besparelser i drivstoffutgifter, og at det kan tjene som et klimatiltak i etaten ved å bidra til miljøtilpasset trafikantatferd slik beskrevet i rapporten "KLIMAKUTT i Statens vegvesen" (Statens vegvesen 2014b).

I og med at analysen av drivstofforbruk og klimagassutslipp er gjort med utgangspunkt i de samme data som for fartsatferd, kan man heller ikke for denne analysen utelukke at de reelle effektene av kjøring med ISA vil være større enn det denne rapporten viser.

## 7 Konklusjon

Denne rapporten har dokumentert resultater fra sammenligning av kjøring uten ISA med kjøring med et informerende ISA-system i Statens vegvesens tjenestekjøretøy. Hovedmålet har vært å undersøke effekten av informerende ISA på fartsatferd og på drivstofforbruk og klimagassutslipp.

Dataene som ligger til grunn for analysen er logget i en periode på minst 1 måned med utstyret montert, men uten at ISA-systemet har vært aktivert, i såkalt BlackSilentMode. Deretter er data logget i opptil 33 måneder med systemet aktivert. Hvert enkelt kjøretøy har startet logging på individuelle tidspunkt, slik at justeringer for sesongvariasjoner ikke har vært nødvendig. Totalt er 119 kjøretøy logget, med 16 945 turer uten ISA og 110 255 turer med ISA i analysematerialiet.

Som omtalt i kap. 2 av denne rapporten har en rekke studier konkludert med at ISA har en positiv effekt på fartsatferd, ved at den reduserer gjennomsnittsfart og andel kjøring over fartsgrensen. Resultatene fra denne studien er i samsvar med tidligere forskning. Analysene viser at ISA har hatt en positiv effekt på fartsatferd i Statens vegvesen, ved at PDA er redusert fra 5,9 til 3,4 %, altså med ca. 2,5 prosentpoeng.

Resultatene viser også at drivstofforbruk og klimagassutslipp har gått ned med bruk av ISA i Statens vegvesen. Mer nøyaktig er drivstofforbruket beregnet til å være redusert med 3,8 %, og gitt den lineære sammenhengen mellom dette og CO<sub>2</sub>-utslipp har også sistnevnte blitt redusert tilsvarende.

Denne studien av ISA er basert på en stor mengde data fordelt på et stort antall kjøretøy og logget over lang tids bruk, og er slik sett unik i norsk sammenheng. Selv om førerne i denne studien er en særskilt gruppe, nemlig ansatte i Statens vegvesen, må man kunne anta at funnet av positiv effekt også kan overføres til den generelle populasjonen. Tidligere forskning har imidlertid funnet at effekter av ISA varierer med ulike undergrupper av førere, og at de som ser ut til å trenge fartsreducerende systemer mest er minst villige til å bruke det (Jamson 2002). Dersom lignende funksjoner som ISA blir en del av standardutstyret i nye biler kan man likevel på lang sikt forvente at også disse førerne vil kjøre med slike systemer.

Bruk av atferdsregistrator har gitt prosjektet styrker i form av muligheten til å logge kjøreatferd uten at ISA var aktivert, og ved å muliggjøre analyser av kontinuerlig fart og andel kjørte kilometer over fartsgrensen i stedet for punktmålinger. Som tidligere nevnt kan imidlertid atferdsregistratoren i seg selv ha påvirket fartsnivået før ISA ble aktivert, i og med at man må anta at bilførerne visste at kjøreatferden ble logget. Når man likevel finner en positiv effekt på fartsnivået etter at ISA er blitt aktivert, tyder dette på at funnet er robust og snarere underdrevet enn overdrevet.

Resultatene har reist noen spørsmål som hittil står ubesvart, f.eks. rundt hvorfor variasjonen i kjørefart ser ut til å øke etter at ISA har blitt aktivert. Dette kan studeres ved å gå nærmere inn i datamaterialet.

For øvrig har dette prosjektet generert en enorm mengde data som er interessante å bruke videre, både for å studere mer detaljerte problemstillinger rundt bruk og virkning av ISA og som datagrunnlag for forbedringer i modeller og beregningsverktøy på flere områder. Dette gjelder særlig modeller for fartsatferd, som må valideres med tanke på variasjoner i kjørefart under ulike vegforhold.

## Referanser

Agerholm, N. (2011): *Speed regulating effects of incentive-based intelligent speed adaption in short and medium term*. PhD Thesis, Aalborg University.

Barth, M. og K. Boriboonsomsin (2008): *Real-World Carbon Dioxide Impacts of Traffic Congestion*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2058 (-1), s. 163-171.

Berg, C., S. B. Bayer og G. Thesen (2008): *Ungtrafikk. Resultater fra et ISA-forsøk med unge førere i Karmøy*. International Research Institute of Stavanger.

Biding, T. og G. Lind (2002): *Intelligent Speed Adaptation (ISA), Results of large-scale trials in Borlänge, Lidköping, Lund and Umeå during the period 1999-2002*. Vägverket.

Carsten, O. (2006): *Intelligent Speed Adaptation. Literature Review and Scoping Study*. University of Leeds.

Carsten, O. (2012): *Is intelligent speed adaptation ready for deployment?* Accident Analysis & Prevention, 48 (0), s. 1-3.

Dijksterhuis, C., B. Lewis-Evans, B. Jelijs, D. de Waard, K. Brookhuis og O. Tucha (2015): *The impact of immediate or delayed feedback on driving behaviour in a simulated Pay-As-You-Drive system*. Accident Analysis & Prevention, 75 s. 93-104.

Doecke, S. D., R. Anderson og J. E. Woolley (2011): *Advisory intelligent speed adaptation for government fleets*.

Ellison, A. B., M. C. J. Bliemer og S. P. Greaves (2015): *Evaluating changes in driver behaviour: A risk profiling approach*. Accident Analysis & Prevention, 75 (0), s. 298-309.

Elvik, R. (2009): *The Power Model of the relationship between speed and road safety - update and new analysis*. TØI-rapport 1034/2009. Transportøkonomisk institutt.

Elvik, R. (2014): "Rewarding safe and environmentally sustainable driving: a systematis review of trials". Transport Research Board 93rd Annual Meeting, Washington, D.C.

Høye, A., R. Elvik og M. W. J. Sørensen (2011): *Trafikksikkerhetsvirkninger av tiltak*. 1157/2011. Transportøkonomisk institutt.

Jamson, S. (2002): Investigating the relationship between drivers' speed choice and their use of a voluntary ISA system. ICTCT Workshop, Nagoya

Jenssen, G. D. (2010): *Behavioural Adaptation to Advanced Driver Assistance Systems. Steps to Explore Safety Implications*. Doctoral Thesis, Norwegian University of Science and Technology.

