

Evaluering av kvaliteten på trafikkdata

Erlend Hoksrud Aakre

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Stein Johannessen, BAT

Medveileder: Torbjørn Haugen, Statens vegvesen
Tomas Levin, SINTEF Transportforskning

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Evaluering av kvaliteten på trafikkdata Evaluation of the Quality of Traffic Data	Dato: 01.06.2012 Antall sider (inkl. bilag): 155
	Masteroppgave <input checked="" type="checkbox"/> Prosjektoppgave <input type="checkbox"/>
Navn: Stud.techn. Erlend Aakre	
Faglærer/veileder: Professor Stein Johannessen, NTNU	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Torbjørn Haugen, TMT, Vegdirektoratet, Statens vegvesen Tomas Levin, SINTEF Transportforskning	

Ekstrakt:

<p>Statens vegvesen registrerer trafikkdata i stort omfang, og det finnes om lag 10.000 tellepunkter i Norge. Det registreres på flere ulike parametere og med forskjellige teknologier og utstyrstyper. Felles for de fleste tellepunkter, parametere, teknologier og utstyrstyper er det at kvaliteten er ukjent.</p> <p>Denne masteroppgaven evaluerer kvaliteten på trafikkdata i to tellepunkter, med til sammen 6 ulike utstyrstyper (alle basert på induktive sløyfer eller magnetometertechnologi). Gjennom manuelle videoregistreringer og oppslag i kjøretøyregisteret er det etablert en referanse, som data fra trafikkregistreringsutstyret er vurdert mot. Totalt sett er om lag 5000 kjøretøy registrert.</p> <p>Parameterne som er evaluert inkluderer hastighet, volum og kjøretøylengde, i tillegg til klassifisering etter lengde og kjøretøykategori. Resultatene viser at trafikkregistreringsutstyr som benytter induktive sløyfer har potensiale til å gjøre gode registreringer med tanke på hastighet og volum. Lengdemålinger og klassifisering etter lengde eller kjøretøykategori gir mer variable resultater.</p> <p>Evalueringen er basert på et begrenset antall registreringer, men kan likevel gi en indikasjon på kvaliteten på trafikkdata. På bakgrunn av resultatene fra evalueringen, er det foreslått ulike metoder som kan benyttes for å forbedre kvaliteten. På bakgrunn av erfaringene underveis i arbeidet med denne oppgaven er det gjort vurderinger av statistiske metoder for testing av trafikkregistreringsutstyr. Målet er å kunne godkjenne utstyr på bakgrunn av et gitt kvalitetskrav, med en gitt sikkerhet og med et minimum antall registreringer.</p> <p>Resultatene antyder også at dagens grense mellom lette og tunge kjøretøy ved lengdeklassifisering ikke er optimal, og at lengdegrensen derfor bør heves fra 5,6 meter til 6,0-6,2 meter.</p>

Stikkord:

1. Trafikkdata
2. Trafikkregistrering
3. Klassifisering
4. ITS



MASTEROPPGAVE
VÅREN 2012
for

Erlend Aakre

Evaluering av kvaliteten på trafikkdata

Evaluation of the quality of traffic data

Bakgrunn

Statens Vegvesen har et omfattende system for registrering av trafikkdata langs hele vegnettet. Dette systemet er basert på at det registreres antall kjøretøy, hastighet og lengde på kjøretøyene. Erfaring har vist at utstyret har noen svakheter, samtidig som mange av enhetene er gamle og modne for utskifting. I 2010 startet derfor Statens vegvesen Vegdirektoratet prosjekt "Utvikling av trafikkregistreringsutstyr". Dette prosjekt har fokus både på utstyr for registrering av kjøretøy og utstyr for registrering av fotgjengere og syklister.

En viktig begrunnelse for å satse systematisk innenfor temaet trafikkregistreringsutstyr er at dette er nødvendig både for å heve kvaliteten på utstyret som benyttes, og for å følge med på den teknologiske utviklingen når det gjelder trafikkregistreringer. Det er blant annet et stort behov for å få kontrollert de registreringsapparatene som benyttes i Norge i dag opp mot annet tilgjengelig utstyr med tanke på å legge en framtidig strategi. Det er også et stort behov for å finne fram til bedre korttidsregistreringsutstyr enn det som benyttes i dag.

Parallelt med det nasjonale prosjektet er det også startet et treårig nordisk prosjekt, NorSIKT, i perioden 2010-2012. NorSIKT har fokus på teknologi og har som siktemål å komme opp med en felles nordisk metode for klassifisering av kjøretøy. Sentralt i NorSIKT er oppbygging av teststrekninger og uttesting av ulike teknologier for registrering av motorkjøretøy og sykkeltrafikk.

I Trondheim har Statens vegvesen etablert et større testområde for trafikkregistreringsutstyr på Klett. Her er det installert en rekke typer utstyr basert på ulike teknologier, ulike bruksområder og ulike prisklasser. Noen av enhetene er også nyutviklet og har ikke vært kommersiell drift ennå.

Hovedmålet med denne oppgaven er å evaluere ulike registreringsenheter for trafikkdata med tanke på datakvalitet og bruksområde.

Oppgaven

Kandidaten skal i denne oppgaven evaluere ulike typer utstyr for registrering av trafikkdata for motoriserte kjøretøy. Arbeidet vil utgjøre en del av grunnlaget for fremtidig kravspesifikasjon og anbefaling av trafikkregistreringsutstyr i Norge.

Oppgaven er beskrevet i fire hoveddeler som ønskes dekket. Kandidaten må imidlertid selv vurdere struktur og rekkefølge for presentasjon av sine undersøkelser og vurderinger. De aktuelle hoveddelene er:

Som utgangspunkt skal kandidaten gi en overordnet beskrivelse teststrekningen på Klett, og de utstyrsenheter og teknologier som inngår i evalueringen. Det skal benyttes data som ble samlet inn under et forsøk høsten 2011, og kandidaten må også gjøre seg kjent med dette datasettet. Kandidaten skal prioritere utstyrsenheter som er basert på induktive sløyfer, samt nyutviklet korttidsregistreringsutstyr (STMS). Kandidaten må i denne delen av oppgaven også avgrense hvilke parametre som inngår i evalueringen, i tillegg til trafikkvolum. Aktuelle størrelser er lengde, akselavstand, hastighet, kjøretøytype, osv.

På grunnlag av ovenstående skal kandidaten gjennomføre en evaluering av valgte utstyrstyper og parametre. I denne evalueringen inngår også en vurdering av bruksmuligheter og utviklingspotensiale i forhold til interessante parametre. Her forventes det også diskusjon av metodikk og vurdering av hva som skal defineres som referanseutstyr/fasit.

Som oppfølging av dette skal kandidaten vurdere behov for supplerende registreringer ut fra det datasettet og de resultater som foreligger. I samråd med faglærer og veileder skal det vurderes om slike registreringer også skal gjennomføres. Omfanget må i tilfelle tilpasses belastningen i en masteroppgave.

Avslutningsvis forventes det at kandidaten analyserer og diskuterer resultatene, og oppsummerer bruksmuligheter og utviklingspotensialet for de utvalgte utstyrsenheterne. Dersom tilgjengelige data ikke er tilstrekkelig for å trekke endelige konklusjoner skal kandidaten komme med forslag til opplegg og omfang på nye supplerende registreringer.

Vekten på de ulike delene i oppgaven vurderes av kandidaten i samarbeid med faglærer og veileder.

Generelt om oppgaveinnhold og presentasjon:

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis. Eventuelle justeringer må skje i samråd med veileder og faglærer ved instituttet samt med ekstern samarbeidspartner.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside
- oppgavetekst og sammendrag
- innholdsfortegnelse inkl. oversikt over vedlegg og bilag
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger
- besvarelsen skal ha komplett paginering

Hva skal innleveres?

- Fra og med 2012 skjer innlevering av Masteroppgaven elektronisk via IVT-fakultetets webløsning for masteroppgaver, DAIM (Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver) innen fristen. Studentene forutsettes å sette seg inn i hvordan dette skal gjøres i god tid før innleveringsfristen.
- Dette innebærer at det trykkes 3 innbundne kopier, hvorav 2 går til instituttet og 1 til studenten. Instituttet betaler for disse 3 kopiene. Studentene kan selv bestille ekstra kopier via DAIM-systemet
- I tillegg trykkes 2 avtalte tilleggskopier for formidling til ekstern samarbeidspartner. Disse kopiene dekkes av institutt / faggruppe.

Dokumentasjon samlet inn under arbeidet med oppgaven leveres inn sammen med besvarelsen som ZIP-fil gjennom DAIM-systemet.

Den innleverte masteroppgaven med bilag kan av NTNU fritt benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

HMS:

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av Masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursionsjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje HMS ved feltarbeid m.m." Dokumentet finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ivt.ntnu.no/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom du som student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at du tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes på samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Arbeidet med oppgaven starter 16.01.2012.

Besvarelsen, som beskrevet ovenfor, skal leveres innen 11.06.2012.

Ansvarlig faglærer ved instituttet:

Stein Johannessen

Veileder hos ekstern samarbeidspartner:

Torbjørn Haugen, Statens vegvesen

Veileder hos SINTEF:

Tomas Levin, SINTEF Transportforskning

Trondheim, 16.01.2012



(sign)

Faglærer

Institutt for bygg, anlegg og transport

Forord

Denne rapporten er et resultat av mitt arbeid med den avsluttende masteroppgaven ved Institutt for Bygg, Anlegg og Transport, faggruppe Veg og transport ved NTNU våren 2012. Arbeidsbelastningen skal tilsvare 30 studiepoeng.

Høsten 2011 skrev jeg prosjektoppgave om trafikkregistreringsutstyr som veier kjøretøy i fart, såkalte Weigh-in-motion-systemer. Gode veiledere, meningsfylt arbeid og gode rammevilkår for testing av utstyr førte til at jeg ønsket å arbeide videre med trafikkdata. Trafikkdata har blitt samlet inn og brukt i flere tiår. Kvaliteten på trafikkdata er i aller høyeste grad varierende. Like viktig er det kanskje at kvaliteten er ukjent. Gjennom denne oppgaven ønsket jeg derfor å finne ut mer om hvordan kvaliteten varierer, men også hvorfor den varierer. Først da kan det være mulighet for å iverksette tiltak som sikrer jevnere kvalitet.

Statens vegvesen jobber med å utarbeide kravspesifikasjon for trafikkregistreringsutstyr. I den forbindelse er det viktig å ha hensiktsmessige og standardiserte rutiner for testing av utstyr. Et forslag til fremgangsmåte for å utforme testopplegg er et biprodukt av denne oppgaven. På sikt kan det likevel vise seg å være det viktigste bidraget denne rapporten gir på veien mot trafikkdata med kjent kvalitet.

Jeg har hatt én veileder ved NTNU, i tillegg til to eksterne veiledere. Professor Stein Johannessen ved NTNU har gjennom regelmessige møter hjulpet meg med å holde orden på fremdrift, å holde fokus på målet og i tillegg veiledet i forhold til de formelle krav som stilles til en masteroppgave.

Sjefingeniør Torbjørn Haugen ved Statens vegvesen har bistått med hjelp til praktisk testing av utstyr, tapping av data og kontakt med ressurspersoner både i og utenfor Statens vegvesen. I tillegg har han betydd mye for motivasjonen, gjennom å synliggjøre behovet for mer kunnskap om kvaliteten til trafikkregistreringsutstyr og trafikkdata.

Forsker Tomas Levin ved SINTEF har svart villig, kritisk og konstruktivt på de utallige spørsmålene som oppstår når man dykker stadig dypere ned i materien. Han har vært en god diskusjonspartner, som gjennom sitt engasjement bidrar til kreativitet og nytenkning.

Samtlige veiledere fortjener ærbødig takk for den kompetansen, erfaringen og støtten de har bidratt med. I tillegg ønsker jeg gjerne å takke følgende personer:

Sjefingeniør Torgeir Vaa ved Statens vegvesen har latt meg bli kjent med de fremste ekspertene på trafikkdata i Norden. I tillegg har han bidratt med faglige innspill og belyst hva som er viktig å undersøke i arbeidet med denne rapporten.

Amanuensis Arvid Aakre ved NTNU har gjennom sin kunnskap om og dype forståelse av fagfeltet trafikkteknikk bidratt med tanker og idéer som jeg har kunnet videreutvikle.

Trond Rypdal ved Statens vegvesen bidro til gjennomføringen av utstyrstester i køsituasjon.

Uten disse personenes innsats hadde det ikke vært mulig å gjennomføre oppgaven på den måten jeg ønsket.

Erlend Aakre Trondheim, juni 2012

Sammendrag

Trafikkdata brukes i en rekke sammenhenger ved for eksempel planlegging og dimensjonering av infrastruktur, analyser av trafikksikkerhet og miljøkonsekvenser, trafikkstyring og fremstilling av trafikkindeks. Statens vegvesen har et uttalt mål om at de skal *kunne levere trafikkdata - med kjent kvalitet - som samfunnet etterspør*. Det er imidlertid bred enighet blant fagpersoner om at kvaliteten på trafikkdata ikke er kjent.

Hovedfokus i denne rapporten ligger på trafikkregistreringsutstyr som benytter induktive sløyfer. I tillegg er en nyutviklet enhet basert på magnetometerteknologi undersøkt. Manuell videoregistrering og oppslag i kjøretøyregisteret er benyttet som referanse, og resultater fra testutstyret er vurdert opp mot dette. Utstyr er testet både ved normal trafikkflyt og ved saktegående/stillestående kø.

Resultatene omfatter registreringsutstyrets evne til å telle kjøretøy, måle kjøretøyenes hastighet og lengde, samt å klassifisere etter lengde og kjøretøykategori. De ulike utstyrstypene har forskjellige styrker og svakheter, og det har derfor ikke vært mulig å gi en generell rangering på bakgrunn av datakvalitet. Denne rapporten kan likevel gi nødvendig støtte til valg av trafikkregistreringsutstyr, forutsatt at brukeren på forhånd tenker gjennom og definerer sine behov.

Gjennom detaljerte analyser av måledata, er det foreslått ulike metoder for hvordan bedre nøyaktighet og presisjon kan oppnås (spesielt ved lengdemåling/-klassifisering). Det enkleste er å gi generelle justeringsfaktorer for hver lengdeklasse. En mer avansert metode benytter alle parametere som blir registrert for hvert enkelt kjøretøy, og gir dermed individuelle justeringsfaktorer til hver enkelt måling. Resultatene viser at dette kan innebære en betydelig forbedring av kvaliteten på de registrerte data.

Statens vegvesen arbeider med å utforme en kravspesifikasjon for trafikkregistreringsutstyr. Som en følge av dette vil det bli nødvendig med effektive og standardiserte metoder for testing av utstyr. I denne rapporten er det utformet et grunnlag for å optimalisere tester som kan godkjenne eller forkaste trafikkregistreringsutstyr i forhold til en viss feiltoleranse, med en viss sikkerhet og med et minimum antall registreringer. Metoden krever foreløpig grunnleggende statistikkforståelse, men kan (og bør) forenkles slik at terskelen blir lavere for brukeren.

En analyse av vekt- og lengdedata fra 3300 kjøretøy antyder at dagens skille mellom lette og tunge og tunge kjøretøy (5,6 m) ved lengdeklassifisering ikke er optimalt. Derfor er konsekvensene ved ulike grenseverdier presentert, og det anbefales å sette grensen omkring 0,5 m høyere.

Det foreslås også et standardisert og forenklet skjema for klassifisering etter kjøretøykategori, som er mer tilpasset hva registreringsutstyret i denne rapporten realistisk sett kan prestere. I dag benytter de ulike utstyrstypene forskjellige klassifiseringsskjema, men samtlige ser ut til å være for detaljerte.

Avslutningsvis er ulike faktorerers påvirkning på lengdemålinger med induktive sløyfer analysert. Det er utformet fire hypoteser som er testet statistisk. Disse er plassert i vedlegg.

Summary

Traffic data is in use for a wide variety of purposes. Planning and structural design of infrastructure, analysis of traffic safety and environmental issues, traffic management and traffic index calculation are some of the examples. The Norwegian Public Roads Administration (NPRA) aim for *delivering traffic data – with known quality – that the society demands*. However, there is a general agreement among Norwegian experts that the data quality is in most cases unknown.

The main concern in this report is traffic monitoring devices that utilize inductive loops. A newly developed equipment based on magnetometer technology is also examined. The ground truth is found by video recordings, manual labour and entries in the vehicle register, which the test results are compared with. The data sets origin from tests with free flow conditions and heavy congestion.

The analyses include traffic counting, vehicle speed and length measuring, length based classification and classification based on vehicle signatures (inductive or magnetic). It has been revealed that the traffic monitoring devices have different strengths and weaknesses. Therefore, it is near impossible to give a general recommendation of which is the better device. This report can nevertheless provide support when choosing equipment for traffic monitoring, provided that the user has defined his or her main requirements.

Through detailed analysis of measurement data, methods for improving data quality (especially for length measuring and length based classification) are provided. The simple method is to assign average adjustment factors for each length class. More advanced methods can utilize all recorded data from each detected vehicle to calculate an individual adjustment factor for each vehicle. The results show that considerable improvement of data quality can be achieved.

The Norwegian Public Roads Administration are developing a requirement specification on traffic monitoring devices. As a consequence of this, efficient and standardized test procedures are needed. This report provides a basis for optimizing tests that can lead to acceptance or rejection of equipment based on a given error tolerance, a given certainty and a minimum number of vehicle detections. For the present, the method requires the user to possess basic skills in statistics. The method can (and should) be simplified, in order to lower the threshold for the user.

Based on weight and length data from 3300 vehicles, it seems that today's length limit between light and heavy vehicles (5,6 metres) is suboptimal. The impacts from different length limits are presented, and it is recommended that the limit is increased by approximately 0,5 metres.

A standardized and simplified classification scheme is proposed. This scheme adapts better to the traffic monitoring devices' performance than the schemes that are currently in use.

Finally, the influence of different factors on the length measuring accuracy of inductive loop traffic monitoring devices is investigated. Four hypotheses are tested statistically. These can be found in the appendices.

Innhold

Forord.....	I
Sammendrag.....	III
Summary.....	V
Figurer.....	XI
Tabeller.....	XIII
Formler.....	XV
Innledning.....	1
1 Grunnlag.....	3
1.1 Hvorfor trafikkdata?.....	3
1.2 Hva er trafikkdata, og hvordan kan det måles?.....	4
1.2.1 Målemetoder.....	4
1.2.2 Interessante variabler/parametere i grunnleggende trafikkteknikk.....	5
1.3 Relevante standarder for trafikkregistreringsutstyr.....	9
1.3.1 Trafikkregistreringsutstyr: ASTM E2300-09.....	9
1.3.2 Testing av trafikkregistreringsutstyr: ASTM E2532-09.....	10
1.4 Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett.....	11
1.5 Sensorteknologi.....	14
1.5.1 Hva er en induktiv sløyfe?.....	14
1.5.2 Hvordan kan induktive sløyfer benyttes til å registrere ulike trafikkparametere?.....	15
1.5.3 Magnetiske sensorer.....	17
1.6 Trafikkregistreringsutstyr som omhandles i denne rapporten.....	19
1.6.1 Datarec 7.....	19
1.6.2 Datarec Loop Monitor.....	20
1.6.3 FMA.....	21
1.6.4 Profiler.....	22
1.6.5 STMS.....	23
1.6.6 Datarec 410.....	25
2 Gjennomføring av tester og analyse.....	27
2.1 Tester under normal trafikkflyt.....	27
2.2 Tester i køsituasjon.....	28
2.3 Fremstilling av referanse og synkronisering av data fra testene.....	31
2.4 Beskrivelse av statistiske metoder og formler.....	34
2.4.1 Statistisk metode, klassifisering.....	34

2.4.2	Statistisk metode, lengdemåling.....	37
2.5	Klassifiseringsskjema.....	39
2.5.1	Skjema for lengdeklassifisering.....	39
2.5.2	Skjema for klassifisering etter kjøretøykategori	39
3	Resultater.....	41
3.1	Tester under normal trafikkflyt.....	41
3.1.1	Oversikt over testresultater ved normal trafikkflyt	41
3.1.2	Datarec 7	49
3.1.3	Datarec Loop Monitor.....	55
3.1.4	FMA	60
3.1.5	Profiler.....	65
3.1.6	STMS.....	71
3.1.7	Kombinerte målinger	72
3.2	Tester i køsituasjon	73
3.2.1	Oversikt	73
3.2.2	Datarec 410.....	75
3.2.3	Datarec 7.....	80
4	Diskusjon av resultater.....	85
4.1	Telling.....	85
4.2	Lengdemåling og -klassifisering	93
4.3	Klassifisering etter kjøretøykategori	97
4.4	Behov for supplerende registreringer og analyser	107
4.4.1	Hastighet	107
4.4.2	Telling.....	108
4.4.3	Lengdemåling og lengdeklassifisering.....	108
4.4.4	Kjøretøykategori	109
4.5	Oppsummering av resultater	110
5	Kravspesifikasjon for registreringsutstyr	113
5.1	Telling.....	113
5.2	Lengdemåling.....	113
5.3	Lengdeklassifisering	113
5.4	Klassifisering etter kjøretøykategori	113
5.5	Andre egenskaper	114
5.6	Testing for å vurdere om kravspesifikasjon er innfridd	115

Konklusjon.....	117
Referanser.....	119
Vedlegg	123

Figurer

Figur 1 Oversiktsbilde, Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett	11
Figur 2 Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett, tegning 1 (Per Melen, Trafikverket).....	12
Figur 3 Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett, tegning 2 (Per Melen, Trafikverket).....	13
Figur 4 Norsk sløyfekonfigurasjon. Foto Per Melen, Trafikverket	14
Figur 5 Norsk sløyfekonfigurasjon med piezoelektriske kabler. Foto Per Melen, Trafikverket.....	15
Figur 6 Eksempler på sløyfeaktivitet for ulike typer kjøretøy (Klein, et al., 2006).....	16
Figur 7 Magnetiske flukslinjer (Mimbela & Klein, 2007).....	17
Figur 8 Kjøretøyets påvirkning på magnetfeltet (Mimbela & Klein, 2007) (Nu-Metrics)	18
Figur 9 Magnetometer (STMS) installert i vegbanen. Foto Per Melen, Trafikverket	18
Figur 10 Datarec 7 Signature. Foto Per Melen, Trafikverket	19
Figur 11 Datarec Loop Monitor. Foto Per Melen, Trafikverket	20
Figur 12 Feix Moxa ATKI (FMA). Foto Per Melen, Trafikverket.....	21
Figur 13 Profiler Type F. Foto Per Melen, Trafikverket.....	22
Figur 14 STMS magnetometer (Sensebit, 2011)	23
Figur 15 Eksempel på registrerte data, STMS (Sensebit, 2011).....	24
Figur 16 Datarec 410. Foto Per Melen, Trafikverket.....	25
Figur 17 Utstyrsboden på Klett under NorSIKT-testen. Foto Per Melen, Trafikverket	28
Figur 18 Oversiktskart, registreringspunkt på Sundland.....	29
Figur 19 Oversiktsbilde, registreringspunkt på Sundland	29
Figur 20 Automatisk nummerskiltlesning (ANPR) på E6 Klett. Foto Per Melen, Trafikverket	32
Figur 21 Hastighet Datarec 7.....	42
Figur 22 Hastighet Datarec Loop Monitor	42
Figur 23 Hastighet FMA.....	43
Figur 24 Hastighet Profiler	43
Figur 25 Hastighet STMS	44
Figur 26 Frekvensdiagram for relativ lengdefeil	46
Figur 27 Spøkelseskjøretøy Datarec 7.....	49
Figur 28 Lengdemåling Datarec 7	50
Figur 29 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, Datarec 7	51
Figur 30 Lengdemåling Datarec Loop Monitor	56
Figur 31 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, Datarec Loop Monitor	57
Figur 32 Kjøretøy med kort luke til forankjørende (ikke registrert av FMA)	60
Figur 33 Kjøretøy som ikke blir registrert av FMA, uten åpenbar grunn	60
Figur 34 Lengdemåling FMA	61
Figur 35 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, FMA	62
Figur 36 Eksempel telling 1, Profiler	65
Figur 37 Eksempel telling 2, Profiler	65
Figur 38 Eksempel telling 3, Profiler	66
Figur 39 Lengdemåling Profiler	67
Figur 40 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, Profiler	68
Figur 41 Volum og hastighet, Datarec 410.....	76
Figur 42 Volum/hastighet (Akcelik, 2006).....	77
Figur 43 Lengdemåling i køsituasjon, Datarec 410	78

Figur 44 Kriterier for sammenslåing av kjøretøy, Datarec 410	79
Figur 45 Volum og hastighet, Datarec 7	81
Figur 46 Lengdemåling i køsituasjon Datarec 7	82
Figur 47 Sammenheng mellom tilfeldig variasjon, antall registreringer og systematisk avvik (logaritmiske akser).....	85
Figur 48 Prinsippskisse for statistisk metode for testing av registreringsutstyr.....	87
Figur 49 Sammenheng mellom antall registreringer, feiltoleranse og buffersone (del 1)	89
Figur 50 Sammenheng mellom antall registreringer, feiltoleranse og buffersone (del 2)	90
Figur 51 N_{min} ved registreringsperiode med noen ukers varighet	91
Figur 52 N_{min} ved registreringsperiode med noen dagers varighet	91
Figur 53 N_{min} ved registreringsperiode med noen timers varighet	92
Figur 54 Lengdemåling Datarec 7 ved Multiple linear regression	96
Figur 55 Eksempel på feil i trafikkdata, Godstransport på veg	104
Figur 56 Flytskjema for vurdering av forutsetninger for testopplegg.....	116

Tabeller

Tabell 1 Registreringsgrupper for lengdeklassifisering	8
Tabell 2 Trafikkregistreringsutstyr av type II, ASTM E2300	9
Tabell 3 Lengdeklasser i Statens vegvesens Håndbok 281	39
Tabell 4 Skjema for klassifisering etter kjøretøykategori	39
Tabell 5 Antall registrerte kjøretøy i løpet av hele testperioden.....	41
Tabell 6 Resultater for telling i analyseperioden 22.11.2011	45
Tabell 7 Statistiske mål for relativ lengdefeil.....	46
Tabell 8 Feilrater innenfor ulike lengdeklasser	47
Tabell 9 Gjennomsnittlige feilrater ved klassifisering etter kjøretøykategori	48
Tabell 10 Relativ lengdefeil Datarec 7	49
Tabell 11 Lengdeklassifisering Datarec 7, oversikt	52
Tabell 12 Lengdeklassifisering Datarec 7, statistiske mål	52
Tabell 13 Lengdeklassifisering Datarec 7, oversikt ved klassevis lineær justering	53
Tabell 14 Lengdeklassifisering Datarec 7, statistiske mål ved klassevis lineær justering	53
Tabell 15 Klassifisering etter kjøretøykategori, Datarec 7	54
Tabell 16 Relativ lengdefeil Datarec Loop Monitor	55
Tabell 17 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, oversikt	57
Tabell 18 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, statistiske mål.....	58
Tabell 19 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, oversikt ved klassevis lineær justering	58
Tabell 20 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, statistiske mål ved klassevis lineær justering.....	59
Tabell 21 Klassifisering etter kjøretøykategori, Datarec Loop Monitor.....	59
Tabell 22 Relativ lengdefeil FMA	60
Tabell 23 Lengdeklassifisering FMA, oversikt	62
Tabell 24 Lengdeklassifisering FMA, statistiske mål	63
Tabell 25 Lengdeklassifisering FMA, oversikt ved klassevis lineær justering	63
Tabell 26 Lengdeklassifisering FMA, statistiske mål ved klassevis lineær justering	64
Tabell 27 Klassifisering etter kjøretøykategori, FMA.....	64
Tabell 28 Relativ lengdefeil Profiler	66
Tabell 29 Lengdeklassifisering Profiler, oversikt.....	68
Tabell 30 Lengdeklassifisering Profiler, statistiske mål.....	69
Tabell 31 Lengdeklassifisering Profiler, oversikt ved klassevis lineær justering.....	69
Tabell 32 Lengdeklassifisering Profiler, statistiske mål ved klassevis lineær justering.....	70
Tabell 33 Klassifisering etter kjøretøykategori, Profiler	70
Tabell 34 Klassifisering etter kjøretøykategori, STMS	71
Tabell 35 Lengdeklassifisering ved kombinerte justerte målinger, oversikt	72
Tabell 36 Lengdeklassifisering ved kombinerte justerte målinger, statistiske mål	73
Tabell 37 Telling i kø situasjon, Datarec 410 og Datarec 7	73
Tabell 38 Lengdemåling i køsituasjon, Datarec 410 og Datarec 7	74
Tabell 39 Lengdeklassifisering i køsituasjon, Datarec 410 og Datarec 7	75
Tabell 40 Relativ lengdefeil i køsituasjon Datarec 410	77
Tabell 41 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 410, oversikt	79
Tabell 42 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 410, statistiske mål.....	80
Tabell 43 Relativ lengdefeil i køsituasjon Datarec 7	82

Tabell 44 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 7, oversikt	83
Tabell 45 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 7, statistiske mål.....	83
Tabell 46 Klassifisering etter kjøretøykategori i køsituasjon, Datarec 7.....	84
Tabell 47 Konsekvenser av ulike grenser for lette og tunge kjøretøy ved lengdeklassifisering	93
Tabell 48 Andel tungtrafikk ved lengdeklassifisering, med og uten justering	94
Tabell 49 Koeffisienter som inngår ved estimering av relativ lengdefeil.....	95
Tabell 50 Sammenligning av relativ lengdefeil ved ulike grader av justering.....	95
Tabell 51 Oversikt over laveste feilrater (Feil A og Feil B) i hver klasse ved lengdeklassifisering	97
Tabell 52 Forslag til forenklet klassifiseringsskjema	98
Tabell 53 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, Datarec 7.....	98
Tabell 54 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, Datarec Loop Monitor	99
Tabell 55 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, FMA.....	99
Tabell 56 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, Profiler	100
Tabell 57 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, STMS	100
Tabell 58 Oversikt over laveste feilrater i hver klasse ved forenklet klassifiseringsskjema	101
Tabell 59 Resultater for klassifisering, Peek ADR-6000	102
Tabell 60 Estimert andel tungtrafikk, klassifisering etter kjøretøykategori	102
Tabell 61 Antall registrerte kjøretøy i ulike kjøretøykategorier	105
Tabell 62 Relativ differanse for antall registrerte kjøretøy innenfor ulike kjøretøykategorier	105
Tabell 63 Andel Feil A innenfor ulike kjøretøykategorier	106
Tabell 64 Andel Feil B innenfor ulike kjøretøykategorier	107
Tabell 65 Mulige krav til klassifisering etter kjøretøykategori.....	114
Tabell 66 Grunnlag for t-test, hypotese 1	124
Tabell 67 Resultater t-test, hypotese 1.....	124
Tabell 68 Signalstyrke ved ulik bakkeklaring.....	125
Tabell 69 Tidspunkt og posisjon for registrering av hastighet og lengde ved akselerasjon	127
Tabell 70 Lengdefeil ved akselerasjon, jevn hastighet og retardasjon, Datarec 410.....	127
Tabell 71 Lengdefeil ved akselerasjon, jevn hastighet og retardasjon, Datarec 7.....	128
Tabell 72 Lengdefeil for personbiler med ulikt vekt/lengdeforhold.....	129
Tabell 73 Lengdefeil ved ulike hastigheter, Datarec 410 og Datarec 7	130

Formler

Formel 1 Volum.....	5
Formel 2 Tid og luker	5
Formel 3 Punkthastighet.....	6
Formel 4 Strekningshastighet	6
Formel 5 Gjennomsnittlig punkthastighet	6
Formel 6 Gjennomsnittlig strekningshastighet.....	7
Formel 7 Tetthet	7
Formel 8 ASTM E2300-09 Relativt avvik [%]	9
Formel 9 ASTM E2300-09 Absolutt avvik.....	9
Formel 10 Sannsynlighet for feil av type A	35
Formel 11 Standardavvik, andel feil av type A.....	35
Formel 12 Sannsynlighet for feil av type B	36
Formel 13 Standardavvik, andel feil av type B.....	36
Formel 14 Konfidensintervall med 95 % signifikansnivå	36
Formel 15 Vektet gjennomsnitt	36
Formel 16 Ikke vektet gjennomsnitt	36
Formel 17 Differanse	37
Formel 18 Relativ differanse	37
Formel 19 Absolutt relativ differanse	37
Formel 20 Estimator for forventningsverdi	37
Formel 21 Estimator for standardavvik	38
Formel 22 Konfidensintervall med 95 % signifikansnivå, enkeltmålinger	38
Formel 23 Konfidensintervall med 95 % signifikansnivå, gjennomsnitt	38
Formel 24 Minimum antall registreringer	88
Formel 25 Estimert relativ lengdefeil.....	94

Innledning

Gjennom trafikkregistreringer i om lag 10.000 tellepunkter i Norge, fremskaffes trafikkdata i stort omfang i Statens vegvesen. Det registreres en rekke ulike parametere. Noen eksempler kan være registrering av hastighet, volum, kjøretøylengde og klassifisering etter lengde eller kjøretøykategori.

Kvaliteten på trafikkdata i Statens vegvesen er for det meste ukjent. Det betyr at man ved analyser og vurderinger risikerer å benytte data som er beheftet med en vesentlig (men ukjent) usikkerhet. Målet for Statens vegvesen er derfor å levere trafikkdata med kjent kvalitet, som samfunnet etterspør.

I forbindelse med denne oppgaven er det benyttet trafikkdata fra til sammen to forskjellige tellepunkter, 6 forskjellige trafikkregistreringsutstyr, med sensorer basert på to ulike teknologier. Referansen er etablert gjennom manuelle videoregistreringer og oppslag i kjøretøyregisteret.

Første del av oppgaven gir en generell beskrivelse av trafikkdata, målemetoder, interessante variabler og sensorteknologi. I tillegg beskrives utstyrstypene som er benyttet.

I andre del beskrives gjennomføringen av tester, etablering av referanse, statistiske metoder og formler og klassifiseringsskjema.

Tredje del presenterer resultater fra analysene. Det gis innledningsvis en oversikt over resultatene, deretter følger mer detaljerte resultater for hvert enkelt utstyr.

I fjerde del diskuteres resultatene. Alternative klassifiseringsskjema og lengdegrensener, behov for supplerende registreringer, metoder for å forbedre kvaliteten på data og metoder for å teste utstyr er blant temaene som diskuteres på bakgrunn av erfaringene som har fremkommet i forbindelse med arbeidet.

I femte del gis en kort oppsummering av faktorer som har betydning for en fremtidig kravspesifikasjon. Det presenteres også et flytskjema som viser nødvendige statistiske vurderinger før/ved testing av utstyr, og hvilke faktorer som påvirkes.

Del seks består av en oppsummerende konklusjon.

1 Grunnlag

1.1 Hvorfor trafikkdata?

Behovet for trafikkdata i Norge er kartlagt gjennom spørreundersøkelser og intervjuer (Giæver, et al., 2009). Trafikkdata viser seg å være etterspurt i mange ulike sammenhenger. Enkelte eksempler på dette kan være trafikkstyring, trafikkinformasjon, trafiksikkerhet, forskning, vegteknologi, klima, miljø, statistikk og indekser.

Undersøkelsene ga en klar indikasjon på at trafikkdata benyttes i stor grad, både i Statens vegvesen og i kommuner, bedrifter og fagmiljøer. Trafikkvolum ser ut til å være den mest etterspurte parameteren, men også kjøretøytyper kommer langt opp på listen. Respondentene i undersøkelsene ga kommentarer om presentasjon, valgbarhet og brukergrensesnitt. Angående kvalitet skrives det i rapporten:

Det er behov for å jobbe systematisk med kvalitet knyttet til de data som tilbys. Dette er ikke først og fremst knyttet til at brukerne opplever at det er så mye feil i datasettene som tilbys i dag, men et ønske om å ta inn usikkerhetene knyttet til registrerings- og beregningsopplegget i videre analyser.

Det uttales fra flere respondenter at de sjelden gjør kvalitets- eller usikkerhetsvurderinger knyttet til transport- og trafikkdata. De benytter data som er tilgjengelige, uten å tenke på at data kan være beheftet med usikkerheter. Dette kan representere et problem, og bidra til å spre usikkerhet knyttet til etatens vurderinger og analyser.

Offisielt har imidlertid Statens vegvesen følgende mål for trafikkdata i Norge (Statens vegvesen, 2011a):

Statens vegvesen skal kunne levere trafikkdata - med kjent kvalitet - som samfunnet etterspør

For at kvaliteten på trafikkdata skal være kjent, må man ha god kunnskap om trafikkregistreringsutstyrets kvalitet. Dette er foreløpig ikke tilstrekkelig dokumentert (Giæver, et al., 2009) (Vaa, 2011). Manglende dokumentasjon av usikkerhet knyttet til trafikkregistreringer gjelder for både eksisterende og nytt utstyr. Med stadig økt tilgjengelighet på trafikkdata øker faren for at mindre bevisste brukere benytter seg av dette materialet. Derfor vil det bli stadig viktigere at kvaliteten på trafikkdata er kjent.

Trafikkvolum, andel tungtrafikk og hastighet er blant datatypene som gjennom intervjuer og spørreundersøkelsene blir trukket frem som viktige for trafiksikkerhet. Når det gjelder miljø, er det et sterkt ønske om å få ÅDT-tall for hver kjøretøyklasse (gjerner også timeverdier). I denne sammenheng trekkes også behovet for å definere flere kjøretøyklasser frem. I tillegg til lengdeklassifisering, blir kjøretøykategorier og vekt etterspurt. Spesielt viktig er det å kunne skille mellom tungtrafikk for gods- og persontransport.

Per 2009 var om lag 4000 av totalt 9500 registreringspunkter i Norge utstyrt med induktive sløyfer (Statens vegvesen, 2011a). Disse benyttes på de fleste nivå 1-punkter, altså punkter for kontinuerlig registrering. Det vil si at en vesentlig andel av de trafikkdata som genereres i Norge kommer fra induktive sløyfer.

1.2 Hva er trafikkdata, og hvordan kan det måles?

Trafikkdata er et omfattende fagfelt. I dette kapittelet er enkelte av de mest grunnleggende metodene og størrelsene beskrevet. Først beskrives målemetodene kort i 1.2.1, og det gis enkelte eksempler på hva som kan måles. Mer inngående forklaring på de ulike parameterne blir gitt i 1.2.2. Det videre arbeidet med denne rapporten vil hovedsaklig være knyttet til målinger over en kort strekning.

1.2.1 Målemetoder

Det kan skilles mellom 5 prinsipielt forskjellige målemetoder for trafikkregistreringer (Gartner, et al., 1997). Ut fra disse målemetodene kan man finne en rekke parametere. Enkelte av parameterne kan måles direkte, mens andre må estimeres. Det er viktig å være klar over at enkelte målemetoder baseres på variasjon i tid, mens andre benytter variasjon i rom eller en kombinasjon.

1.2.1.1 Punktmålinger

Ved punktmålinger gjøres registreringer på bakgrunn av variasjon i tid. Alle registreringer blir utført på samme punkt. Punktmålinger kan først og fremst benyttes til tellinger (volum) og registrering av tidsluker. Hastighet kan ved punktmålinger registreres ved bruk av radar eller mikrobølger. Kjøretøyene behøver da kun å forflytte seg omtrent 1 cm før hastighet er registrert.

1.2.1.2 Målinger over en kort strekning

Detektorpar er vanlig innenfor denne kategorien. Detektorene kan være for eksempel være luftslanger, induktive sløyfer eller piezoelektriske kabler. Volum, tidsluker, hastighet og belegg kan måles direkte. På bakgrunn av dette kan tetthet og kjøretøyets lengde estimeres, men ikke måles direkte.

1.2.1.3 Målinger over en strekning

Målinger over en strekning kan foregå med eller uten variasjon i tid. Disse målingene kan for eksempel stamme fra et flyfoto eller et kamera montert i en mast. Dersom man har et øyeblikksbilde, er det kun tetthet som kan måles. Bildet gir ikke noe informasjon om variasjon i tid, og hastighet eller volum blir dermed meningsløst.

Dersom man har flere bilder fra ulike tidspunkt tilgjengelig (for eksempel videokamera), kan hastighet måles. Dette viser at måling av tetthet krever et punkt i tid, men et intervall i rom (altså en strekning). Måling av hastighet krever variasjon både i rom og tid. Volum betraktes vanligvis som antall kjøretøy som passerer et punkt i løpet av et gitt tidsrom. Målinger over en strekning gir dermed ikke grunnlag for direkte måling av volum, i og med at det kreves et punkt i den romlige dimensjonen og en variasjon i tid.

Ved hjelp av gjenkjenning av kjøretøy kan målinger over lengre strekninger utføres. Dette medfører åpenbart en variasjon også i tid, i og med at kjøretøyene må forflytte seg fra starten til slutten av strekningen. Kjøretøyene kan kjennes igjen ved hjelp av for eksempel nummerskiltlesning, kjøretøyenes induktive signatur, ETC-brikker (Electronic Toll Collection, for eksempel Autopass) eller ved registrering av Bluetooth-enheter om bord i kjøretøyet. Dette gir gode muligheter for beregning av reisetid.