Jenssen, G. D., C. A. Bjørkli, Ø. Tveit og T. Vaa (2003): "Effects of Intelligent Speed Adaptor (ISA) on Driver Performance: The Role of Traffic Environment". ITS World Congress, Madrid.

Lahrman, H., N. Agerholm, N. Tradisaukas, K. K. Berthelsen og L. Harms (2012): *Pay as You Speed, ISA with incentives for not speeding: Results and interpretation of speed data*. Accident Analysis and Prevention, 48 s. 17-28.

Lai, F., O. Carsten og F. Tate (2012): *How much benefit does Intelligent Speed Adaptation deliver: An analysis of its potential contribution to safety and environment*. Accident Analysis & Prevention, 48 s. 63-72.

Merrikhpour, M., B. Donmez og V. Battista (2014): *A field operational trial evaluating a feedback-reward system on speeding and tailgating behaviors*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 27 s. 56-68.

Nilsson, G. (2004): *Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety*. Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering.

Rothengatter, T. (1988): *Risk and the absence of pleasure: a motivational approach to modeling road user behaviour*. Ergonomics, 31 (4), s. 599-607.

Statens vegvesen (2014a): *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2013*. Statens vegvesens rapporter nr. 302.

Statens vegvesen (2014b): *KLIMAKUTT i Statens vegvesen. Kartlegging av potensial - forslag til tiltak. Sammendragsrapport*. Statens vegvesens rapporter nr. 282.

Stigson, H., J. Hagberg, A. Kullgren og M. Krafft (2013): *A one year pay-as-you-speed trial with economic incentives for not speeding*. Traffic injury prevention, 15 (6), s. 612-618.



Várhelyi, A., M. Hjalmdahl, C. Hydén og M. Draskóczy (2004): *Effects of an active accelerator pedal on driver behaviour and traffic safety after long-term use in urban areas*. Accident Analysis & Prevention, 36 (5), s. 729-737.

Vedung, E. (1997): *Public Policy and Program Evaluation*. Transaction Publishers,

Warner, H. W. og L. Åberg (2008): *The long-term effects of an ISA speed-warning device on drivers' speeding behaviour*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 11 (2), s. 96-107.

Young, K. og M. G. Lenné (2010): *Intelligent Speed Adaptation as a pivotal speeding countermeasure: Current research and implementation challenges*. Road and Transport Research, 19 (3), s. 21-37.

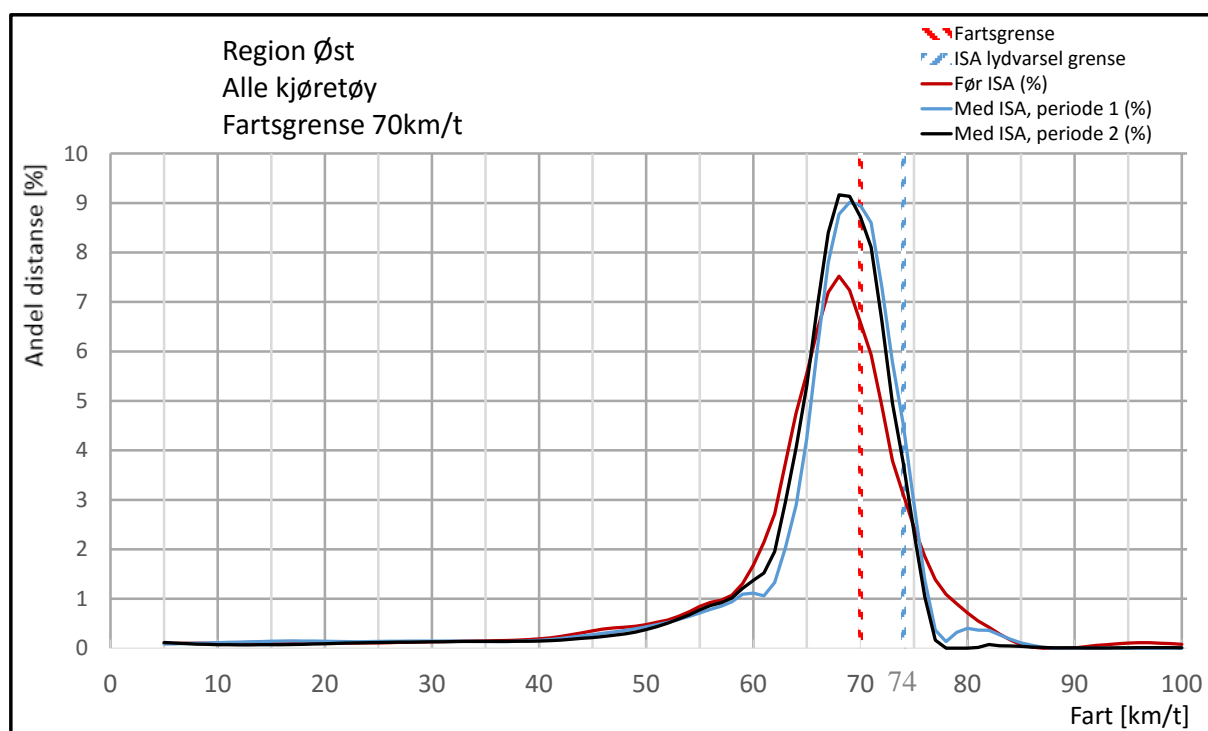
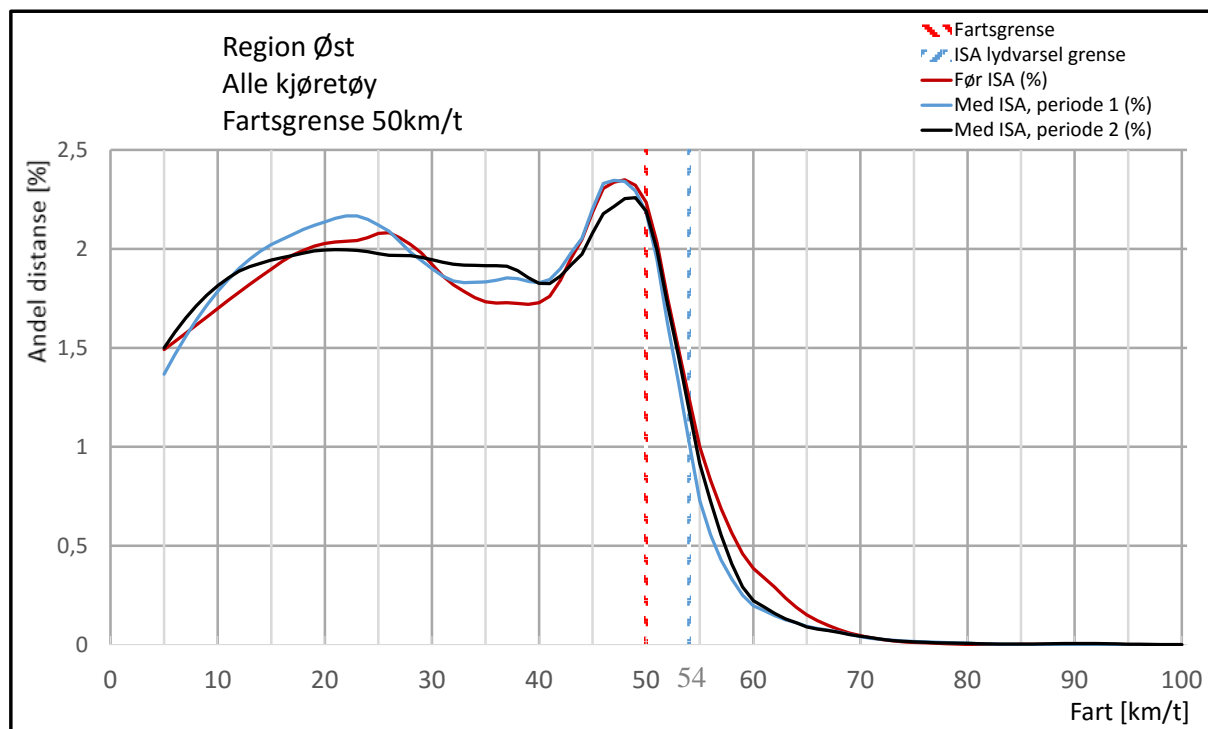