1.2.1.4 Registreringsutstyr som følger trafikkstrømmen

Denne metoden innebærer gjerne bruk av et instrumentert kjøretøy som følger trafikkstrømmen. Med "instrumentert" menes det at kjøretøyet er utstyrt med for eksempel GPS, akselerometer og avtandsmålere til kjøretøy foran og bak. Dette gir mulighet for registrering av kontinuerlige data over en strekning og et tidsrom. Hastighet, akselerasjon og tidsforbruk er eksempler på data som kan måles ved bruk av denne metoden. Disse gjelder imidlertid kun for dette ene kjøretøyet. Volum og tetthet kan derfor ikke måles. Eventuelle beregninger vil medføre stor usikkerhet.

1.2.1.5 Innsamling av data fra flere kilder samtidig

Som det fremgår i beskrivelsen av de 4 foregående metodene for innhenting av trafikkdata, er det ikke alle parametere som lar seg måle på samme måte. For å få et mer komplett datasett kan en derfor kombinere data fra ulike kilder. Dette kan imidlertid medføre noen metodiske utfordringer knyttet til gyldighetsområdet av de ulike parametere.

1.2.2 Interessante variabler/parametere i grunnleggende trafikkteknikk

I dette kapittelet følger en oversikt over utvalgte variabler innenfor grunnleggende trafikkteknikk. Trafikkstrømmenes egenskaper varierer både over tid og rom. Ved måling og eller beregning av variabler for å fremstille trafikkdata, er det derfor nødvendig å være klar over hvilke muligheter og begrensninger dette gir, og hva de ulike målemetoder og utstyrstyper egner seg til (Gartner, et al., 1997).

1.2.2.1 Volum

Volum (q) er definert som antall kjøretøy (N) som passerer et punkt i løpet av et gitt tidsrom (T). Dette gir følgende likning:

Formel 1 Volum

$$q = \frac{N}{T}$$

Det fremgår av definisjonen at direkte måling av volum krever registrering i et fast punkt (eller et snitt tvers over vegbanen), over et gitt tidsrom.

Det totale tidsrommet T utgjøres av summen av alle tidsluker (h , headway) mellom kjøretøy (se 1.2.2.2).

Formel 2 Tid og luker

$$T = \sum_{i=1}^N h_i$$

Dette betyr igjen at volum er den inverse av gjennomsnittlig tidsluke. Tidsenheten som benyttes ved angivelse av volum kan variere meget, og kan være helt eller delvis uavhengig av enhetene/oppløsningen som er benyttet ved innsamling av data. Ved angivelse av årsdøgntrafikk (ÅDT) benyttes døgn som tidsenhet ved angivelse. Ved beregning av kapasitet på vegstrekninger og i kryss benyttes ofte enheten kjøretøy per time, selv om vesentlig kortere tidsenheter også kan forekomme.

1.2.2.2 Luker

Luker mellom kjøretøy kan oppgis i avstand eller tid. I tillegg skilles det mellom "gap" og "headway". Gap regnes vanligvis som avstand eller tid fra bakerste støtfanger på første kjøretøy til forreste støtfanger på neste kjøretøy. Headway regnes gjerne fra forreste støtfanger på første kjøretøy til forreste støtfanger på neste kjøretøy. Bruksområdet avgjør hvordan luken bør måles.

1.2.2.3 Hastighet

Måling av hastighet krever observasjon av endringer i både tid og rom. I og med at trafikkstrømmer langt fra er uniforme, kan dette medføre at ulike mål for hastighet gir svært forskjellige resultater.

Momentan hastighet eller punkthastighet (u) er definert som

Formel 3 Punkthastighet

$$u = \frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

der x er avstand og t er tid.

Ved bruk av for eksempel parvise induktive sløyfer til hastighetsmåling, kan ikke Δx lenger sies å gå mot 0, i og med at den norske sløyfestandarden tilsier en forskyvning på 2,85 m. Ved høye hastigheter vil det likevel være en god tilnærming. Ved hastighet lik 80 km/t inn mot sløyfene vil maksimal hastighetsendring i løpet av 2,85 m være i størrelsesorden 4 km/t ved meget gode friksjonsforhold. Tilsvarende endring for hastighet lik 30 km/t inn mot sløyfene vil være omtrent 12 km/t, gitt at en kan regne en konstant retardasjon på 8 m/s². Dette viser at selv om det måles over en relativt kort avstand, vil hastighetsmålingen være meget følsom for akselerasjon og retardasjon ved lave hastigheter.

Strekningshastighet (u_i) defineres som den tid (t_i) det tar for et kjøretøy å tilbakelegge en viss avstand (D). Dermed kan strekningshastigheten uttrykkes ved følgende formel:

Formel 4 Strekningshastighet

$$u_i = \frac{D}{t_i}$$

Ofte brukes punktmålinger (eller målinger over en kort strekning) av hastighet for å gjøre estimere for eksempel reisetid for en lengre strekning. Dette vil gi korrekte svar i kun ett eneste tilfelle; der hvor alle kjøretøy har lik og konstant hastighet over hele strekningen. Et bilde på dette kan være et togsett som benytter cruise control for å holde konstant hastighet. Dette tilfellet kan imidlertid ikke antas å være hyppig forekommende i vegtrafikken. Det er med andre ord forskjell på punkthastighet og strekningshastighet.

Gjennomsnittlig punkthastighet (\bar{u}_p) for N kjøretøy beregnes ved hjelp av aritmetisk middelværdi fra de individuelle punkthastighetene ($u_{p,i}$):

Formel 5 Gjennomsnittlig punkthastighet

$$\bar{u}_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_{p,i}$$

Gjennomsnittlig strekningshastighet (u_s) for N kjøretøy beregnes ved hjelp av harmonisk gjennomsnitt, på bakgrunn av de individuelle tidsforbrukene over strekningen (t_i):

Formel 6 Gjennomsnittlig strekningshastighet

$$\bar{u}_s = \frac{D}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i}$$

Dersom alle kjøretøy holder vilkårlig (men konstant) hastighet, vil gjennomsnittlig punkthastighet alltid være høyere enn gjennomsnittlig strekningshastighet. Dette kan føre til misforståelsen at gjennomsnittlig punkthastighet i alle tilfeller er høyere enn gjennomsnittlig strekningshastighet. Dette kommer imidlertid helt an på hvor på strekningen målingen utføres, og dermed hvilken verdi man "leser av" fra fartsprofilen. Nettopp dette at farten ikke er konstant medfører problemer med testing av utstyr for fartsmåling, som vi skal se i avsnitt 3.1.1.1.

1.2.2.4 Tetthet

Tetthet (engelsk: *density*) er definert som antall kjøretøy per enhetslengde. Ut fra definisjonen kan man forstå at direkte målinger av tetthet krever oversikt over alle kjøretøy som befinner seg på en strekning på et gitt tidspunkt. Dette kan for eksempel oppnås ved å ta et flyfoto, og telle antall kjøretøy på en strekning med kjent avstand.

Tetthet kan ikke måles direkte ved bruk av punktmålinger, og har derfor ofte blitt estimert på en av to ulike måter. Den første metoden er bruk av den grunnleggende sammenhengen mellom hastighet (u), volum (q) og tetthet (k):

Formel 7 Tetthet

$$k = \frac{q}{u_s}$$

En kan legge merke til at hastighetsmålet som benyttes er gjennomsnittlig strekningshastighet. Dette kan ikke måles direkte ved punktmålinger, og denne verdien må derfor også estimeres. I de fleste sammenhenger er det imidlertid rimelig å anta at gjennomsnittlig strekningshastighet er omtrent lik gjennomsnittlig punkthastighet.

Den andre metoden er å estimere tetthet ut fra belegg (engelsk: *occupancy*), som kan måles direkte ved punktmålinger. Belegg kan enklest forklares som andelen av tid en sensor er belagt, i betydningen "hvor stor del av tiden befinner det seg et kjøretøy direkte over en sensor under asfalten". For å måle belegg må det måles over en avstand som er kortere enn minimum kjøretøylengde. Det kan antas at svært få kjøretøy er kortere enn de vanlige induktive sløyfene som benyttes i Norge, altså 1,85 m.

Blant trafikkingeniører benyttes både belegg og tetthet. Belegg har den fordel at det lar seg måle, mens tetthet er den størrelsen som lettest kan settes i sammenheng med andre grunnleggende størrelser. Derfor har belegg tradisjonelt sett vært utbredt blant utøvende trafikkingeniører, mens tetthet ofte har vært benyttet i mer vitenskapelig sammenheng.

1.2.2.5 Kjøretøylengde

Kjøretøylengde er en viktig parameter i norsk trafikkdatasammenheng, i og med at klassifisering av kjøretøy er lengdebasert.

Klassifiseringskjemaet i Norge består av 6 registreringsgrupper, som vist i Tabell 1 (Statens vegvesen, 2011a).

Tabell 1 Registreringsgrupper for lengdeklassifisering

Klassifisering	Registreringsgrupper	Beskrivelse
Motorisert kjøretøy	20	Totalt antall kjøretøy
Lette kjøretøy	21	Kjøretøy < 5,6 meter
Tunge kjøretøy	22	5,6 meter ≤ Kjøretøy < 7,6 meter
	23	7,6 meter ≤ Kjøretøy < 12,5 meter
	24	12,5 meter ≤ Kjøretøy < 16,0 meter
	25	16,0 meter ≤ Kjøretøy

Bredden på intervallene som utgjør de ulike klassene varierer. Klasse 21 dekker 0-5,6 meter, og er vanligvis den klart største klassen (i antall kjøretøy). Klasse 22 har en bredde på kun 2 meter. Det vil si at det er stor sannsynlighet for at et kjøretøy i denne klassen vil ha en lengde som er i nærheten av enten øvre eller nedre grense. Teoretisk sett skulle dette tilsi at klasse 22 har størst andel feilklassifisering. Resultatene som blir presentert senere i rapporten viser at dette stemmer også i praksis.

Nøyaktigheten i lengdemålingene bør ikke nødvendigvis avgjøre klasseinndelingen (Evans, 1977). En fin inndeling øker sannsynligheten for feilklassifisering, mens en grov inndeling øker konsekvensene ved feilklassifisering. Det kan derfor være fornuftig å la andre hensyn enn registreringsutstyrets nøyaktighet styre klasseinndelingen.

Data fra en test utført 22.11.2011 på E6 Klett, sørgående retning, viste at 285 av om lag 3400 kjøretøy hadde en kjøretøylengde mellom 5 og 6 meter (lengde fra kjøretøyregisteret). Dette viser at en relativt stor andel av kjøretøyene har en lengde som er i nærheten av skillet mellom lette og tunge kjøretøy. Gode lengderegistreringer i dette området er derfor av avgjørende betydning for å få gode estimater på andel tungtrafikk. Dette blir behandlet grundigere i kapittel 3 og 4.

Konsekvensene av feilklassifisering kan reduseres dersom man bytter ut begrepet "andel tunge kjøretøy" med "andel og fordeling av tunge kjøretøy" (Aakre, 2011). Systemer for veiing av kjøretøy i fart kan benyttes til å beskrive egenskaper for ulike typer kjøretøy. Disse egenskapene kan overføres til registreringer med for eksempel induktive sløyfer, og dermed gi et mer presist bilde av trafikksammensetningen, sammenlignet med den vanlige angivelsen av andel tunge kjøretøy.

1.3 Relevante standarder for trafikkregistreringsutstyr

Det finnes relativt detaljerte standarder for hvordan tester av trafikkregistreringsutstyr bør utføres. To utvalgte standarder beskrives kort i dette kapittelet. Ikke alle retningslinjene er fulgt i arbeidet med denne oppgaven. De gir likevel et nyttig innspill til hvordan en "fasit" bør etableres, og hvem som bør ha ansvar for de ulike delene av en test.

1.3.1 Trafikkregistreringsutstyr: ASTM E2300-09

ASTM International har utformet en standard for trafikkregistreringsutstyr, ASTM E2300-09 Standard Specification for Highway Traffic Monitoring Devices (ASTM International, 2009).

Trafikkregistreringsutstyret som omfattes av denne standarden kan kategoriseres i forhold til 7 ulike bruksområder, med videre inndeling innenfor hver type. Denne rapporten vil hovedsaklig omfatte bruk og evaluering av data fra trafikkregistreringsutstyr av type II, trafikkteiling og klassifisering.

Tabell 2 Trafikkregistreringsutstyr av type II, ASTM E2300

Function	Type	Vehicle Characteristics	Data Recorded
II-Traffic Counting / Classifying	II-1 Classification by number of axles and interaxle spacings	Vehicle passage Number of axles Interaxle spacings	Number of axles Number of vehicles per class Vehicle speed Vehicle class
	II-2 Classification by length	Vehicle passage Speed	Number of vehicles Vehicle speed Vehicle length and class Vehicle presence Lane occupancy

Det angis videre noen viktige definisjoner på ulike typer mål for feil eller avvik:

Relativt avvik fra sann verdi eller akseptert referanseverdi beregnes i henhold til Formel 8:

Formel 8 ASTM E2300-09 Relativt avvik [%]

$$\text{Relativt avvik [\%]} = \left| \frac{\text{Registrert verdi} - \text{Referanseverdi}}{\text{Referanseverdi}} \right| \times 100$$

Absolutte feil kan angis som en enkelt verdi for alle data av en viss type, eller for ulike delintervaller innenfor denne datatypen. Dersom utstyret for eksempel skal benyttes til å skille lette og tunge kjøretøy ved hjelp av lengdeklassifisering, kan det være grunn til å spesifisere strengere krav i området rundt 5,6 meter. Absolutt avvik fra sann verdi eller akseptert referanseverdi beregnes i henhold til Formel 9:

Formel 9 ASTM E2300-09 Absolutt avvik

$$\text{Absolutt avvik} = |\text{Registrert verdi} - \text{Referanseverdi}|$$

1.3.2 Testing av trafikkregistreringsutstyr: ASTM E2532-09

ASTM International har også utviklet en standard for testmetoder for evaluering av trafikkregistreringsutstyr, ASTM E2532-09 Standard Test Methods for Evaluating Performance of Highway Traffic Monitoring Devices (ASTM International, 2009). Det defineres to ulike tester: Den første gjelder for trafikkregistreringsutstyr som ikke tidligere er typegodkjent. Dette er en omfattende testprosedyre. Den andre testen gjelder for utstyr som er typegodkjent, men som skal benyttes på et nytt sted, eller har vært reparert eller endret.

For begge de nevnte testtypene gjelder standardiserte krav til rammebetingelser:

- Det er brukerens ansvar å påse at utstyret er montert og installert i henhold til produsentens retningslinjer
- Utstyret skal testes under ulike trafikkvolum. Luker både over og under 1 sekund skal forekomme i testperioden.
- Brukeren skal spesifisere de kjøretøyklasser som er relevante for testen, og påse at disse forekommer i testperioden.
- Avhengig av teknologien som benyttes, skal utstyret testes under ulike lysforhold dersom dette er relevant.
- Brukeren må spesifisere i hvilket temperaturintervall utstyret skal fungere under (og testes under)
- Brukeren må også spesifisere andre vær- og føreforhold som er viktige å teste, for eksempel snø, is, tåke, regn, vind og lignende.
- Brukeren må spesifisere hva slags strømtilførsel og kommunikasjon som behøves, og legge til rette for dette under testen.
- I tillegg må brukeren før testen spesifisere eventuelle andre krav eller valgmuligheter
- Testkategorien skal spesifiseres av brukeren (tidligere typegodkjent eller ikke). Testen utføres av bruker og produsent i samarbeid. En skriftlig rapport skal utarbeides av brukeren, og både bruker og produsent skal ha en kopi.

For utstyr som tidligere ikke er typegodkjent (eller at produsenten ikke kan fremlegge bevis for dette), skal en grundig typegodkjenningstest utføres. Dette innebærer at nøyaktigheten skal tallfestes under kontrollerte forhold. Dersom brukeren ikke kan stille med testbetingelser som tilfredsstiller punktene over, må bruker og produsent før testen bli enige om hvilke krav som stilles for å akseptere utstyret. Både brukeren, produsenten eller begge kan måtte stå til ansvar dersom trafikkregistreringsutstyret ikke tilfredsstiller kravene.

Dersom produsenten kan dokumentere at typegodkjenningstest allerede er utført, kan en mindre grundig test utføres for å påse at utstyret fungerer under de rådende forhold. Brukeren må stille testforhold til rådighet, som er i samsvar med punktene over, og utstyret forventes å prestere i tråd med toleransene i typegodkjenningen. Dersom utstyret ikke tilfredsstiller kravene, er produsenten/selgeren ansvarlig for å utføre korleksjon.

1.4 Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett

Statens vegvesen har etablert en teststrekning for trafikkdata på E6 ved Klett, sør for Trondheim. Den aktuelle strekningen er en tofeltsveg med fartsgrense 70 km/t. Kjørefeltbredden er omtrent 3,6 m, og ÅDT er 21250 kjøretøy per døgn. Tungtrafikkandelen er oppgitt å være 13,8 %. (Vaa, 2012). Formålet med teststrekningen er å gi en arena for forskning på trafikkdata og testing og utvikling av utstyr under kontrollerte forhold. Trafikkdata og ITS (Intelligente TransportSystemer) henger tett sammen. Teststrekningen er derfor viktig også for testing av utstyr som benyttes til ITS-formål.

På teststrekningen er det gjort en rekke tiltak for å tilrettelegge for testing og utvikling av trafikkregistreringsutstyr. Det er blitt bygget en bod med atkomstveg, rekkverk på begge sider av vegen, en portal for montering av utstyr over vegbanen og en stolpe for montering av kamera. I tillegg har man strøm med UPS (Uninterruptable Power Supply) og fibernett.

I vegbanen er det lagt ned 3 sett med induktive sløyfer og 2 sett med piezoelektriske kabler. Flere ulike typer trafikkregistreringsutstyr har blitt testet ved bruk av disse kablene og sløyfene, deriblant VIPERWIM, Datarec410, Datarec7, Datarec Loop Monitor, Profiler og FMA. I november 2011 ble det også installert 3 STMS-enheter (Sensebit Traffic Measurement System, magnetometer).

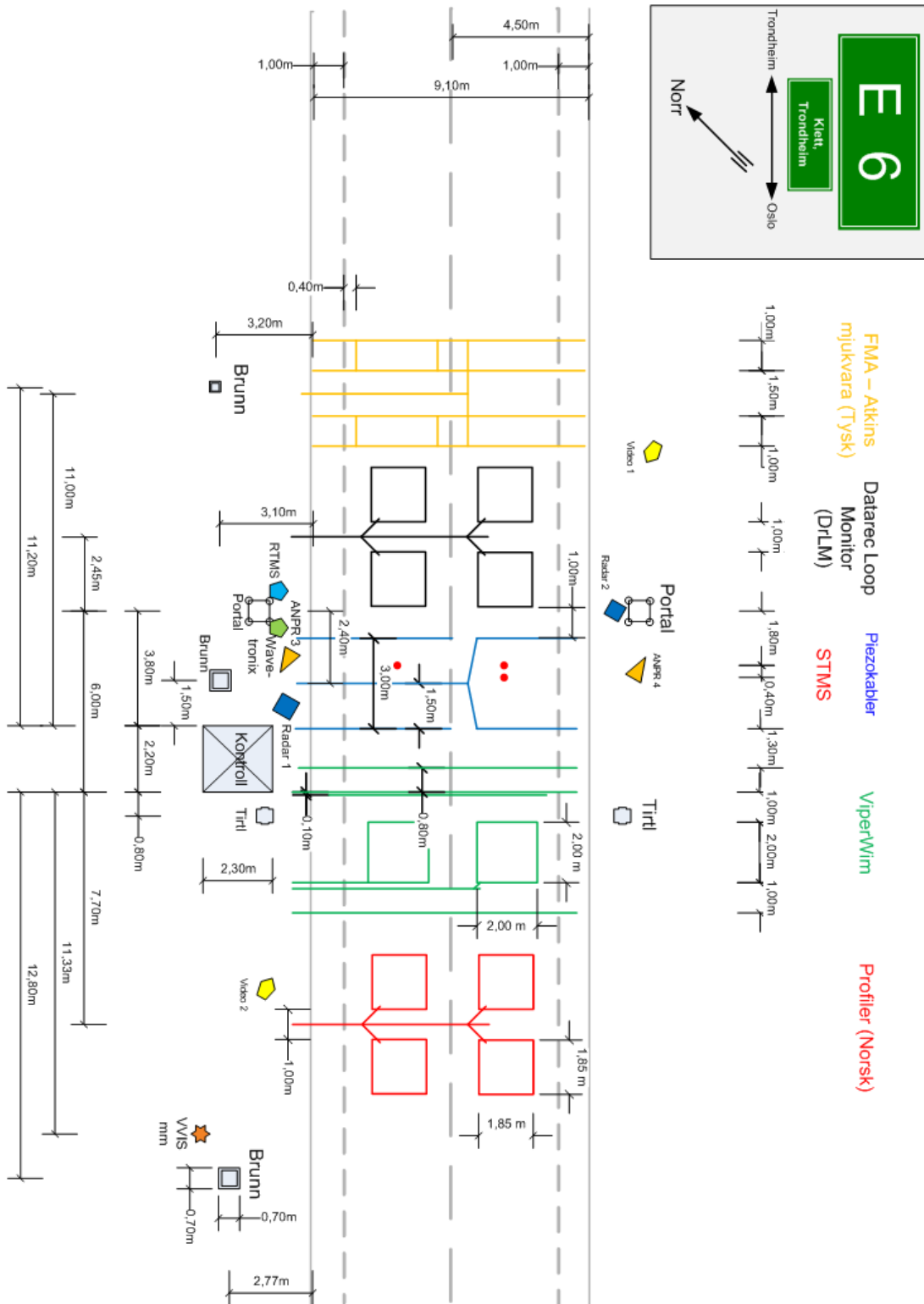
Over eller ved siden av vegbanen er det installert enheter av typen Wavetronix og RTMS mikrobølgeradar, Radar 449, TIRTL, kamera og klimastasjon.

De sensorteknologiene og utstyrstypene som er evaluert i denne rapporten er beskrevet i kapittel 1.5 og 1.6.

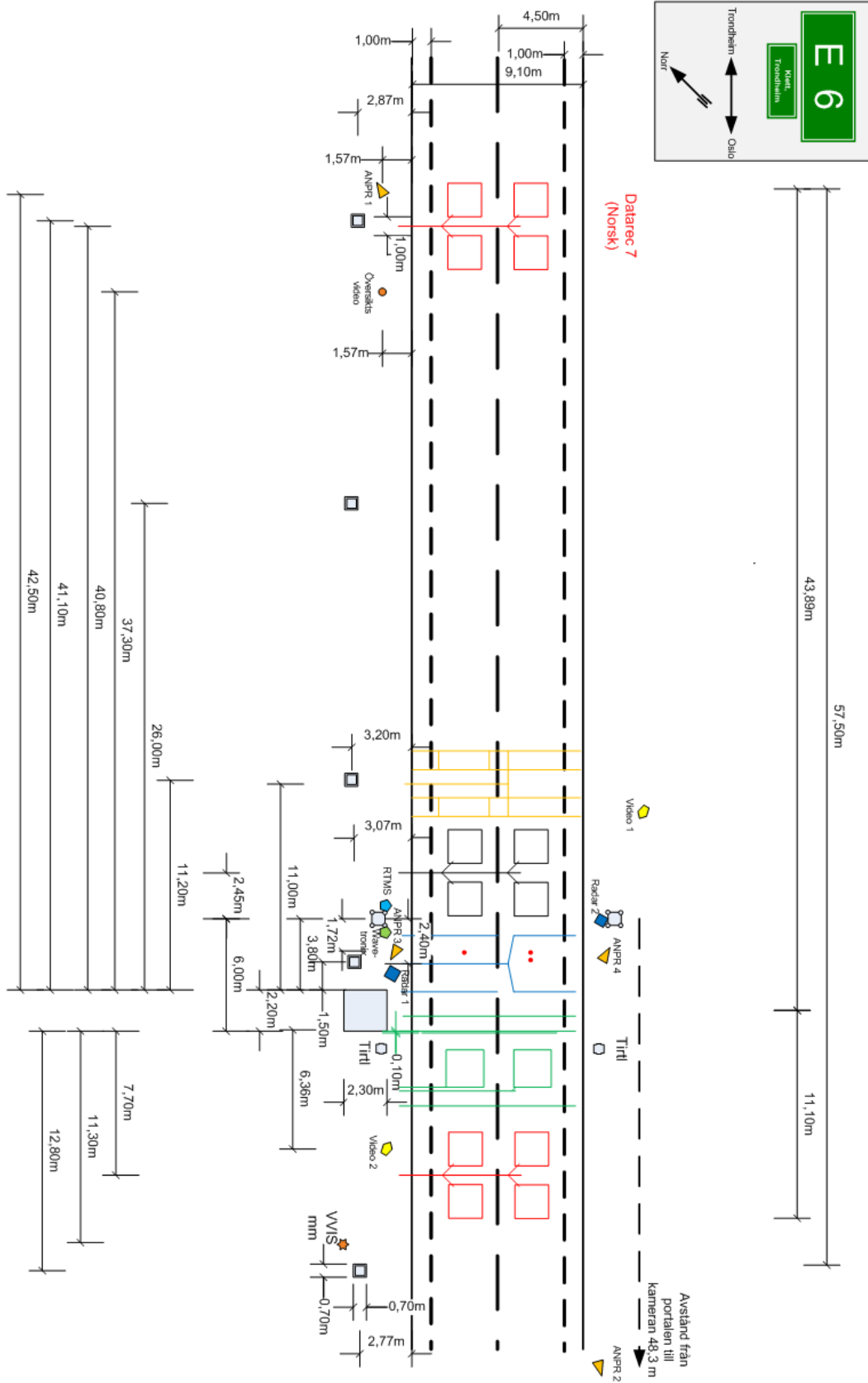


Figur 1 Oversiktsbilde, Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett

Figur 1 viser et oversiktsbilde over teststrekningen for trafikkdata på Klett. Trondheim befinner seg nordøst for teststrekningen. Teststrekningen er midt i bildet, på E6.



Figur 2 Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett, tegning 1 (Per Melen, Trafikverket)



Figur 3 Teststrekning for trafikkdata på E6 Klett, tegning 2 (Per Melen, Trafikverket)

1.5 Sensorteknologi

Det finnes en rekke ulike sensorteknologier som kan gi ulike former for trafikkdata, med varierende kvalitet. I denne oppgaven vil det fokuseres på induktive sløyfer og magnetiske sensorer.

1.5.1 Hva er en induktiv sløyfe?

Induktive sløyfer ble introdusert tidlig på 1960-tallet, og har siden blitt den mest brukte sensorteknologien innenfor trafikkregistreringer (Klein, et al., 2006). En induktiv sløyfe er en kabel som legges ned i et frest spor i asfalten, i ett eller flere tårn (runder). En elektronisk enhet overfører energi til kablene, med en frekvens mellom 10 kHz og 200 kHz. Et kjøretøy (eller et annet metallisk objekt) som passerer sløyfen inducerer en spenning i sensoren, som medfører en reduksjon av induktiviteten. Reduksjonen kan registreres av en elektronisk enhet (trafikkregistreringsutstyr).

Størrelsen og geometrien til sløyfene kan variere, avhengig av formålet med registreringene og egenskapene til trafikkregistreringsutstyret. Kombinasjonen av sløyfenes størrelse, antall tårn og lengden på overføringskabler må resultere i en induktivitet som er tilpasset det aktuelle utstyret.



Figur 4 Norsk sløyfekonfigurasjon. Foto Per Melen, Trafikverket



Figur 5 Norsk sløyfekonfigurasjon med piezoelektriske kabler. Foto Per Melen, Trafikverket

Sløyfenes kvalitet er av avgjørende betydning for å få gode registreringer. Induktivitet, konduktivitet, geometri og støy er sentrale egenskaper ved sløyfene. I Norge benyttes vanligvis kvadratiske induktive sløyfer med lengde og bredde på 185 cm (Aanderaa Data Instruments, 2006). Sløyfene etableres i par, med en avstand på 100 cm. Internasjonalt er det meget vanlig å benytte sløyfer av denne størrelsesorden (6 fot er vanlig i USA). For hastighetsmålinger anbefales det imidlertid at avstanden mellom sløyfene er 10 fot (omtrent 3 meter). Årsaken til dette er at man ønsker å sikre at eventuelle feilmarginer i detekteringstidspunkt for de ulike sløyfene er små, sett i forhold til tiden et kjøretøy bruker på å bevege seg fra første til andre sløyfe.

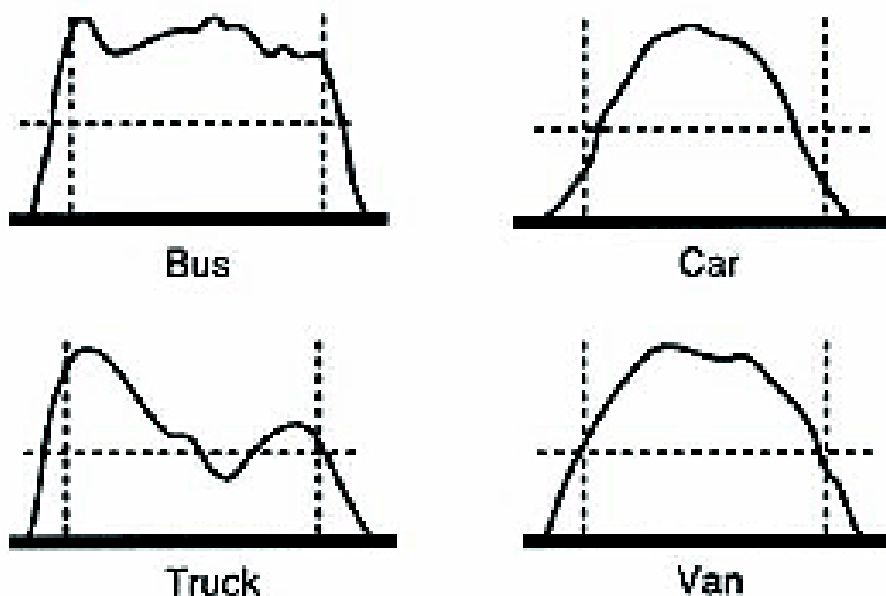
1.5.2 Hvordan kan induktive sløyfer benyttes til å registrere ulike trafikkparametere?

For å telle kjøretøy, og dermed finne trafikkvolum, er det tilstrekkelig å benytte en enkelt sløyfe (i hver retning). Sløyfen vil da bli utsatt for en reduksjon av induktans, som kan registreres av en elektronisk enhet. Dette gjelder også nærværsdetektorer i forkant av for eksempel lysregulerte kryss.

Tidsluke (time headway) og belegg (occupancy) kan registreres med kun en sløyfe. Det er også mulig å estimere gjennomsnittlig punkthastighet (se forklaring under, eller avsnitt 1.2.2.3), med den antakelse at kjøretøyenes gjennomsnittlige lengde er tilnærmet konstant over et lengre tidsrom.

Dersom man ønsker å måle hastighet og kjøretøylengde, må minst 2 sløyfer med en kjent lengde og innbyrdes avstand benyttes. Hastigheten kan finnes ved å dividere avstanden fra starten av sløyfe 1 til starten av sløyfe 2 med forskjellen i registreringstidspunkt i sensor 1 og sensor 2. På denne måten

kan også kjøretøy i feil kjøreretning identifiseres, siden rekkefølgen av detekteringene vil bli motsatt av vanlig. Figur 6 viser hvordan typiske kjøretøy gir utslag på induktive sløyfer. Signalstyrke vises på y-aksen, mens tid er vist på x-aksen.



Figur 6 Eksempler på sløyfeaktivitet for ulike typer kjøretøy (Klein, et al., 2006)

På et overordnet nivå kan man dele hastighetsmålinger inn i to grupper (Statens vegvesen, 2011a):

- Punkthastighet regnes som den momentane hastigheten til et kjøretøy. Hastigheten registreres i et punkt, eller en meget kort avstand.
- Strekningshastighet defineres som distanse dividert på tidsforbruk ved tilbakelegging av en strekning.

Metodisk kan det se ut som at hastighetsmålinger med induktive sløyfer kan kategoriseres som strekningshastighet. Strekningen er likevel så kort at man bør betrakte det som punkthastighet. Ofte benyttes punkthastigheter som estimator for strekningshastigheter. Strekningshastighet er direkte knyttet til reisetid, mens punkthastighet ikke er det.

Kjøretøylengden kan finnes ved å beregne tiden det tar for et kjøretøy å passere hele sløyfen. I og med at hastigheten nå er kjent, vil summen av kjøretøylengden og sløyfelengden være den eneste ukjente i likningen. Sløyfelengden må trekkes fra den totale lengden for å finne kjøretøylengden.

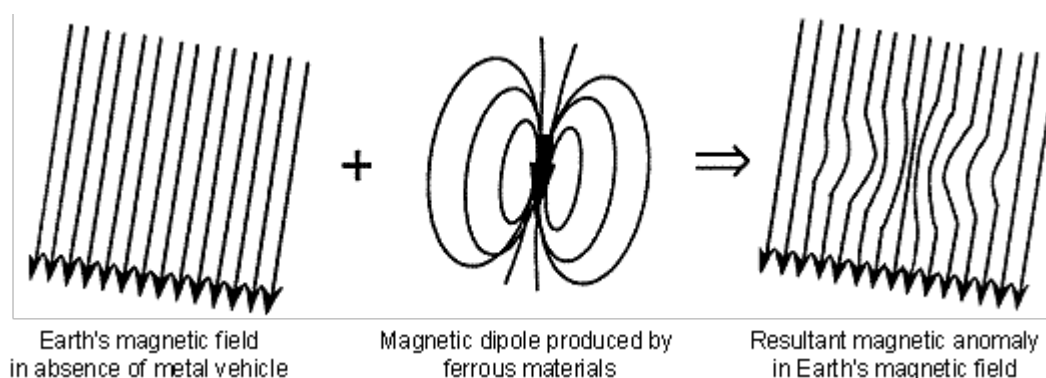
Dersom hastigheten er konstant, vil det teoretisk sett være en fordel med lange kjøretøy og lang avstand mellom sløyfene for å oppnå best mulig nøyaktighet i hastighets- og lengdemålinger. Dette skyldes at feilmarginene knyttet til når kjøretøyet entrer og forlater sløyfen vil være små, sammenlignet med den totale tiden kjøretøyet befinner seg over sløyfene. På den andre siden vil det være slik at lengre kjøretøy og lengre avstand mellom sløyfene også gir lengre avstand til å endre hastigheten i den perioden kjøretøyet er i deteksjonssonen. Derfor kan det tenkes at dette vil slå uheldig ut ved kjøring i kø.

For å beregne kjøretøylengde antas det at hastigheten er konstant. Dette stemmer godt på landeveg når trafikkbelastningen er lav. I perioder med mer ustabil trafikkavvikling er denne antakelsen derimot ikke nødvendigvis gyldig. For å oppnå gode lengdemålinger ved såkalt "stop-and-go"-forhold, må man derfor benytte en annen metodikk. Ved å ta hensyn til akselerasjonen, og registrere eventuelle stopp på sløyfene, kan man til en viss grad kompensere for dette (Wei, et al., 2011).

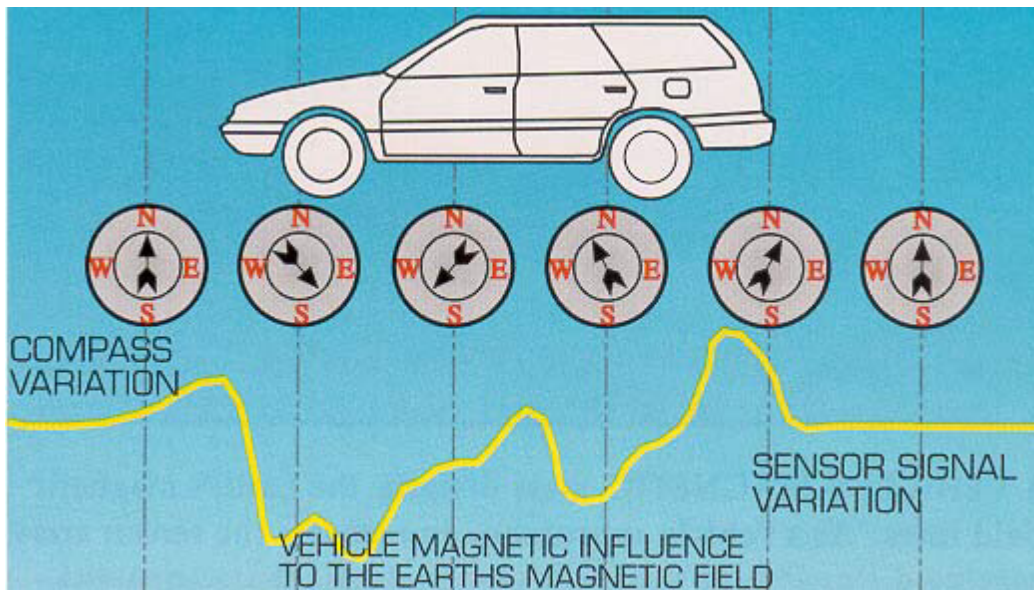
Moderne trafikkregistreringsutstyr for bruk med induktive sløyfer kan også tolke mønsteret i signalene, som vist i Figur 6. Ved akselerasjon (negativ eller positiv) vil mønsteret bli forskjøvet, og gjenkjenning kan vanskeligjøres. Det finnes algoritmer for å reversere forskyvningen (Blokpoel & Vreeswijk, 2011).

1.5.3 Magnetiske sensorer

En magnetisk sensor virker ved å registrere endringer i det magnetiske feltet innenfor sensorens deteksjonsområde (Klein, et al., 2006). Jordkloden virker som en stavmagnet, slik at det alltid vil være en magnetisk fluks til stede. Et jernobjekt vil forstyrre det magnetiske feltet lokalt. Et kjøretøy vil konsentrere det magnetiske feltet gjennom kjøretøyet, fordi jern er mer permeabelt for en magnetisk fluks enn det som er tilfellet for luft. Over og under kjøretøyet er den magnetiske fluksen høyere enn i omgivelsene, mens foran, bak og ved siden av kjøretøyet vil den magnetiske fluksen være lavere. Dette er vist i Figur 7 og Figur 8:



Figur 7 Magnetiske flukslinjer (Mimbela & Klein, 2007)



Figur 8 Kjøretøyets påvirkning på magnetfeltet (Mimbela & Klein, 2007) (Nu-Metrics)

Moderne magnetometer kan registrere både den vertikale og horisontale komponenten av et magnetfelts flukslinjer. Fordelene med dette er at magnetometeret da kan operere i områder rundt ekvator (hvor jordklodens magnetiske fluks-linjer er nær horisontale), og at klassifisering og hastighetsmåling muliggjøres.

Magnetometere er passive, det vil si at de ikke sender ut et eget energifelt. For at et kjøretøy skal registreres må det derfor passere over magnetometeret. Dette medfører at magnetiske sensorer kan registrere to kjøretøy som er adskilt med kun 30 cm, hvilket er et godt utgangspunkt for nøyaktige tellinger. Magnetiske sensorer er mindre egnet til å finne kjøretøyets ytterkanter, og det regnes med en typisk usikkerhet på ± 45 cm. Nøyaktig klassifisering og lengdemåling kan derfor være en utfordring.



Figur 9 Magnetometer (STMS) installert i vegbanen. Foto Per Melen, Trafikverket

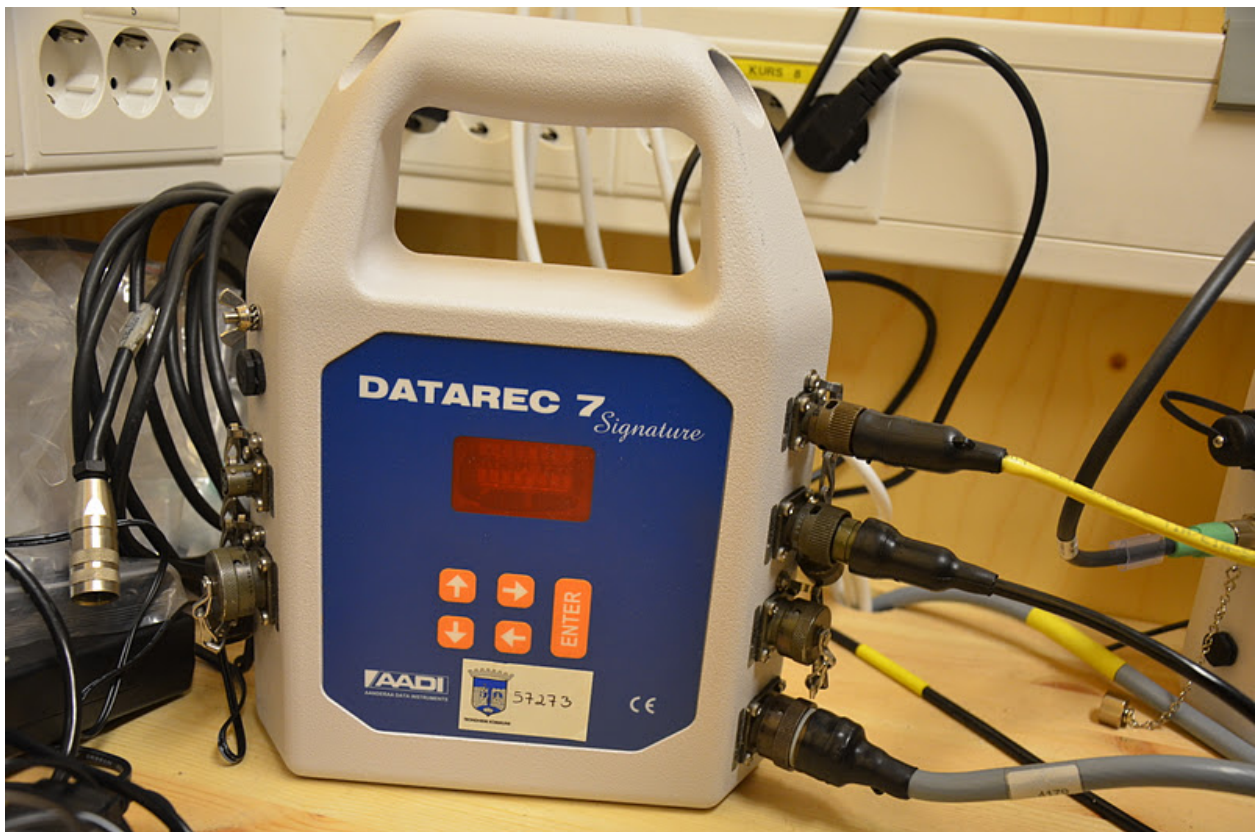
1.6 Trafikkregistreringsutstyr som omhandles i denne rapporten

1.6.1 Datarec 7

Datarec 7 Signature er et trafikkregistreringsutstyr fra Aanderaa Data Instruments (AADI). Videre i denne rapporten vil den kun bli omtalt som Datarec 7. Registreringene baseres på tolkning av signaler fra induktive sløyfer (Aanderaa Data Instruments, 2010). Enheten gir mulighet for klassifisering basert på kjøretøylengde eller mønstergjenkjenning. Det kan også utføres registrering av volum, "occupancy", luker (avstand og tid) og hastighet. Det kan benyttes flere ulike sløyfekonfigurasjoner. Det er også mulig å koble på forskjellige typer utstyr, slik at en oppnår et mer komplett overvåkings- og trafikkstyringssystem.

Datarec 7 har et display med 2 rader, hver med 8 tegn. Knappene under skjermen kan benyttes til å sjekke status, mens det meste av oppsettet må gjøres via PC. Man kan koble seg til enheten direkte via kabel, eller ved hjelp av LAN. Enheten kan, om ønskelig, drives av 12 V-batteri.

Datatypene som blir lagret i Datarec7 er organisert i tellegrupper. Hver tellegruppe har et eget nummer. (Aanderaa Data Instruments, Årstall ukjent). Utstyret må settes opp med en tellenøkkel, som er en beskrivelse av hvilke tellegrupper som skal registreres.



Figur 10 Datarec 7 Signature. Foto Per Melen, Trafikverket

1.6.2 Datarec Loop Monitor

Datarec Loop Monitor er et forenklet trafikkregistreringsutstyr for bruk med induktive sløyfer, levert av Aanderaa Data Instruments (AADI). Den kan leveres for registrering i opptil 4 eller 8 felt. Klassifisering kan baseres både på kjøretøylengde og mønstergjenkjenning. I utgangspunktet benyttes 5 lengdeklasser og 8 eller 9 kjøretøykategorier, men leverandøren kan tilpasse utstyret til den enkelte brukers behov. Parameterne som kan registreres er felt og retning, fart, kjøretøylengde, passeringstidspunkt, luke og klassifisering basert på induktivt mønster. Alle data kan lagres på enkeltkjøretøynivå. Dette betyr at statistiske data kan genereres med den tidsoppløsning brukeren selv ønsker.

Datarec Loop Monitor kan benyttes med flere ulike sløyfekonfigurasjoner. Det kan benyttes 12 V-batteri eller strømforsyning via strømmettet. Det er mulig å koble seg direkte til enheten, men man kan også kommunisere med enheten over nett. Status kan sjekkes ved hjelp av 5 knapper og en skjerm med 4 rader. Både utseende og funksjonalitet er svært likt Datarec 7.

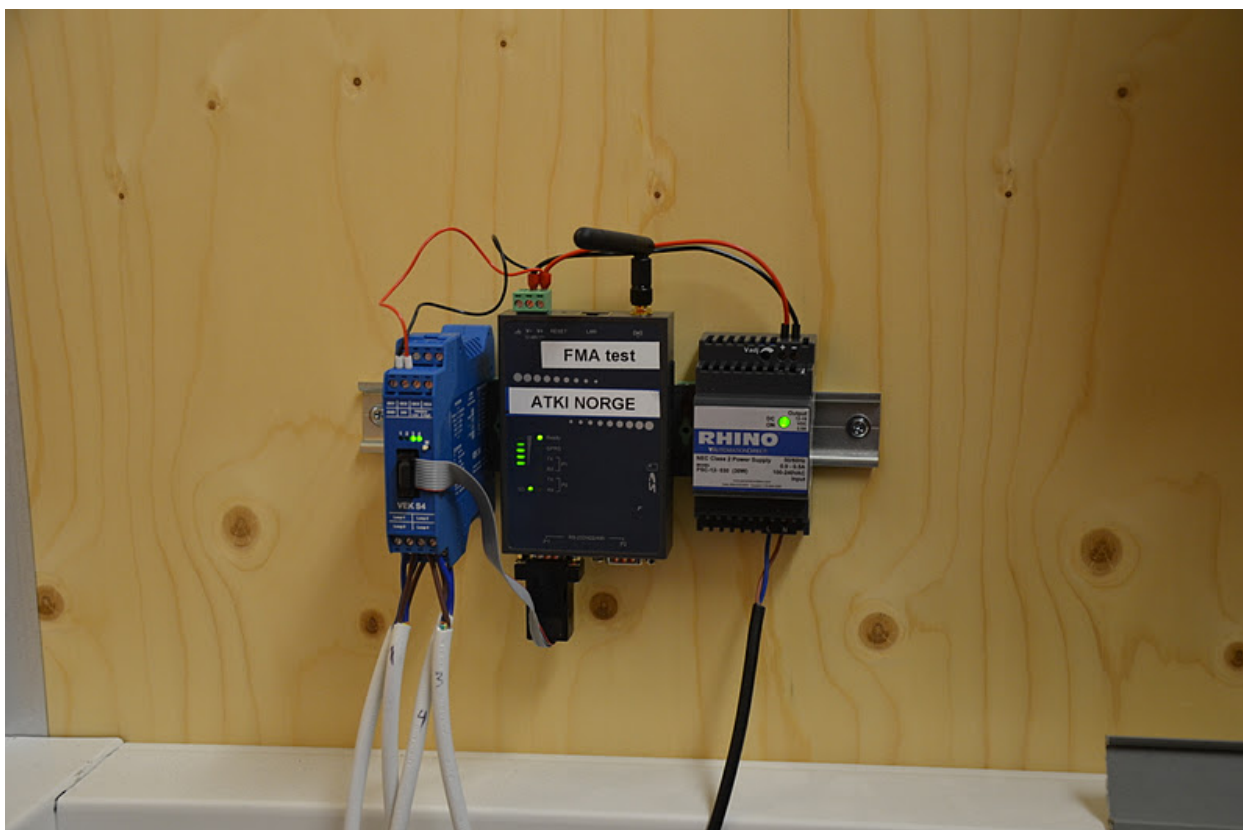


Figur 11 Datarec Loop Monitor. Foto Per Melen, Trafikverket

1.6.3 FMA

FMA er en ny registreringsenhet for bruk med induktive sløyfer, utviklet av ATKI. FMA er en forkortelse for Feix Moxa ATKI. Enheten er under utvikling, og er i første omgang tenkt som en lavprisløsning for det danske markedet. Foreløpig finnes ingen dokumentasjon på dette produktet, men dette er under utarbeidelse (Eriksen, 2012). Under testene på Klett ble det benyttet en tysk sløyfekonfigurasjon sammen med FMA. Det benyttes 2 rektangulære sløyfer, med dimensjonene 100 cm x 270 cm (bredde x lengde). Avstandene mellom sløyfene er 150 cm.

FMA lagrer registreringstidspunkt, kjøretøylengde, kjøretøykategori (10 klasser basert på induktivt mønster), fart og luke på enkeltkjøretøynivå.



Figur 12 Feix Moxa ATKI (FMA). Foto Per Melen, Trafikverket

1.6.4 Profiler

Profiler er en registreringsenhet for bruk med induktive sløyfer (CA Traffic, Årstall ukjent). Enheten produseres av CA Traffic Ltd, og distribueres av ATKI. På produsentens hjemmeside (www.ca-traffic.com) skilles det ikke klart mellom to enheter som heter Profiler (Type F) og Loop Profiler. Brosjyren ser ut til å være felles, og det antas derfor at informasjonen gjelder for begge typer. Data kan lagres som enkeltkjøretøy eller som statistiske data. For enkeltkjøretøy kan registreringstidspunkt, fart, lengde, luke og kjøretøyklasse basert på induktivt mønster lagres. Statistiske data kan inneholde volum, hastighet og klassifisering (lengde eller induktivt mønster) i ulike intervaller. Ved klassifisering på bakgrunn av induktivt mønster (5-6 klasser) hevdes det at treffraten skal være over 95 %. Det hevdes også at fart kan måles med en nøyaktighet på $\pm 3\%$, og kjøretøylengde med en nøyaktighet på $\pm 5\%$ (begge 95 % konfidensintervall).



Figur 13 Profiler Type F. Foto Per Melen, Trafikverket

1.6.5 STMS

Sensebit Traffic Management System (STMS) er utviklet av Sensebit AB, i Uppsala i Sverige. STMS er en batteridrevet enhet, som registrerer trafikk ved hjelp av magnetometerteknologi (Sensebit, u.d.). Installering krever boring av et hull i asfalten. Det oppgis imidlertid at dette er lite arbeidskrevende, og kan gjøres på 15 minutter. I litteraturen beskrives magnetometer som registrerer endringer i magnetfelt rundt 2 og 3 akser, mens STMS deler opp i 6 akser. Rådata for det magnetiske profilet blir lagret for hvert enkelt kjøretøy, men dette inngikk ikke i datasettet som er benyttet i denne oppgaven (Sensebit, 2011).

STMS er først og fremst ment for periodiske korttidsregistreringer. Det kreves ingen vegkantutstyr, og data overføres over mobilnettet. Datafangsten omfatter telling, klassifisering og fartsmåling på enkeltkjøretøynivå. I tillegg registreres temperatur i vegbanen og passeringstidspunkt.

Batterilevetiden er oppgitt til 10 år, men dette avhenger av omfanget av registreringer og dataoverføring. Kapasiteten er på maksimalt 80 døgn med datainnsamling.

Gjennomsnittshastighet skal kunne måles med en nøyaktighet på $\pm 1\%$. 85 % av registreringene skal ha en nøyaktighet på $\pm 4\%$.

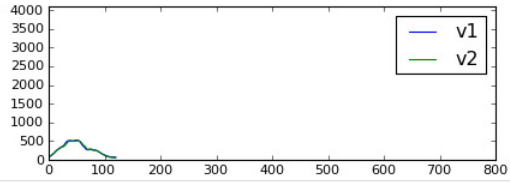
Det skiller mellom MC, personbil (med og uten henger), varebil, buss, lastebil, semitrailer og vogntog. Ulike klassifiseringsskjema kan benyttes. En kjøretøyklasse som åpenbart mangler er varebil med henger.

Figur 14 og Figur 15 viser henholdsvis registreringsenheten STMS og eksempler på registrerte data.



Figur 14 STMS magnetometer (Sensebit, 2011)

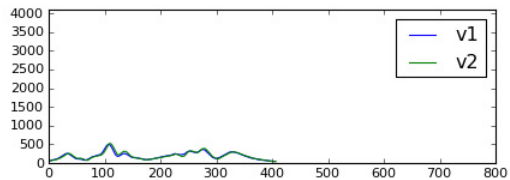
timestamp	2010-08-11 10:04:07
id	4839
detector	DE1
tags	
Velocity estimate	96.8 km/h
Latest classification	P20 (Car)
flagged	False



timestamp 2010-08-11 10:04:07



timestamp	2010-08-11 10:04:22
id	14562
detector	DU1
tags	setreset
Velocity estimate	85.6 km/h
Latest classification	L33_SemiTrailer (Truck_SemiTrailer)
flagged	False



timestamp 2010-08-11 10:04:22

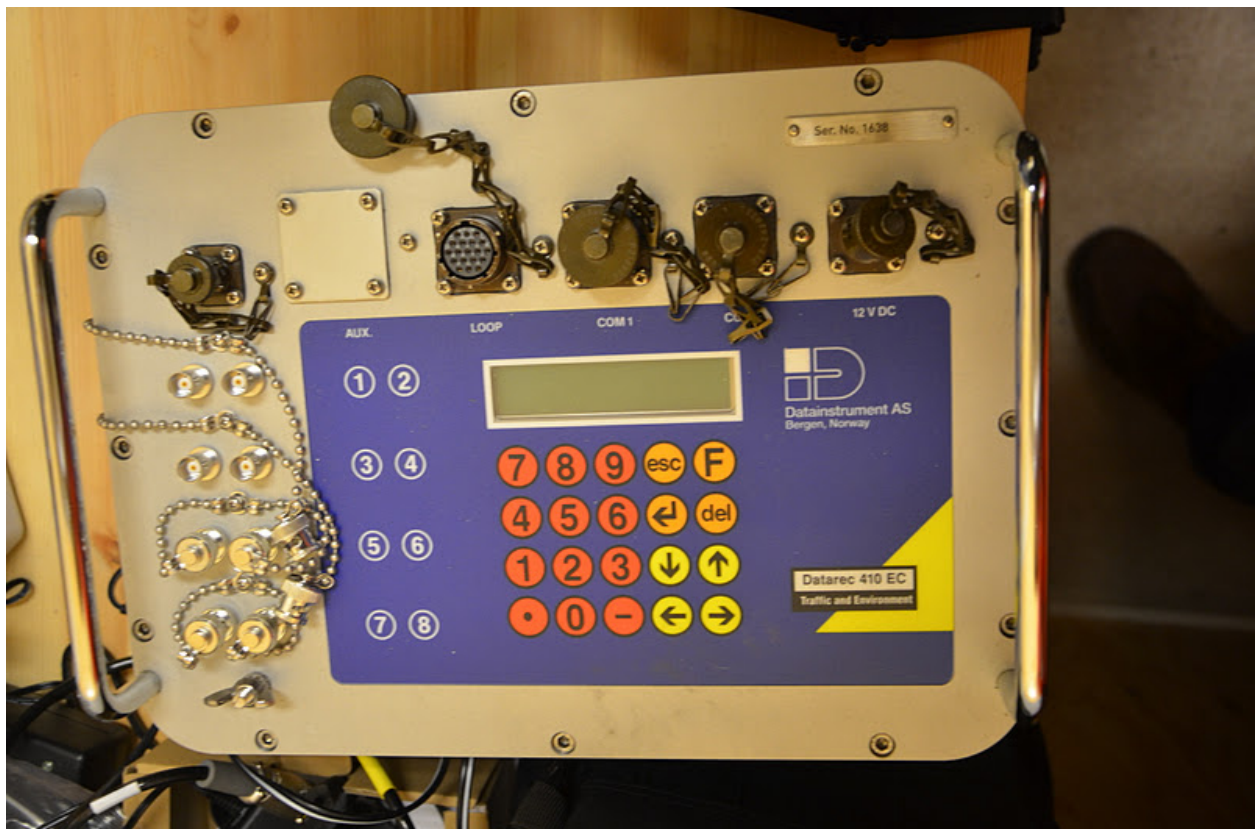


Figur 15 Eksempel på registrerte data, STMS (Sensebit, 2011)

Kurvene fra magnetometerutslagene ligner mer på kurvene fra induktive sløyfer (Figur 6) enn på kurvene som fremkommer i litteraturen om magnetometer (Figur 8).

1.6.6 Datarec 410

Datarec 410 ble introdusert på 1990-tallet, og er således ikke noen nyhet innen trafikkregistreringer. Apparatet er i utstrakt bruk i Norge, både til trafikkregistreringer og til automatisk trafikk kontroll (ATK). Datarec 410 kan benyttes med induktive sløyfer alene, eller med en kombinasjon av induktive sløyfer og piezoelektriske kabler. Førstnevnte gir de samme muligheter for datafangst som Datarec 7 og Datarec Loop Monitor, med unntak av klassifisering ut fra kjøretøyenes induktive mønster. Sistnevnte gir i tillegg mulighet for å registrere akselavstander, og det gir flere sensorer for måling av fart. Siden piezoelektriske kabler er trykkfølsomme, gir det også mulighet for veiing av kjøretøy i fart (weigh-in-motion, WIM). Dette bruksområdet er behandlet i min prosjektoppgave ved NTNU (Aakre, 2011).



Figur 16 Datarec 410. Foto Per Melen, Trafikverket

2 Gjennomføring av tester og analyse

Det er valgt å avgrense analysene til å dekke volum, hastighet, kjøretøylengde, lengdeklassifisering og klassifisering etter kjøretøykategori. Dette er blant de mest etterspurte datatypene innenfor trafikkdata. Samtidig vurderes disse størrelsene å være de mest relevante for det aktuelle utstyret i denne testen. I oppgaveteksten nevnes akselavstand som mulig parameter. Det er imidlertid ingen av apparatene i testen som registrerer akselavstander (Datarec 410 kan registrere akslinger ved oppsett med piezoelektriske kabler, men dette oppsettet ble ikke brukt i forbindelse med denne oppgaven).

Før arbeidet startet antok jeg at datasettet skulle gi tilstrekkelig informasjon til å gi gode indikasjoner på alle parametere. Senere har det vist seg at datasettet ikke er tilstrekkelig til å trekke endelige konklusjoner på alle felt, som diskutert i kapittel 4 (spesielt del 4.4).

Det ble tidlig klart at datasettet ikke inneholdt kjøring i kø i nevneverdig grad. I samråd med ekstern veileder, Torbjørn Haugen, ble det derfor vurdert som viktig å gjennomføre supplerende tester for å teste utstyrets evne til å registrere trafikk ved saktegående / stillestående kø. Omfanget måtte avgrenses, derfor valgte vi å benytte de mest utbredte utstyrstypene i Norge (Datarec 7 og Datarec 410 fra AADI).

2.1 Tester under normal trafikkflyt

Testene på Klett, 22. og 23. november 2011, ble gjennomført i regi av NorSIKT-prosjektet. Undertegnede var med på å legge forholdene til rette for utstyrsleverandørene dagen før testene startet, men var ikke med på planleggingen eller selve gjennomføringen. På dette tidspunktet var ikke tema for masteroppgaven avklart.

Været var pent disse to dagene, lettskyet og lite vind. Temperaturen varierte i registreringsperioden 22. november mellom 2 °C og 5 °C. Dagen etter varierte temperaturen mellom 5 °C og 8 °C (www.yr.no, 2011).

Ved oppstart av denne masteroppgaven fikk jeg utdelt tellefiler fra de ulike registreringsenhetene, samt videofiler av trafikken. Min eksterne veileder, Torbjørn Haugen, Statens vegvesen, stod for oppsett og gjennomføring av videofilming.

I samråd med veileder ble det besluttet å fokusere på utstyr som benytter induktive sløyfer, selv om flere teknologier og registreringsenheter ble testet på Klett. I tillegg valgte vi å inkludere en magnetometerbasert enhet, STMS.



Figur 17 Utstyrsboden på Klett under NorSIKT-testen. Foto Per Melen, Trafikverket

2.2 Tester i køsituasjon

Torsdag 1. mars 2011 og fredag 02. mars 2011 ble det gjennomført tester av registreringsutstyr ved køsituasjon. Under disse testene deltok Torbjørn Haugen og Trond Rypdal (begge Statens vegvesen), i tillegg til meg selv.

Målet med registreringene var å teste utstyrets evne til å telle og klassifisere kjøretøy i en trafikksituasjon med saktegående kø. Testene ble utført under ettermiddagsrush på omkjøringsvegen E6, Sundland i Trondheim. Registreringsperiodene var fra ca 14.30 til 16.30 begge dager. Perioden før køsituasjonen oppstod og etter at den opphørte er ikke analysert.

I samråd med veileder Torbjørn Haugen valgte jeg ut de mest utbredte registreringsutstyrene for bruk med induktive sløyfer i Norge, altså Datarec 410 og Datarec 7 (begge fra AADI). Det var kun mulig å teste ett apparat av gangen, i og med at det kun finnes ett sett med sløyfer på Sundland. Datarec 410 ble testet 1. mars, mens Datarec 7 ble testet 2. mars.



Figur 18 Oversiktskart, registreringspunkt på Sundland



Figur 19 Oversiktsbilde, registreringspunkt på Sundland

Som referanseutstyr ble det benyttet tre videokamera (håndholdt type), med påfølgende manuell nummerskiltlesning og oppslag i kjøretøyregisteret. Videokameraene ble stilt opp med omtrent 25 graders vinkel i forhold til vegbanen (ca 2 grader på Klett), i en avstand på 30 meter (30-230 meter på Klett) fra punktet der tidspunkt og nummerskilt ble registrert. Zoom'en ble stilt inn slik at synsfeltet ble omtrent 15 grader (Klett ca 5-6 grader). Den røde trekanten i Figur 19 viser (omtrent) hvordan kamera ble satt opp.

Dette oppsettet fungerte utmerket for å filme kjøretøy i lave hastigheter. Ulempen er at det ikke er mulig å registrere nummerskilt ved hastigheter over 30-40 km/t. Køsituasjonen var ventet å oppstå i venstre felt i sørgående retning. Trafikken i høyre felt er også relativt tett. For å redusere faren for at synsfeltet blir sperret av trafikk i nærmeste felt, ble kameraene montert med noe avvikende plassering og vinkel.

Torsdag 1. mars 2012 var været preget av skyer og regn. Temperaturen var 2 °C, nedbøren var 1 mm per time og den relative luftfuktigheten var omtrent 90 %. Lysforholdene var gode. Fredag 2. mars var været pent. Temperaturen var 4 °C, ingen nedbør og omkring 50 % relativ luftfuktighet (www.yr.no, 2012). Sollyset ble reflektert fra bilskiltene, og dette gjorde tidvis visuell nummerskiltlesning tilnærmet umulig. Nummerskiltene ble derfor samtidig lest opp.

Følgende nøkkeldata gjelder for registreringene på Sundland:

01.03.2012:

- **Utstyr** Datarec 410 med induktive sløyfer, standard norsk oppsett (2 x 185*185 cm)
- **Volum** Video: 907 kjøretøy (gir en intensitet på 1062 kjt/time)
Datarec 410: 839 kjøretøy
- **Nummerskilt** Lest: 707 stk
Funnet i kjøretøyreg: 675 stk
- **Tidsrom** 15:16:21 – 16:07:35 (51 min 14 sek)
- **Fart** Gjennomsnitt: 21,8 km/t
Median: 20,9 km/t
Minimum: 6 km/t (flere stopp, men utstyret registrerte ikke dette)
Maksimum: 71,1 km/t

02.03.2012:

- **Utstyr** Datarec 7 med induktive sløyfer, standard norsk oppsett (2 x 185*185 cm)
- **Volum** Video: 790 kjøretøy (gir en intensitet på 1065 kjt/time)
Datarec 410: 791 kjøretøy
- **Nummerskilt** Lest: 734 stk
Funnet i kjøretøyreg: 705 stk
- **Tidsrom** 15:08:32 – 15:53:02 (44 min 30 sek)
- **Fart** Gjennomsnitt: 21,2 km/t
Median: 20,2 km/t
Minimum: 0 km/t
Maksimum: 61,1 km/t

2.3 Fremstilling av referanse og synkronisering av data fra testene

Manuell videoanalyse og kobling av registreringer på enkeltkjøretøynivå er en meget tidkrevende prosess. Anslagsvis har det tatt 300 timer å fremstille det ferdige datasettet (3 registreringer). Det hadde vært mulig å gjøre dette vesentlig fortere, men jeg har valgt å la kvaliteten på datasettet være høyeste prioritet. Dette vil ikke synes i sluttproduktet, men gjør at påliteligheten til referansen er høy.

I forbindelse med testene på Klett 22.-23. november 2011 ble omtrent 6 timer video gjennomgått. Fra klokken 09.00 til 15.00 22. november passerte om lag 3600 kjøretøy teststrekningen i sørgående felt. For hvert enkelt kjøretøy ble videoen stoppet, og passeringstidspunkt, nummerskilt og type kjøretøy og eventuelle særtrekk ble notert. I tillegg ble det notert kommentarer om antall akslinger, tilhengere, korte luker, spesiell sidevegsplassering eller uvanlige hendelser. All video er gjennomgått (minst) to ganger, for å øke sjansen for å luke ut eventuelle feil.

Samme prosedyre er gjennomført for de to testene ved Sundland, 1. og 2. mars 2012. Men da med vesentlig kortere registreringsperioder og færre kjøretøy. 1. mars var registreringsperioden 51 minutter, med 907 kjøretøypasseringer. 2. mars varte registreringen 44 minutter, og 790 kjøretøy passerte.

Videobildene har generelt sett vært gode, men det er mange faktorer som påvirker lesbarheten av skilt. Lysforhold, refleksjoner fra solen, støv på skiltene, ekstrautstyr på bilen, høy hastighet, korte luker og fonttype er alle faktorer som virker inn på lesbarheten. Videobildene fra Klett var særdeles godt egnet til å lese nummerskilt i høy hastighet, i og med at vinkelen mellom kamera og vegbane var liten og kjøretøyene var lenge i bildet. Dette medfører imidlertid at skiltene på kjøretøy med kort avstand til forankjørende kan bli dekket. Dette gjelder særlig ved uheldig innbyrdes sidevegsplassering.

Testene på Sundland hadde som formål å teste kvaliteten på trafikkdata ved tett trafikk og stillestående kø. Under slike forhold vil lukene mellom kjøretøy (i meter) tidvis være svært korte. Derfor ble kameraene montert mer skrått i forhold til kjørefeltet. Dette har den uheldige effekt at skiltene blir ulesbare ved høyere hastighet. I og med at det var ett kjørefelt mellom kameraene og kjørefeltet som ble observert, valgte jeg å vinkle alle de 3 kameraene jeg hadde til rådighet ganske skrått for å redusere sjansen for at kjøretøy skulle være dekket av trafikk i nærmeste felt.

I tilfeller der det var tvil ved avlesning av nummerskilt, ble www.mekonomen.no benyttet. På denne nettsiden er det mulig å gjøre søk på nummerskilt, og man får en rekke opplysninger om kjøretøyet. Som regel var det kun ett eller to siffer eller bokstaver som var utydelige, og det er dermed mulig å prøve seg frem til riktig nummerskilt. Det er først og fremst tallene 6, 8 og 9 som er vanskelige å skille fra hverandre, og valgmulighetene er dermed begrenset. Denne fremgangsmåten ble benyttet ved flertallet av kjøretøyene som ble registrert 2. mars på Sundland, på grunn av solrefleksjoner i skiltene.

Min subjektive oppfatning er at dette på ingen måte svekker påliteligheten ved nummerskiltavlesningen, i og med at man kan kontrollere blant annet bilmerke, modell, karosseritype, farge og registreringsår. I de få tilfellene der bilmodellen var ukjent eller usikker for meg, ble www.finn.no benyttet for å finne bilder og detaljer. Tidsbruken øker åpenbart vesentlig ved innføringen av disse metodene for å finne kjøretøydata.

Etter at en komplett liste over kjøretøy fra videobildene var etablert og kontrollert, ble hver enkelt registrering koblet til registreringene fra de ulike telleapparatene, kjøretøy for kjøretøy. En rekke ulike parametere ble benyttet for å sikre en mest mulig korrekt kobling.

Først ble det etablert et sikkert **startpunkt**, der kombinasjonen av kjøretøy var unik. En periode med flere tunge kjøretøy og både korte og lange luker er godt egnet til dette formål. Deretter kan **rekkefølge** benyttes som et utgangspunkt. Rekkefølgen i seg selv er ikke tilstrekkelig for å få en korrekt kobling av kjøretøy, i og med at det er et visst bortfall av registreringer. Derfor ble **lengde**, **klassifisering**, **passeringstidspunkt**, **hastighet** og **luke** benyttet for å sikre riktige koblinger. I tillegg ble videobildene brukt til å studere episoder med avvik. Man kan da for eksempel finne ut at årsaken til avvik er at et kjøretøy skiftet felt, at en tilhenger ser ut til å bestå av svært lite metall eller andre årsaker som kun kan oppdages visuelt. Denne kontrollen kunne også ha avdekket eventuelle feil i videoanalysene.

I NORSIKT-prosjektet er et system for automatisk nummerskiltlesning benyttet som støtte til å finne en referanse (eller "sannhet") for klassifisering og lengdemålinger. Denne teknologien kalles ANPR (Automatic Number Plate Reading/Recognition). Registreringene fra dette systemet blir så automatisk koblet til registreringer fra de ulike telleapparatene. Det er i forbindelse med denne oppgaven gjort en kort test av kvaliteten på data som fremkommer av ANPR-systemet.



Figur 20 Automatisk nummerskiltlesning (ANPR) på E6 Klett. Foto Per Melen, Trafikverket

En manuell gjennomgang av 400 registreringer fra dette automatiske systemet avdekket en rekke avvik:

- 55 kjøretøy (13,8 %) er ikke blitt registrert
- 4 kjøretøy (1 %) er registrert med riktig tidspunkt, men feil nummer
- 19 tilfeller (4,8 %) av såkalte "ghost detections", altså registrering uten at kjøretøy passerer
- 11 tilfeller (2,8 %) av tomme registreringer som ikke har noen åpenbar årsak

Til sammen utgjør dette 89 feil, eller en feilrate på over 22 %. På dette grunnlag kan det konkluderes med at dette systemet ikke må benyttes ukritisk.

Et litteratursøk har resultert i kun ett eneste tilfelle hvor et (halv)automatisk system for synkronisering av data fremstår som troverdig. Det kan likevel hende at flere gode systemer eksisterer. V²DVS (Video Vehicle Detector Verification System) benytter data fra et oversiktskamera til å verifisere og synkronisere data fra registreringsenhetene som testes (ASTM International, 2009). Kjøretøy som kobles automatisk blir markert med blått eller grønt, uverifiserte merkes med gult, og falske registreringer merkes med rødt. Hvilke kjøretøy som blir automatisk koblet er delvis avhengig av testutstyrets historikk. Jo høyere treffprosent utstyret har hatt tidligere, jo mer vektlegges det aktuelle utstyret når en referanse skal etableres. Det kan innvendes at dette kan bidra til en "ond sirkel", dersom systemet gjør feil innledningsvis i testen. Den store fordelene med dette systemet er at alle de enkle og åpenbare koblingene gjøres automatisk, mens man blir varslet om at manuell gjennomgang er nødvendig i tvilstilfellene. Det presiseres imidlertid at systemet kun er ment som en støtte i arbeidet med å etablere en referanse, og ikke er egnet til å automatisk generere data av høy kvalitet.

Synkronisering av klokker er et stadig tilbakevendende problem når trafikk skal registreres (Statens vegvesen, 2011a). På en del utstyrstyper er det utfordrende nok å få satt klokken riktig innenfor ± 1 sekund. I brukermanualen til V²DVS anbefales det at klokkene må være synkronisert innenfor 10 millisekund (MacCarley & Slonaker, 2008). Derfor benyttes det en lokal tidsreferanse. Det anbefales ikke å benytte tidsreferanse fra servere på internett, på grunn av uviss forsinkelse. Det påpekes også at ikke alle GPS-klokker gir nødvendig oppløsning. Ved testing av utstyr er viktigheten av å ha *felles* tidsreferanse større enn viktigheten av å ha *riktig* tidsreferanse. Når utstyret senere skal brukes, er riktig tidsdifferanse kanskje viktigst.

V²DVS har mulighet for direkte tilkobling av registreringsutstyr. På denne måten sikrer man at et bilde av kjøretøyet/kjørebanelen lagres hver gang registreringsutstyret melder at et kjøretøy passerer. Dette gjør systemet meget godt egnet til å evaluere utstyrets evne til å telle kjøretøy, samt å finne årsaker til avvik. I arbeidet med denne rapporten har det imidlertid vært av interesse å skaffe mer informasjon om enkeltkjøretøy enn kun tilstedeværelse og deteksjon. Systemet for automatisk nummerskiltlesning har, som nevnt, vist seg å ikke levere data av tilstrekkelig god kvalitet.

Derfor virker det som at manuelt arbeid (dessverre) er den mest nøyaktige metoden for å fremstille gode referansedatasett. Dersom man senere finner ut at enkelte av utstyrstypene egner seg til bruk som referanse på for eksempel kjøretøylengde, fart eller klassifisering etter kjøretøykategori, vil dette redusere behovet for nummerskiltlesning.

I utgangspunktet var det meningen å gjøre forsøk med software for nummerskiltlesning fra DTK (<http://www.dtksoft.com>). Dette systemet leser tekst eller siffer fra vanlige videofiler. Det ville vært meget interessant å se om dette systemet kunne tilby et kostnadseffektivt alternativ til mer avansert ANPR-teknologi. Det ble ikke funnet tid til å gjennomføre dette. Likevel fremstår slik teknologi som et spennende alternativ, som kan gi god støtte ved etablering av en referanse

Gjennom de manuelle gjennomgangene av datamaterialet ble følgende avdekket:

- FMA hadde en rekke dupliserte registreringer i perioden 10:48 – 11:06, 22.11.2011
- Profiler sløyfet alle 0'er i slutten av lengderegistreringene (et kjøretøy på 500 cm ble dermed registrert som 5 cm)
- Klokken til STMS-enheten driftet omtrent 30 sekunder per time

Disse feilene er rettet opp manuelt, i og med at de ikke egentlig sier noe om enhetenes evne til å registrere trafikk. Det er likevel på sin plass å gjøre oppmerksom på at disse feilene har oppstått.

Data fra kjøretøyregisteret er hentet ut for hvert enkelt registrerte nummerskilt. Det er benyttet data om kjøretøyets produsent og modell, årsmoell, lengde, egenvekt, tillatt totalvekt og kjøretøygruppe. Utdraget fra kjøretøyregisteret ble levert som en kommaseparert tekstfil. I svært mange tilfeller benyttes komma til andre formål enn separering. Eksempler på dette er motorbetegnelsen "2,0 TDI" eller standard dekkdimensjon "385/65R22,5". Dette betyr at på en rad med et slikt tilfelle, vil alle celler til høyre for dette ekstra komma være forskjøvet én kolonne til høyre. Dette har medført en del ekstra manuelt arbeid.

Det viser seg også at enkelte kjøretøy (ikke mange) står oppført med feil lengde i kjøretøyregisteret. Derfor har det også vært nødvendig med en manuell kontroll av kjøretøyregisteret. Bilverkstedet Mekonomen sine hjemmesider ser også ut til å ha en mer oppdatert versjon av kjøretøyregisteret enn den som jeg har fått et utdrag fra. Derfor måtte alle kjøretøy som var registrert de siste månedene sjekkes på www.mekonomen.no, og data fylles inn i utdraget fra kjøretøyregisteret.

2.4 Beskrivelse av statistiske metoder og formler

I denne delen beskrives de statistiske fordelinger, formler og metoder som er benyttet i forbindelse med analyse av resultater. Diskusjoner av hvilken statistisk metode som bør benyttes ved testing av utstyr finnes i kapittel 4.1, 4.3 og 5.6. Disse diskusjonene omhandler hvordan man kan gjennomføre systematisk og planlagt testing av utstyr, basert på de erfaringene som følger av arbeid med analyser i denne oppgaven.

2.4.1 Statistisk metode, klassifisering

For å tallfeste apparatens evne til å klassifisere kjøretøy, behøves noen objektive mål. I henhold til terminologien som benyttes i NorSIKT-prosjektet (Carlsund & Greijer, 2012), er følgende feilmål benyttet:

Feil A: En feil av type A (for klasse k) inntreffer når et kjøretøy i klasse k passerer sensoren, men registreringsutstyret ikke klassifiserer kjøretøyet i denne klassen. Også bortfall blir regnet som feil av type A.

Feil B: En feil av type B (for klasse k) inntreffer når et kjøretøy i klasse j passerer sensoren, men registreringsutstyret klassifiserer kjøretøyet i klasse k . Spøkelseskjøretøy blir ikke regnet som feil av type B.

Spøkelseskjøretøy: Et spøkelseskjøretøy inntreffer (for klasse k) når registreringsutstyret teller et kjøretøy i klasse k , uten at et kjøretøy har passert sensoren. Eksempler på årsaker til spøkelseskjøretøy kan være forbikjøring, kjøring midt i kjørebane eller at registreringsutstyret ikke registrerer bil og tilhenger som ett kjøretøy.

Bortfall: Bortfall kan regnes som et spesialtilfelle av Feil A, hvor registreringsutstyret ikke bare unnlater å klassifisere kjøretøyet i riktig klasse, men også unnlater å registrere at kjøretøyet har passert.

For å danne et noenlunde komplett bilde av registreringsutstyrets evne til å klassifisere kjøretøy, må alle disse parametrene tallfestes for hver enkelt klasse. I tillegg er det nødvendig å oppgi antall registreringer i hver enkelt klasse for referanseutstyret, og korrekte og ikke korrekte registreringer fra registreringsutstyret. Det bør også oppgis et konfidensintervall for de ulike feilratene.

Det finnes tre mulige utfall ved klassifisering; korrekt klassifisering, feil av type A eller feil av type B. Innenfor hver av feiltypene finnes det to mulige utfall for hver registrering; ja eller nei. Det er ikke mulig å ha "litt" feil og "litt riktig". Hendelsene er dermed gjensidig utelukkende (Walpole, et al., 2007) I og med at hver registrering er uavhengig av den forrige, kan denne situasjonen beskrives ved hjelp av binomisk fordeling.

Den binomiske fordelingen karakteriseres, i likhet med normalfordelingen, ved hjelp av en forventningsverdi og en varians (Kvaløy & Tjelmeland, 2000). Standardavviket er kvadratroten av variansen.

Den sanne forventningsverdien er ikke kjent i det datasettet som er tilgjengelig for denne analysen. Det må derfor benyttes en estimator, altså gjennomsnittet.

For å finne sannsynligheten for feil av type A benyttes følgende formel:

Formel 10 Sannsynlighet for feil av type A

$$p_k(A) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{k,ref}} Feil A}{N_{k,ref}}$$

I Formel 10 og Formel 11 er $N_{k,ref}$ det totale antall kjøretøy som i følge referansen tilhører klasse k .

I og med at verdien for sannsynlighet er estimert, vil den være beheftet med en viss usikkerhet. Usikkerheten beskrives ved hjelp av standardavviket, S :

Formel 11 Standardavvik, andel feil av type A

$$S(p_k(A)) = \frac{\sqrt{N_{k,ref} \times p_k(A) \times (1-p_k(A))}}{N_{k,ref}} = \frac{\sqrt{p_k(A) \times (1-p_k(A))}}{\sqrt{N_{k,ref}}} = \sqrt{\frac{p_k(A) \times (1-p_k(A))}{N_{k,ref}}}$$

For å finne sannsynligheten for feil av type B benyttes Formel 12, mens standardavviket kan finnes ved hjelp av Formel 13. Legg merke til at det her benyttes $N_{k,reg}$ (antall kjøretøy som ifølge telleutstyret tilhører klasse k).

Formel 12 Sannsynlighet for feil av type B

$$p_k(B) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{k,reg}} Feil\ B}{N_{k,reg}}$$

Formel 13 Standardavvik, andel feil av type B

$$S(p_k(B)) = \sqrt{\frac{p_k(B) \times (1 - p_k(B))}{N_{k,reg}}}$$

I og med denne usikkerheten, er det behov for å finne et konfidensintervall også her. Dersom antall observasjoner er stort nok, vil summen eller gjennomsnittet i en binomisk fordeling (i følge sentralgrenseteoremet) være tilnærmet normalfordelt. En tommelfingerregel er at både $n \times p$ og $n \times (1-p)$ bør være større enn eller lik 5 (Walpole, et al., 2007). Vilkaaret er altså knyttet både til antall observasjoner, og fordelingen av disse. Dersom sannsynligheten er lik for begge utfall, altså $p = 0,5$, trengs kun 10 observasjoner for å anta normalfordeling. Hvis $p = 0,001$, trengs derimot 5000 observasjoner for å anta normalfordeling.

Et konfidensintervall for sannsynligheten for feil kan så uttrykkes ved Formel 14:

Formel 14 Konfidensintervall med 95 % signifikansnivå

$$\text{Konfidensintervall (95 \% signifikansnivå) for } p = [p - 1,96 \times S(p), p + 1,96 \times S(p)]$$

Denne formelen gjelder når N går mot uendelig. Når N er liten bør kvantiler fra t-fordelingen benyttes. Ved for eksempel $N = 20$, må en bytte ut 1,96 med 2,09. Usikkerheten øker med synkende antall observasjoner.

Det er benyttet to ulike former for gjennomsnitt. Disse er definert i Formel 15 og Formel 16.

Formel 15 Vektet gjennomsnitt

$$\text{Vektet gjennomsnitt} = \frac{\sum \text{Antall feil for hver klasse}}{\text{Totalt antall observasjoner i alle klasser}}$$

Formel 16 Ikke vektet gjennomsnitt

$$\text{Ikke vektet gjennomsnitt} = \frac{\sum \text{Feilrater for hver klasse}}{\text{Antall klasser}}$$

Det vektete gjennomsnittet er ofte gitt navnet "Totalt" i tabellene i denne rapporten.