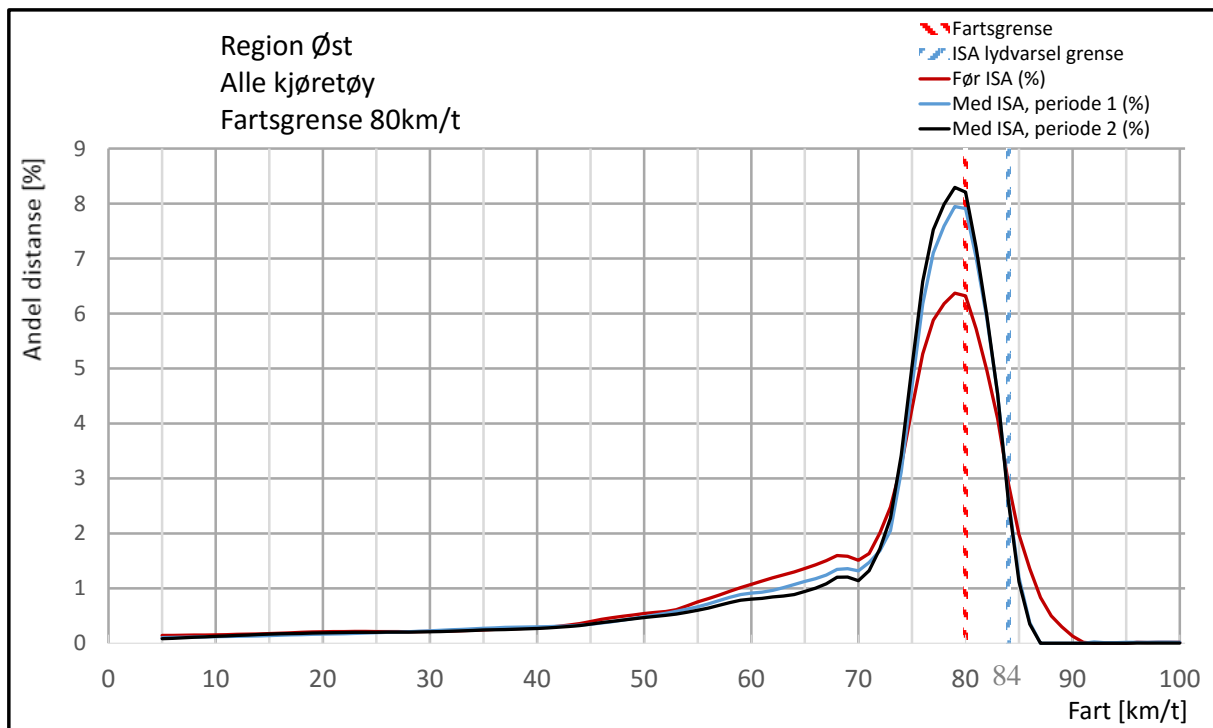
## VEDLEGG 1: Regionale presentasjoner

Figurene i dette vedlegget viser fartsfordelingen i hver enkelt regioner og med alle bruksklasser av kjøretøy ved henholdsvis fartsgrense 50, 70 og 80 km/t. I disse figurene er %-andelen av utkjørt distanse ved ulike hastigheter vist med heltrukne linjer, og fartsgrensen og innslagspunktet for ISA-enheten (som er 4 km/t over fartsgrensen) vist med stiplede vertikale linjer. Periode 1 angir de første 30 dagene med ISA aktivert, fra dag nr 1 til 30 og periode 2 angir de 30 dagene fra dag nr 84 til 114 med ISA aktivert. I disse figurene er registrerte hastigheter mellom 0-5 km/t tatt ut av datasettet og derfor heller ikke vist. Disse registreringene tilsvarer ofte stillestående biler, akselerasjonsfaser osv. Med mindre annet er presisert gjelder denne datafiltreringen ikke for den øvrige analysen.