2.4.2 Statistisk metode, lengdemåling

Lengdemålingene er analysert på enkeltkjøretøynivå. Referansen er lengden som er oppgitt i kjøretøyregisteret. Det har ikke vært mulig å finne en referanselengde på kjøretøy med tilhenger, eller på kjøretøy som ikke kunne spores i kjøretøyregisteret (for eksempel utenlandske kjøretøy eller kjøretøy som nettopp er registrert). Disse kjøretøyene er derfor skilt ut i analysen av lengdemålinger. På grunn av mangelen på sikker referanselengde for utenlandske kjøretøy og kjøretøy med tilhengere, er disse sammenlignet, men ikke vurdert statistisk.

Flere mål kan benyttes for å finne kvaliteten på en lengdemåling. De som er benyttet (i varierende grad) i denne rapporten er vist i Formel 17 til Formel 19:

Formel 17 Differanse

$$\text{Differanse} = \text{Målt lengde} - \text{Referanselengde}$$

Formel 18 Relativ differanse

$$\text{Relativ differanse} = (\text{Målt lengde} - \text{Referanselengde}) / \text{Referanselengde}$$

Formel 19 Absolutt relativ differanse

$$\text{Absolutt relativ differanse} = |(\text{Målt lengde} - \text{Referanselengde}) / \text{Referanselengde}|$$

Legg merke til at definisjonene i Formel 17 til Formel 19 ikke stemmer overens med Formel 8 og Formel 9, som benyttes i standarden ASTM E2300-09. Årsaken til dette er knyttet til behovet for informasjon: I den nevnte standarden skal utstyret testes for å finne ut om nøyaktighet og presisjon er innenfor kravene. Da holder det med absolutte mål for feil, altså at fortegnet er irrelevant. I denne oppgaven skal det også vurderes hvilken betydning dette får for klassifisering, og da er feilens fortegn av avgjørende betydning. Derfor skilles det mellom *relativ differanse* og *absolutt relativ differanse*.

Ulike statistiske mål (gjennomsnitt, fraktiler, standardavvik, minimum og maximum) for disse er oppgitt for hvert enkelt registreringsapparat. Beregningen av disse er beskrevet i de påfølgende avsnittene.

Det kan antas at lengdemålingene er uavhengige, stokastiske variable. I og med at antallet er relativt stort, er det derfor rimelig å anta at normalfordelingen kan beskrive feilmarginen på en tilfredsstillende måte.

Normalfordelingen karakteriseres ved hjelp av en forventningsverdi, $E(X)$, og et standardavvik, σ . Vi kjenner hverken den sanne forventningsverdien eller det sanne standardavviket, og må derfor benytte empiriske estimatorer som beregnes ved hjelp av de tilgjengelige data i datasettet.

Estimatoren for forventningsverdien er gjennomsnittet, \bar{x} :

Formel 20 Estimator for forventningsverdi

$$E(X) \approx \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Avhengig av hva som måles, kan x_i være enten differansen mellom målt lengde og referanselengde for måling i , den relative differansen eller tallverdien av den relative differansen (absolutt relativ differanse).

Standardavviket, σ , estimeres ved hjelp av det empiriske standardavviket, S :

Formel 21 Estimator for standardavvik

$$\sigma \approx S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Ved hjelp av et mål for forventningsverdien (gjennomsnittet) og et mål for spredningen (standardavviket), kan et konfidensintervall beregnes. Antallet observasjoner er i dette tilfellet såpass stort at det lar seg forsvare å benytte normalfordelingens kvantiler, i stedet for t-fordelingen.

Det må angis hvilket signifikansnivå som gjelder for konfidensintervallet. Det er vanlig å benytte 95 % signifikansnivå, og det er også dette som er benyttet i denne oppgaven. Det kunne imidlertid være på sin plass å diskutere hvilket signifikansnivå som er nødvendig for ulike typer registreringer.

Konfidensintervallet angis ved hjelp av en øvre og en nedre grense. Det er flere ulike måter å finne et konfidensintervall på, avhengig av hva slags inndata man har. Dersom man vil finne ut, med 95 % sikkerhet, hvilket intervall som inneholder en enkelt måling, benyttes Formel 22:

Formel 22 Konfidensintervall med 95 % signifikansnivå, enkeltmålinger

$$\text{Konfidensintervall (95 \% sign. nivå)} = [\bar{x} - 1,96 \times S; \bar{x} + 1,96 \times S]$$

Når en vil finne et konfidensintervall for gjennomsnittet i et normalfordelt datasett, benyttes Formel 23:

Formel 23 Konfidensintervall med 95 % signifikansnivå, gjennomsnitt

$$\text{Konfidensintervall (95 \% sign. nivå)} = [\bar{x} - 1,96 \times \frac{S}{\sqrt{n}}; \bar{x} + 1,96 \times \frac{S}{\sqrt{n}}]$$

Eksempler på dette kan være å finne et konfidensintervall for gjennomsnittlig kjøretøylengde, eller gjennomsnittlig målefeil ved lengdemåling.

Når nedre og øvre grense i et 95 % konfidensintervall er funnet, er det 2,5 % sannsynlighet for at det reelle gjennomsnittet lavere enn nedre grense, og 2,5 % sannsynlighet for at det reelle gjennomsnittet er høyere enn øvre grense. Følgelig er sannsynligheten for at konfidensintervallet inneholder den sanne verdien lik 95 %.

Det viser seg likevel at lengdemålingene ikke alltid er normalfordelte. Dette skyldes (blant annet) at tellingen ikke alltid er korrekt. Når to kjøretøy blir slått sammen til ett, blir kjøretøyets registrerte lengde lik kjøretøyenes samlede lengde pluss avstanden mellom dem (\pm en feilmargin). En slik feilmåling kan medføre en differanse mellom registrert lengde og referanselengde på opptil 20-30 meter, og vil således overskygge alle andre "vanlige" feilmålinger. I mange tilfeller i denne rapporten er det derfor valgt å finne 95 %-konfidensintervall ut fra 2,5 %-fraktilen og 97,5 %-fraktilen. Det fører til at såkalte "outliers", altså registreringer som ligger langt utenfor de andre, får mindre betydning.

2.5 Klassifiseringsskjema

Det er benyttet en rekke ulike klassifiseringsskjema under arbeidet med denne rapporten. En oversikt er vist i dette kapitlet.

2.5.1 Skjema for lengdeklassifisering

I henhold til Håndbok 281 (Statens vegvesen, 2011a) er det benyttet 5 lengdeklasser (21-25):

Klassifisering	Registreringsgrupper	Beskrivelse
Kjøretøy	20	Totalt antall kjøretøy
Lette kjøretøy	21	Kjøretøy < 5,6 meter
Tunge kjøretøy	22	5,6 meter ≤ Kjøretøy < 7,6 meter
	23	7,6 meter ≤ Kjøretøy < 12,5 meter
	24	12,5 meter ≤ Kjøretøy < 16,0 meter
	25	16,0 meter ≤ Kjøretøy

Tabell 3 Lengdeklasser i Statens vegvesens Håndbok 281

I og med at referansen ikke tar hensyn til kjøretøy med hengere, er disse ikke tatt med i analysen. Det betyr at referansen ikke inneholder kjøretøy i klasse 25 (kjøretøy med lengde over 16,0 meter).

2.5.2 Skjema for klassifisering etter kjøretøykategori

Som basis for klassifisering har jeg benyttet kjøretøyregisterets kjøretøyklasser. Disse består av en tresifret kode og en beskrivelse. Kjøretøyregisterets klasser finnes i Vedlegg 5. Alle registreringsapparatene har sine egne klassifiseringsskjemaer. Derfor må klassene fra kjøretøyregisteret og registreringsapparatene samordnes, slik at det er mulig å sammenlikne resultatene. Jeg har valgt å analysere på bakgrunn av registreringsapparatenes egne klassifiseringsskjemaer, men med klassene i kjøretøyregisteret som referanse. Dette er vist i Vedlegg 6 til Vedlegg 10. Det er gjort enkelte unntak fra registreringsutstyrenes egne klassifiseringsskjema, som vist i Tabell 4:

Tabell 4 Skjema for klassifisering etter kjøretøykategori

Datarec 7	Datarec LM	FMA	Profiler	STMS
1 MC	MC	1 MC, moped	1 MC	MC
2 Personbil	Personbil	2 Bil	2 Cars	Car
3 Pb m/henger	Pb m/henger	3 Bil m/henger	3 Cars+trailer	Car_trailer
4 Varebil	Varebil	4 Varebil	4 Heavy van 5 Light goods	Utility_vehicle
5 Vb m/henger	Vb m/henger	5 Vb m/henger	11 Van+trailer	
6 Buss	Buss	6 Buss	9 Small bus 10 Bus	Bus
71 Liten lastebil 72 Lastebil	Liten lastebil Lastebil	7 Lb/trekkvogn	6 Rigid	Truck
8 Vogntog	Vogntog	8 Vogntog 11 Gigaliner	7 Rigid+trailer 13 Gigaliners	Truck_trailer
9 Semitrailer	Semitrailer	9 Semitrailer	8 Artic	Truck_semitrailer
		10 Annet	12 Other	Unknown

Datarec 7 og Datarec Loop Monitor opererer begge med to ulike kjøretøykategorier for lastebil (liten lastebil og lastebil). Disse er beholdt også i analysene i kapittel 3 og kapittel 4. Der det er markert med gult, er de to markerte kjøretøykategoriene slått sammen til én. Dette er gjort for å lette analysearbeidet, og for å forenkle prosessen med å etablere en referanse.

3 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene fra testene i NorSIKT-regi fra Klett (normal trafikkflyt), samt resultatene fra egne tester på Sundland (køsituasjon). Jeg har valgt å presentere en generell oversikt først, for deretter å studere resultatene fra hvert enkelt registreringsapparat separat. Hastighet blir kun presentert på oversiktsnivå. Volum behandles først og fremst på oversiktsnivå, men med enkelte eksempler på bortfall og spøkelseskjøretøy presentert i de individuelle avsnittene for hvert enkelt utstyr.

3.1 Tester under normal trafikkflyt

NorSIKT-testene inkluderte en rekke trafikkregistreringsutstyr. I disse analysene er det fokusert på 4 enheter som benytter induktive sløyfer, i tillegg til ett magnetometerbasert system.

3.1.1 Oversikt over testresultater ved normal trafikkflyt

Under NorSIKT-testene ble det totalt sett i perioden 07:00-18:00 22.11.2011 og 06:00-18:00 23.11.2011 registrert følgende antall kjøretøy på teststrekningen på Klett (begge retninger):

Tabell 5 Antall registrerte kjøretøy i løpet av hele testperioden

Utstyr	N
Datarec 7	33645
Datarec Loop Monitor	33608
FMA	33570
Profiler	33534
STMS	32917

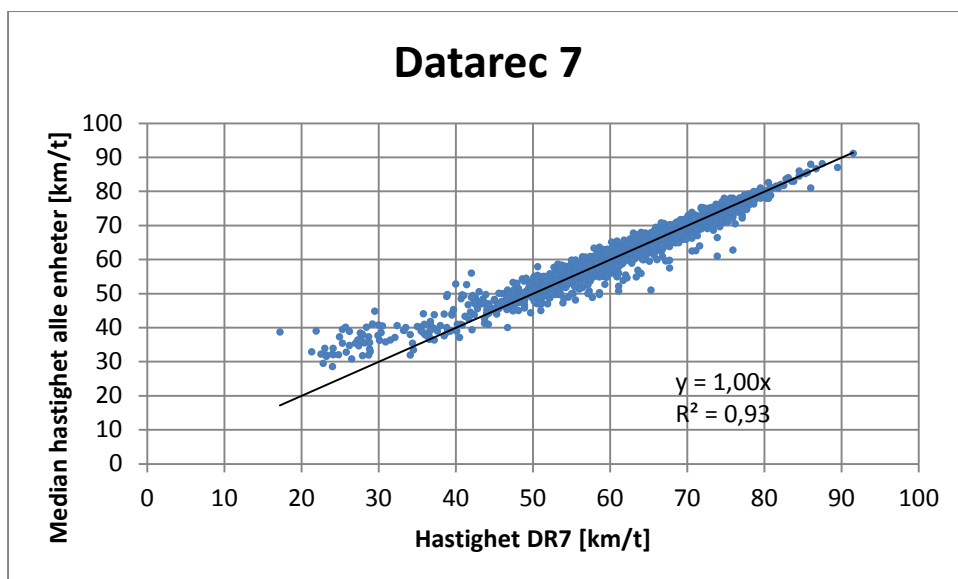
Fra dette datasettet er det gjort et utdrag som omfatter 3597 kjøretøy i sørgående retning, fra klokken 9 til 15 22.11.2011, der hvert enkelt kjøretøy er registrert ved hjelp av video. Det er resultatene fra dette utdraget som er presentert her.

3.1.1.1 Hastighet

Alle registreringsenhetene i denne testen lagrer hastighet på enkeltkjøretøynivå. Det at registreringspunktene er på forskjellig sted gjør at det vanskelig kan finnes en referansehastighet. Det gir dermed lite mening å analysere data om hastighet på enkeltkjøretøynivå. Når resultatene likevel presenteres, er dette for å påpeke to metodiske svakheter. Den ene forårsakes av at sensorene er spredt, mens den andre er forårsaket av mitt utvalg av kjøretøy for vurdering av lengdemåling.

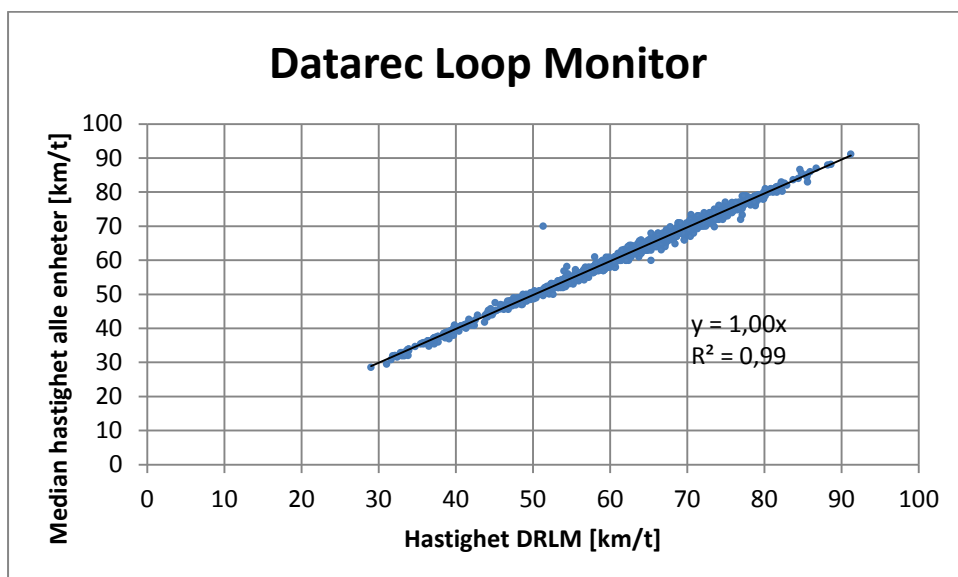
Gjennomsnittet for punkthastigheter strekker seg fra 63,3 km/t (STMS) til 64,2 km/t (Profiler). Det skiller også kun 1 km/t i medianhastighet mellom registreringsutstyrene.

Dersom man velger medianen av de 5 hastighetsmålingene (fra 5 utstyrstyper) for hvert enkelt kjøretøy som referanse, blir resultatene som vist i Figur 21 til Figur 25.



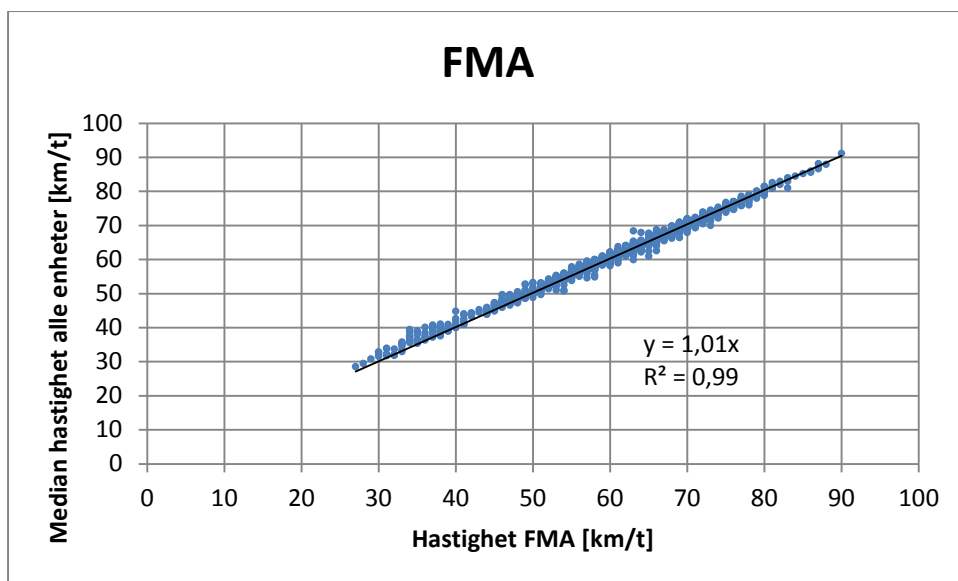
Figur 21 Hastighet Datarec 7

Sløyfene som ble benyttet av Datarec 7 var plassert over 30 meter før de andre. Derfor er potensialet for fartsendring fra disse sløyfene frem til de neste relativt stort. Dette medfører en stor spredning i resultatene, som vist i Figur 21, men gjennomsnittet er riktig for hastigheter over 40-50 km/t. De nesten 50 registreringene i den nedre delen av skalaen, som avviker vesentlig fra referansehastigheten, er forårsaket av én konkret hendelse. En bil fra Statens vegvesen svingte av til teststrekningen i en periode da trafikken var tett. Denne ene nedbremsingen førte til at de neste 45 kjøretøyene måtte sette ned farten. Innen de nådde de øvrige sløyfene, hadde de imidlertid akselerert igjen. Figuren kan derfor ikke tolkes slik at Datarec 7 måler for lave hastigheter ved saktegående trafikk.

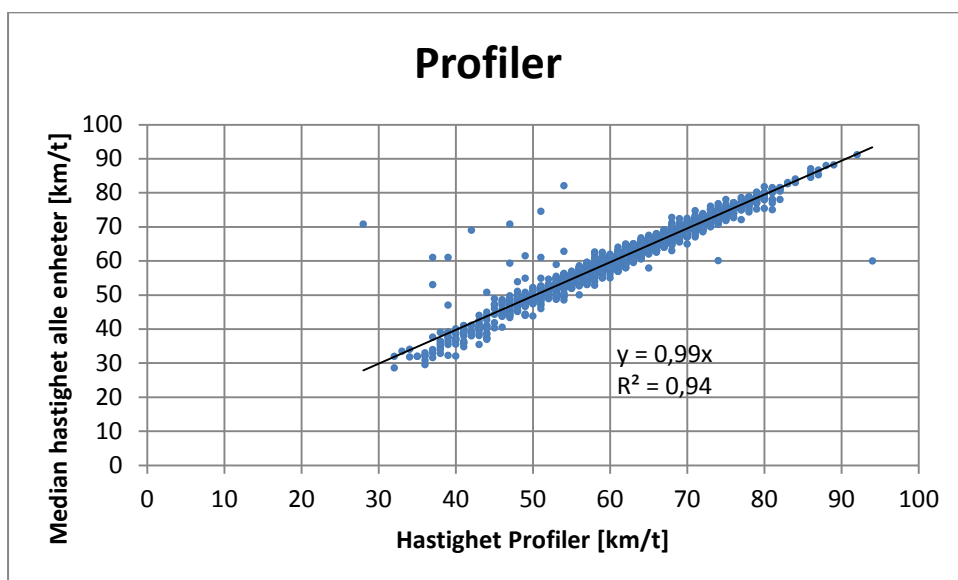


Figur 22 Hastighet Datarec Loop Monitor

Datarec Loop Monitor (Figur 22) og FMA (Figur 23) benyttet sløyfene midt på teststrekningen. Derfor ser vi at de viser meget godt samsvar med medianhastigheten. Trendlinjen viser nær perfekt stigning, og spredningen er lav.



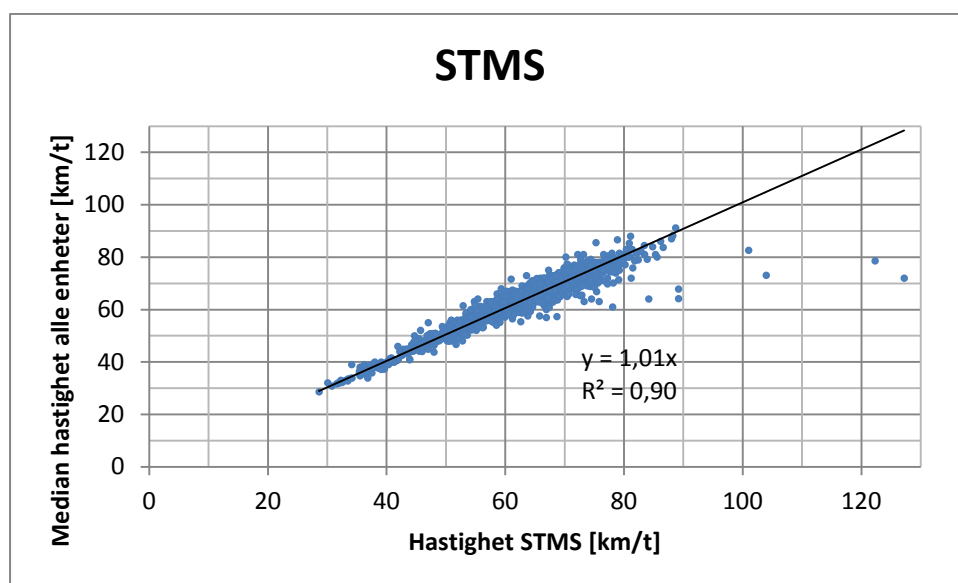
Figur 23 Hastighet FMA



Figur 24 Hastighet Profiler

Figur 24 viser at hastigheter målt med Profiler samsvarer dårligere med medianhastigheten for alle utstyrstyper. Spredningen for hastighetsmålingene er større enn for Datarec Loop Monitor og FMA, også om man ser bort fra såkalte "outliers" (registreringer som ligger langt utenfor de andre). Dette kan tilskrives det faktum at Profiler benyttet sløyfer som ligger 15-20 meter etter Loop Monitor og FMA. Det er naturlig at det skjer en viss fartsendring over en slik avstand når trafikken er relativt tett.

En nærmere undersøkelse av registreringene som skiller seg klart ut, viser at dette hovedsaklig er lette kjøretøy med tilhenger og semitrailere. Hastigheten avviker stort fra registreringene utført av de andre enhetene. Dermed gjør også lengdemålingene det. Det kan se ut til at tilhengerne gjør at feil topp i sløyfeaktiviteten blir lagt til grunn for hastighets- og lengdemåling. I og med at de senere analysene av lengdemålinger ikke inkluderer kjøretøy med tilhenger, ville dette ikke blitt avdekket uten å analysere hastigheter.



Figur 25 Hastighet STMS

Figur 25 viser at STMS har relativt stor spredning i hastighetsmålingene. Ut fra plasseringen på teststrekningen, burde STMS hatt tilsvarende forutsetninger som Loop Monitor og FMA. Dette kan tyde på at STMS har dårligere presisjon når det kommer til måling av hastighet. I tillegg er det enkelte store avvik, som ikke har noen åpenbar forklaring. Samtlige grove feilmålinger går i positiv retning, altså at hastigheten overestimeres. Det er ellers ikke funnet noen systematikk i disse avvikene.

3.1.1.2 Telling

Analyseperioden omfattet totalt 3597 kjøretøy, telt ved hjelp av video. Det har åpenbart skjedd noe med datafilen som inneholder FMA sine registreringer i perioden fra klokken 10:48 til 11:05, den 22.11.2011. Alle kjøretøy i denne perioden er registrert flere ganger, og er oppstilt i mer eller mindre tilfeldig rekkefølge (ikke kronologisk). Dette utgjorde om lag 700 kjøretøy i forskjell, men duplikatene er strøket i det videre arbeidet med datasettet.

Referansevolumet har fremkommet ved to uavhengige tellinger, der avvikene har blitt sjekket opp og studert nærmere. I tillegg har avvikene mellom manuelle og maskinelle tellinger blitt undersøkt. På denne måten får man flere uavhengige kvalitetstester på de manuelle tellingene. Svakheten er at de manuelle tellingene er helt avhengige av videomaterialet. Dersom de maskinelle tellingene indikerte at det har skjedd en feil i de manuelle tellingene, kunne det vært mulig å også se på video i motsatt kjøretretning for å se om et kjøretøy har vært skjult. Det har ikke vært behov for å gjennomføre dette.

I Tabell 6 vises resultatene for manuelle og maskinelle tellinger. I og med at manuelle tellinger fra video er benyttet som referanse, er tallene for bortfall og spøksekjøretøy for videotellingene per definisjon lik null.

Tabell 6 Resultater for telling i analyseperioden 22.11.2011

Utstyr	N(totalt)	N(korrekt)	Bortfall	Spøkelseskjøretøy	Bortfall %
Video	3597	3597	0	0	0,0 %
Datarec7	3601	3595	2	6	0,1 %
Datarec Loop Monitor	3597	3597	0	0	0,0 %
FMA	3588	3588	9	0	0,3 %
Profiler	3580	3579	18	1	0,5 %
STMS	3536	3535	62	1	1,7 %

N(totalt) viser det totale antall kjøretøy som de respektive utstyrstypene har registrert.

N(korrekt) er summen av alle registreringer hvor både referansen og de ulike registreringsenhetene har registrert et kjøretøy.

Bortfall inntreffer når referansen tilsier at et kjøretøy har passert, mens registreringsutstyret ikke registrerer et kjøretøy.

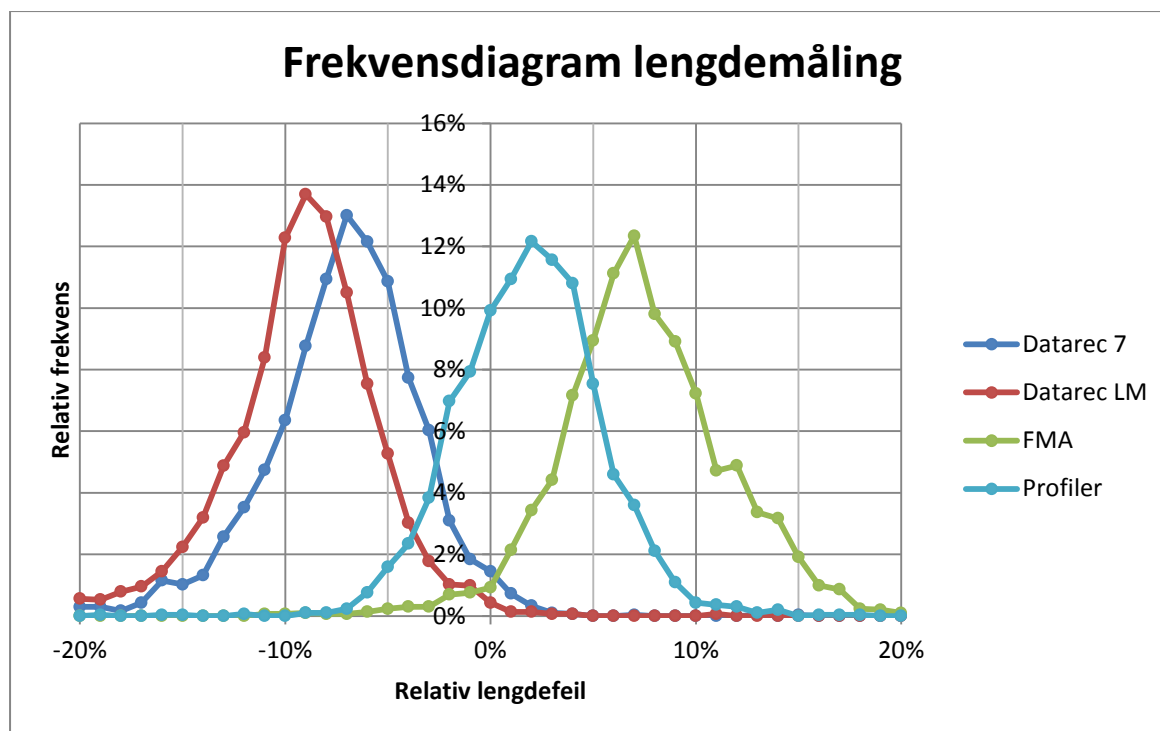
Spøkelseskjøretøy inntreffer når registreringsutstyret tilsier at et kjøretøy har passert, men referansen ikke bekrefter dette.

Bortfall % er forholdet mellom Bortfall for hvert enkelt registreringsutstyr og N(totalt) for referansen (video).

Som vist i Tabell 6, varierer antall registrerte kjøretøy fra 3536 (STMS) til 3601 (Datarec 7). Korrekt antall kjøretøy var 3597. Datarec Loop Monitor har ingen feil, hverken bortfall eller spøkelseskjøretøy.

3.1.1.3 Lengdemåling

STMS måler ikke kjøretøyenes lengde, og er derfor utelatt i denne analysen. Fordelingen av feilmarginene i lengdemålinger er vist i Figur 26. Grafen viser med tydelighet at de ulike utstyrstypene gir forskjellige lengdemålinger. Området som ligger innenfor alle grafene er forsvinnende lite.



Figur 26 Frekvensdiagram for relativ lengdefeil

Fire av registreringsutstyrene i denne testen måler kjøretøyenes lengde. Dette gjelder Datarec 7, Datarec Loop Monitor, FMA og Profiler. Den relative lengdefeilen finnes ved å benytte Formel 18.

Det observerte 95 % konfidensintervallet er oppgitt på følgende måte: (2,5 %-fraktil , 97,5 %-fraktil). Dette betyr at 2,5 % av målingene ligger lavere enn dette intervallet, 2,5 % ligger høyere, og 95 % av målingene treffer innenfor dette intervallet.

Tabell 7 Statistiske mål for relativ lengdefeil

Relativ lengdefeil	DR7	DRLM	FMA	Profiler
Gjennomsnitt	-7,3 %	-9,2 %	7,5 %	2,2 %
Median	-6,9 %	-8,9 %	7,2 %	1,9 %
Standardavvik	4,1 %	4,1 %	4,2 %	12,7 %
Observert 95 % konfidensintervall enkeltmåling	(-16,1 % , -0,4 %)	(-18,2 % , -2,3 %)	(-0,9 % , 15,9 %)	(-4,9 % , 8,7 %)

Vi ser av tabellen at Datarec 7 og Datarec Loop Monitor anslår for korte kjøretøylengder (den relative lengdefeilen er negativ). FMA og Profiler anslår for lange lengder. Profiler er likevel klart best kalibrert, i og med at gjennomsnitt og median ligger nærmest 0.

Standardavviket sier noe om spredningen i resultatene. Vi ser at standardavviket for den relative lengdefeilen er tilnærmet likt for Datarec 7, Datarec Loop Monitor og FMA (i overkant av 4 %). Standardavviket for Profiler er langt høyere (12,7 %).

Dersom de relative lengdefeilene er tilnærmet normalfordelt, skal omtrent 95 % av målingene være innenfor ± 2 standardavvik fra gjennomsnittet. Det vil si at bredden på et 95 % konfidensintervall for

enkeltmålinger skal være i størrelsesorden 16 %, for Datarec 7, Datarec Loop Monitor og FMA. Vi ser at dette stemmer godt overens med de observerte data.

Profiler har et langt høyere standardavvik for relativ lengdefeil enn de øvrige registreringsutstyrene, men likevel et smalere konfidensintervall. Dette betyr at de relative lengdefeilene for Profiler ikke er normalfordelt, og at noen få store feil trekker resultatet ned.

Totalt sett betyr dette at Profiler gir de beste lengdemålingene for registreringer som er sjekket mot kjøretøyregisteret. Det er foretatt en egen fremstilling av resultater for kjøretøy med tilhengere, i og med at det ikke har vært mulig å fremskaffe en referanselengde på disse. Resultatene er fremstilt grafisk, og kan finnes i avsnittet for lengdemåling for hver av utstyrstypene.

Som referanse er det valgt å benytte medianen fra lengdemålingene for alle utstyrstypene. Dette gir ikke grunnlag for noen grundig analyse, men kan være egnet til å avdekke grove feil. Resultatene viser at Profiler, som har de beste lengdemålingsresultatene i forhold til kjøretøyregisteret, er desidert dårligst når det gjelder kjøretøy med tilhenger.

3.1.1.4 Lengdeklassifisering

I Norge benyttes 5 lengdeklasser ved klassifisering av kjøretøy (21-25). I dette avsnittet undersøkes hvilke følger de relative lengdefeilene får for klassifisering av kjøretøy etter lengde. I og med at det ikke har lyktes å innhente referanselengder for kjøretøy med tilhenger (inkludert semitrailere og vogntog), er det ingen kjøretøy i lengdeklasse 25.

Tabell 8 Feilrater innenfor ulike lengdeklasser

Klasse	N (video)	DR7		DRLM		FMA		Profiler	
		Feil A	Feil B	Feil A	Feil B	Feil A	Feil B	Feil A	Feil B
21	2685	0,1 %	1,4 %	0,0 %	1,8 %	8,3 %	0,0 %	0,8 %	0,2 %
22	113	31,9 %	35,3 %	42,5 %	33,7 %	17,7 %	69,8 %	13,3 %	13,3 %
23	206	20,9 %	0,0 %	17,0 %	1,2 %	11,2 %	9,4 %	6,8 %	4,5 %
24	34	0,0 %	0,0 %	2,9 %	2,9 %	5,9 %	40,7 %	0,0 %	24,4 %
(25)	0	-	-	-	-	-	100,0 %	-	100,0 %
Totalt	3038	2,7 %	2,6 %	2,8 %	2,8 %	8,8 %	8,5 %	1,7 %	1,4 %
Ikke vektet snitt	3038	13,2 %	9,2 %	15,6 %	9,9 %	10,8 %	30,0 %	5,2 %	10,6 %

I klasse 21 ($L < 5,6$ m) er det gode resultater fra Datarec 7, Datarec Loop Monitor og Profiler. For Datarec 7 og Datarec Loop Monitor sitt tilfelle, er dette delvis grunnet at kjøretøyene generelt blir målt for kort. Dermed blir særdeles få kjøretøy i den korteste lengdeklassen gitt en lengde som kvalifiserer for en annen lengdeklasse (Feil A for klasse 21). Når det gjelder feil av type B er resultatene også tilsynelatende gode. Dette skyldes i stor grad at klasse 21 har et vesentlig større volum enn klasse 22. Selv om en relativt stor andel av kjøretøyene i klasse 22 blir klassifisert i klasse 21, skjules dette på grunn av forskjellene i volum.

For å illustrere dette kan en tenke seg følgende eksempel: Dersom registreringsutstyret klassifiserer alle kjøretøy i klasse 21, uavhengig av kjøretøyets lengde, vil dette gi 3038 kjøretøy i denne klassen. Det riktige tallet skulle vært 2685. Dette vil totalt sett gi 11,6 % feil av type A, og 11,6 % feil av type

B. Det betyr at man kan oppnå nesten like gode resultater som FMA uten å måle kjøretøylengder i det hele tatt. Det eneste som kreves er en taktisk klassifisering av kjøretøyene, og kunnskap om hvilken klasse som forventes å ha det største volumet. Det bør bemerkes at dette resultatet ville blitt annerledes dersom også kjøretøy med tilhengere var med i analysen. Med den gjeldende inndelingen av kjøretøy i lengdeklasser, gjør dette fenomenet at de som måler for korte kjøretøylengder favoriseres fremfor de som måler tilsvarende for langt.

FMA har vesentlig dårligere resultater i klasse 21. Dette skyldes at målingene av kjøretøyenes lengde generelt er for lange. Dette gir utslag i at en vesentlig andel (8,3 %) av kjøretøyene i denne klassen blir gitt en annen (eller ingen) klassifisering.

I klasse 22 ($5,6 \text{ m} \leq L < 7,2 \text{ m}$) er resultatene vesentlig dårligere for alle enhetene. Dette skyldes nok delvis at klassebredden er smalere enn i de øvrige klassene. Vi ser her at Profiler har den desidert laveste feilraten. Når det både finnes muligheter for å feilklassifisere oppover og nedover, er det en klar fordel at gjennomsnittlig målefeil er tilnærmet lik null. Det samme gjelder for klasse 23 ($7,2 \text{ m} \leq L < 12,5 \text{ m}$).

I klasse 24 ($12,5 \text{ m} \leq L < 16 \text{ m}$) er Datarec 7 og Datarec Loop Monitor meget presise. Gjennomsnittlig lengdemåling er omtrent riktig for begge, og klassifiseringen er meget god.

Totalt sett ser vi at Profiler gir best lengdeklassifisering, med Datarec 7 og Datarec Loop Monitor på de neste plassene. FMA gir vesentlig dårligere resultater med den gjeldende klasseindelingen.

3.1.1.5 Klassifisering etter kjøretøykategori

Registreringsutstyrene kan også klassifisere kjøretøy ved å kjenne igjen profilen eller signaturen til kjøretøyet når det passerer. De ulike leverandørene har benyttet forskjellige klasseinndelinger, og resultatene i denne generelle delen vil derfor ikke være spesifisert for hver enkelt klasse.

I og med at det er stor forskjell på volumene i hver klasse, kan det bli stor forskjell på om man benytter et vektet eller ikke vektet gjennomsnitt for å beskrive feilratene. Dette er vist i Formel 15, Formel 16 og Tabell 9.

Tabell 9 Gjennomsnittlige feilrater ved klassifisering etter kjøretøykategori

Utstyr	Antall klasser	Vektet gjennomsnitt		Ikke vektet gjennomsnitt	
		Feil A	Feil B	Feil A	Feil B
Datarec 7	10	23,1 %	23,1 %	39,2 %	29,2 %
Datarec LM	10	19,3 %	19,3 %	38,4 %	32,4 %
FMA	9 (11)	19,0 %	18,6 %	31,6 %	31,7 %
Profiler	9 (13)	19,4 %	19,1 %	39,9 %	25,3 %
STMS	8 (9)	31,9 %	30,8 %	49,5 %	45,4 %

Tallene i parentes under antall klasser inkluderer for eksempel "ukjent" og lignende.

Generelt ser det ut til at FMA gir best klassifisering, med i overkant av 80 % riktig klassifiserte kjøretøy. Deretter følger Profiler, Datarec Loop Monitor og Datarec 7. STMS har vesentlig lavere treffsikkerhet enn de andre.

3.1.2 Datarec 7

3.1.2.1 Telling

Datarec 7 gir relativt gode tellinger. 2 kjøretøy ble ikke registrert. Begge var personbiler med hastighet på 50-70 km/t, og luke på 2-3 sekunder til forankjørende. 6 spøkelseskjøretøy oppstod. Nærmere undersøkelser viser at alle disse kom fra oppdeling av lastebil og henger til to kjøretøy. Undersøkelse av registreringsnummer viser at ett kjøretøy stod for fire av disse, mens et annet stod for de to siste. Begge kjøretøyene tilhører klasse 360. Bilder av de to kjøretøyene er vist i Figur 27. Det er åpenbart at disse to kjøretøyene har en del fellestrekk.



Figur 27 Spøkelseskjøretøy Datarec 7

Totalt sett betyr dette at Datarec 7 registrerte 3601 kjøretøy, mot referansens 3597.

3.1.2.2 Lengdemåling

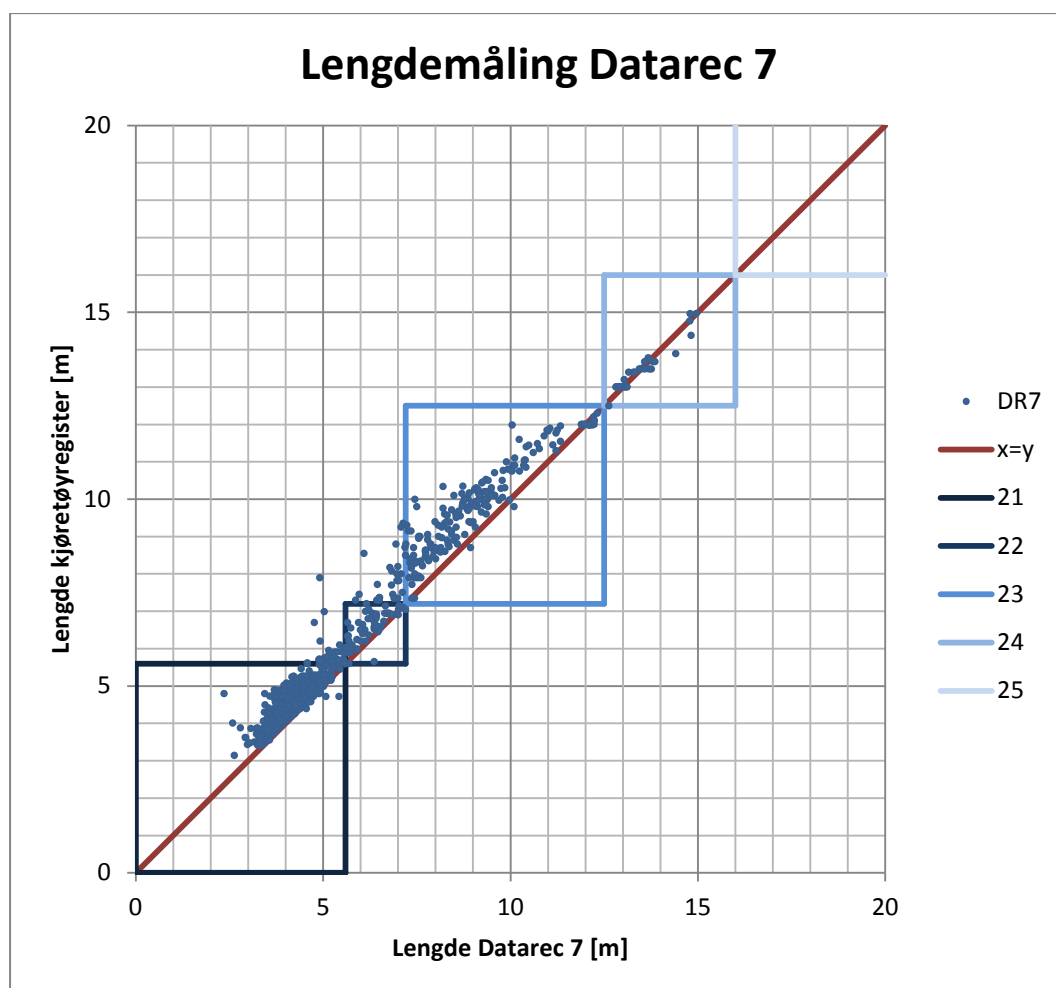
Tabell 10 viser fordelingen av den relative feilen på lengdemålinger utført av Datarec 7, for hver lengdeklasse.

Tabell 10 Relativ lengdefeil Datarec 7

Klasse (video)	N (DR7)	Gjennomsnitt	Median	2,5 % - fraktil	97,5 % - fraktil	Standardavvik
21	2683	-7,3 %	-6,9 %	-15,5 %	-1,4 %	3,7 %
22	113	-7,2 %	-6,0 %	-22,1 %	1,5 %	6,6 %
23	206	-8,7 %	-8,3 %	-23,3 %	1,1 %	5,9 %
24	34	0,0 %	-0,2 %	-1,5 %	3,2 %	1,3 %
25	-	-	-	-	-	-
Tot	3036	-7,3 %	-6,9 %	-16,1 %	-2,3 %	4,1 %

Det er tydelig at kjøretøy i klasse 21-23 (lengde fra 0 til 12,5 m) blir målt for kort av Datarec 7. Gjennomsnittlig er den relative lengdefeilen i disse klassene i størrelsesorden -7 % til -9 %. I klasse 24

er situasjonen en helt annen. Kjøretøy i klassen 12,5 meter til 16 meter blir målt med både lav spredning og riktig kalibrering.



Figur 28 Lengdemåling Datarec 7

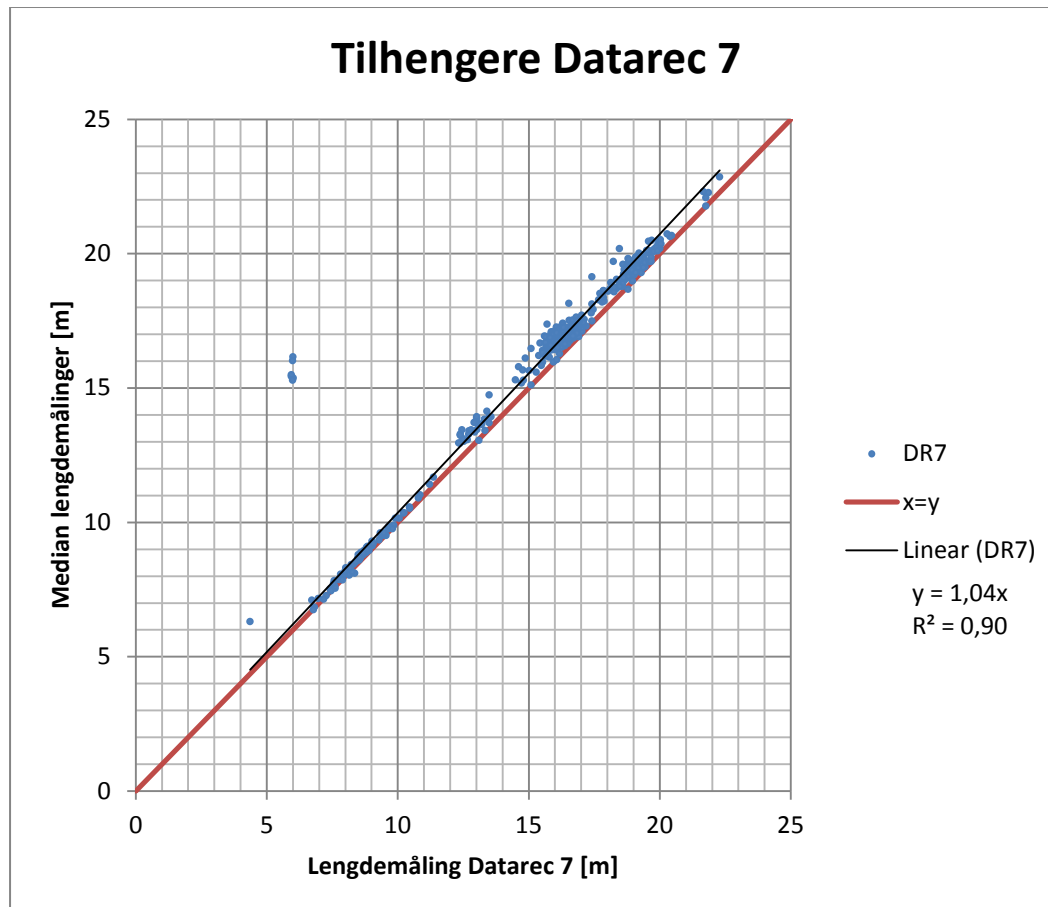
Figur 28 viser sammenhengen mellom kjøretøylengde oppført i kjøretøyregisteret og lengde målt av Datarec 7. Den røde diagonale linjen har likningen $x=y$. Et sett med perfekte målinger ville således bestått av punkter langs denne linjen. De blå linjene viser de øvre grensene for lengdeklassene som er indikert i legend.

Punkter som ligger over og til venstre for den røde linjen viser målinger hvor måleutstyret har anslått en lengde som er kortere enn det som er oppført i kjøretøyregisteret. Motsatt betyr punkter som ligger under og til høyre for den røde linjen at kjøretøyene har fått registrert en lengde som overskrider lengden i kjøretøyregisteret.

Mønsteret i målingene fra Datarec 7 er tydelig: Kjøretøy i lengdeklasse 21 blir registrert med en lengde som er kortere enn den faktiske lengden. Tendensen er den samme i klasse 22, og økende i klasse 23. Ved kjøretøylengder over 12 meter skjer det et skarpt skille. Samtlige målinger er meget gode. Felles for alle kjøretøy over 12 meter i denne analysen, er at de tilhører klasse 211-214 i kjøretøyregisteret. Dette er busser. Det er derfor uklart om det er bussenes lengde, den rektangulære formen eller andre egenskaper ved denne gruppen kjøretøy som forårsaker de gode

målingene. Grunnen til at ikke finnes andre kjøretøy med lengde over 12 meter i datasettet, er at det ikke foreligger en referanselengde for kjøretøy med tilhengere.

Resultater for kjøretøy med tilhenger er vist i Figur 29.



Figur 29 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, Datarec 7

Figur 29 viser at også kjøretøy med tilhenger blir målt noe for kort av Datarec 7. Noen få kjøretøy med tilhenger er registrert som 2 kjøretøy, og disse vises langt til venstre for majoriteten av registreringene.

3.1.2.3 Lengdeklassifisering

Tabell 11 viser lengdeklassifisering ved bruk av Datarec 7, sammenlignet med lengdeklassifisering fra kjøretøyregisteret.

Tabell 11 Lengdeklassifisering Datarec 7, oversikt

DR7	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	2	0	0	0	0	2	-
21	0	2683	36	1	0	0	2720	1,4 %
22	0	0	77	42	0	0	119	35,3 %
23	0	0	0	163	0	0	163	0,0 %
24	0	0	0	0	34	0	34	0,0 %
25	0	0	0	0	0	0	0	-
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	2,6 %
Feil A	-	0,1 %	31,9 %	20,9 %	0,0 %	-	2,7 %	

Rød skrift betyr at tallene gjelder for Datarec 7, mens blå skrift betyr at tallene gjelder for data fra kjøretøyregisteret. Feil A og Feil B er forklart i kapittel 2.4. En lav verdi på Feil A, betyr at mange av kjøretøyene som ble klassifisert i en gitt klasse ved hjelp av kjøretøyregisteret også ble klassifisert i den samme klassen av Datarec 7. En lav verdi på Feil B, betyr at mange av kjøretøyene som ble klassifisert i en gitt klasse av Datarec 7 også ble klassifisert i den samme klassen ved hjelp av kjøretøyregisteret.

Tabell 10 viste at kjøretøyene i klasse 21-23 blir målt til å være kortere enn de faktisk er. Dette gir utslag i at kjøretøy blir klassifisert i en lavere lengdeklasse. Vi ser at 2683 kjøretøy blir korrekt klassifisert i klasse 21. 37 kjøretøy blir klassifisert i klasse 21, men skulle tilhørt en høyere lengdeklasse. Prosentvis får ikke dette noen stor innvirkning på resultatene i klasse 21, på grunn av at volumet er såpass stort. Det utgjør derimot mye for klasse 22 og klasse 23, hvor volumet er mindre. Dermed blir verdiene for Feil A og Feil B relativt høye for klasse 22 og 23. Lengdemålingen var svært presis i klasse 24, og dette bærer også lengdeklassifiseringen preg av.

Tabell 12 Lengdeklassifisering Datarec 7, statistiske mål

Klasse	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (DR7)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2720	2683	(0,0 %)	0,1 %	(0,2 %)	0,9 %	1,4 %	1,8 %
22	113	119	77	23,3 %	31,9 %	40,4 %	26,7 %	35,3 %	43,9 %
23	206	163	163	15,3 %	20,9 %	26,4 %	-	0,0 %	-
24	34	34	34	-	0,0 %	-	-	0,0 %	-
25	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Totalt	3038	3036	2957	2,1 %	2,7 %	3,2 %	2,0 %	2,6 %	3,2 %
Ikke vektet snitt				13,2 %			9,2 %		

Tabell 12 viser sannsynligheter og konfidensintervall for feiltype A og feiltype B for de ulike lengdeklassene. For klasse 21 er resultatene relativt gode. Feil av type A forekommer med 95 % sannsynlighet i under 0,2 % av tilfellene, mens tilsvarende tall for feil av type B er 1,8 %. Klasse 22 har de dårligste resultatene, i og med at omkring 32 % av kjøretøyene som faktisk skulle vært i klasse 21, ikke klassifiseres i denne klassen av Datarec 7. Samtidig ser vi at over 35 % av kjøretøyene som faktisk blir registrert i klasse 22 av Datarec 7 ikke skulle ha blitt det. Konfidensintervallene er

imidlertid relativt brede, så det er en betydelig grad av usikkerhet rundt disse tallene. I klasse 23 er det slik at Feil A forekommer ofte, mens Feil B ikke forekommer en eneste gang. Det betyr at man kan være relativt trygg på at de kjøretøyene som blir klassifisert i klasse 23 er riktige, men at antallet likevel er for lavt.

Tabell 13 Lengdeklassifisering Datarec 7, oversikt ved klassevis lineær justering

DR7	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	2	0	0	0	0	2	-
21	0	2670	15	1	0	0	2686	0,6 %
22	0	13	93	11	0	0	117	20,5 %
23	0	0	5	177	0	0	182	2,7 %
24	0	0	0	17	34	0	51	33,3 %
25	0	0	0	0	0	0	0	-
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	2,0 %
Feil A	-	0,6 %	17,7 %	14,1 %	0,0 %	-	2,1 %	

Tabell 13 viser lengdeklassifisering etter at alle registrerte kjøretøylengder er justert med en classespesifikk faktor. Rødt skrift betyr at tallene gjelder for Datarec 7, mens blå skrift betyr at tallene gjelder for kjøretøyregisteret. Denne faktoren kan finnes i

Tabell 10. Justeringsfaktoren er kun den gjennomsnittlige relative lengdemålingsfeilen, og den er således ikke forsøkt optimalisert for å oppnå best mulige resultater ved lengdeklassifisering. Resultatene i klasse 22 og klasse 23 blir likevel vesentlig forbedret. Det samme gjelder ikke i klasse 21 og 24, hvor resultatene var gode fra før.

Totalt sett senkes feilraten kun fra 2,7 % til 2,1 % for Feil A, og fra 2,6 % til 2,0 % for Feil B. Grunnen til dette, er at de klassene hvor resultatene forbedres vesentlig har et beskjedent volum.

Tabell 14 Lengdeklassifisering Datarec 7, statistiske mål ved klassevis lineær justering

Klasse	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (DR7)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2686	2670	0,3 %	0,6 %	0,8 %	0,3 %	0,6 %	0,9 %
22	113	117	93	10,7 %	17,7 %	24,7 %	13,2 %	20,5 %	27,8 %
23	206	182	177	9,3 %	14,1 %	18,8 %	0,4 %	2,7 %	5,1 %
24	34	51	34	-	0,0 %	-	20,4 %	33,3 %	46,3 %
25	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Totalt	3038	3036	2974	1,6 %	2,1 %	2,6 %	1,5 %	2,0 %	2,5 %
Ikke vektet snitt				8,1 %			14,3 %		

Tabell 14 viser at forbedringen av lengdeklassifiseringen ved justering av lengdene er statistisk signifikant for både Feil A og Feil B i klasse 22, og for Feil A i klasse 23. Sannsynligheten for feil av disse typene reduseres med 30-45 % i forhold til førsituasjonen.

3.1.2.4 Kjøretøykategori

Tabell 15 Klassifisering etter kjøretøykategori, Datarec 7

DR7		Antall				Feil A [%]			Feil B [%]		
Nr	Klasse navn	N (video)	N (DR7)	Korrekt	Spøkelse	min	p_a	max	min	p_b	max
1	MC	1	1	1	0	-	0,0	-	-	0,0	-
2	Personbil	2079	2675	2075	4	(0,0)	0,2	(0,4)	20,8	22,4	24,0
3	Pb m/henger	43	33	24	0	29,3	44,2	59,0	12,1	27,3	42,5
4	Varebil	664	72	55	0	89,6	91,7	93,8	13,8	23,6	33,4
5	Vb m/henger	32	28	17	0	29,6	46,9	64,2	21,2	39,3	57,4
6	Buss	67	48	48	0	17,6	28,4	39,2	-	0,0	-
71	Liten lastebil	43	52	8	2	69,8	81,4	93,0	74,8	84,6	94,4
72	Lastebil	188	214	178	0	2,1	5,3	8,5	11,8	16,8	21,8
8	Vogntog	126	112	84	0	25,1	33,3	41,6	17,0	25,0	33,0
9	Semitrailer	152	158	120	0	14,6	21,1	27,5	17,4	24,1	30,7
	Totalt	3395	3393	2610	6	21,7	23,1	24,5	21,7	23,1	24,5
	Ikke vektet snitt (eks. MC)					-	39,2	-	-	29,2	-

Nøkkeltall for klassifisering ved kjøretøykategori for Datarec 7 er presentert i Tabell 15. Vi ser at i overkant av 23 % av det totale antall kjøretøy blir klassifisert feil, med et 95 % konfidensintervall mellom 21,7 % og 24,5 %. Resultatene er imidlertid meget skjevt fordelt mellom klassene, spesielt gjelder dette for Feil A.

Varebil, Liten lastebil, Varebil med henger og Personbil med henger har de høyeste feilratene for feil av type A. De høyeste feilratene for feil av type B finnes i klassene Liten lastebil og varebil med henger. Ellers er feil av type B relativt jevnt fordelt mellom klassene.

Eksempel på hvordan man kan forstå tabellen:

Videobildene og kjøretøyregisteret tilsier at 2079 personbiler har passert. Datarec 7 har registrert 2675 personbiler. Av disse 2675 er 2075 korrekte, 596 tilhører en annen klasse og 4 er spøkelseskjøretøyer (finnes ikke eller er del av et annet kjøretøy).

Dette betyr at 0,2 % av kjøretøyene som ifølge referansen tilhører klasse 2 (personbil) ikke ble registrert som personbiler av Datarec 7. Dette er kalt Feil A. 22,4 % av kjøretøyene som Datarec 7 har klassifisert i klasse 2, skulle egentlig vært klassifisert som noe annet. Dette er kalt Feil B.

Et konfidensintervall med signifikansnivå på 95 % for feil av type A i klasse 2 strekker seg fra 0,0 % til 0,4 %. Tallene er anført i parentes i tabellen, fordi kravene for overgang fra binomialfordeling til normalfordeling ikke er tilfredsstillt. Konfidensintervallet for Feil B, derimot, tilfredsstillt disse kravene. Vi kan dermed lese at det er 95 % sannsynlighet for at feilraten av type B er mellom 20,8 % og 24,0 %.

Raden som er kalt "Totalt" er i kolonnene under "Antall" summen av alle klasser. Feilratene og konfidensintervallene for Totalt blir dermed et vektet snitt av de ulike klassene, med hensyn til volumet i hver klasse.

Feilratene i raden som er merket "Ikke vektet snitt" tar ikke hensyn til at det er ulikt antall observasjoner i de forskjellige klassene. De blir dermed rene gjennomsnitt av feilrater for hver klasse. I og med at klasse 2 har det høyeste volumet, blir feilraten for denne klassen meget avgjørende for "Totalt", mens den ikke utgjør mer enn andre klasser for "Ikke vektet snitt". Klasse 1, MC, er utelatt fra det ikke vektete snittet. Årsaken til dette er at det kun er 1 observasjon i denne klassen, og det kan dermed ikke med rette antas at feilraten er noenlunde riktig. I tillegg vil en feilrate med kun 1 observasjon per definisjon innta en ekstremverdi (0 % eller 100 %), og dermed påvirke det totale bildet uforholdsmessig mye.

3.1.3 Datarec Loop Monitor

3.1.3.1 Telling

Datarec Loop Monitor har utført den klart mest presise tellingen, hvor resultatet er perfekt. Det ble ikke observert hverken bortfall eller spøkelseskjøretøy i data fra Datarec Loop Monitor.

3.1.3.2 Lengdemåling

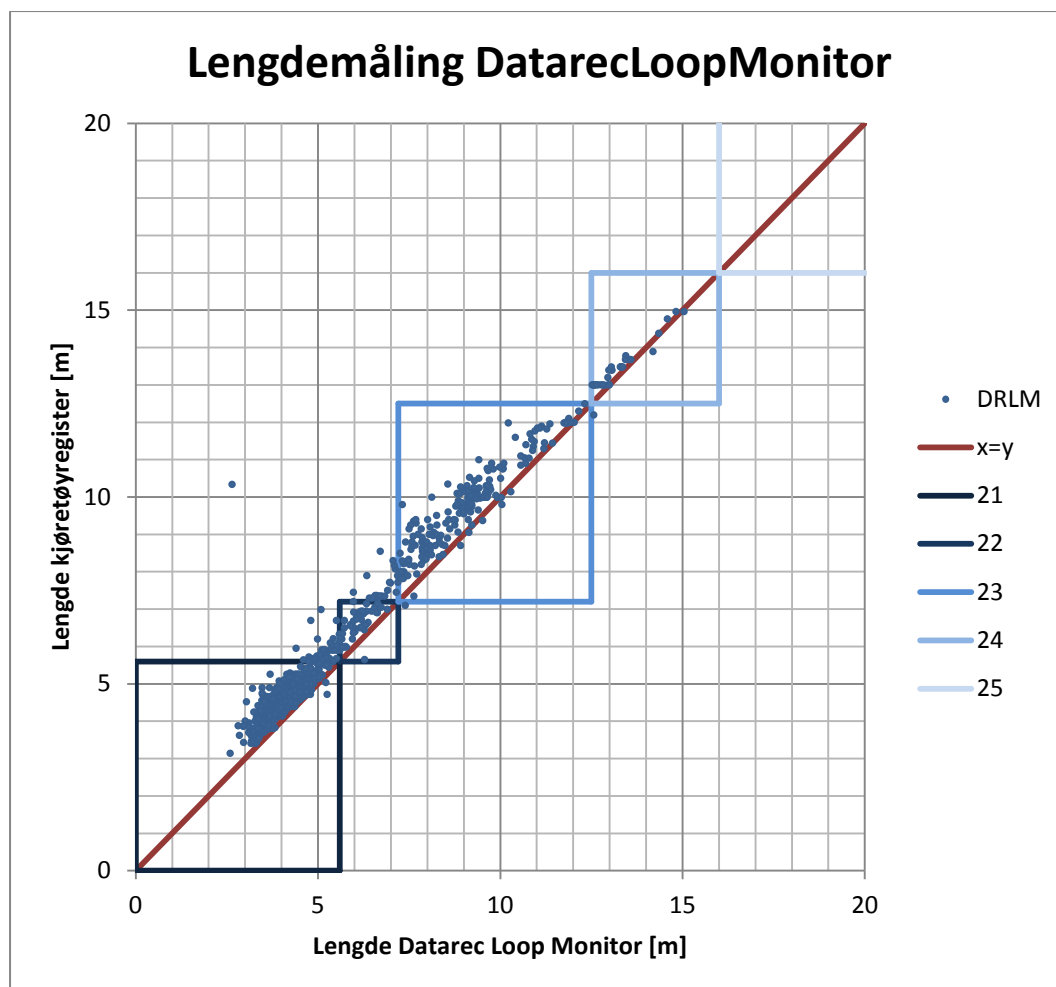
Tabell 16 viser fordelingen av den relative feilen på lengdemålinger utført av Datarec Loop Monitor.

Tabell 16 Relativ lengdefeil Datarec Loop Monitor

Klasse (video)	N (DRLM)	Gjennomsnitt	Median	2,5 % - fraktil	97,5 % - fraktil	Standardavvik
21	2685	-9,4 %	-9,0 %	-17,8 %	-3,7 %	3,6 %
22	113	-9,4 %	-8,9 %	-26,3 %	-0,4 %	6,3 %
23	206	-7,7 %	-6,9 %	-18,5 %	0,9 %	6,7 %
24	34	-1,8 %	-1,6 %	-3,5 %	0,8 %	1,3 %
25	-	-	-	-	-	-
Tot	3038	-9,2 %	-8,9 %	-18,2 %	-2,3 %	4,1 %

I klasse 21-23 (lengde fra 0 – 12,5 meter) blir kjøretøyene generelt registrert med en lengde som er kortere enn hva opplysningene i kjøretøyregisteret tilsier. Den gjennomsnittlige relative lengdefeilen i disse klassene er i størrelsesorden -8 % til -9 %. I klasse 21 har 95 % av målingene en lengdefeil innenfor intervallet – 17,8 % til -3,7 %. I klasse 22 og 23 er spredningen enda større.

Kjøretøyene i klasse 24 blir målt med vesentlig større presisjon. Både gjennomsnittlig relativ lengdefeil og spredningen av denne er langt lavere enn i de øvrige klassene. Som nevnt under 0 kan dette ha sammenheng med at samtlige kjøretøy med lengde over 12 meter i dette datasettet er busser.

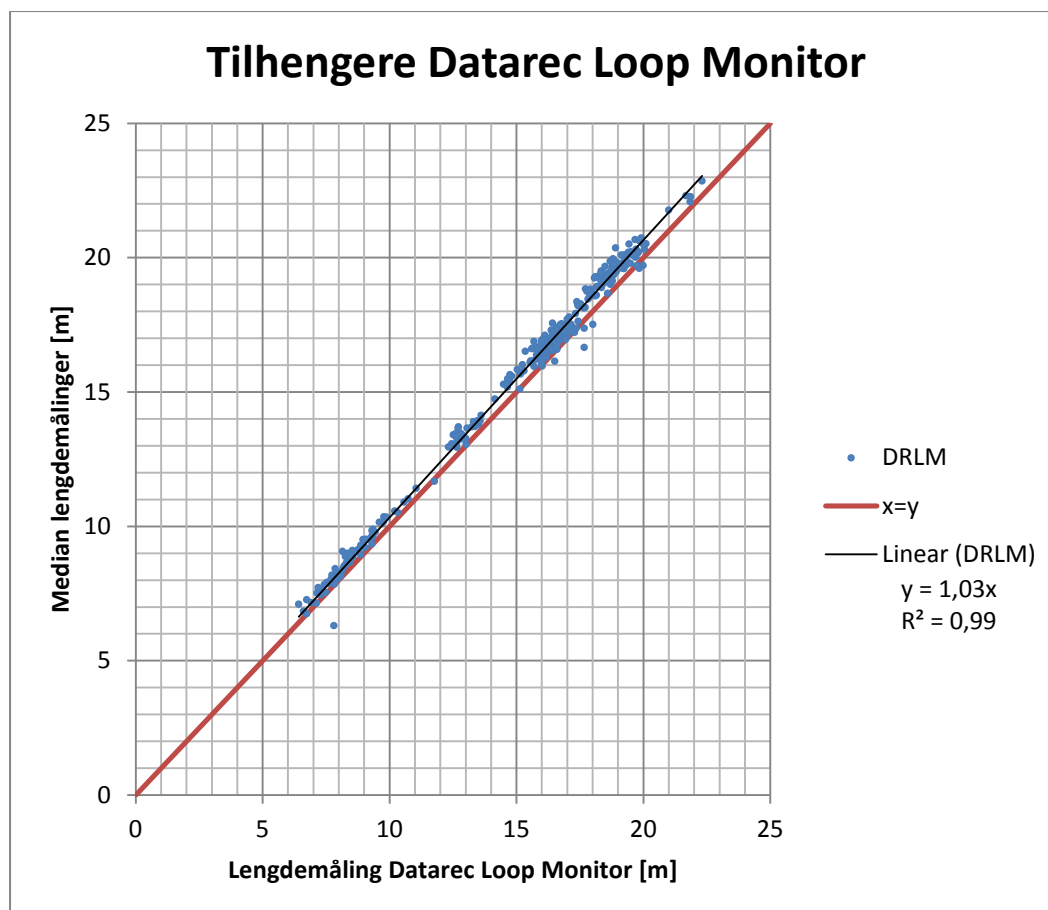


Figur 30 Lengdemåling Datarec Loop Monitor

Figur 30 viser sammenhengen mellom målt lengde og faktisk lengde for Datarec Loop Monitor. Den røde diagonale linjen har likningen $x=y$. Et sett med perfekte målinger ville således bestått av punkter langs denne linjen. De blå linjene viser de øvre grensene for lengdeklassene som er indikert i legend.

Punkter som ligger over og til venstre for den røde linjen viser målinger hvor måleutstyret har anslått en lengde som er kortere enn det som er oppført i kjøretøyregisteret. Motsatt betyr punkter som ligger under og til høyre for den røde linjen at kjøretøyene har fått registrert en lengde som overskrider lengden i kjøretøyregisteret.

Mønsteret minner om det som fremkom av Figur 28 (for Datarec 7). Nesten samtlige kjøretøy under 12 meter blir registrert med en lengde som er kortere enn det som er oppført i kjøretøyregisteret. Ved 12 meter er det et skarpt skille, og de lengste kjøretøyene (busser) er målt med langt høyere presisjon enn de kortere kjøretøyene.



Figur 31 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, Datarec Loop Monitor

Lengdemålingene for kjøretøy med tilhenger gir relativt god sammenheng mellom Datarec Loop Monitor sine registreringer og medianen for alle utstyrstypene. Datarec Loop Monitor registrerer kjøretøyene om lag 3 % kortere enn medianen. Det er ingen avvik som er meget store.

3.1.3.3 Lengdeklassifisering

Tabell 17 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, oversikt

DRLM	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	0	0	0	0	0	0	-
21	0	2685	47	1	0	0	2733	1,8 %
22	0	0	65	33	0	0	98	33,7 %
23	0	0	1	171	1	0	173	1,2 %
24	0	0	0	1	33	0	34	2,9 %
25	0	0	0	0	0	0	0	-
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	2,8 %
Feil A	-	0,0 %	42,5 %	17,0 %	2,9 %	-	2,8 %	

Tabell 17 viser lengdeklassifisering ved Datarec Loop Monitor, sammenlignet med referansen. Rød skrift betyr at tallene tilhører Datarec Loop Monitor, blå skrift betyr at tallene tilhører kjøretøyregisteret. I og med at kjøretøyene i klasse 21 til 23 blir målt for kort, blir mange kjøretøy klassifisert i en lengdeklasse som er for lav. Dette fører til at andel tunge kjøretøy blir underestimert. Resultatene for klasse 22 og 23 er preget av spesielt store avvik.

Tabell 18 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, statistiske mål

	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (DRLM)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2733	2685	-	0,0 %	-	1,3 %	1,8 %	2,2 %
22	113	98	65	33,4 %	42,5 %	51,6 %	24,3 %	33,7 %	43,0 %
23	206	173	171	11,9 %	17,0 %	22,1 %	(-0,4 %)	1,2 %	(2,7 %)
24	34	34	33	(-2,7 %)	2,9 %	(8,6 %)	(-2,7 %)	2,9 %	(8,6 %)
25	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Totalt	3038	3038	2954	2,2 %	2,8 %	3,3 %	2,2 %	2,8 %	3,3 %
Ikke vektet snitt					15,6 %			9,9 %	

I Tabell 18 er nøkkeltallene for lengdeklassifisering med Datarec Loop Monitor presentert. Andel lette kjøretøy overestimeres, andel tunge kjøretøy underestimeres.

Tabell 19 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, oversikt ved klassevis lineær justering

DRLM	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	0	0	0	0	0	0	-
21	0	2675	13	1	0	0	2689	0,5 %
22	0	10	95	2	0	0	107	11,2 %
23	0	0	5	186	0	0	191	2,6 %
24	0	0	0	17	34	0	51	33,3 %
25	0	0	0	0	0	0	0	-
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	1,6 %
Feil A	-	0,4 %	15,9 %	9,7 %	0,0 %	-	1,6 %	

Ved å justere alle kjøretøylengdene med en classespesifikk faktor, kan lengdeklassifiseringen også for Datarec Loop Monitor forbedres vesentlig. Forbedringen er mest tydelig i klasse 22, men også i klasse 23 oppnås en klar forbedring. Dette utgjør imidlertid ikke så mye for de totale feilratene, i og med at volumet i de mest berørte klassene er beskjedent.

Tabell 20 Lengdeklassifisering Datarec Loop Monitor, statistiske mål ved klassevis lineær justering

Klasse	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (DRLM)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2689	2675	0,1 %	0,4 %	0,6 %	0,2 %	0,5 %	0,8 %
22	113	107	95	9,2 %	15,9 %	22,7 %	5,2 %	11,2 %	17,2 %
23	206	191	186	5,7 %	9,7 %	13,8 %	0,4 %	2,6 %	4,9 %
24	34	51	34	-	0,0 %	-	20,4 %	33,3 %	46,3 %
25	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Totalt	3038	3038	2990	1,1 %	1,6 %	2,0 %	1,1 %	1,6 %	2,0 %
Ikke vektet snitt				6,5 %			11,9 %		

Tabell 20 viser at forbedringen i lengdeklassifisering ved innføring av justeringsfaktorer er statistisk signifikant for Feil A og Feil B i klasse 22, og for Feil A i klasse 23. Dette gjelder også for de totale feilratene, både Feil A og Feil B.

3.1.3.4 Kjøretøykategori

Tabell 21 Klassifisering etter kjøretøykategori, Datarec Loop Monitor

DR Loop Monitor		Antall				Feil A [%]			Feil B [%]		
Nr	Klasse navn	N (video)	N (DRLM)	Korrekt	Spøkelse	min	p_a	max	min	p_b	max
	MC	1	1	1	0	-	0,0	-	-	0,0	-
	Personbil	2079	2362	2015	0	2,3	3,1	3,8	13,3	14,7	16,1
	Pb m/henger	43	29	19	0	41,0	55,8	70,7	17,2	34,5	51,8
	Varebil	664	373	289	0	52,7	56,5	60,2	18,3	22,5	26,8
	Vb m/henger	32	37	18	0	26,6	43,8	60,9	35,2	51,4	67,5
	Buss	67	49	48	0	17,6	28,4	39,2	(-1,9)	2,0	(6,0)
	Liten lastebil	43	73	11	0	61,4	74,4	87,5	76,7	84,9	93,1
	Lastebil	188	197	163	0	8,4	13,3	18,2	12,0	17,3	22,5
	Vogntog	126	190	109	0	7,5	13,5	19,5	35,6	42,6	49,7
	Semitrailer	152	84	66	0	48,7	56,6	64,5	12,7	21,4	30,2
	Totalt	3395	3395	2739	0	18,0	19,3	20,7	18,0	19,3	20,7
	Ikke vektet snitt (eks. MC)					-	38,4	-	-	32,4	-

Tabell 21 inneholder nøkkeltall for klassifisering ved hjelp av gjenkjenning av induktiv signatur for Datarec Loop Monitor. Over 80 % av kjøretøyene blir klassifisert riktig. Dette skyldes en relativt sett lav feilrate i klassen Personbil, som har det største volumet. For de andre klassene er feilraten til dels vesentlig høyere. Klassene Liten lastebil, Semitrailer, Varebil, Personbil med henger og Varebil med henger har høyest feilrate ved Feil A. Liten lastebil, Varebil med henger, Vogntog og Personbil med henger har høyest feilrate ved Feil B.

Datarec Loop Monitor foreslår 73 tilfeller av Liten lastebil, hvorav kun 11 er korrekte. Riktig antall skulle vært 43. Det er også lett å legge merke til at mange semitrailere blir klassifisert som vogntog. Dette fører til at klassen Semitrailer har en høy feilrate for Feil A, mens Vogntog får en høy feilrate for Feil B.

3.1.4 FMA

3.1.4.1 Telling

FMA har mer bortfall enn de to enhetene fra AADI. Ett tilfelle er enkelt å forklare, de andre er mer uforståelige.



Figur 32 Kjøretøy med kort luke til forankjørende (ikke registrert av FMA)

På bildet til venstre i Figur 32 ser vi at personbilen er skjult bak en lastebil med tilhenger. På bildet til høyre ser vi at høyre bakskjerm på tilhengeren forsvinner ut av bildekanten, og en personbil er så vidt synlig bak. Personbilen ble ikke registrert av FMA.



Figur 33 Kjøretøy som ikke blir registrert av FMA, uten åpenbar grunn

Personbilen midt i bildet ble ikke registrert av FMA, til tross for vanlig hastighet, størrelse og luke. Dette eksempelet er typisk for de 8 tilfellene av bortfall som det er vanskelig å forklare årsaken til.

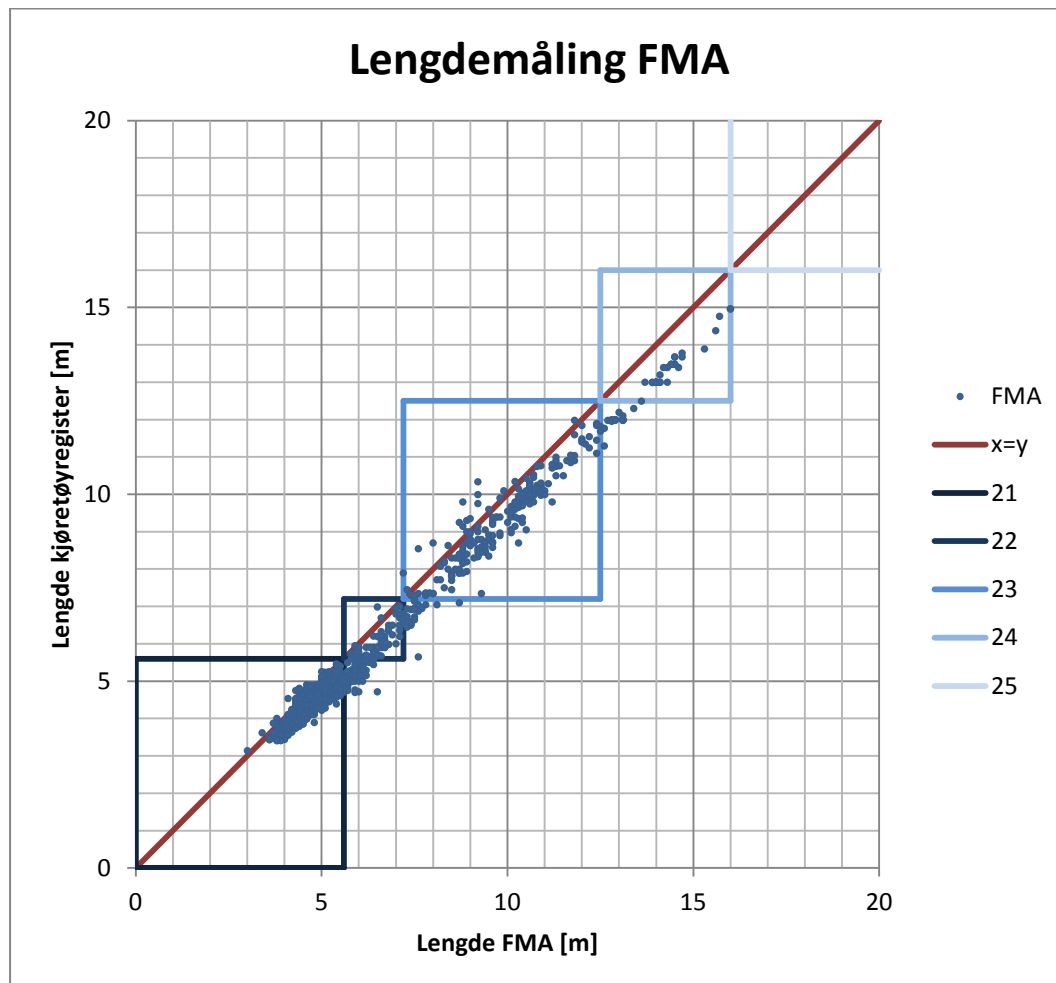
Totalt sett gir dette 9 tilfeller av bortfall, eller 0,3 % av totalt antall kjøretøy.

3.1.4.2 Lengdemåling

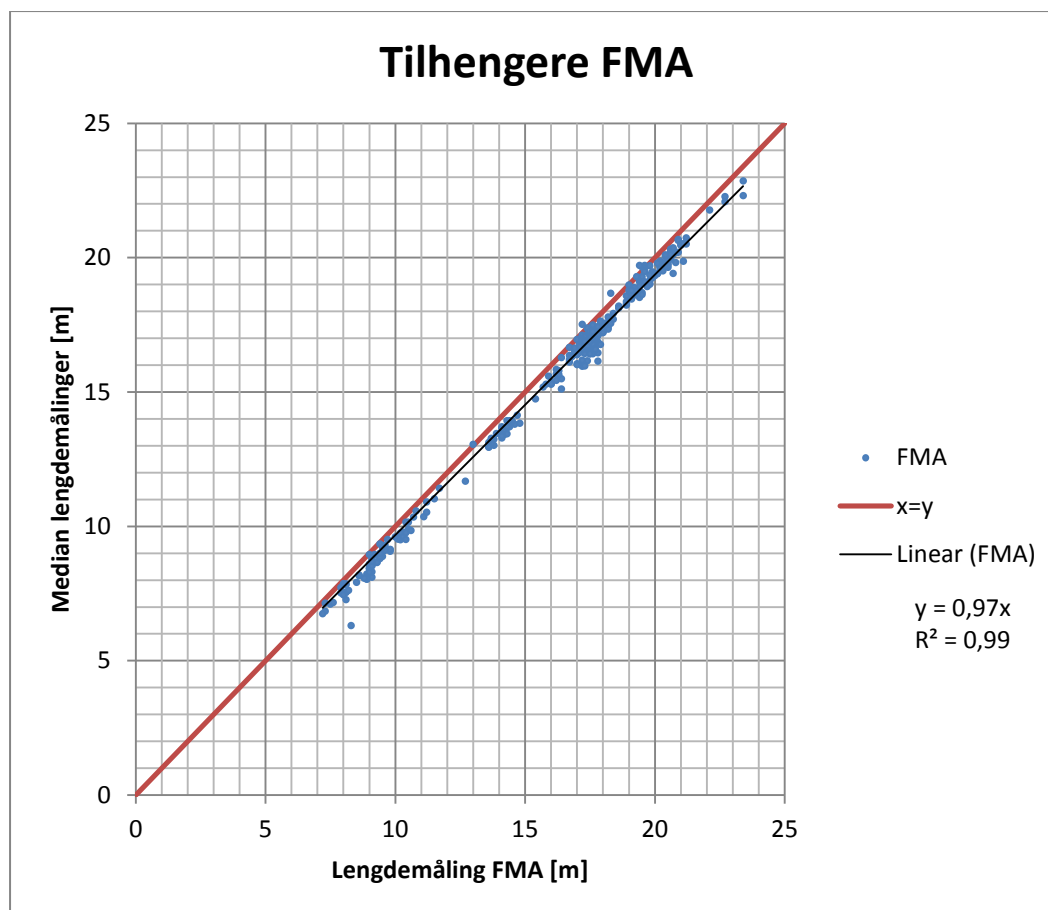
Tabell 22 Relativ lengdefeil FMA

Klasse (video)	N (FMA)	Gjennomsnitt	Median	2,5 %-fraktil	97,5 %-fraktil	Standardavvik
21	2677	7,6 %	7,2 %	-0,4 %	15,9 %	4,1 %
22	113	8,4 %	8,8 %	-1,6 %	17,8 %	6,4 %
23	206	5,6 %	6,2 %	-7,7 %	12,4 %	4,6 %
24	34	7,4 %	7,6 %	5,9 %	10,0 %	1,1 %
25	-	-	-	-	-	-
Tot	3030	7,5 %	7,2 %	-0,9 %	15,9 %	4,2 %

Tabell 22 viser fordelingen av de relative lengdefeilene fra målinger med FMA. Tallene viser at lengdemålingene generelt er for lange i forhold til oppføringene i kjøretøyregisteret, med en gjennomsnittlig margin på 5,6 % til 8,4 % i de ulike klassene. Det er interessant å se at det ikke er noe skarpt skille mellom klasse 24 og de øvrige klassene for FMA, slik tilfellet var for Datarec 7 og Datarec Loop Monitor. Spredningen er vesentlig lavere i klasse 24, men den gjennomsnittlige relative lengdefeilen er i samme område som resten av registreringene. Totalt har 95 % av målingene en relativ lengdefeil på mellom -0,9 % og 15,9 %. Spredningen er dermed i samme størrelsesorden som for Datarec 7 og Datarec Loop Monitor, men fortegnet på avvikene er motsatt. Figur 34 viser lengde registrert av FMA på x-aksen, og lengde oppført i kjøretøyregisteret på y-aksen.