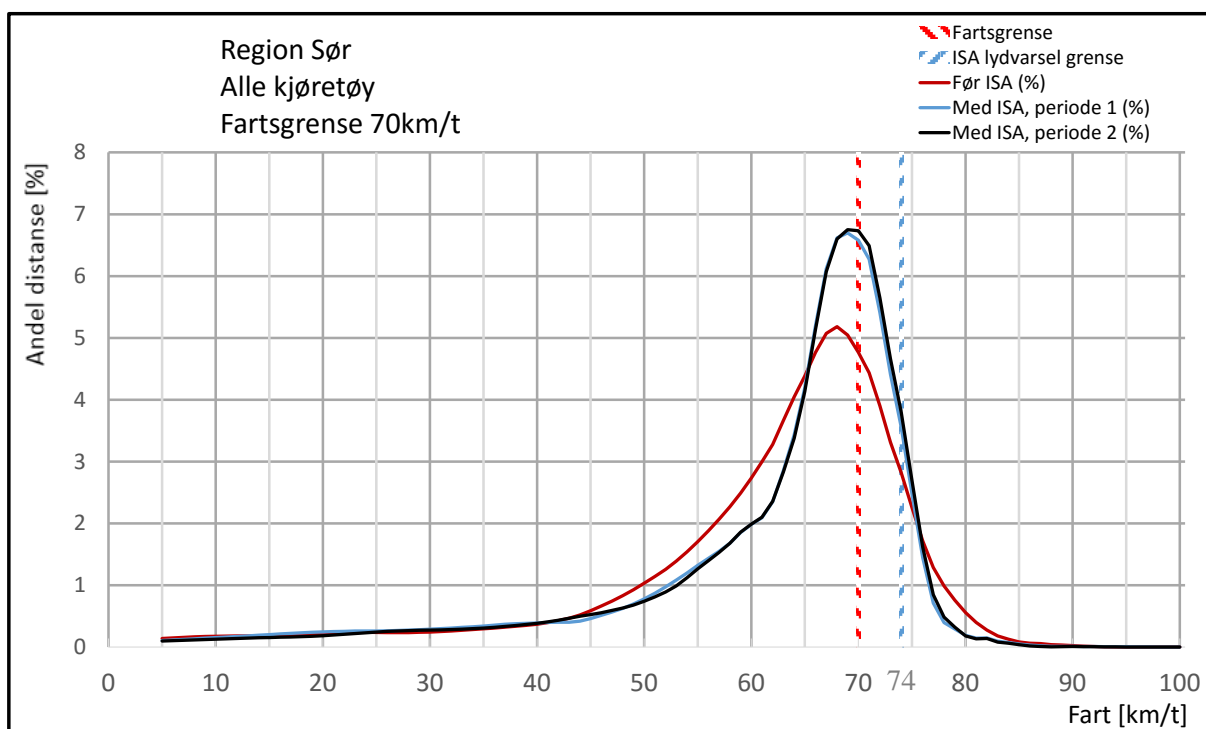
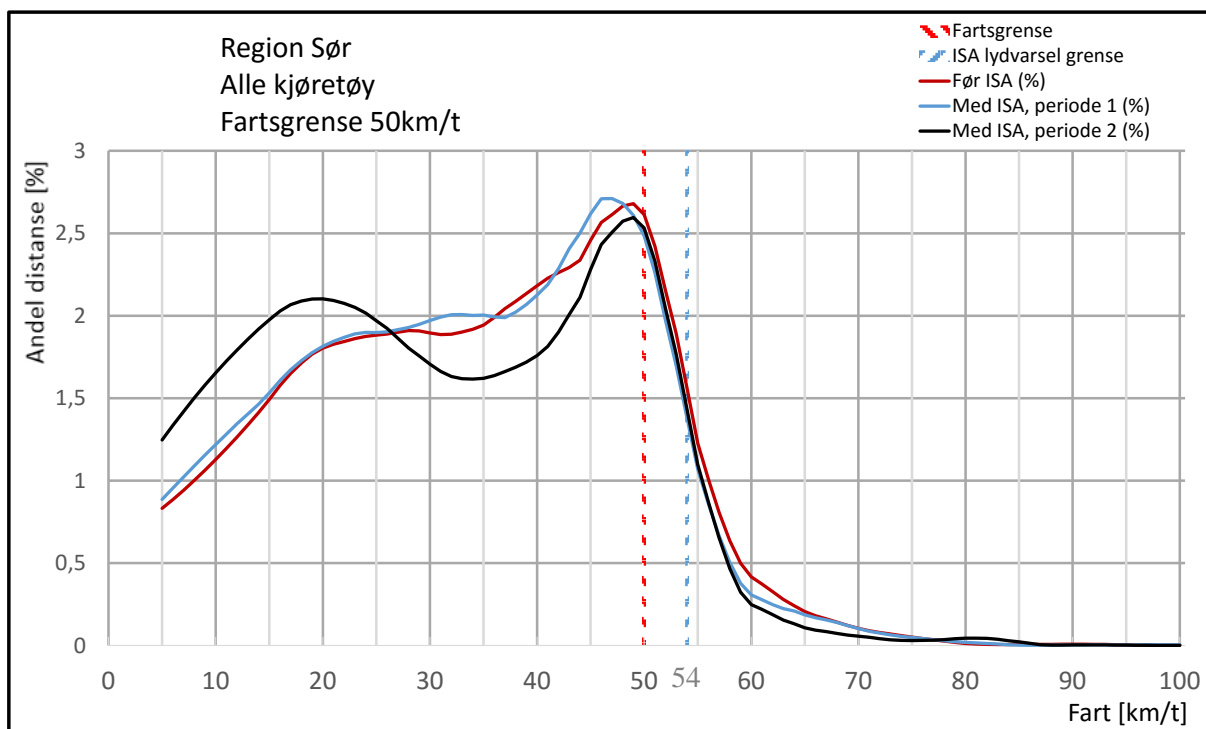


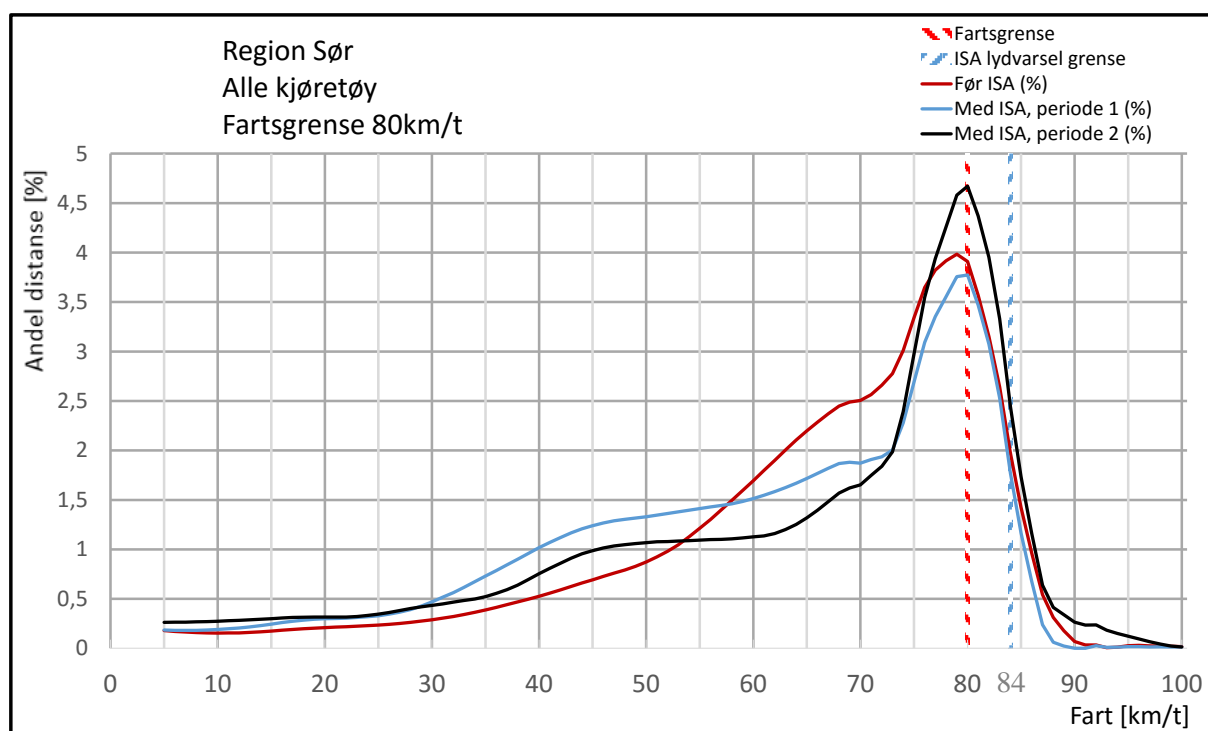
## Region øst





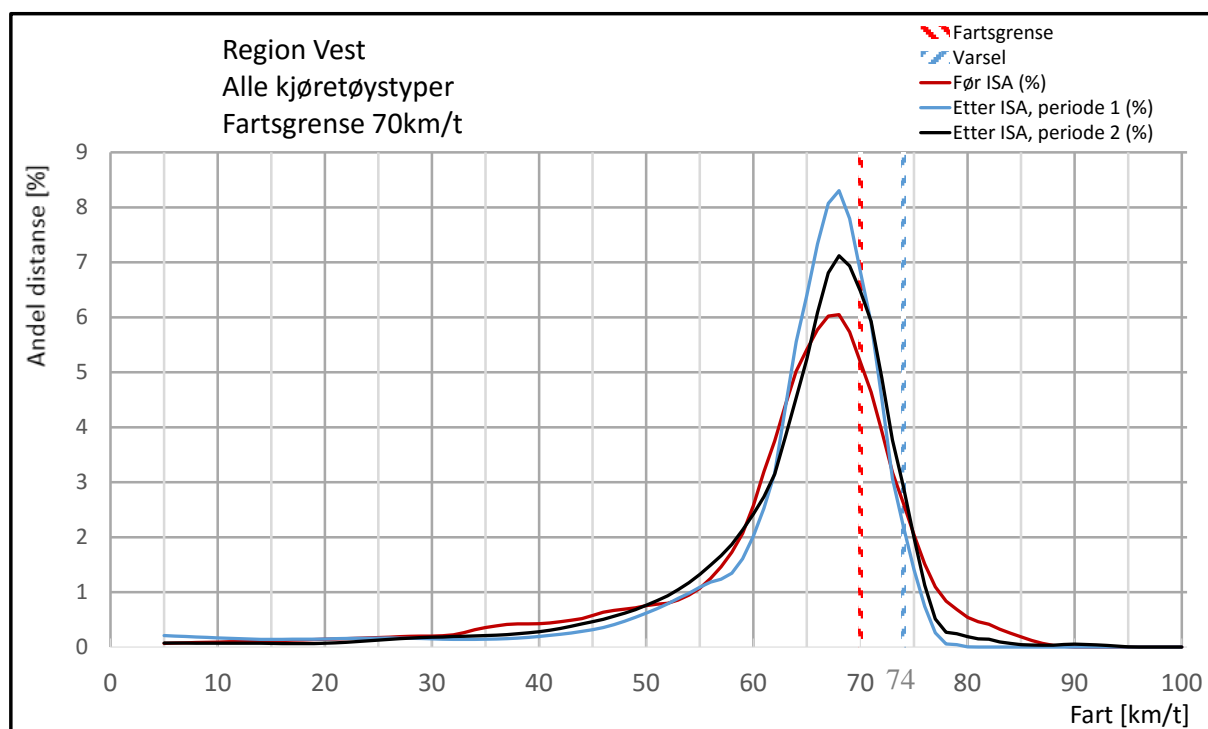
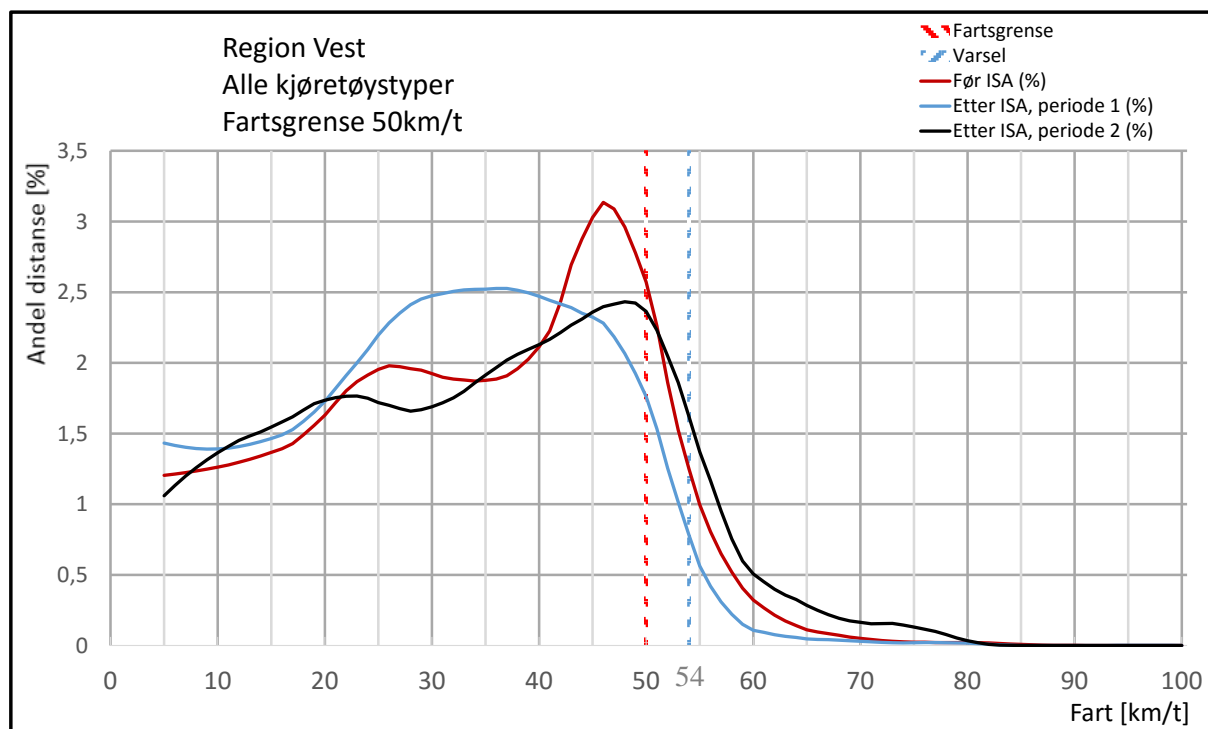
## Region sør