Figur 34 Lengdemåling FMA



Figur 35 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, FMA

Figur 35 viser at FMA registrerer kjøretøy med tilhengere med en lengde som er noe høyere enn medianen for alle registreringsutstyr for hvert kjøretøy. Det er ingen avvik som er særdeles store.

3.1.4.3 Lengdeklassifisering

Tabell 23 viser en oversikt over resultatene for lengdeklassifisering for FMA. Rødt skrift indikerer at tallene gjelder for FMA, mens blå skrift indikerer at tallene gjelder for referansen, altså kjøretøyregisteret.

Tabell 23 Lengdeklassifisering FMA, oversikt

FMA	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	8	0	0	0	0	8	-
21	0	2463	1	0	0	0	2464	0,0 %
22	0	214	93	1	0	0	308	69,8 %
23	0	0	19	183	0	0	202	9,4 %
24	0	0	0	22	32	0	54	40,7 %
25	0	0	0	0	2	0	2	100,0 %
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	8,5 %
Feil A	-	8,3 %	17,7 %	11,2 %	5,9 %	-	8,8 %	

I og med at majoriteten av kjøretøyene i alle klasser blir registrert med en lengde som overskrider den faktiske lengden, blir mange kjøretøy tilordnet en lengdeklasse som er høyere enn kjøretøyregisteret tilsier. Tabell 23 viser en oversikt over resultatene for lengdeklassifisering for FMA. Rød skrift indikerer klassifisering utført av FMA, mens blå skrift viser referansens klassifisering.

Det å overestimere kjøretøylengder slår meget uheldig ut med det gjeldende systemet for lengdeklasser. Dette har sammenheng med at volumet i den laveste klassen er stort, og at potensialet for feilklassifisering oppover i klassesystemet dermed også er stort. Spesielt uheldig slår dette ut i klasse 22. Det korrekte antall kjøretøy i denne klassen er 113. FMA har registrert 308 kjøretøy. Av disse 308, er det kun 93 som er korrekte.

Tabell 24 Lengdeklassifisering FMA, statistiske mål

	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (FMA)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2464	2463	7,2 %	8,3 %	9,3 %	(0,0 %)	0,0 %	(0,1 %)
22	113	308	93	10,7 %	17,7 %	24,7 %	64,7 %	69,8 %	74,9 %
23	206	202	183	6,9 %	11,2 %	15,5 %	5,4 %	9,4 %	13,4 %
24	34	54	32	(-2,0 %)	5,9 %	(13,8 %)	27,6 %	40,7 %	53,8 %
25	0	2	0	-	-	-	-	100,0 %	-
Totalt	3038	3030	2771	7,8 %	8,8 %	9,8 %	7,6 %	8,5 %	9,5 %
Ikke vektet snitt					10,8 %			30,0 %	

Tabell 24 viser andel Feil A og Feil B, i tillegg til konfidensintervaller på 95 %-nivå for disse. Det er tydelig at dette ikke representerer virkeligheten på en god måte. Data fra kjøretøyregisteret tilsier at andel tunge kjøretøy etter lengdeklassifisering er 11,6 %. Tilsvarende tall for FMA er 18,7 %. Dette er et avvik som må sies å være vesentlig. Det må imidlertid nevnes at utslagene ville vært mindre dersom man også kunne lengdeklassifisere kjøretøy med tilhenger. Andel tunge kjøretøy i dette datasettet er eksklusive semitrailere og vogntog.

Tabell 25 Lengdeklassifisering FMA, oversikt ved klassevis lineær justering

FMA	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	8	0	0	0	0	8	-
21	0	2652	13	0	0	0	2665	0,5 %
22	0	25	95	3	0	0	123	22,8 %
23	0	0	5	203	0	0	208	2,4 %
24	0	0	0	0	34	0	34	0,0 %
25	0	0	0	0	0	0	0	-
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	1,5 %
Feil A	-	1,2 %	15,9 %	1,5 %	0,0 %	-	1,8 %	

Ved hjelp av en enkel justering av de målte lengdene, kan lengdeklassifiseringen forbedres, som vist i Tabell 25. Dette gir et mer riktig bilde av trafikkenes faktiske sammensetning enn det som fremkom av Tabell 23.

Tabell 26 Lengdeklassifisering FMA, statistiske mål ved klassevis lineær justering

Klasse	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (FMA)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2665	2652	0,8 %	1,2 %	1,6 %	0,2 %	0,5 %	0,8 %
22	113	123	95	9,2 %	15,9 %	22,7 %	15,4 %	22,8 %	30,2 %
23	206	208	203	(-0,2 %)	1,5 %	(3,1 %)	0,3 %	2,4 %	4,5 %
24	34	34	34	-	0,0 %	-	-	0,0 %	-
25	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Totalt	3038	3030	2984	1,3 %	1,8 %	2,2 %	1,1 %	1,5 %	2,0 %
Ikke vektet snitt				4,7 %			6,4 %		

Vi ser i Tabell 26 at de totale feilratene er redusert med om lag 80 % (ikke prosentpoeng). Denne endringen er statistisk signifikant. Andel tunge kjøretøy i datasettet er nå redusert fra 18,7 % til 12,0 %. Riktig tall er 11,6 %. Det er viktig å merke seg at dette datasettet for lengdeklassifisering ikke inkluderer semitrailere og vogntog, i mangel på referanselengde for disse kjøretøygruppene.

3.1.4.4 Kjøretøykategori

Av de 3395 kjøretøyene som kunne identifiseres ved hjelp av nummerskiltregistrering, registrerte FMA 3387. Det var med andre ord 8 tilfeller av bortfall, men ingen spøkelseskjøretøy.

Tabell 27 Klassifisering etter kjøretøykategori, FMA

FMA		Antall				Feil A			Feil B			
Nr	Klasse navn	N (video)	N (FMA)	Korrekt	Spøkelse	min	p_a	max	min	p_b	max	
1	MC/moped	1	1	1	0	-	0,0	-	-	0,0	-	
2	Bil	2079	2509	2052	0	0,8	1,3	1,8	16,7	18,2	19,7	
3	Bil m/henger	43	75	41	0	(-1,6)	4,7	(10,9)	34,1	45,3	56,6	
4	Varebil	664	248	194	0	67,3	70,8	74,2	16,6	21,8	26,9	
5	Vb m/henger	32	5	0	0	-	100,0	-	-	100,0	-	
6	Buss	67	84	48	0	17,6	28,4	39,2	32,3	42,9	53,4	
7	Lastebil/T.v.	231	179	159	0	25,2	31,2	37,1	6,6	11,2	15,8	
8	Vogntog	126	116	115	0	7,5	13,5	19,5	(-0,8)	0,9	(2,6)	
9	Semitrailer	152	170	147	0	0,5	3,3	6,1	8,4	13,5	18,7	
10	Annet		0	0	0	-	-	-	-	-	-	
11	Gigaliner					-	-	-	-	-	-	
Totalt		3395	3387	2757	0	17,7	19,0	20,3	17,3	18,6	19,9	
Ikke vektet snitt							-	31,6	-	-	31,7	-

Tabell 27 presenterer nøkkeltall for klassifisering av kjøretøy ved hjelp av signaturgjenkjenning for FMA. Over 80 % av kjøretøyene blir korrekt klassifisert, det vil altså si at feilraten for Feil A og Feil B totalt sett er under 20 %. Dette er imidlertid meget skjevt fordelt mellom klassene. For feil av type A er klasse 5 Varebil og 4 Varebil med henger de mest problematiske klassene, fulgt av klasse 7 Lastebil og trekkvogn og 6 Buss. For feil av type B er klasse 5 Varebil med henger, 3 Bil med henger og 6 Buss de klassene som har høyest feilrate. FMA registrerte 6 tilfeller av klasse 11 Gigaliner

(modulvogntog). Jeg har ikke hatt mulighet til å sjekke om dette stemmer, og har derfor inkludert disse 6 tilfellene i klasse 8 vogntog.

3.1.5 Profiler

3.1.5.1 Telling

Profiler har 18 tilfeller av bortfall i løpet av analyseperioden. Dette tilsvarer 0,5 % av totalt antall kjøretøy. Samtlige bortfall gjelder tunge kjøretøy, kjøretøy med tilhenger eller kjøretøy som følger etter tunge kjøretøy. Bortfall av kjøretøy som følger etter tunge kjøretøy ser ikke ut til å være avhengig av luken.



Figur 36 Eksempel telling 1, Profiler

Figur 36 viser to situasjoner som oppstod ved registrering med Profiler. På bildet til venstre blir hverken semitraileren til høyre i bildet eller personbilen midt i bildet (Audi) registrert. På bildet til høyre blir begge de to tunge kjøretøyene registrert.



Figur 37 Eksempel telling 2, Profiler

Figur 37 viser de påfølgende kjøretøyene etter de tunge kjøretøyene på bildet til høyre i Figur 36. Bakhjulene som er vist i bildet til venstre i Figur 37 tilhører den blå lastebilen i Figur 36. Semitraileren som kommer etter denne blir ikke registrert, til tross for lang luke og normal hastighet. Deretter blir heller ikke den grønne lastebilen eller den gule varebilen registrert. Det er uklart nøyaktig hvorfor dette skjer, men det kan (som tidligere nevnt) være grunn til å anta at dette skjer i perioder med mange tunge kjøretøy på kort tid. Dette kan være meget uheldig, i og med at tungetrafikken ofte er av særlig interesse.



Figur 38 Eksempel telling 3, Profiler

Figur 38 viser en Opel personbil med tilhenger, fulgt av en Ford personbil. Tilhengeren på dette bildet blir tolket som MC av Profiler. Det blir dermed registrert ett kjøretøy ekstra (spøkelseskjøretøy). Farten var omkring 35 km/t og luken var under 0,6 sekunder.

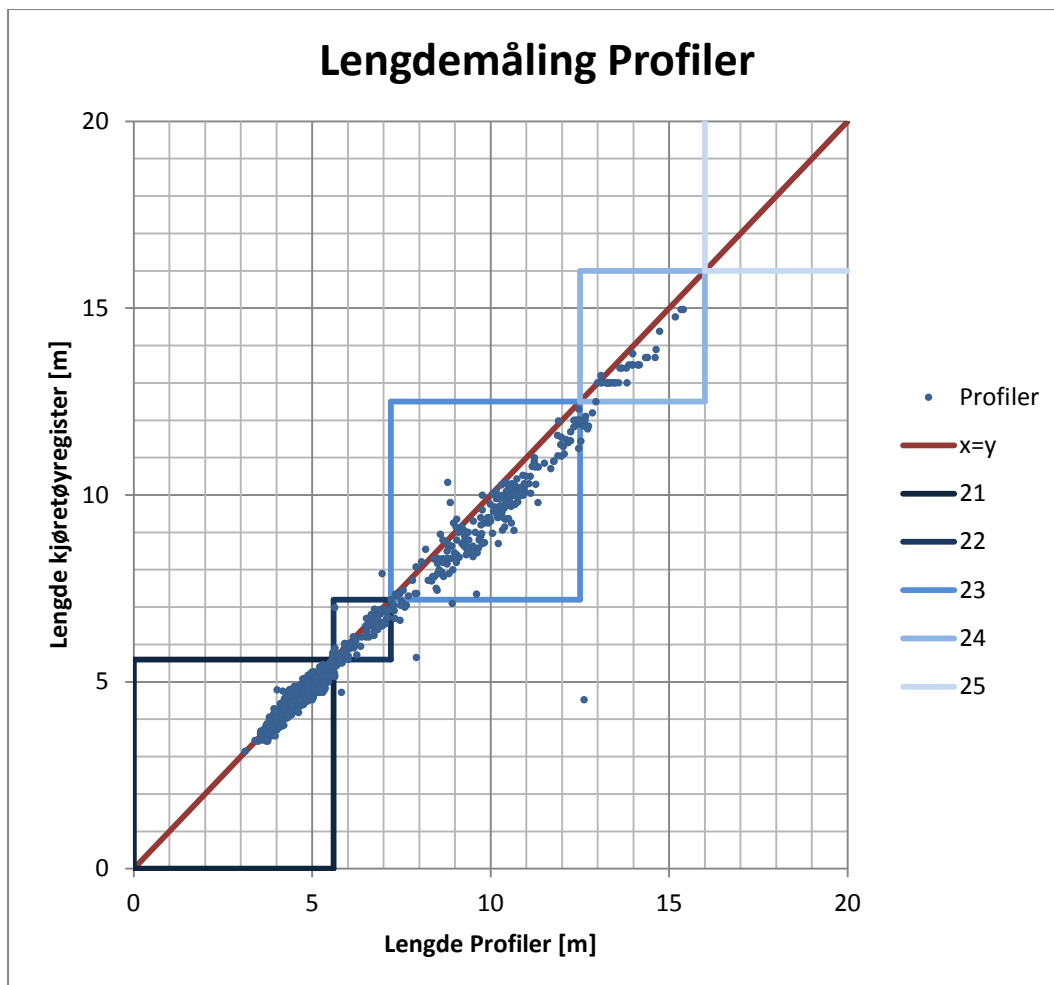
3.1.5.2 Lengdemåling

Tabell 28 viser fordelingen av den relative lengdefeilen for målinger utført av Profiler.

Tabell 28 Relativ lengdefeil Profiler

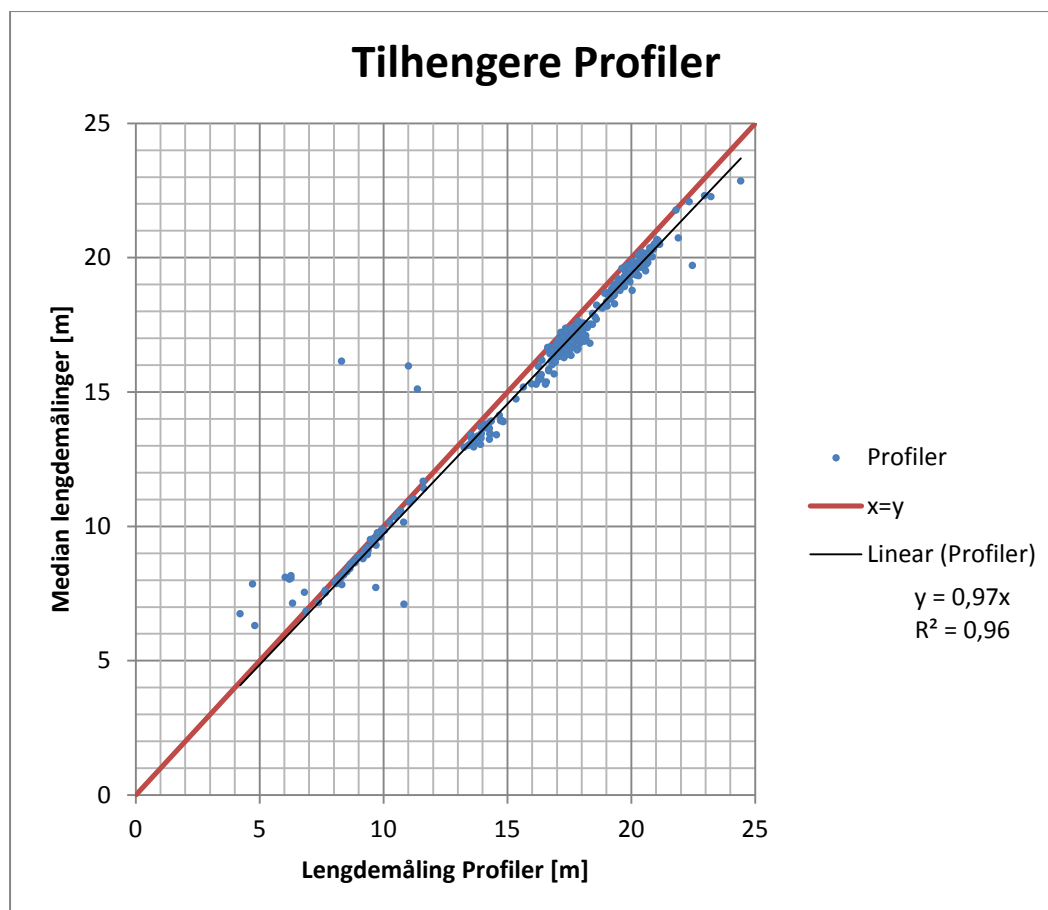
Klasse (video)	N (Profiler)	Gjennomsnitt	Median	2,5 % - fraktil	97,5 %-fraktil	Standardavvik
21	2679	1,8 %	1,7 %	-4,9 %	7,5 %	13,3 %
22	112	3,1 %	2,3 %	-3,7 %	16,7 %	7,2 %
23	203	5,8 %	6,2 %	-3,2 %	13,8 %	4,4 %
24	34	3,1 %	2,9 %	-0,2 %	6,4 %	1,7 %
25	-	-	-	-	-	-
Totalt	3028	2,2 %	1,9 %	-4,9 %	8,7 %	12,7 %

Profiler har vesentlig mindre gjennomsnittlig lengdefeil enn de andre registreringsutstyrene. Totalt er den gjennomsnittlige relative lengdefeilen på 2,2 % (målingene er med andre ord litt for lange). 95 % av målingene er innenfor intervallet -4,9 % til 8,7 %. Dette er også den laveste spredningen blant utstyrstypene som er med i denne analysen. Vi ser likevel at standardavviket til de relative lengdefeilene er vesentlig høyere enn for Datarec 7, Datarec Loop Monitor og FMA. Dette skyldes at et par store feil gir stort standardavvik. Hovedsakelig gjelder dette ett tilfelle hvor et kjøretøy på 4,37 m blir målt til 32,54 m, og ett tilfelle hvor et kjøretøy på 4,52 m blir målt til 12,62 m. Førstnevnte tilfelle vises ikke i Figur 39. Dersom disse to registreringene fjernes, blir standardavviket på 3,7 %, i stedet for 12,7 %.



Figur 39 Lengdemåling Profiler

Figur 39 viser sammenhengen mellom målt lengde (Profiler) og faktisk lengde (oppført i kjøretøyregisteret). Vi ser at Profiler treffer bra på lengdemålene i klasse 21 og 22, med gjennomsnittlig relativ lengdefeil på henholdsvis 1,8 % og 3,1 %. I klasse 23 er feilen omtrent det dobbelte, altså 5,8 %. I likhet med de andre registreringsutstyrene er lengdemålingene for kjøretøy i klasse 24 (utelukkende busser i dette datamaterialet) preget av godt gjennomsnitt og lav spredning.



Figur 40 Lengdemåling, kjøretøy med tilhengere, Profiler

Figur 40 viser sammenhengen medianen for lengdemåling av kjøretøy med tilhenger fra alle utstyr på y-aksen, og lengdemålinger fra Profiler på x-aksen. Det er en rekke store avvik. Dette tyder på at Profiler ikke utfører gode lengdemålinger når det gjelder kjøretøy med tilhenger. Dette bør undersøkes nærmere, selv om det ikke er funnet plass til det i denne oppgaven.

3.1.5.3 Lengdeklassifisering

Tabell 29 Lengdeklassifisering Profiler, oversikt

Profiler	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	6	1	3	0	0	10	-
21	0	2663	5	0	0	0	2668	0,2 %
22	0	14	98	1	0	0	113	13,3 %
23	0	0	9	192	0	0	201	4,5 %
24	0	1	0	10	34	0	45	24,4 %
25	0	1	0	0	0	0	1	100,0 %
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	1,4 %
Feil A	-	0,8 %	13,3 %	6,8 %	0,0 %	-	1,7 %	

Tabell 29 viser registrert lengdeklasse fra Profiler, mot registrert lengdeklasse i kjøretøyregisteret. Sammenlignet med andre registreringsutstyr i denne analysen, gir Profiler en meget god lengdeklassifisering.

Tabell 30 Lengdeklassifisering Profiler, statistiske mål

	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (Profiler)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2668	2663	0,5 %	0,8 %	1,2 %	0,0 %	0,2 %	0,4 %
22	113	113	98	7,0 %	13,3 %	19,5 %	7,0 %	13,3 %	19,5 %
23	206	201	192	3,4 %	6,8 %	10,2 %	1,6 %	4,5 %	7,3 %
24	34	45	34	-	0,0 %	-	11,9 %	24,4 %	37,0 %
25	0	1	0	-	-	-	-	100,0 %	-
Totalt	3038	3028	2987	1,2 %	1,7 %	2,1 %	0,9 %	1,4 %	1,8 %
Ikke vektet snitt				5,2 %			10,6 %		

Klasse 22 er åpenbart en vanskelig klasse også for Profiler, som vist i Tabell 30. Det totale antall som er registrert i denne klassen er helt korrekt (113 kjøretøy), men kun 98 av dem er riktige. Vi ser også at antallet i klasse 24 er overestimert.

Tabell 31 Lengdeklassifisering Profiler, oversikt ved klassevis lineær justering

Profiler	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	6	1	3	0	0	10	-
21	0	2673	11	0	0	0	2684	0,4 %
22	0	4	97	3	0	0	104	6,7 %
23	0	1	4	200	0	0	205	2,4 %
24	0	0	0	0	34	0	34	0,0 %
25	0	1	0	0	0	0	1	100,0 %
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	0,8 %
Feil A	-	0,4 %	14,2 %	2,9 %	0,0 %	-	1,1 %	

Tabell 31 viser at Profiler med en enkel justering av kjøretøylengdene kan oppnå 97 % til 100 % korrekt lengdeklassifisering for alle klasser og begge feiltyper, unntatt klasse 22. Den totale treffraten er da på omtrent 99 %.

Tabell 32 Lengdeklassifisering Profiler, statistiske mål ved klassevis lineær justering

Klasse	N (video)	Antall		Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
		N (Profiler)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2684	2673	0,2 %	0,4 %	0,7 %	0,2 %	0,4 %	0,7 %
22	113	104	97	7,7 %	14,2 %	20,6 %	1,9 %	6,7 %	11,5 %
23	206	205	200	0,6 %	2,9 %	5,2 %	0,3 %	2,4 %	4,6 %
24	34	34	34	-	0,0 %	-	-	0,0 %	-
25	0	1	0	-	-	-	-	-	-
Totalt	3038	3028	3004	0,7 %	1,1 %	1,5 %	0,5 %	0,8 %	1,1 %
Ikke vektet snitt				4,4 %			2,4 %		

Som vi ser av Tabell 32, estimeres antall lette kjøretøy med en feil margin på 1 av 2685 kjøretøy på bakgrunn av justerte lengder fra Profiler. Antall tunge kjøretøy er underestimert med en margin på 9 av 353 tunge kjøretøy. Med unntak av klasse 22, er feilratene for både Feil A og Feil B svært lave.

3.1.5.4 Kjøretøykategori

Tabell 33 viser resultatene for klassifisering etter kjøretøykategori for Profiler.

Tabell 33 Klassifisering etter kjøretøykategori, Profiler

Nr	Profiler Klasse navn	Antall				Feil A [%]			Feil B [%]		
		N (video)	N (Prof.)	Korrekt	Spøkelser	min	p_a	max	min	p_b	max
1	Motorbikes	1	1	1	1	-	0,0	-	-	0,0	-
2	Cars	2079	2414	2039	0	1,3	1,9	2,5	14,1	15,5	17,0
3	Cars + trailer	43	58	35	0	7,0	18,6	30,2	27,1	39,7	52,2
4	Heavy van	664	347	282	0	53,8	57,5	61,3	14,6	18,7	22,8
5	Light goods					-	-	-	-	-	-
6	Rigid	231	190	179	0	17,1	22,5	27,9	2,5	5,8	9,1
7	Rigid + trailer	126	80	43	0	57,6	65,9	74,2	35,3	46,3	57,2
8	Artic	152	170	122	0	13,4	19,7	26,1	21,5	28,2	35,0
9	Small bus					-	-	-	-	-	-
10	Bus	67	31	28	0	46,4	58,2	70,0	-0,7	9,7	20,1
11	Van + trailer	32	13	8	0	60,0	75,0	90,0	12,0	38,5	64,9
12	Other	0	78	0	0	-	-	-	-	100,0	100,0
13	Gigaliners					-	-	-	-	-	-
Totalt		3395	3382	2737	1	18,1	19,4	20,7	17,7	19,1	20,4
Ikke vektet snitt						-	39,9	-	-	25,3	-

Det er i analysen gjort noen modifikasjoner i klassifiseringsskjemaet, i forhold til det som i utgangspunktet var lagt inn i Profiler. Klasse 4 og klasse 5 er slått sammen til en klasse, som skal dekke det som tilsvarer klassen "varebil" hos de andre utstyrstypene. Klasse 9 og klasse 10 er slått sammen til en felles klasse for buss. I tillegg er klasse 13 (modulvogntog) inkludert i klasse 7 (vogntog). Beskrivelsen av klassene i klassifiseringsskjemaet for Profiler ble kjent etter at analysene

for de andre utstyrstypene var ferdig utført. Det ville derfor medført mye ekstra arbeid sent i arbeidsprosessen å utforme et system som var spesielt tilpasset Profiler. Ellers kan det nevnes at klasse 6 (Artic) er tolket som semitrailer.

Vi ser at andel Feil A for andre klasser enn personbil varierer mellom omkring 20 % til 75 %. Tilsvarende varierer andel Feil B mellom omkring 5 % og 45 % (ikke inkludert klasse 12, "Other"). Sammenliknet med de andre utstyrstypene ser vi at resultatene er særlig svake i vogntogklassen, klasse 7: Den høye andelen Feil A skyldes at 77 av de 78 kjøretøyene i klasse 12 (Other) skulle vært klassifisert som vogntog. Den høye andelen Feil B skyldes at 27 semitrailere ble klassifisert som vogntog. Profiler hadde også vanskeligheter med å skille mellom buss og semitrailer (24 busser ble klassifisert som semitrailer).

3.1.6 STMS

3.1.6.1 Telling

Det er totalt 62 tilfeller av bortfall i data fra STMS i løpet av analyseperioden. Av disse er det 38 personbiler, 13 varebiler, 2 tunge kjøretøy og 9 uklassifiserte. Det ser med andre ord ikke ut til å være et klart mønster i hvilke kjøretøytyper som ikke blir registrert. 47 av de 62 kjøretøyene har en luke på mindre enn 3 sekunder til forankjørende (målt med Datarec Loop Monitor). En del av de resterende har kort luke til kjøretøyet bak.

3.1.6.2 Lengdemåling

Lengdemåling utføres ikke av STMS.

3.1.6.3 Lengdeklassifisering

Lengdeklassifisering utføres ikke av STMS.

3.1.6.4 Kjøretøykategori

STMS teller 3342 av 3395 kjøretøy i datasettet for klassifisering. Ett av disse 3342 finnes ikke, og er dermed regnet som spøkelseskjøretøy. Det betyr at antall tilfeller av bortfall er 54, eller om lag 1,6 %. Dette er langt høyere enn for utstyrstypene som benytter induktive sløyfer.

Tabell 34 Klassifisering etter kjøretøykategori, STMS

STMS Nr	Klasse navn	Antall				Feil A [%]			Feil B [%]		
		N (video)	N (STMS)	Korrekt	Spøkelses	min	p_a	max	min	p_b	max
	MC	1	6	0	0	-	100,0	-	-	100,0	-
	Car	2079	2479	1919	1	6,6	7,7	8,8	20,9	22,6	24,2
	Car_Trailer	43	121	33	0	10,6	23,3	35,9	64,8	72,7	80,7
	Utility_Veh	696	147	78	0	86,4	88,8	91,1	38,9	46,9	55,0
	Bus	67	19	7	0	82,2	89,6	96,9	41,5	63,2	84,8
	Truck	231	169	111	0	45,5	51,9	58,4	27,2	34,3	41,5
	Semitrailer	152	213	112	0	19,3	26,3	33,3	40,7	47,4	54,1
	Truck_Trailer	126	75	52	0	50,1	58,7	67,3	20,2	30,7	41,1
	Unknown	0	113	0	0	-	-	-	-	100,0	-
	Totalt	3395	3342	2312	1	30,3	31,9	33,5	29,3	30,8	32,4
	Ikke vektet snitt					-	49,5	-	-	45,4	-

Som vi ser av Tabell 34, har STMS stor grad av feilklassifisering (over 30 %). For feil av type A er Bus og Utility_Vehicle (varebil) de to klassene med høyest feilrate, fulgt av Truck_Trailer (vogntog) og Truck (lastebil). Disse klassene har en andel Feil A på 50 % til 90 %. For feil av type B er det Car_Trailer (personbil med henger) og Bus som har høyest feilrate, deretter følger Semitrailer og Utility_Vehicle. Disse klassene har en andel Feil B på 47 % til 73 %. Totalt sett betyr dette at feilratene for STMS langt overskrider feilratene til de andre utstyrstypene.

STMS mangler en klasse for varebil med henger. Tilfeller med varebil med henger (32 tilfeller, i følge videoregistreringene) er derfor inkludert i klassen Utility_vehicle. Det kan åpenbart diskuteres hvorvidt dette er riktig, eller om disse kjøretøyene burde vært inkludert i klassen personbil med henger.

3.1.7 Kombinerte målinger

Ved å kombinere data fra flere ulike kilder, kan det være mulig å oppnå bedre datakvalitet. Dette skyldes at bortfall og tilfeldige variasjoner vil reduseres ved økende antall sensorer. Det er benyttet justerte data fra de ulike utstyrstypene, og gjennomsnittlig målt lengde for hvert kjøretøy er beregnet. Det viser seg likevel at resultatene ikke blir forbedret, sammenlignet med å benytte justerte data fra Profiler alene.

Tabell 35 Lengdeklassifisering ved kombinerte justerte målinger, oversikt

Gjennomsnittslengde	Kjøretøyregister						Totalt	Korrekt B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	0	0	0	0	0	0	-
21	0	2675	13	0	0	0	2688	0,5 %
22	0	9	96	4	0	0	109	11,9 %
23	0	1	4	195	0	0	200	2,5 %
24	0	0	0	7	34	0	41	17,1 %
25	0	0	0	0	0	0	0	-
Totalt	0	2685	113	206	34	0	3038	1,3 %
Feil A	-	0,4 %	15,0 %	5,3 %	0,0 %	-	1,3 %	

Rød skrift viser at klassifiseringen er basert på gjennomsnittlig justert kjøretøylengde fra alle utstyr, mens blå skrift viser at klassifiseringen er basert på oppslag i kjøretøyregisteret. Det kan være grunn til å anta at resultatene som fremkommer i Tabell 35 og Tabell 31/Tabell 32(Profiler, justerte målinger) er i nærheten av det beste man kan forvente ved lengdeklassifisering med induktive sløyfer.

Tabell 36 Lengdeklassifisering ved kombinerte justerte målinger, statistiske mål

Klasse	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (snitt)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	2685	2688	2675	0,1 %	0,4 %	0,6 %	0,2 %	0,5 %	0,7 %
22	113	109	96	8,5 %	15,0 %	21,6 %	5,8 %	11,9 %	18,0 %
23	206	200	195	2,3 %	5,3 %	8,4 %	0,3 %	2,5 %	4,7 %
24	34	41	34	-	0,0 %	-	5,6 %	17,1 %	28,6 %
25	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Totalt	3038	3038	3000	0,9 %	1,3 %	1,6 %	0,9 %	1,3 %	1,6 %
Ikke vektet snitt				5,2 %			8,0 %		

Tabell 36 viser konfidensintervall for feilratene (A og B) ved kombinerte målinger.

3.2 Tester i køsituasjon

Tidligere arbeid med lengdeklassifisering ved hjelp av induktive sløyfer har vist at saktegående kø og kjøretøy som stopper på sløyfene medfører store avvik (Wei, et al., 2011). Basert på et case-studie med 61 kjøretøy fordelt på 3 lengdeklasser har de konkludert med at spesielle algoritmer kan redusere både lengdefeile og feilklassifiseringen. Uten algoritmer for korreksjon viser de til en feilmargen på 210 % for lengdemåling. Det beskrives ikke hvordan man kan tolke denne feilmarginen. Med korreksjon reduseres feilmarginen til 27,7 %.

3.2.1 Oversikt

3.2.1.1 Telling

Tabell 37 viser tellingene utført av Datarec 410 og Datarec 7, sammenlignet med videotellinger.

Tabell 37 Telling i kø situasjon, Datarec 410 og Datarec 7

Test	Utstyr	N(tot)	N(korrekt)	Bortfall	Spøkelseser	Korrekt [%]
01.03	Video	907	907	0	0	100,0
	DR410	839	839	68		92,5
02.03	Video	790	790	0	0	100,0
	DR7	791	785	5	6	99,4

N(tot) er det totale antall registrerte kjøretøy fra det aktuelle trafikkregistreringsutstyret. N(korrekt) viser hvor mange av disse registreringene som faktisk var korrekte deteksjoner av kjøretøy. Bortfall og Spøkelseser er forklart i kapittel 2.4.1. Korrekt [%] viser forholdet mellom trafikkregistreringsutstyrets korrekte deteksjoner og referansens (video) deteksjoner.

Ved tett trafikk og saktegående kø er det en tydelig forskjell på de to registreringsenhetene. Testene viser at Datarec 410 har en klar tendens til å underestimere trafikken, i og med at bortfallet er betydelig (7,5 %). Datarec 7 har mindre bortfall, og i tillegg skapes enkelte spøkelseskjøretøy. I datasettet som er fremskaffet i forbindelse med testen på Sundland, er disse to feilkildene omtrent like store. De trekker imidlertid i hver sin retning, og sluttresultatet på telling blir dermed meget bra. I Håndbok 281, Veileder i Trafikkdata, skrives det at det er fare for undertelling med induktive sløyfer

ved høy trafikkintensitet (Statens vegvesen, 2011a). Denne testen på Sundland viser at dette er korrekt. Den viser imidlertid også at det kan være fare for overtelling, i og med at Datarec 7 skaper enkelte spøkelseskjøretøy. Dette viser at kunnskap om hvert enkelt registreringsutstyr er viktig, ikke bare sensorteknologien generelt.

3.2.1.2 Lengdemåling

En oversikt over statistiske mål ved lengdemåling i køsituasjon er vist i Tabell 38.

Tabell 38 Lengdemåling i køsituasjon, Datarec 410 og Datarec 7

	DR410		DR7	
	Relativ lengdefeil	Absolutt relativ lengdefeil	Relativ lengdefeil	Absolutt relativ lengdefeil
Antall registreringer	596	596	690	690
Gjennomsnitt	1,2 %	16,3 %	-10,0 %	11,7 %
Median	-7,3 %	7,6 %	-10,8 %	10,9 %
Standardavvik	45,6 %	42,6 %	13,7 %	12,3 %
Observert 95 % konfidensintervall enkeltmåling	(-17,6 , 196,5)	(1,1 , 196,5)	(-19,2 , -2,2)	(3,7 , 20,0)
Teoretisk 95 % konfidensintervall Enkeltmåling	(-88,2 , 90,6)	(-67,2 , 99,8)	(-36,9 , 16,9)	(-12,4 , 35,8)
Teoretisk 95 % konfidensintervall Gjennomsnitt	(-2,5 , 4,9)	(12,9 , 19,7)	(-11,0 , -9,0)	(10,8 , 12,6)

Vi ser at den relative lengdefeilen for Datarec 410 ikke ser ut til å være normalfordelt, i og med at gjennomsnittet og medianen er vidt forskjellige. Dette skyldes at enkelte målinger har så grove feil at de dominerer hele bildet. Stort sett skjer dette i sammenheng med at to korte kjøretøy blir målt som ett langt.

Den relative lengdefeilen for Datarec 7 har gjennomsnitt og median som stemmer godt overens, og standardavviket er lavere enn for Datarec 410. Feilene i lengdemålinger fra Datarec 7 er dermed mer systematiske.

97,5-fraktilen for absolutte relative lengdefeil er 196,5 % for Datarec 410, og 20,0 % for Datarec 7. Vi ser at disse verdiene stemmer relativt godt overens med henholdsvis de ukorrigerede og de korrigerede verdiene nevnt i innledningen til kapittel 3.2, altså 210 % og 27,7 %.

Den absolutte relative lengdefeilen er åpenbart ikke normalfordelt. Konfidensintervallet for enkeltmålinger inneholder negative verdier, og dette gir ingen mening når det er snakk om verdier som per definisjon er positive.

3.2.1.3 Lengdeklassifisering

En oversikt over feilrater ved lengdeklassifisering i køsituasjon er vist i Tabell 39.

Tabell 39 Lengdeklassifisering i køsituasjon, Datarec 410 og Datarec 7

Klasse	DR410			DR7		
	N (video)	Feil A	Feil B	N(video)	Feil A	Feil B
21	628	11,6 %	0,5 %	679	1,2 %	0,7 %
22	11	27,3 %	0,0 %	11	45,5 %	33,3 %
23	9	22,2 %	30,0 %	4	25,0 %	0,0 %
24	0	-	100,0 %	0	-	100,0 %
(25)	0	-	100,0 %	0	-	100,0 %
Totalt	648	12,0 %	4,4 %	694	2,0 %	1,4 %
Ikke vektet snitt	648	20,4 %	46,1 %	694	23,9 %	46,8 %

Tabell 39 viser en oversikt over resultater fra lengdeklassifisering i køsituasjon med Datarec410 og Datarec 7. Vi ser at det var særdeles få kjøretøy i klassene 22-25. Det ser ut til at de tunge kjøretøyene velger å unngå køen i ettermiddagsrushet. For å få et godt utvalg av tunge kjøretøy i kø, måtte man derfor ha registrert hver morgen og ettermiddag i en lang periode.

Resultatene fra Datarec 410 blir sterkt påvirket av køkjøring. Resultatene fra Datarec 7 ser ikke ut til å være vesentlig endret fra registrering med mindre trafikk (se Tabell 12). Totalt sett er det tydelig at Datarec 7 utfører vesentlig bedre lengdeklassifisering i køsituasjon enn Datarec 410.

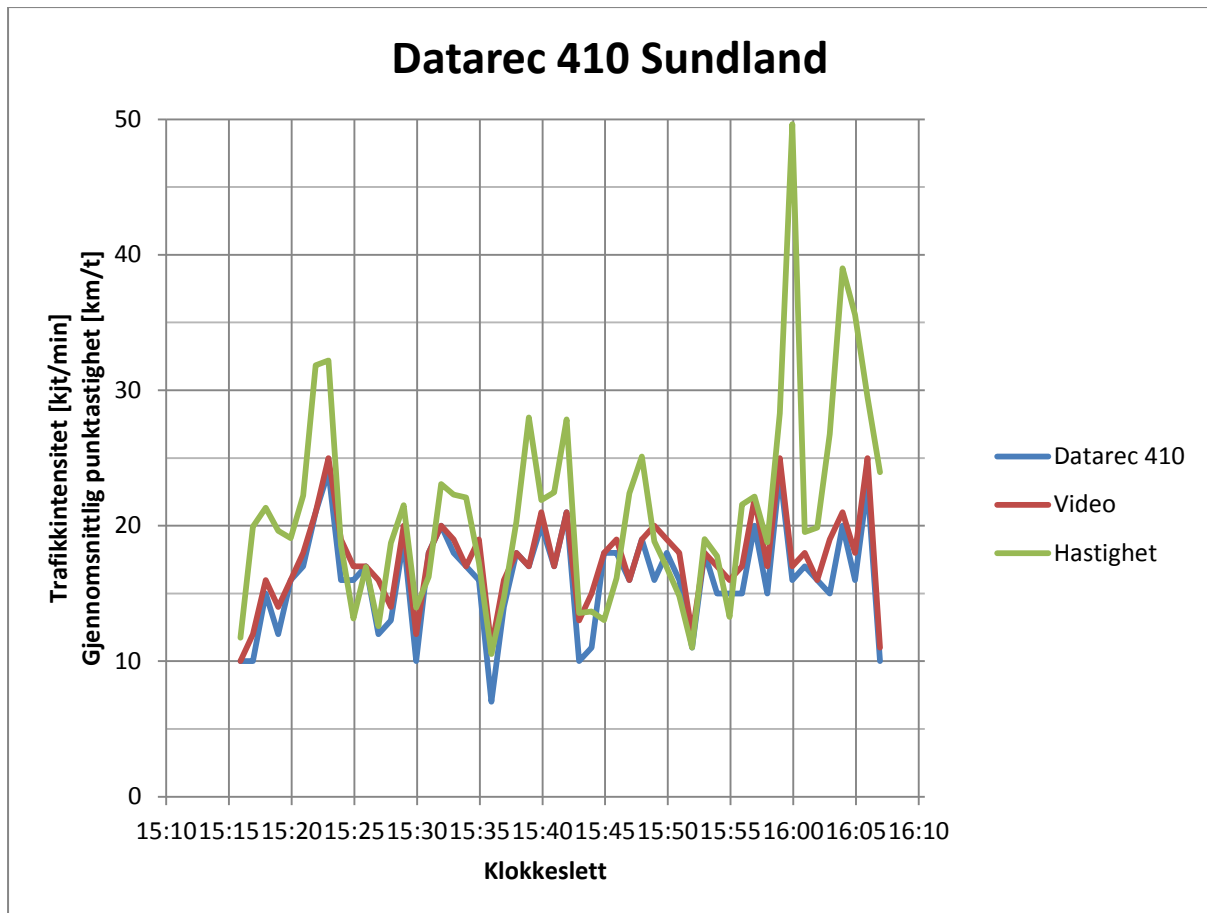
3.2.1.4 Klassifisering etter kjøretøykategori

Det er kun Datarec 7 som utfører klassifisering på bakgrunn av kjøretøyenes induktive signatur. Dette er derfor behandlet i kapittelet om Datarec 7.

3.2.2 Datarec 410

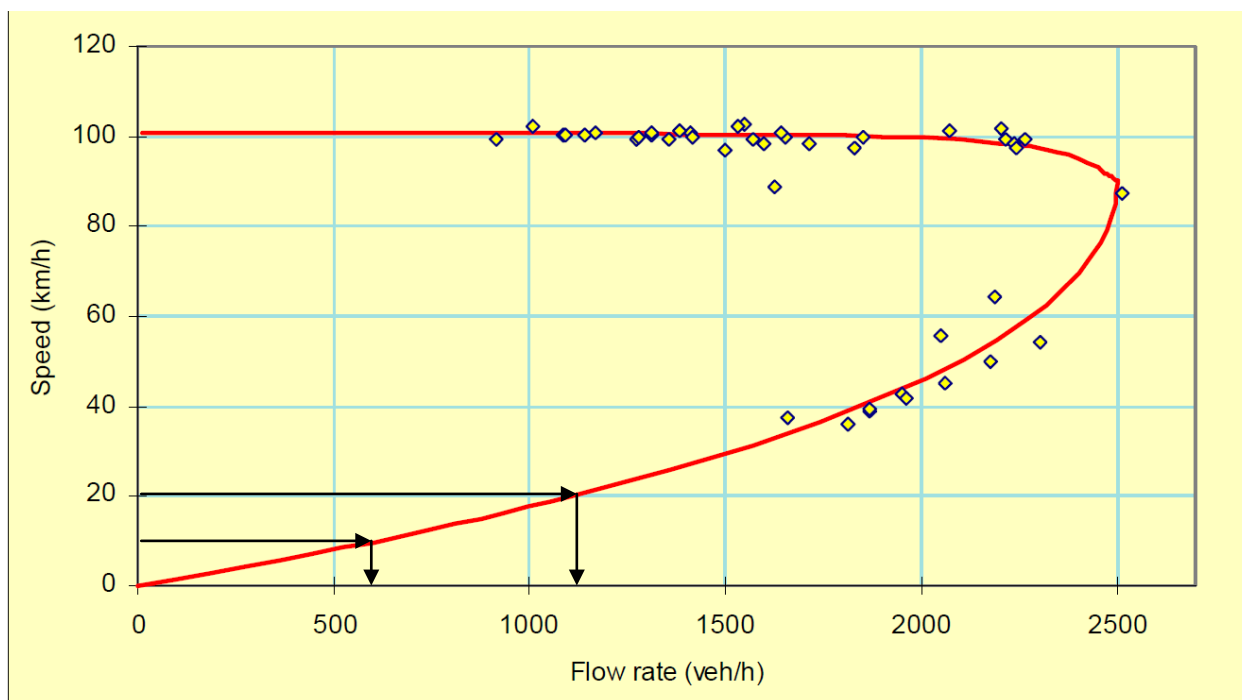
3.2.2.1 Telling

Det var 68 tilfeller av bortfall, av 907 videoregistrerte kjøretøy. Figur 41 viser antall registrerte kjøretøy per minutt for Datarec 410 og videoregistrering. I tillegg vises gjennomsnittlig punkthastighet for kjøretøyene i det aktuelle minuttet. Vi ser tydelig at den blå streken for Datarec 410 generelt ligger under den røde streken for videoregistrering. Dette viser undertelling. Det ser også ut til å være en tendens at avviket blir størst når hastigheten er lav.



Figur 41 Volum og hastighet, Datarec 410

For å finne totalt volum i de minuttene som hadde en gjennomsnittlig punkthastighet under 20 km/t, viser det seg at summering av gjennomsnittshastighetene for hvert minutt gir et bedre estimat på volumet, enn tellingene til Datarec 410: Videobildene tilsier 447 kjøretøy, Datarec 410 registrerte 401 kjøretøy, mens summering av gjennomsnittlige punkthastigheter gir 449. Undersøkelser av sammenhengen mellom hastighet og volum på en motorveg i Melbourne, Australia, viser at hastighetsmetoden kanskje også kan benyttes på andre strekninger enn omkjøringsvegen i Trondheim (se Figur 42) (Akcelik, 2006).



Figur 42 Volum/hastighet (Akcelik, 2006)

Antakelsen om 10 kjt/min ved 10 km/t ville gitt 600 kjt/t. 20 kjt/min ved 20 km/t gir 1200 kjt/t. Vi ser av Figur 42 at dette stemmer godt overens med estimerte verdier fra andre kilder.

Som vi skal se, holder hastighetsmetoden mål også neste dag (registrering med Datarec 7). Overførbarheten til alle andre tellepunkter må imidlertid vurderes kritisk.

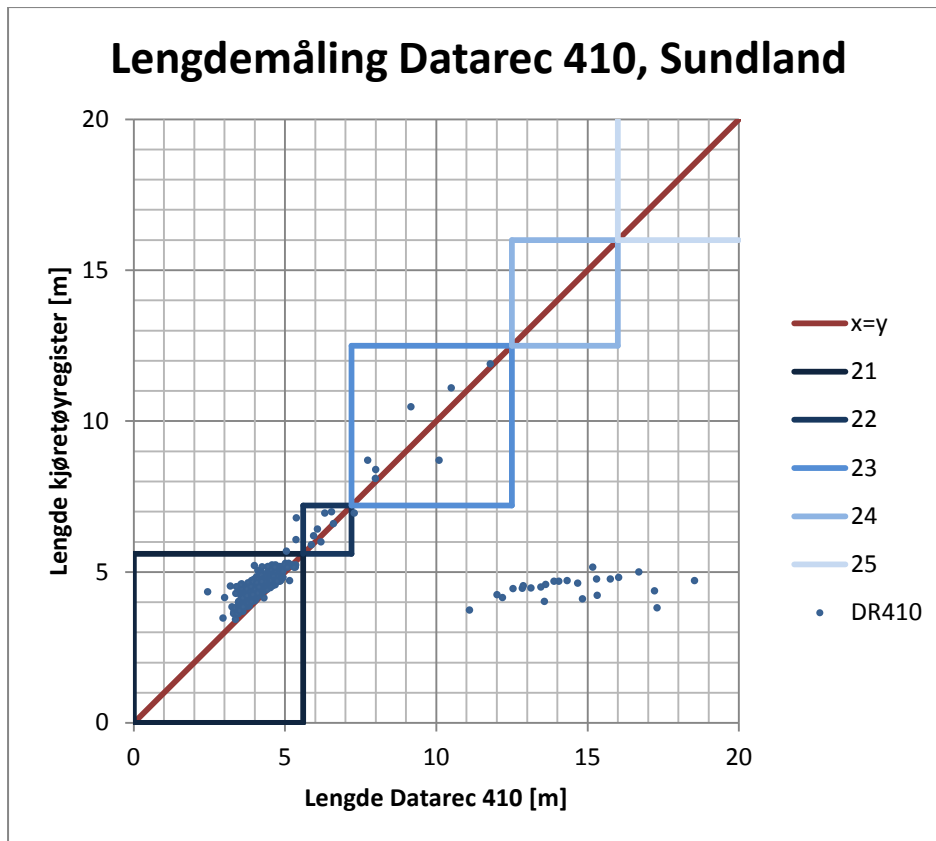
3.2.2.2 Lengdemåling

Tabell 40 viser ulike statistiske mål for den relative lengdefeilen, målt med Datarec 410 i køsituasjon.

Tabell 40 Relativ lengdefeil i køsituasjon Datarec 410

Klasser (video)	N (DR410)	Gjennomsnitt	Median	2,5 % - fraktil	97,5 % -fraktil	Standardavvik
21	578	1,4 %	-7,3 %	-17,6 %	196,7 %	46,3 %
22	11	-5,7 %	-5,5 %	-18,7 %	4,5 %	7,5 %
23	7	-2,9 %	-4,8 %	-12,4 %	13,4 %	9,4 %
24	0	-	-	-	-	-
25	0	-	-	-	-	-
Totalt	596	1,2 %	-7,3 %	-17,6 %	196,5 %	45,6 %

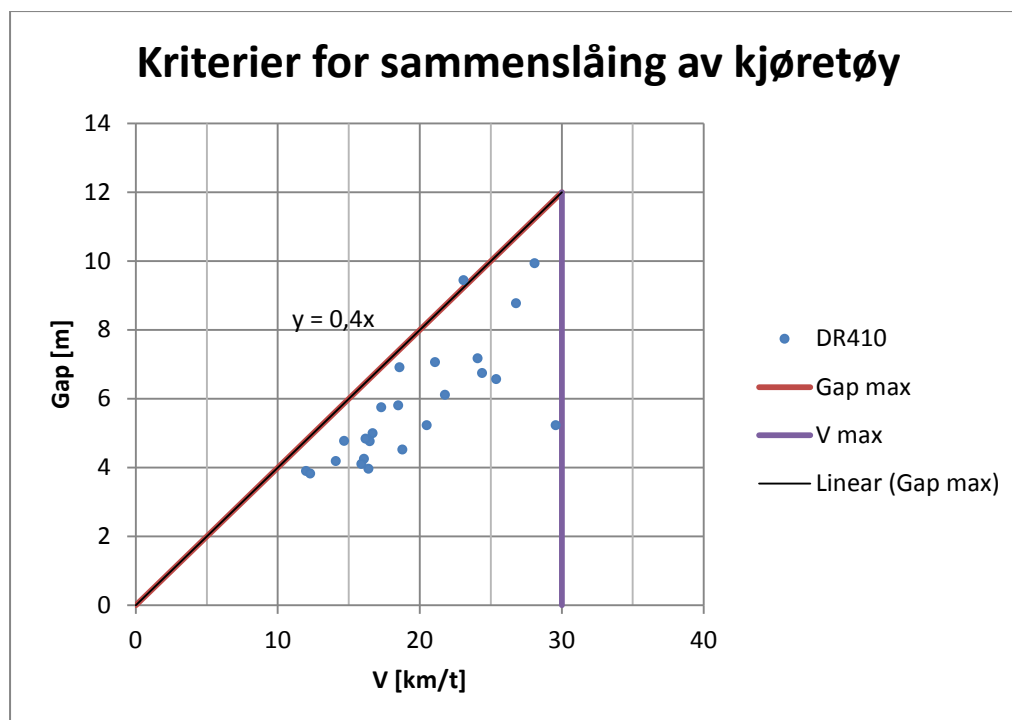
Det er tydelig at spredningen i lengdemålinger er stor. Dette skyldes delvis ujevn hastighet over sløyfene, og delvis at 2 kjøretøy som kjører tett blir slått sammen til ett kjøretøy.



Figur 43 Lengdemåling i køsituasjon, Datarec 410

Figur 43 viser alle målt lengde med Datarec 410 mot lengden som er oppført i kjøretøyregisteret. Den røde linjen har likningen $x=y$, og er dermed symbolet på en serie med perfekte målinger. Registreringer som er plottet innenfor en av de 5 kvadratene resulterer i korrekt lengdeklassifisering. Det er tydelig at de fleste registreringene finnes til venstre for den røde linjen, altså at kjøretøyene blir registrert med en lengde som er kortere enn kjøretøyregisteret tilsier. Det finnes imidlertid en gruppe med registreringer som befinner seg langt til høyre for den røde linjen. Disse skyldes at to (eller flere) korte kjøretøy blir registrert som ett langt kjøretøy.

Figur 44 viser de tilfellene hvor to kjøretøy har blitt slått sammen til ett. Gap (luke fra bakre støtfanger på kjøretøy 1 til fremre støtfanger på kjøretøy 2) i meter er vist på y-aksen, mens hastigheten i km/t er vist på x-aksen. Gap er selvfølgelig ikke registrert av Datarec 410, i og med at de to kjøretøyene er regnet som ett. Derfor er gap beregnet på bakgrunn av kjøretøyenes oppførte lengde i kjøretøyregisteret.



Figur 44 Kriterier for sammenslåing av kjøretøy, Datarec 410

Registreringene viser et klart mønster, og det ser ut til at gap i meter må være under 0,4 ganger hastigheten i km/t, i tillegg til at hastigheten må være under 30 km/t, for at kjøretøyene skal bli slått sammen. "Dessverre" er det ikke slik at alle kjøretøy som oppfyller disse kriteriene blir slått sammen. Sammenslåing skjedde i 23 av 64 tilfeller hvor kriteriene var oppfylt.

3.2.2.3 Lengdeklassifisering

Tabell 41 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 410, oversikt

DR410/A2S	Ukjent	21	22	23	24	25	Totalt	Feil B
Uregistrert	0	50	0	2	0	0	52	-
21	0	555	3	0	0	0	558	0,5 %
22	0	0	8	0	0	0	8	0,0 %
23	0	3	0	7	0	0	10	30,0 %
24	0	15	0	0	0	0	15	100,0 %
25	0	5	0	0	0	0	5	100,0 %
Totalt	0	628	11	9	0	0	648	4,4 %
Feil A	-	11,6 %	27,3 %	22,2 %	-	-	12,0 %	

Det fremgår av øverste rad i Tabell 41 at 52 kjøretøy ikke ble registrert. De aller fleste kjøretøyene som ble registrert med nummerskilt tilhørte klasse 21 (628 av 648), altså lette kjøretøy. Av disse 628 blir kun 555 (88,4 %), klassifisert riktig.

Tabell 42 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 410, statistiske mål

Klasse	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (DR410)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	628	558	555	9,1 %	11,6 %	14,1 %	(-0,1 %)	0,5 %	(1,1 %)
22	11	8	8	(1,0 %)	27,3 %	(53,6 %)	-	0,0 %	-
23	9	10	7	(-4,9 %)	22,2 %	(49,4 %)	(1,6 %)	30,0 %	(58,4 %)
24	0	15	0	-	-	-	-	100,0 %	-
25	0	5	0	-	-	-	-	100,0 %	-
Totalt	648	596	570	9,5 %	12,0 %	14,5 %	2,7 %	4,4 %	6,0 %
Ikke vektet snitt				20,4 %			46,1 %		

Tabell 42 viser andel feil av type A og type B for de ulike lengdeklassene. Antallet i klasse 22-25 er lavt, og resultatene er derfor beheftet med stor grad av usikkerhet. For feil av type A er feilraten totalt sett på 12,0 %. Konfidensintervallet på 95 % signifikansnivå totalt for alle klasser strekker seg mellom 9,5 % og 14,5 %.

Totalt er andel feil av type B på 4,4 %. I utgangspunktet bør andel feil av type A være lik andel feil av type B for datasettet sett under ett. En feilklassifisering vil få to følger; kjøretøyet blir ikke klassifisert i riktig klasse, og kjøretøyet blir klassifisert i feil klasse. Fordelingen mellom de ulike klassene kan imidlertid være ulik. Når det er en høy andel bortfall (manglende registrering), slik det er i dette tilfellet, vil Feil A inntreffe hyppigere enn Feil B. Dette skyldes at bortfall er definert som en feil av type A, men kjøretøyene vil ikke bli innplassert i en annen klasse (Feil B).

Vi ser at andelen av Feil B er lavere enn FMA oppnådde ved NorSIKT-testene på Klett. Dette skyldes delvis at kjøretøysammensetningen i denne testen er mye mer homogen.

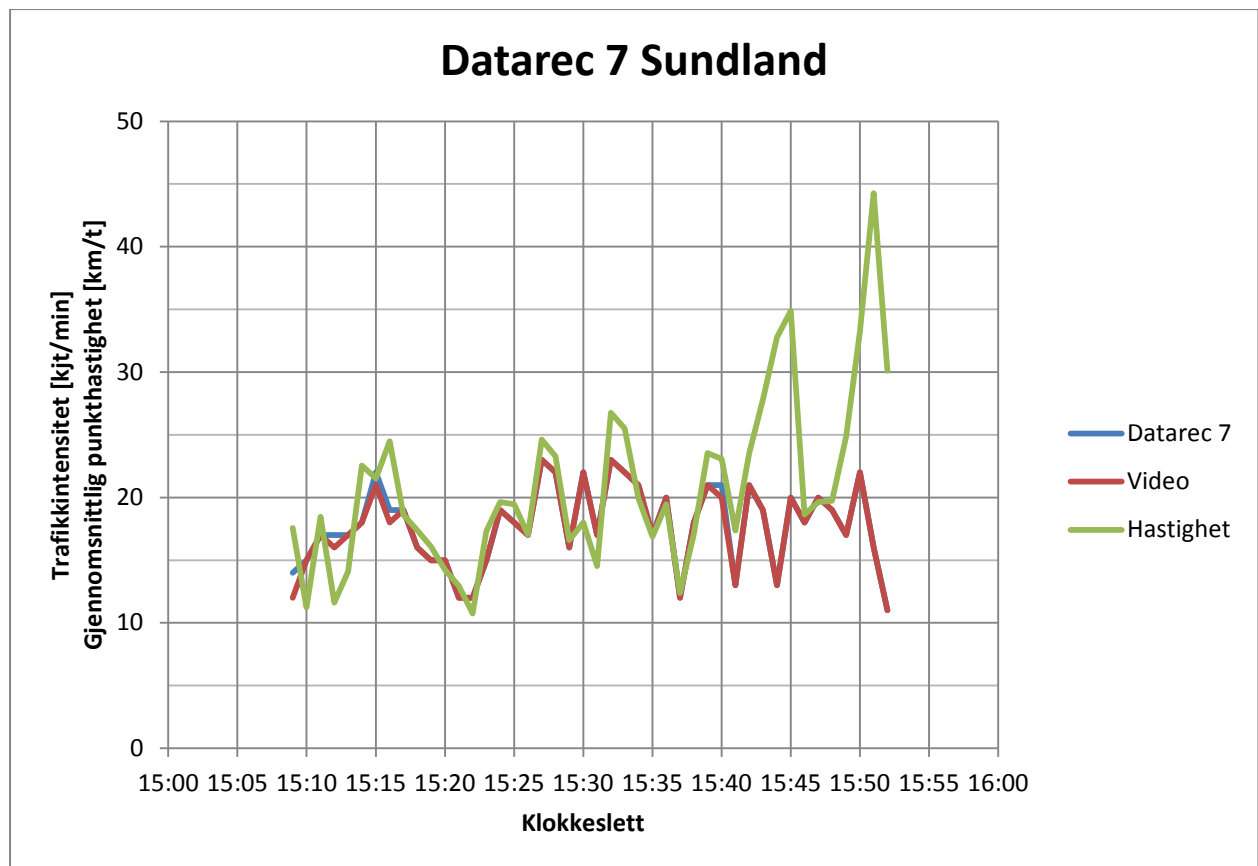
3.2.2.4 Kjøretøykategori

Klassifisering ut fra kjøretøykategori utføres ikke av Datarec 410.

3.2.3 Datarec 7

3.2.3.1 Telling

Det var 5 tilfeller av bortfall og 6 tilfeller av spøksekjøretøy, i løpet av 790 videoregistrerte kjøretøy. Figur 45 viser antall registrerte kjøretøy per minutt for Datarec 7 og for videoregistrering. I tillegg vises gjennomsnittlig punkthastighet for alle registrerte kjøretøy innenfor hvert minutt. Trafikkintensitet og gjennomsnittlig punkthastighet finnes på y-aksen, mens tidspunktet finnes på x-aksen.



Figur 45 Volum og hastighet, Datarec 7

Vi ser at det er meget godt samsvar mellom maskinelle og manuelle tellinger, uavhengig av hastigheten. Samtidig er det interessant å se den nær perfekte sammenhengen mellom gjennomsnittlig punkthastighet og trafikkintensitet, så lenge den gjennomsnittlige punkthastigheten er under 20 km/t.

På samme måte som for Datarec 410 kan de gjennomsnittlige punkthastighetene for hvert minutt summeres, og man får et meget presist estimat på volumet. Dette gjelder kun for de minutter der gjennomsnittlig punkthastighet er under 20 km/t. Videobildene tilsier at 448 kjøretøy passerte i perioder hvor gjennomsnittlig punkthastighet på minuttbasis var under 20 km/t. I de samme periodene registrerte Datarec 7 451 kjøretøy, mens hastighetsmetoden gir 447 kjøretøy.

Nok en gang må det nevnes at dette ikke kan ukritisk overføres til andre tellepunkter. Likevel er det etter min mening en interessant observasjon, som kan benyttes til å for eksempel kontrollere telldata på strekninger med store køproblemer.

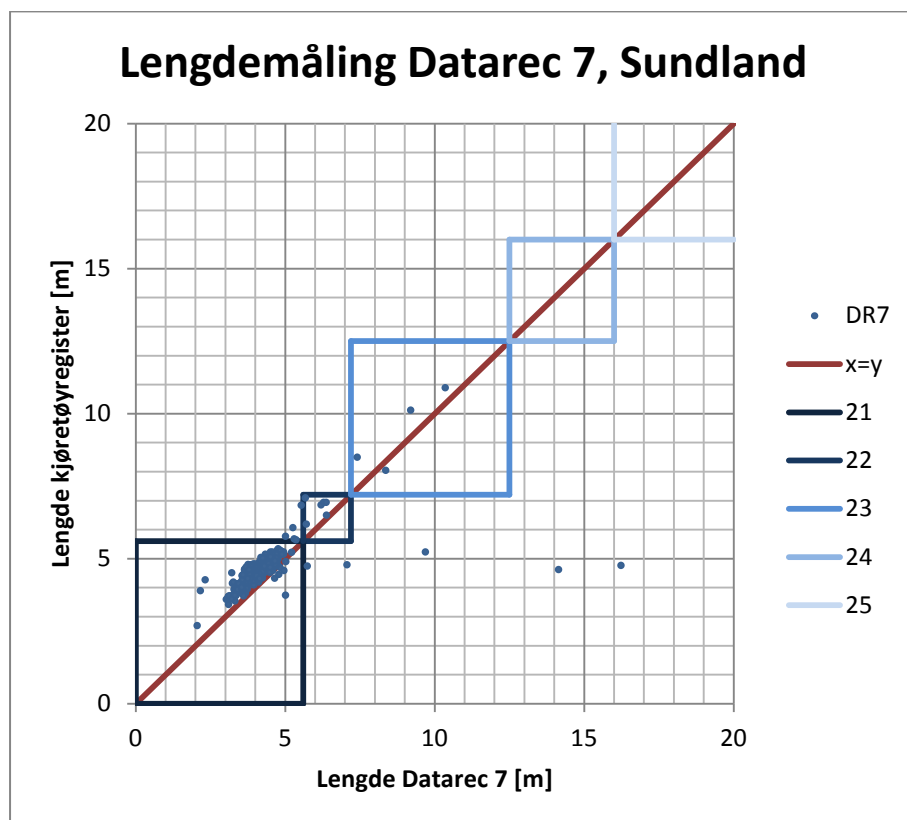
3.2.3.2 Lengdemåling

Tabell 43 viser den relative lengdefeilen for ulike lengdeklasser, målt med Datarec 7 i køsituasjon.

Tabell 43 Relativ lengdefeil i køsituasjon Datarec 7

Klasser (video)	N (DR7)	Gjennomsnitt	Median	2,5 % - fraktil	97,5 % - fraktil	Standardavvik
21	675	-10,0 %	-10,9 %	-18,7 %	-2,5 %	13,8 %
22	11	-10,5 %	-9,6 %	-19,9 %	-2,7 %	5,6 %
23	4	-5,8 %	-7,1 %	-12,5 %	3,2 %	7,2 %
24	0	-	-	-	-	-
25	0	-	-	-	-	-
Totalt	690	-10,0 %	-10,8 %	-19,2 %	-2,2 %	13,7 %

Gjennomsnittlige verdier for relativ lengdefeil er omtrent like som under forhold med normal trafikkflyt. Spredningen er likevel større. Dette skyldes først og fremst ujevn hastighet (eller stopp) over sløyfene.



Figur 46 Lengdemåling i køsituasjon Datarec 7

Figur 46 viser at enkelte kjøretøy i klasse 21 blir registrert i klasse 22-25. Dette skjer imidlertid relativt sjeldent. Generelt sett blir kjøretøyene registrert med en lengde som er 0-20 % kortere enn lengden oppført i kjøretøyregisteret.

3.2.3.3 Lengdeklassifisering

Referanselengde er fremskaffet på 694 kjøretøy i køsituasjon. Det er stor overvekt av lette kjøretøy, altså lengdeklasse 21.

Tabell 44 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 7, oversikt

DR7	Kjøretøyregister						Totalt	Feil B
	Ukjent	21	22	23	24	25		
Ukjent	0	4	0	0	0	0	4	-
21	0	671	5	0	0	0	676	0,7 %
22	0	2	6	1	0	0	9	33,3 %
23	0	0	0	3	0	0	3	0,0 %
24	0	1	0	0	0	0	1	100,0 %
25	0	1	0	0	0	0	1	100,0 %
Totalt	0	679	11	4	0	0	694	98,6 %
Feil A	-	1,2 %	45,5 %	25,0 %			2,0 %	

Tabell 44 viser at resultatene for lengdeklassifisering med Datarec 7 i køsituasjon er sammenlignbare med resultatene ved lettere trafikk. Grunnlaget er meget tynt i klassene 22-25, og det blir derfor vanskelig å trekke konklusjoner for disse registreringene.

Tabell 45 Lengdeklassifisering i køsituasjon Datarec 7, statistiske mål

Klasse	Antall			Feil A, konf.int ($\alpha=0,025$)			Feil B, konf.int ($\alpha=0,025$)		
	N (video)	N (DR7)	Korrekt	min	p_a	max	min	p_b	max
21	679	676	671	0,4 %	1,2 %	2,0 %	0,1 %	0,7 %	1,4 %
22	11	9	6	16,0 %	45,5 %	74,9 %	(2,5 %)	33,3 %	(64,1 %)
23	4	3	3	(-17,4 %)	25,0 %	(67,4 %)	-	0,0 %	-
24	0	1	0	-	-	-	-	100,0 %	-
25	0	1	0	-	-	-	-	100,0 %	-
Totalt	694	690	680	1,0 %	2,0 %	3,1 %	0,6 %	1,4 %	2,3 %
Ikke vektet snitt				23,9 %			46,8 %		

Tabell 45 viser at total andel Feil A er 2,0 %, med et 95 % konfidensintervall som spenner fra 1,0 % til 3,1 %. For Feil B er den totale andelen på 1,4 %, mens konfidensintervallet strekker seg fra 0,6 % til 2,3 %. Tallene for lengdeklassifisering i køsituasjon for klasse 22-25 kan ikke generaliseres, av (minst) to årsaker: For det første er antall registreringer i disse klassene ikke tilstrekkelig til å trekke konklusjoner. For det andre er alle kjøretøy med tilhenger tatt ut av datasettet (deriblant vogntog og semitrailere). Dette skyldes at det ikke har vært mulig å finne referanselengde for disse kjøretøyene.

3.2.3.4 Klassifisering etter kjøretøykategori

Resultatene for Datarec 7 ved klassifisering etter kjøretøykategori i køsituasjon er vist i

Tabell 46.

Tabell 46 Klassifisering etter kjøretøykategori i køsituasjon, Datarec 7

DR7		Antall				Feil A [%]			Feil B [%]		
Nr	Klasse navn	N (video)	N (DR7)	Korr.	Spøkelse	min	p_a	max	min	p_b	max
1	MC	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
2	Personbil	585	671	576	3	0,8	1,5	2,3	12,3	14,2	16,0
3	Pb m/henger	4	3	1	0	(44,7)	75,0	(105,3)	(28,6)	66,7	(104,8)
4	Varebil	97	8	4	1	(93,0)	95,9	(98,7)	(25,3)	50	(74,7)
5	Vb m/henger	3	5	2	0	(-4,8)	33,3	(71,4)	(29,3)	60,0	(90,7)
6	Buss	2	0	0	0	-	100,0	-	-	-	-
71	Liten lastebil	4	4	0	2	-	100,0	-	-	100,0	-
72	Lastebil	6	6	2	0	(39,7)	66,7	(93,6)	(39,7)	66,7	(93,6)
8	Vogntog	3	4	1	0	(28,6)	66,7	(104,8)	(44,7)	75,0	(105,3)
9	Semitrailer	4	3	3	0	(-5,3)	25,0	(55,3)	-	0,0	-
	Totalt	708	704	589	6	21,7	23,1	24,5	21,7	23,1	24,5
	Ikke vektet snitt (eks. MC)					-	39,2	-	-	29,2	-

Tabell 46 viser andel Feil A og Feil B for ulike kjøretøykategorier under registreringene med Datarec 7 på Sundland, 02.03.2012. Det er kun klasse 2 (personbil) og klasse 4 (varebil) som har et noenlunde tilfredsstillende utvalg. Sikre konklusjoner om nøyaktigheten på klassifiseringen kan derfor ikke trekkes. Resultatene antyder likevel at feilratene er meget høye for alle klasser, unntatt klasse 2 (personbil) og klasse 9 (semitrailer). 97 varebiler passerte ifølge videoregistreringene. Datarec 7 registrerte 8 varebiler, hvorav halvparten var riktige. I tillegg var det ett tilfelle av spøkelseskjøretøy i denne klassen.

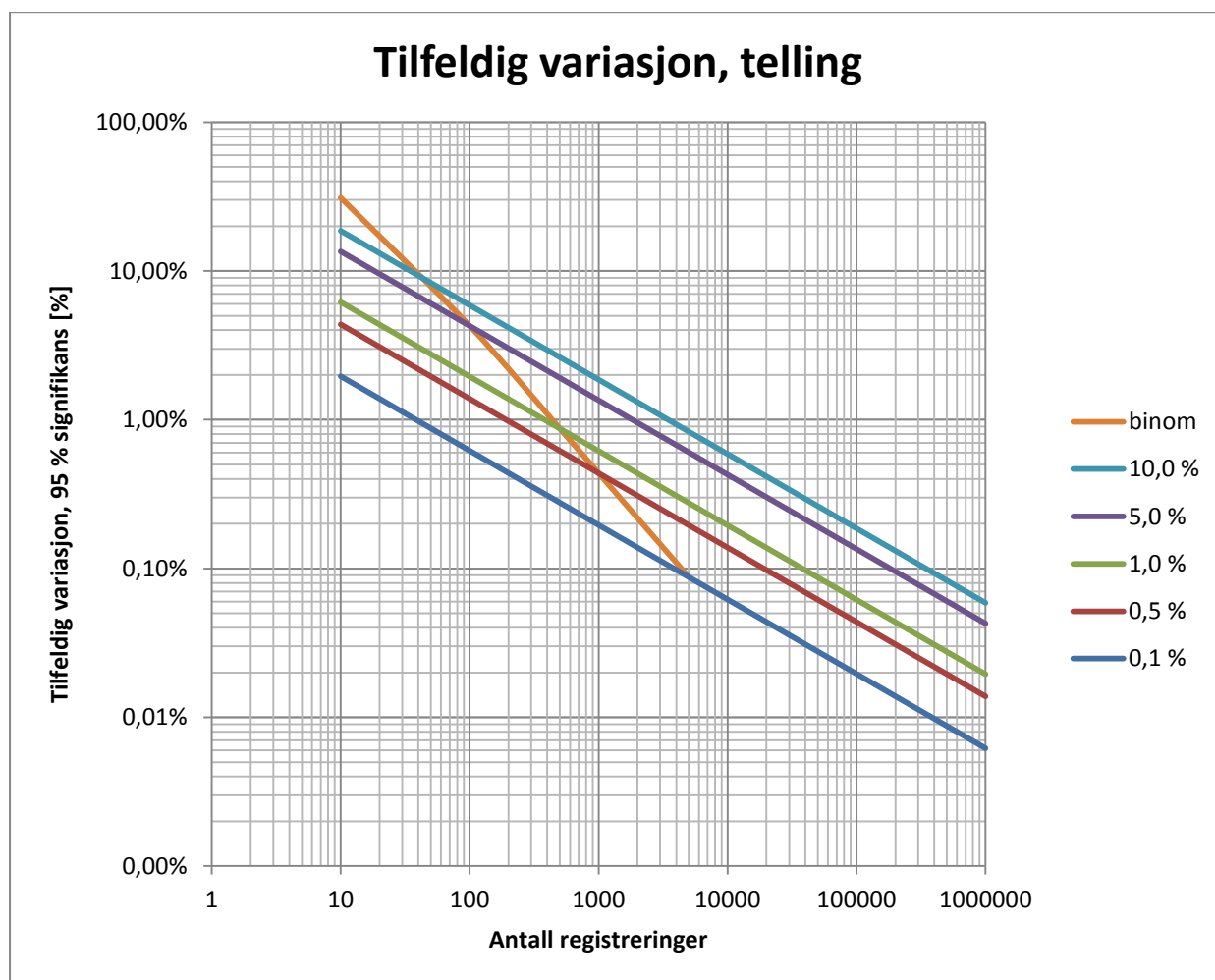
I andre tilfeller anslår Datarec 7 riktig antall innenfor en klasse, men på feil grunnlag. Dette gjelder klasse 71 (liten lastebil) og 72 (lastebil). Selv om antallet i disse to klassene er korrekt, var det kun 2 av de totalt 10 kjøretøyene Datarec 7 registrerte som faktisk tilhørte riktig klasse.

4 Diskusjon av resultater

Et litteratursøk førte til få bekræftelser på at det blir satt krav til datakvalitet. I New Zealand er det krav om at tellinger skal være korrekte innenfor $\pm 5\%$ for totalt volum og $\pm 5\%$ for summen av tunge kjøretøy (lengdeklassifisering) (NZ Transport Agency, 2009). Det ble også funnet noe eldre amerikanske anbefalinger (Klein, 2001). Disse anbefaler at volum skal kunne måles innenfor $\pm 2,5\%$ ved 500 kjt/time og gjennomsnittlig (punkt)hastighet innenfor ± 1 mile/hour (1,6 km/t). I tillegg bør antall kjøretøy innenfor hver av totalt 6 klasser telles med maksimalt $\pm 5\%$ feil. De 6 klassene er MC, personbil/pick-up/van, buss, lastebil under 12 meter, lastebil over 12 meter og andre kjøretøy. Disse anbefalingene er 11 år gamle, og forfatteren åpner for at disse kravene bør og kan bli strengere etterhvert som modellene som benytter trafikkdata blir med avanserte.

4.1 Telling

Videoanalysene fra testene på Klett 22.11.2011 ga et referansevolum på 3597 kjøretøy i sørgående retning i løpet av 5 timer og 48 minutter. Dette gir en gjennomsnittlig intensitet på 639 kjøretøy/time. Dette betyr at tellingene foregikk under normale, gode forhold, og utstyret kan derfor forventes å prestere opp mot sitt beste.



Figur 47 Sammenheng mellom tilfeldig variasjon, antall registreringer og systematisk avvik (logaritmiske akser)

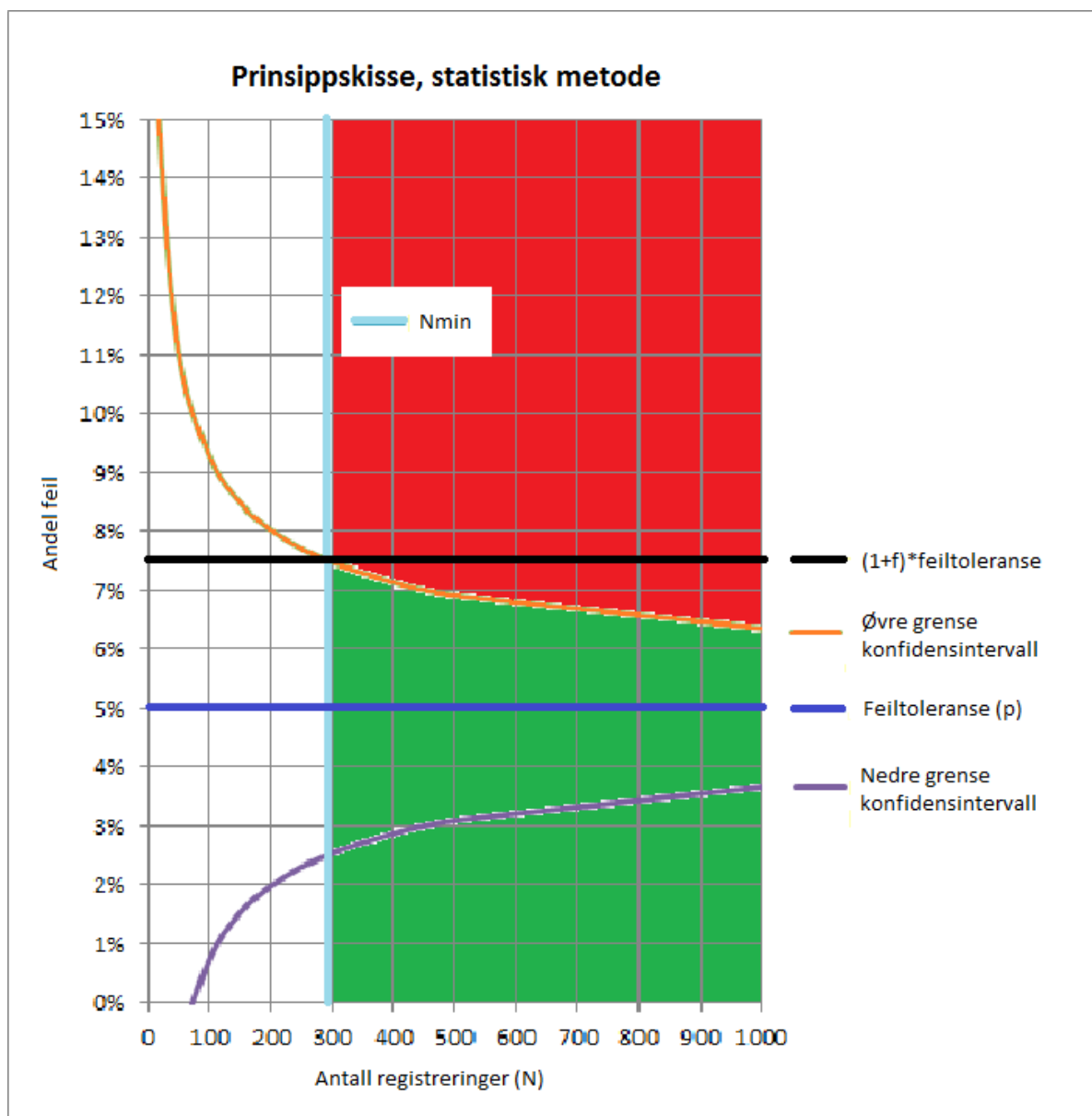
Et stadig tilbakevendende spørsmål i NorSIKT-sammenheng, har vært "hvor mange kjøretøy må man telle for å oppnå en viss sikkerhet?". Figur 47 viser den teoretiske tilfeldige variasjonen ved telling av kjøretøy, som funksjon av antall registreringer og den systematiske feilen. Det er antatt binomisk fordeling. De parallelle linjene gjelder for ulike verdier av systematisk bortfall. Dersom man stiller krav om maksimalt 5 % bortfall, kan man benytte den lilla linjen. For å redusere den tilfeldige variasjonen til under 1 %, må man da registrere om lag 2000 kjøretøy. Legg merke til at begge akser er logaritmiske. Dette er nødvendig for å kunne vise detaljer i begge ender av skalaen, men skjuler samtidig den eksponentielle veksten i antall registreringer ved økende krav til nøyaktighet.

Den oransje streken representerer tommelfingerregelen om at $N \cdot p$ (og $N \cdot (1-p)$) bør være over 5 (Walpole, et al., 2007). I området til høyre for denne streken holder antakelsen om at normalfordelingen kan benyttes som tilnærming til binomisk fordeling. Dette holder ikke i området til venstre for den oransje streken. Det betyr ikke at data i dette området har lavere kvalitet, kun at usikkerheten ikke kan tallfestes ved hjelp av denne metoden. For eksempel er det umulig å angi et konfidensintervall for feilprosenten ut fra en perfekt utført telling. Det kan likevel fastslås at kvaliteten er god.