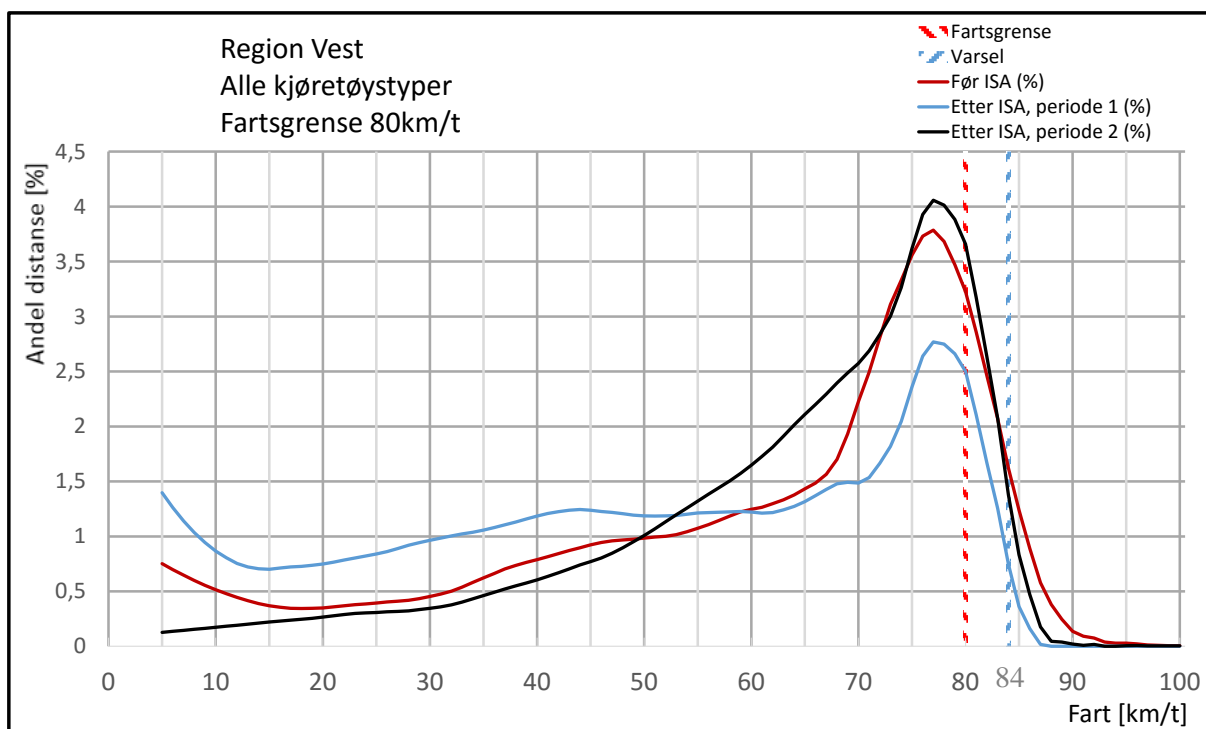




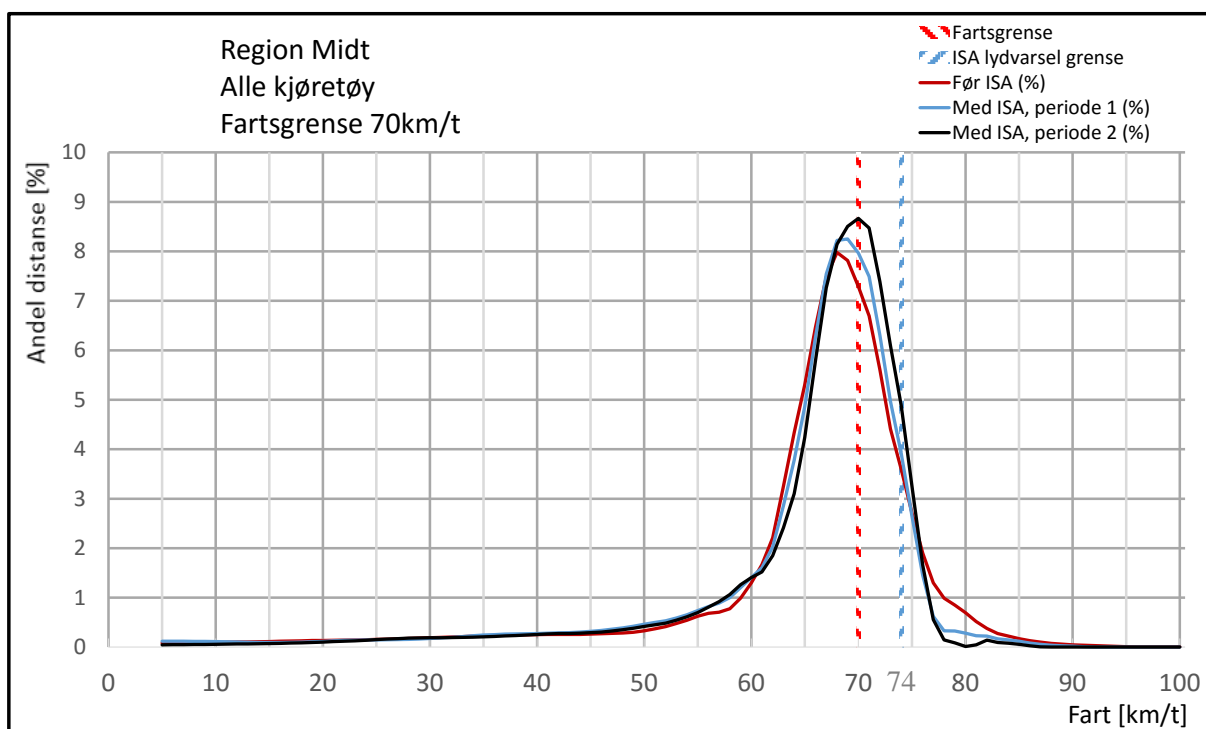
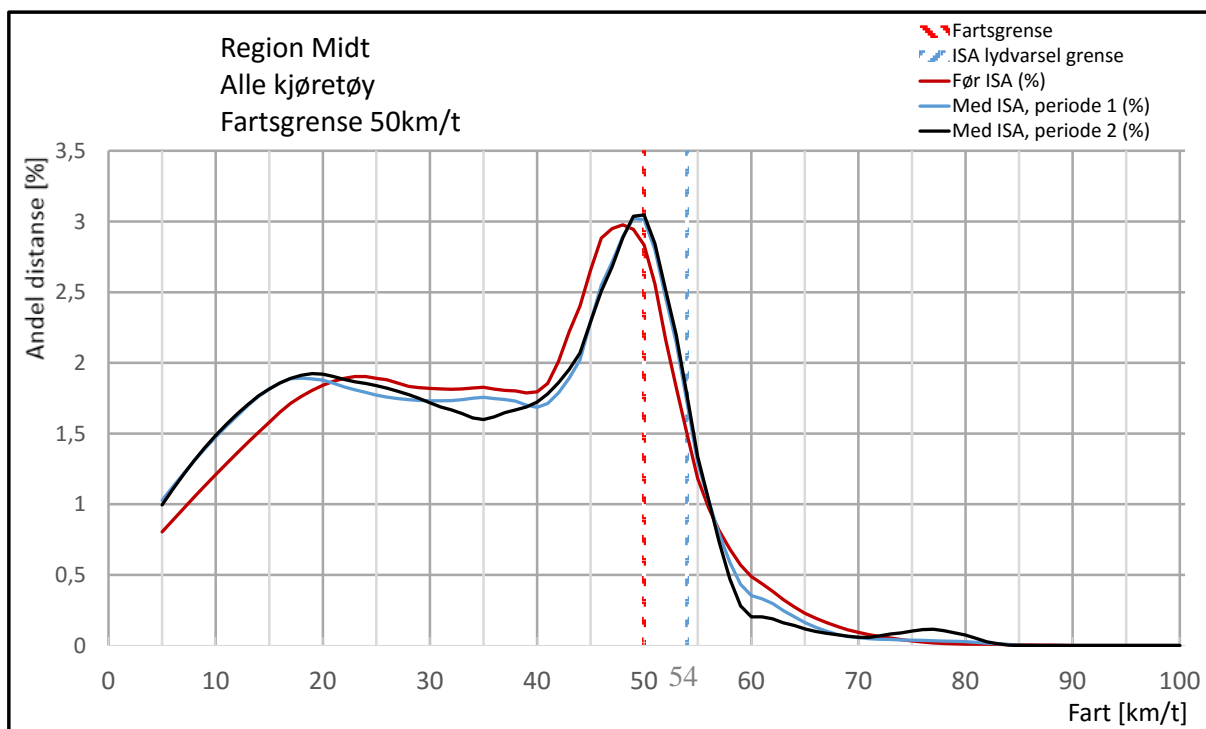


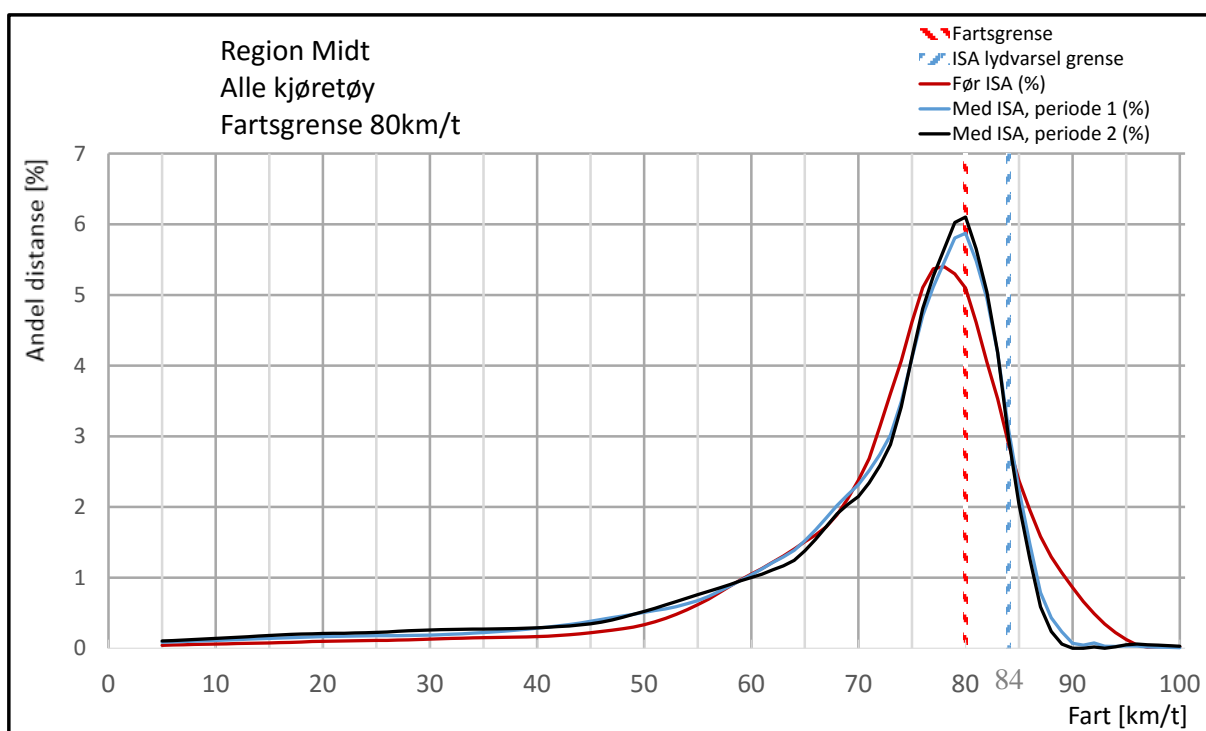
## Region vest



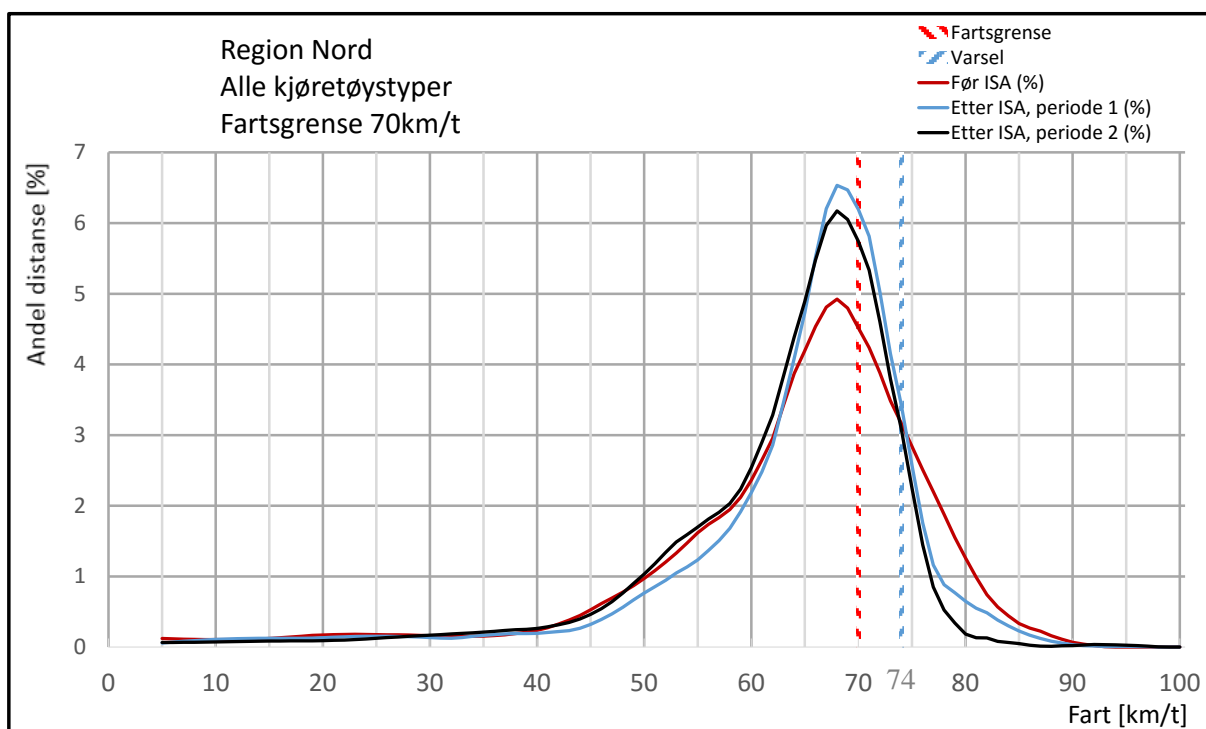
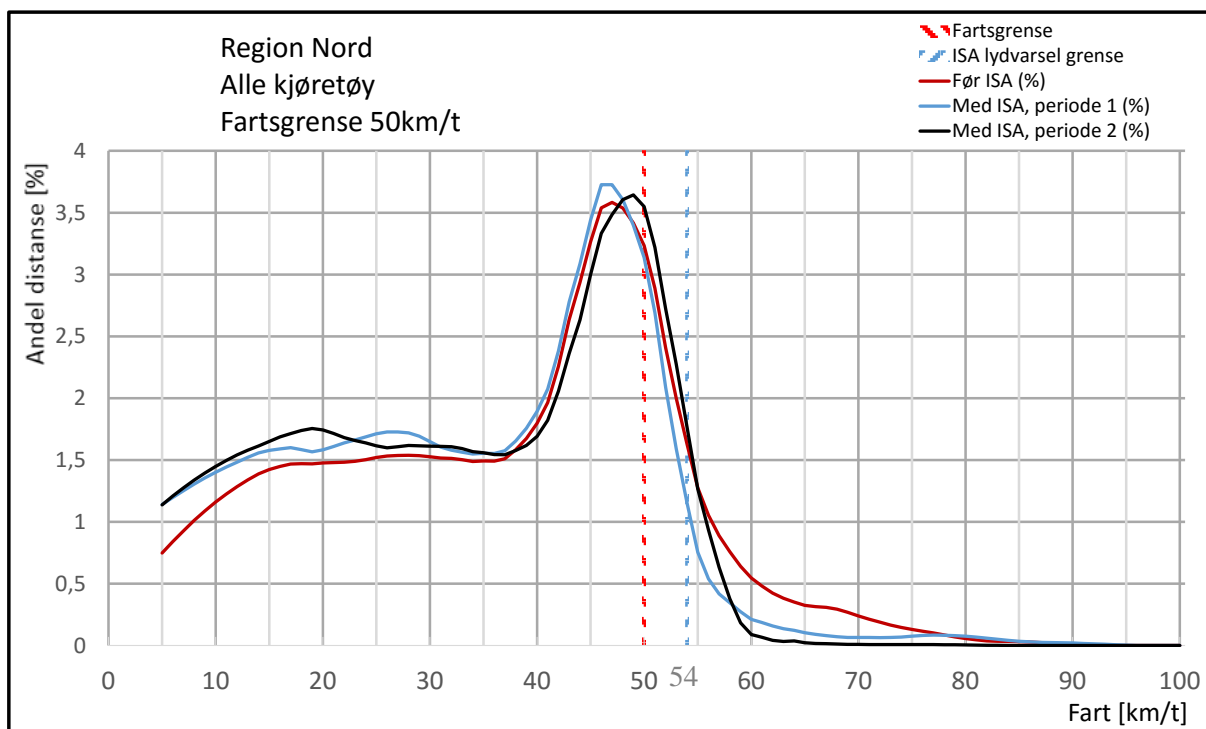


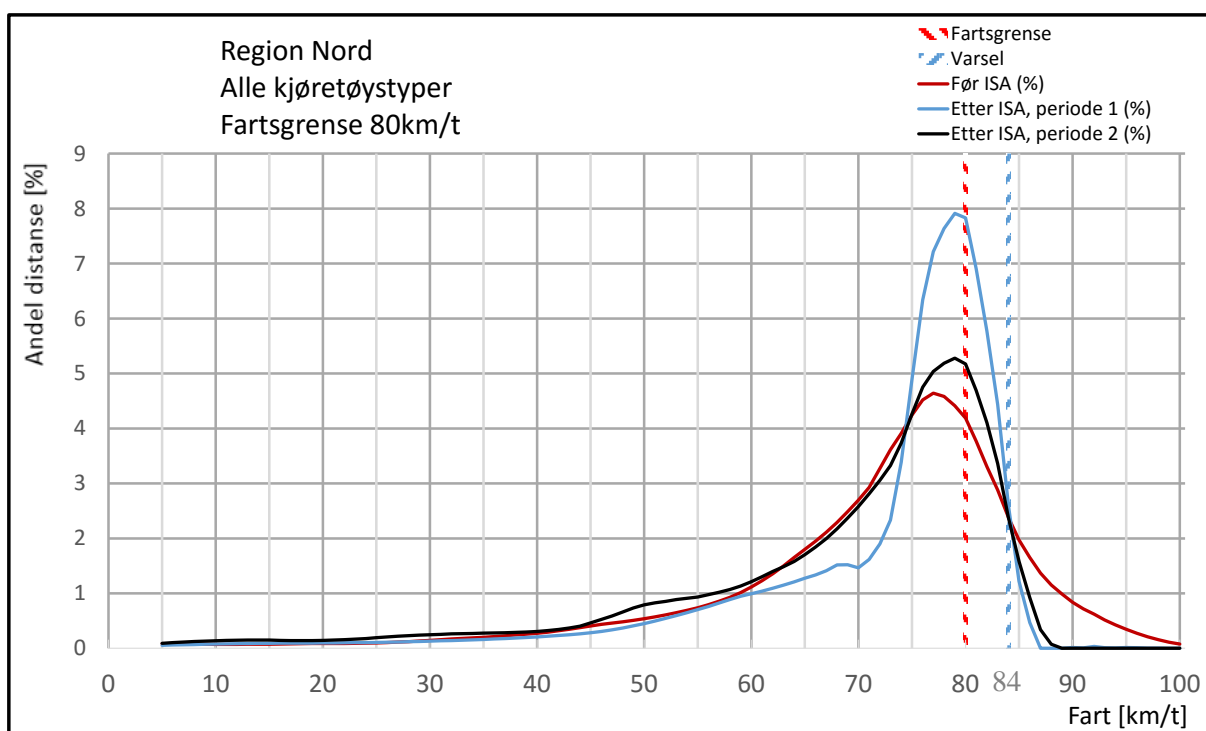
## Region midt





## Region nord









Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)