Vi ser at ved 10 % systematisk bortfall er den tilfeldige variasjonen mindre enn den systematiske allerede ved 35 registreringer. Tilsvarende tall for 1 % og 0,1 % systematisk bortfall er henholdsvis om lag 400 og 4000 registreringer. For at trafikkdata skal få kjent kvalitet er det derfor avgjørende at apparatenes systematiske feil (ved ulike trafikkvolum og kjøretøysammensetninger), antall registreringer og dermed den tilfeldige feilen er kjent. Den systematiske feilen vil aldri kunne tallfestes perfekt, fordi situasjonen man måler i aldri er den samme.

Gjennom NorSIKT-prosjektet har spørsmålet omkring nødvendig antall registreringer også blitt utredet, oppsummert i notatet "Utvikling av testprosedyrer og evalueringsmetodikk for trafikkregistreringsutstyr" (Levin, 2011). Det benyttes ren binomisk fordeling, uten overgang til normalfordeling. I tillegg inngår N i formelen for å finne N , slik at det å komme frem til en løsning blir en iterativ prosess. Dette gjør at metoden blir ekstremt tung å regne på, og enkeltelementer i formelen kan fort bli større enn en vanlig kalkulator tillater (10^{99}). I tillegg rundes antall tillatte feil alltid nedover som input til formelen for binomisk fordeling, slik at det alltid tas ut større sikkerhet enn nødvendig, og kravet til N øker. Ved overgang til normalfordeling, derimot, tas det ikke hensyn til at antall feil nødvendigvis er heltall før til slutt i prosessen. Dette fører til at man kan registrere færre kjøretøy. Det er ingen hensikt i fortsette å registrere kjøretøy helt til man oppnår en sikkerhet på feilmarginen som er bedre enn utslaget én ekstra feil vil utgjøre. Konsekvensene av dette blir større jo større restverdien (desimalene etter heltallet i antall tillatte feil) er og jo lavere N er.

Viktige begreper, prinsipper og forutsetninger kan forklares ut fra Figur 48.



Figur 48 Prinsippskisse for statistisk metode for testing av registreringsutstyr

Figur 48 viser en tenkt situasjon der man ønsker å teste trafikkregistreringsutstyr. For at man skal kunne lage en testplan, må man på forhånd bestemme seg for hvilke kriterier som gjelder for å godkjenne eller forkaste et utstyr. Det tillates maksimalt 5 % feil (feiltoleransen). Vi tenker oss et utstyr (la oss kalle det *Testobjekt*) som i det lange løp ville hatt en feilandel på nøyaktig 5 %, og dermed skulle bli godkjent med minste mulige margin. Utstyret som har en feilrate som er nærmest mulig feiltoleransen vil være det dimensjonerende i forhold til antall registreringer som er nødvendig.

Dersom man hadde satt en absolutt grense for godkjenning ved 5,0 %, ville det kun vært 50 % sannsynlighet for at dette utstyret faktisk ble godkjent. Øvre og nedre grense for konfidensintervallet viser området som *Testobjekt* med 95 % sannsynlighet ville prestert innenfor. Konfidensintervallet blir smalere jo flere registreringer man utfører, men det vil alltid være kun 50 % sannsynlighet for at utstyret blir godkjent.

For å redusere sjansen for å forkaste utstyr som egentlig skulle vært godkjent, innfører man en *bufferzone*, som er området mellom feiltoleransen og øvre grense for konfidensintervallet. Så er spørsmålet hvor mange kjøretøy man må registrere. I NorSIKT-notatet er det foreslått at bufferzonen skal tilsvare en faktor (f) ganger feiltoleransen. Krysningpunktet mellom øvre grense for konfidensintervallet og $(1+f)$ *feiltoleransen gir da nødvendig antall registreringer (N_{min}). Med $f = 0,5$ blir $N_{min} = 292$ registreringer, som markert med den lyse blå vertikale streken (se også Formel 24).

Kort oppsummert betyr dette følgende: Produsenten av *Testobjekt* vet at han vil bli testet ut fra et krav om maksimalt 5 % feil. Han vet også at dette er akkurat det utstyret hans vil prestere over lang tid. Dermed er det i utgangspunktet 50 % sannsynlig at utstyret vil bli godkjent. I og med at det innføres en bufferzone som strekker seg fra 5 % til 7,5 % feil, og det er forutsatt 292 registreringer, kan produsenten føle seg 97,5 % sikker på at *Testobjekt* vil prestere i det grønne området. Dermed er det kun 2,5 % sannsynlig at resultatene havner i det røde området, og utstyret forkastes.

Ulempen med denne tilnærmingen er at sannsynligheten for å akseptere utstyr som egentlig har en feilrate som er høyere enn feiltoleransen (i eksempelet over var denne 5 %) er tilstede. For eksempel vil et utstyr som i det lange løp har 7,5 % feil ha en 50 % sannsynlighet for å bli godkjent. Den eneste måten å unngå dette på, er å la bufferzonen (sikkerhetsfaktoren) gå mot 0, og la antall registreringer gå mot uendelig.

For at en trafikkingeniør skal kunne ha en relativt enkel og håndfast formel å forholde seg til, har jeg benyttet forutsetningene fra NorSIKT-prosjektet og innspill fra Tomas Levin (SINTEF), og utledet Formel 24. Denne kan benyttes i de fleste sammenhenger innenfor vurdering av nødvendig antall registreringer ut fra krav til nøyaktighet.

Formel 24 Minimum antall registreringer

$$N_{min} = \frac{z_{\alpha}^2 \times (1 - p)}{f^2 \times p}$$

Dette kan bevisføres på følgende måte:

1. Binomisk fordelte variabler kan når $N \cdot p > 5$ og $N \cdot (1-p) > 5$ antas normalfordelte (Walpole, et al., 2007)
2. Et konfidensintervall med et visst signifikansnivå utgjøres av gjennomsnittet (altså p) $\pm z_{\alpha} \cdot \sigma$, der z_{α} er kvantilen for et gitt signifikansnivå (α) i standard normalfordeling, og σ er standardavviket.
3. Standardavviket for antall feil i binomisk fordeling: $\sigma_{Ant.feil} = \sqrt{N \times p \times (1 - p)}$
4. $Antall\ feil = N \times p \rightarrow \sigma_p = \frac{\sqrt{N \times p \times (1-p)}}{N} = \frac{\sqrt{p \times (1-p)}}{\sqrt{N}}$
5. Konfidensintervallets bredde er satt som en faktor f ganger feiltoleransen, og feiltoleransen settes lik p

$$6. z_{\alpha} \times \sigma_p = f \times p \rightarrow z_{\alpha} \times \frac{\sqrt{p \times (1-p)}}{\sqrt{N}} = f \times p$$

7. Ved å løse ut likningen i punkt 6 med hensyn på N , får man Formel 24

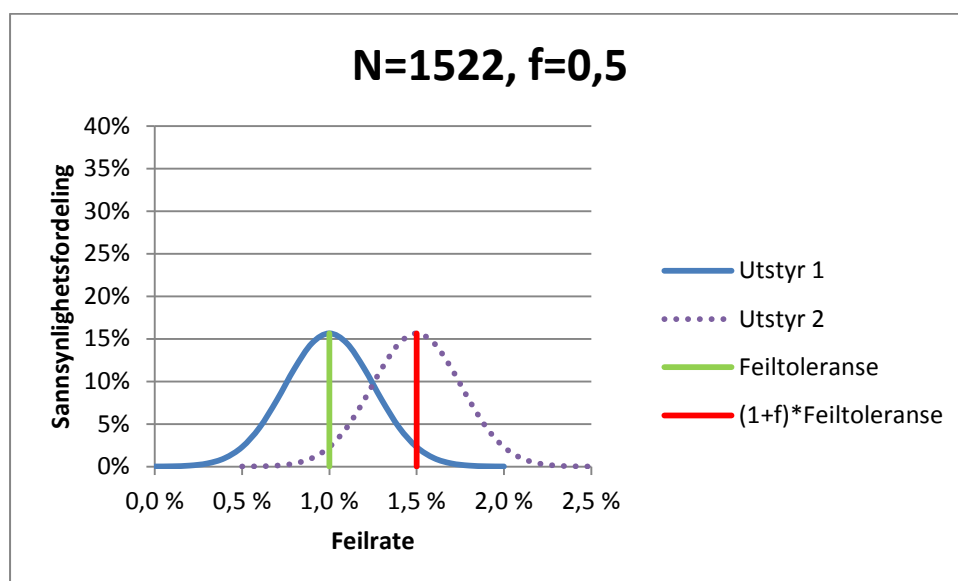
Dersom man ønsker å være 95 % sikker på at man ikke overskrider konfidensintervallets øvre grense, benyttes kvantilen $z_{0,05}=1,645$ (dette er en ensidig test). Dersom man ønsker å være 97,5 % sikker benyttes kvantilen $z_{0,025}=1,960$.

I NorSIKT-notatet er det forutsatt at man skal være 97,5 % sikker. Et eksempel på bruk av

Formel 24 ved $p = 1$ % feiltoleranse, 97,5 % signifikansnivå og faktor $f = 0,5$ blir dermed:

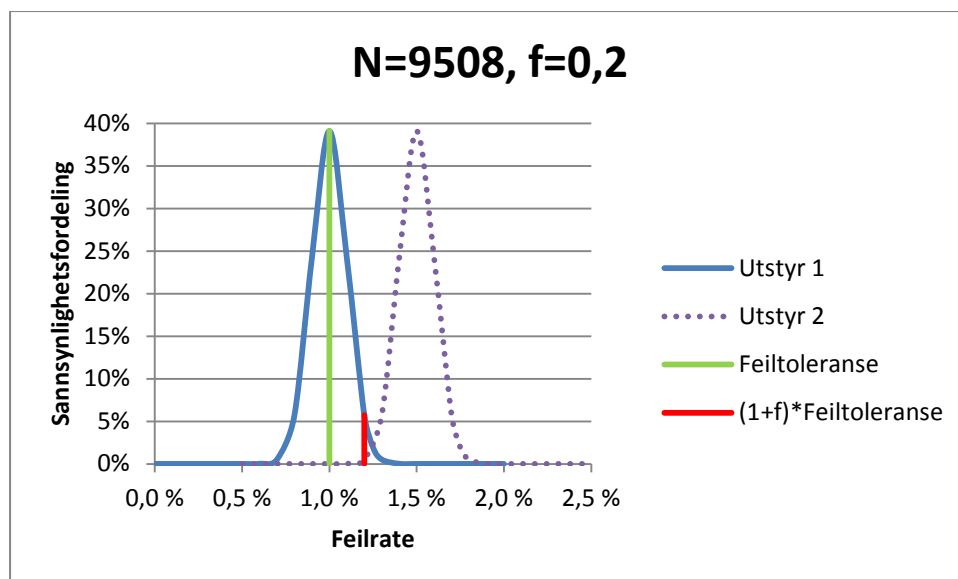
$$N_{min} = \frac{1,960^2 \times (1 - 0,01)}{0,5^2 \times 0,01} = 1522 \text{ (rundet opp til nærmeste heltall)}$$

Som man ser av Formel 24, er det f og z som er aller mest drivende for N_{min} (med motsatt fortegn). Begge disse faktorene er uttrykk for sikkerheten mot å gjøre feil slutninger. Jeg lar z (kvantilen for normalfordeling) stå fast på 1,96 (97,5 % sikkerhet ved ensidig test), og benytter kun f til å illustrere hva dette betyr.



Figur 49 Sammenheng mellom antall registreringer, feiltoleranse og buffersone (del 1)

Figur 49 viser sannsynlighetsfordelingen for testresultatet til to typer trafikkregistreringsutstyr. *Utstyr 1* ville med uendelig antall registreringer hatt en feilrate på 1,0 %. *Utstyr 2* ville i tilsvarende tilfelle hatt en feilrate på 1,5 %. Feiltoleransen i testen er satt til 1,0 %, men det er lagt inn en buffersone. Faktoren f er satt til 0,5. Det vil si at utstyr med en observert feilrate som er under 1,5 % i testperioden vil bli godkjent. Formel 24 gir at man må registrere 1522 kjøretøy. *Utstyr 1* vil nå med 97,5 % sannsynlighet gjennomføre testen med godkjent resultat. Problemet er at *Utstyr 2* også har 50 % sjanse for å bestå testen. For å unngå dette kan man gjøre som vist i Figur 50.



Figur 50 Sammenheng mellom antall registreringer, feiltoleranse og buffersone (del 2)

Figur 50 viser nok en gang sannsynlighetsfordelingen for testresultatet til *Utstyr 1* og *Utstyr 2*. Denne gangen er faktoren f satt til 0,2. Dette betyr at man skal være 97,5 % sikker på at *Utstyr 1* vil ha en observert feilrate i testperioden som er lavere enn 1,2 %, i og med at feiltoleransen i utgangspunktet var 1,0 %. Dette vil kreve 6,25 ganger så mange registreringer som med $f = 0,5$. Derfor er normalfordelingskurvene smalere og høyere enn i Figur 49. Dette fører til at *Utstyr 2* nå vil ha forsvinnende liten sannsynlighet for å bestå testen, mens situasjonen er uendret for *Utstyr 1*.

I denne oppgaven nøyer jeg meg med å diskutere metoden. Det bør være opp til brukeren å vurdere sine behov, og legge listen deretter. Det kan imidlertid være nyttig å være klar over at feiltoleransen og bufferområdet bør vurderes ut fra vidt forskjellige kriterier. Størrelsen på feiltoleransen kan diskuteres ut fra følgende kriterier:

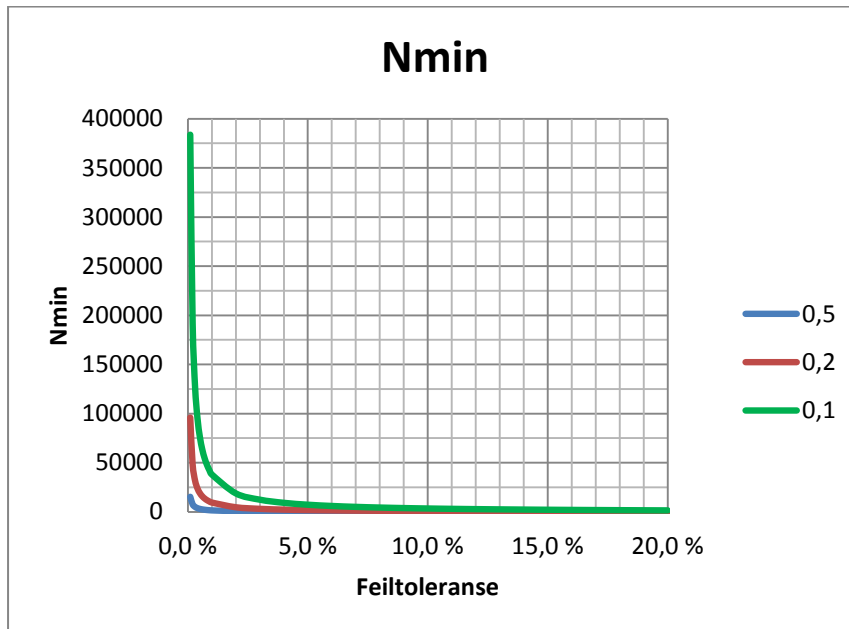
- Hva er det realistisk at den aktuelle teknologien kan prestere?
- Hva er beste praksis på markedet?
- Hvilke behov har brukerne?
- Hvordan påvirker en kvalitetsheving utstyrskostnadene?

Størrelsen på bufferområdet (faktoren f) kan diskuteres ut fra følgende kriterier:

- Hvor store konsekvenser har det å forkaste utstyr som egentlig skulle vært godkjent?
- Hvor store konsekvenser har det å akseptere utstyr som egentlig burde vært forkastet?
- Hvor mye ressurser har man tilgjengelig til testing av utstyr?
- I hvor stor grad kan arbeidet automatiseres?

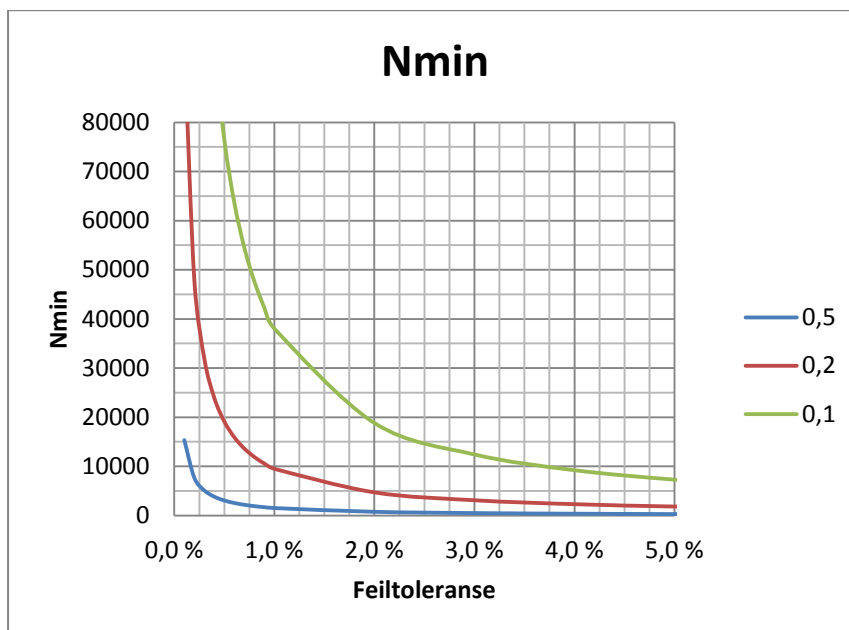
Logaritmisk skala gir mulighet for å vise detaljer i et større område. I Figur 51 til Figur 53 er det brukt normale akser, for nettopp å vise hvor store utslag valg av sikkerhetsfaktor og feiltoleranse gir. De tre linjene i hver figur representerer ulike verdier for faktoren f (se Formel 24 og tilhørende

forklaring). En oversikt over forskjellene i registreringsomfang kan være med på å gi støtte for en beslutning angående hvilke krav som kan stilles til utstyr, eller retttere sagt hvilke krav man har ressurser til å teste etter. Etter at man har valgt sikkerhetsfaktor (f) og feiltoleranse, kan man benytte Formel 24 for mer nøyaktige beregninger.



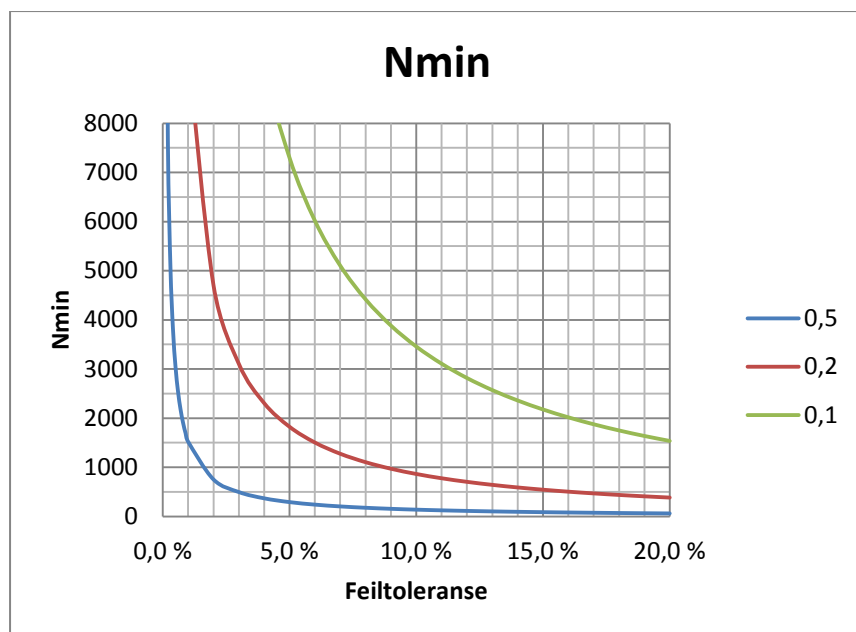
Figur 51 Nmin ved registreringsperiode med noen ukers varighet

Figur 51 viser at N stiger kraftig med synkende feiltoleranse, og med synkende sikkerhetsfaktor.



Figur 52 Nmin ved registreringsperiode med noen dagers varighet

Figur 52 viser at man ved lave feiltoleranser kanskje må sette en høyere sikkerhetsfaktor for å unngå urealistisk høyt antall registreringer.



Figur 53 Nmin ved registreringsperiode med noen timers varighet

Dersom registreringsperioden skal være noen timer, kan man velge feiltoleranse og sikkerhetsfaktor ut fra Figur 53.

Testene som er analysert i denne oppgaven var såkalte pilot-tester. Det var på forhånd uklart hvilke nivåer man kunne vente seg på ulike feilmål. Dermed er testene mer egnet til å danne seg et bilde av hvordan et fremtidig testopplegg kan utformes, på bakgrunn av erfaringstall med hensyn til nøyaktighet i registreringer.

Med videoregistreringer av 3597 kjøretøypasseringer på Klett, har man nok registreringer til å teste etter de ovennevnte metodene ned til en feiltoleranse på 0,5 % (med $f = 0,5$ kan man da med 97,5 % sannsynlighet si at et apparat med observert andel feil på 0,5 % ikke hadde en andel feil som oversteg 0,75 %).

Analysene fra denne testen bør derfor være tilstrekkelige til å vurdere tellerøyaktigheten til de ulike utstyrstypene. Datarec Loop Monitor utfører de mest presise tellingene, med helt perfekte resultater i denne testen. Det kan være vanskelig å vurdere om Datarec 7 eller FMA leverer nest best resultater. Datarec 7 har færrest bortfall av disse, men har til gjengjeld noen tilfeller av spøkelseskjøretøy. Antall feil blir dermed totalt sett omtrent likt. Profiler leverer de dårligste telleresultatene blant registreringsenhetene med induktive sløyfer, med 18 tilfeller av bortfall og ett spøkelseskjøretøy. Anslaget på volum blir likevel kun 0,5 % for lavt. STMS har en vesentlig høyere andel bortfall, med 62 tilfeller. Anslaget på volum er dermed 1,7 % for lavt. Som vi ser, holder alle disse resultatene seg innenfor de New Zealandske kravene for totalt volum (± 5 %) med god margin.

Det kan tenkes at resultatene kan forbedres ved å benytte alternative sløyfekonfigurasjoner. Dette er ikke fulgt opp nærmere i denne oppgaven. Det anbefales at problematikken rundt telling av tunge kjøretøy (og kjøretøy som følger etter tunge kjøretøy) for Profiler følges opp videre.

Testene ved køsituasjon viste at Datarec 7 gir gode tellinger selv ved meget utfordrende trafikkforhold. Både andelen bortfall og andel spøkelseskjøretøy er under 1 % av totalt antall registrerte kjøretøy.

Resultatene fra Datarec 410 ved køsituasjon var langt mindre systematiske. 7,5 % av kjøretøyene ble ikke registrert.

4.2 Lengdemåling og -klassifisering

Først kan det være på sin plass å diskutere definisjonene av tunge kjøretøy, slik de praktiseres i Norge. Ved lengdeklassifisering regnes et kjøretøy for å være "tungt" når lengden er større enn eller lik 5,6 meter. Ved vektclassifisering regnes kjøretøy med tillatt totalvekt over 3,5 tonn som tunge kjøretøy.

Ut fra det datasettet som er fremstilt for testene på Klett, kan det tyde på at skillet på 5,6 meter ikke er optimalt. I det følgende er det ikke benyttet noe registreringsutstyr, kun oppslag i kjøretøyregisteret. Følgene av ulike grenseverdier ved lengdeklassifisering er vist i Tabell 47:

Tabell 47 Konsekvenser av ulike grenser for lette og tunge kjøretøy ved lengdeklassifisering

Lengdegrense	Tunge	Lette	Feil A	Feil B	A + B	B – A
L ≥ 5,6 m	579	2721	13	59	72	46
L ≥ 5,8 m	559	2741	19	45	65	26
L ≥ 6,0 m	539	2761	23	29	52	6
L ≥ 6,2 m	532	2768	27	26	53	-1
L ≥ 6,5 m	515	2785	41	23	64	-18
Totalvekt > 3,5 t	533	2767	-	-	-	-

Kolonnen med tittelen "Tunge" viser hvor mange kjøretøy som har en lengde over eller lik grenseverdien, mens "Lette" viser antall kjøretøy med lengde under grenseverdien.

Alle feil er i denne sammenheng relatert til klassen tunge kjøretøy (ved lengdeklassifisering). I henhold til definisjonene i kapittel 2.4.1, kan Feil A da defineres som antall kjøretøy med totalvekt over 3,5 tonn med lengde under grenseverdien (for eksempel 5,6 meter). Tilsvarende blir Feil B antall kjøretøy med totalvekt under eller lik 3,5 tonn, men lengde over eller lik grenseverdien. Sagt med andre ord er Feil A de tunge kjøretøy man går glipp av ved å sette en viss lengdegrense, mens Feil B representerer de kjøretøy man feilaktig klassifiserer som tunge kjøretøy. Kolonnen "A + B" blir dermed summen av alle feil. "B – A" viser konsekvensen hver lengdegrense får for antall tunge kjøretøy ved lengdeklassifisering, sett i forhold til vektclassifisering.

Resultatene viser at man selv med perfekte lengdemålinger ville overestimert antall tunge kjøretøy, med en differanse på 46 kjøretøy i forhold til vektclassifisering (lengdegrense lik 5,6 meter). Dette tilsvarer 8,6 % av faktisk antall tunge kjøretøy. Vi ser at resultatene blir bedre dersom man øker grenseverdien for lengdeskillet mellom tunge og lette kjøretøy. Ved bruk av dette datasettet ser det ut til at en lengdegrense på 6,0 til 6,2 meter ville gitt et mer riktig bilde. Blant 75 person- og varebiler med tilhenger som ble registrert på Klett av Datarec 7, var det kun 1 som ble registrert med lengde under 6,5 meter. Dette betyr at en stor andel av kjøretøyene over 5,6 meter er person- og varebiler

med tilhenger, men at feilen dette medfører ikke vil variere særlig som funksjon av lengdegrensen for tunge kjøretøy. I det videre arbeidet er det likevel lengdegrensen på 5,6 meter som er benyttet.

Det er stor forskjell på utstyrstypene og på resultatene innenfor de ulike klassene. Dette er tidligere vist i Tabell 8. Dette betyr igjen at tungtrafikkandelen blir sterkt påvirket av disse feilene. Effekten av dette er vist i Tabell 48:

Tabell 48 Andel tungtrafikk ved lengdeklassifisering, med og uten justering

Utstyr	Kjøretøyregister	DR7	DRLM	FMA	Profiler
Lengde ≥ 5,6 m	353	316 (350)	305 (349)	566 (365)	360 (344)
Totalt	3038	3036	3038	3030	3028
Andel tunge [%]	11,6	10,4 (11,5)	10,0 (11,5)	18,7 (12,0)	11,9 (11,4)

Tallene uten parentes er de registrerte verdier fra hver registreringsenhet. Tallene i parentes er fra lengdeklassifisering etter innføring av en klassevis justeringsfaktor.

Det er viktig å presisere at tallene i Tabell 48 ikke inkluderer kjøretøy med tilhengere og kjøretøy uten mulighet for å sjekke total lengde i kjøretøyregisteret. Det betyr at den faktiske andelen tunge kjøretøy er høyere, i og med at alle semitrailere og vogntog er fjernet. Likevel ser vi at det skiller 261 tunge kjøretøy mellom høyeste (FMA) og laveste (Datarec Loop Monitor), av totalt i overkant av 3000 kjøretøy. Med en enkel justering av kjøretøylengdene som er målt innenfor hver klasse, blir resultatene vesentlig bedre. Estimerer på antall tunge kjøretøy varierer da fra 344 (Profiler) til 365 (FMA), mens kjøretøyregisteret tilsier at den sanne verdien er 353.

Dette viser at estimatene på andel tunge kjøretøy (på bakgrunn av lengdeklassifisering) ikke er nøyaktige ved bruk av rå lengdeklassifiseringsdata fra de ulike apparatene, men at man med enkle midler kan oppnå relativt gode anslag.

For å undersøke muligheten for å forbedre lengdemålinger ytterligere, er det foretatt en analyse av hvordan ulike faktorer påvirker lengdemålingene. For at justeringene faktisk skal kunne brukes, er det kun benyttet inngangsdata som allerede finnes i de registrerte data fra måleutstyret.

Gjennom en analyse av 3036 registreringer fra Datarec 7, ble det funnet faktorer som kan inngå i en likning av følgende type:

Formel 25 Estimert relativ lengdefeil

$$\text{Estimert relativ lengdefeil [\%]} = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \dots + \beta_n * x_n$$

Oversikt over faktorer, usikkerhet og variabler er vist i Tabell 49:

Tabell 49 Koeffisienter som inngår ved estimering av relativ lengdefeil

<i>Forklaring</i>	<i>Navn</i>	<i>Koeffisient</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Konstant []	β_0	-25,27	-26,74	-23,81
Fart [km/t]	β_1	0,03	0,02	0,04
Umax1 [?]	β_2	-0,01	-0,02	0,00
Umax2 [?]	β_3	0,03	0,01	0,04
Lengde DR7 [m]	β_4	1,23	1,15	1,31
Kategori-faktor	β_5	6,22	-3,55	15,99

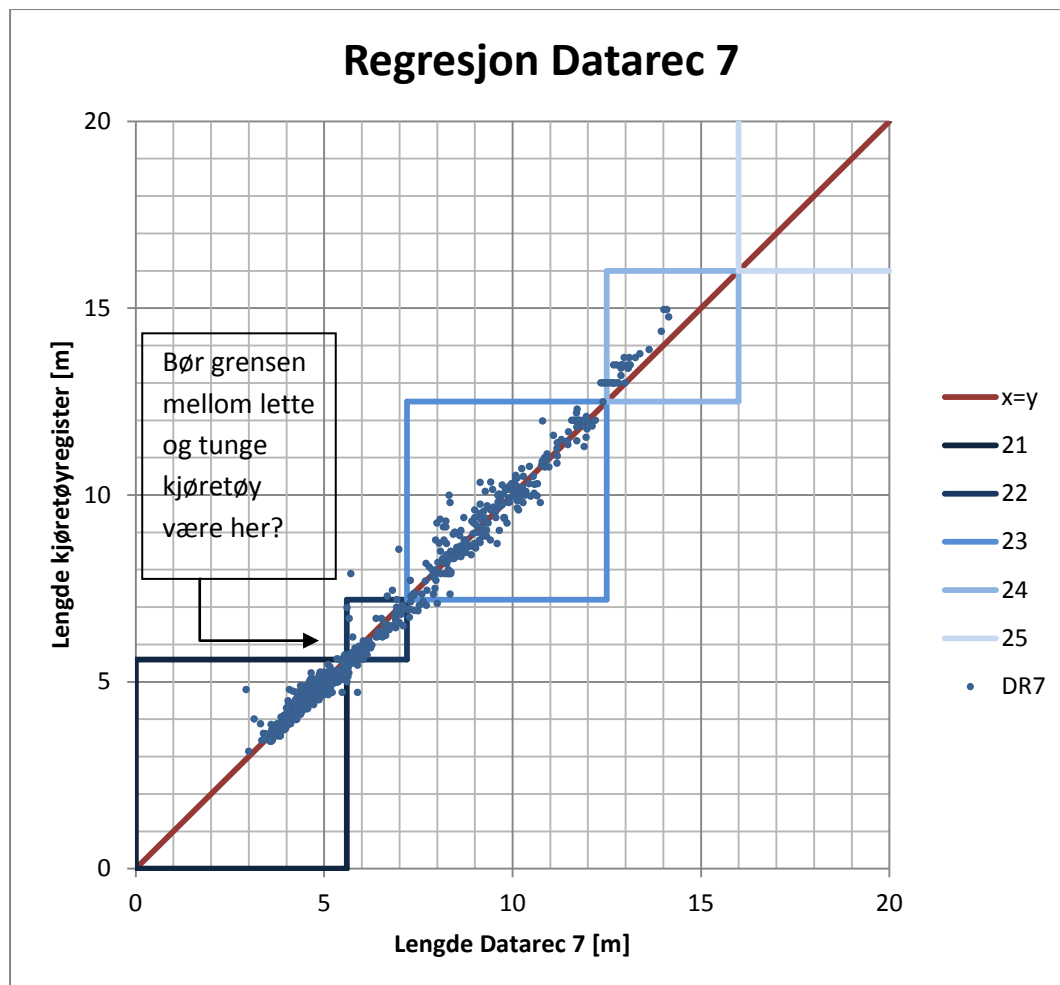
Kolonnene som er kalt *Min* og *Max* representerer henholdsvis nedre og øvre grense i et 95 % konfidensintervall for hver koeffisient. Kategorifaktorene er funnet på bakgrunn av gjennomsnittlig lengdefeil for hver kjøretøykategori som ble registrert av Datarec 7. Resultatene for relativ lengdefeil etter å ha benyttet faktorene fra Tabell 49, sammenlignet med rådata uten justering og enkel klassevis justering, er vist i Tabell 50:

Tabell 50 Sammenligning av relativ lengdefeil ved ulike grader av justering

Statistisk mål	Ingen justering	Klassevis justering	Multiple linear regression
Gjennomsnitt	-7,3 %	0,0 %	0,0 %
2,5 %-fraktil	-16,0 %	-9,4 %	-5,7 %
Median	-6,9 %	0,4 %	-0,1 %
97,5 %-fraktil	-0,4 %	6,8 %	6,3 %
Minimum	-50,8 %	-47,0 %	-39,0 %
Maksimum	14,8 %	23,9 %	24,7 %
Standardavvik	4,0 %	4,3 %	3,3 %

Vi ser at for å flytte gjennomsnitt og median for den relative lengdefeilen til et nivå nær 0, er det tilstrekkelig med en enkel justering. Det er imidlertid tydelig at man ved å inkludere flere parametere kan få mer presise lengdemålinger. Ved en enkel justering har 95 % av registreringene en relativ feil på mellom -9,4 % og 6,8 %. Ved å benytte en mer avansert metode, blir tilsvarende tall -5,2 % og 5,7 %. Det vil si at bredden på det observerte konfidensintervallet for enkeltregistreringer reduseres med 33 % (ikke prosentpoeng).

Det er viktig å presisere at disse faktorene ikke er ment som et endelig svar på hvordan lengdemålinger bør justeres (etter registrering) eller kalibreres (før registrering), men snarere et innspill til de muligheter som finnes for å forbedre og utvikle registreringsutstyr. Det kan godt tenkes at det finnes enda flere parametere som kan benyttes for å snevre inn spredningen ytterligere. Dersom lengdeklassifisering skal fortsette å være dominerende i Norge, bør lengderegistreringene være så gode som mulig.



Figur 54 Lengdemåling Datarec 7 ved Multiple linear regression

Uten justering oppstår 81 tilfeller av feilklassifisering. Dette tallet reduseres til 61 med enkel klassevis justering, og reduseres ytterligere til 42 ved justering med "multiple linear regression". Dette viser at det finnes et betydelig forbedringspotensiale når det gjelder lengdeklassifisering, ved å benytte de data som allerede finnes på en bedre måte. Det er grunn til å anta at dette også gjelder andre registreringsenheter enn Datarec 7. Figur 54 viser også at området med få registreringer (markert med pil) passer meget bra sammen med lengdegrensen som ble anbefalt innledningsvis i dette kapitlet (6,0 til 6,2 meter). Det å endre denne grensen kan dermed få en trippel positiv effekt på lengdeklassifiseringen:

- Lengdegrensen stemmer bedre overens med vektgrensen
- De feilene som likevel oppstår ser ut til å være omtrent like store, men med motsatt fortegn
- Skillet mellom klassene er i et område med få registreringer, og dermed få muligheter for feilklassifisering

Tabell 51 Oversikt over laveste feilrater (Feil A og Feil B) i hver klasse ved lengdeklassifisering

Klasse	Feil A		Feil B	
	Beste resultat [%]	Enhet	Beste resultat [%]	Enhet
21	0,0	DRLM	0,0	FMA
22	13,3	Profiler	13,3	DRLM
23	6,8	Profiler	0,0	DR7
24	0,0	DR7, Profiler	0,0	DR7
25	-		-	
Totalt	1,7	Profiler	1,4	Profiler

Tabell 51 viser de laveste feilratene som ble oppnådd innenfor hver lengdeklasse. Det ser ut til at det er mulig å oppnå meget gode resultater innenfor de fleste klasser, men at klasse 22 er den vanskeligste klassen.

Metodene for vurdering og beregning av minimum antall registreringer er i aller høyeste grad gyldige og aktuelle også med hensyn til klassifisering. Man må da være klar over at klassifisering bør analyseres klassevis, og at antall registreringer i de sjeldneste klassene kan være meget begrenset. Kanskje kan det være grunn til å sette individuelle krav for de ulike klassene, både med hensyn til feiltoleranse og sikkerhetsfaktor? På denne måten kan man få mest mulig igjen for de registreringene som utføres under en test.

Profiler leverer totalt sett de beste resultatene for lengdeklassifisering av kjøretøy uten tilhengere, med under 2 % feil. Datarec 7 og Datarec Loop Monitor har under 3 % feil. FMA leverer vesentlig dårligere resultater, med nesten 9 % feil. Lengdemålingene til FMA er like gode som lengdemålingene til Datarec 7 og Datarec Loop Monitor, men avvikene har motsatt fortegn. Resultatene for lengdeklassifisering måler derfor ikke bare nøyaktighet i lengdemålinger, men også hvordan utstyret er tilpasset gjeldende lengdeklassifiseringsskjema.

Resultatene i avsnittet over inkluderer ikke kjøretøy med tilhengere, i og med at det ikke har vært noen referanselengde tilgjengelig for disse kjøretøyene. Likevel fremstår det som klart at Profiler skiller seg klart ut fra de andre ved lengdemåling av kjøretøy med tilhengere. Det er dermed ikke sikkert at Profiler totalt sett for alle typer kjøretøy er best på lengdeklassifisering.

4.3 Klassifisering etter kjøretøykategori

Ut fra resultatene med klassifisering i kjøretøykategorier, blir det tydelig at 8-13 kategorier er mer enn hva utstyret er i stand til å skille. Et spørsmål blir derfor hva det kan være realistisk å oppnå ved klassifisering med utstyr som benytter induktive sløyfer eller magnetometer.

Ut fra behovene til brukerne av trafikkdata (Giæver, et al., 2009), kan det se ut til at en enklere klassifisering er tilstrekkelig i mange tilfeller. Ved å benytte 6 felles kategorier for alle apparater, kan man oppnå en kvalitet som er vesentlig bedre enn ved 8-13 kategorier. I tillegg til de 6 kategoriene for kjøretøy, kommer 3 koder for manglende registrering/klassifisering eller spøkelseskjøretøy.

Resultatene har vist at ingen av utstyrstypene klarte å skille mellom personbil og varebil. Det finnes heller ingen grunn til at dette skal være mulig med induktive sløyfer eller magnetometer. Derfor er det kanskje ingen grunn til å forsøke på dette, og man bør heller benytte andre metoder for

datainnsamling dersom det er viktig å skille mellom disse klassene. Også vogntog og semitrailer ser ut til å være vanskelig å skille. I dette forenklete klassifiseringsskjemaet er disse klassene derfor slått sammen. Kjøretøyklassene er nesten tilsvarende som de 6 klassene beskrevet i innledningen til kapittel 4. Det kan derfor antas at et krav om 95 % korrekt klassifisering bør gjelde også her.

Med et forenklet opplegg, som er tilpasset teknologiens begrensninger, kan man unngå å samle inn og presentere data med lav kvalitet. Som tidligere nevnt, har undersøkelser vist at trafikkdata ofte blir benyttet uten at brukeren vurderer kvaliteten (Giæver, et al., 2009). Det aggregerte klassifiseringsskjemaet er vist i Tabell 52.

Tabell 52 Forslag til forenklet klassifiseringsskjema

Klassens nummer	Beskrivelse
11	Finnes ikke (spøkelseskjøretøy)
12	Ikke registrert
13	Ukjent (registrert, men ikke klassifisert)
1	MC og moped
2	Person- og varebil
3	Person- og varebil med tilhenger
4	Buss
5	Lastebil
6	Vogntog og semitrailer

På bakgrunn av data fra testene på Klett 22.11.2011, fremkom resultater som vist i Tabell 53 til Tabell 57.

Tabell 53 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, Datarec 7

		Kjøretøyregister								Totalt	Feil B
DR7		11	13	1	2	3	4	5	6		
Datarec 7	12	2	0	0	2	0	0	0	0	2	
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0 %
	2	4	122	0	2717	1	10	19	0	2747	1,1 %
	3	0	3	0	1	57	1	1	0	60	5,0 %
	4	0	0	0	0	1	48	0	0	49	2,0 %
	5	2	12	0	23	13	5	210	15	266	21,1 %
6	0	64	0	0	3	3	1	263	270	2,6 %	
Totalt				1	2743	75	67	231	278		2,9 %
Feil A				0,0 %	0,9 %	24,0 %	28,4 %	9,1 %	5,4 %	2,9 %	

Datarec 7 gir stort sett gode klassifiseringsresultater innenfor de fleste klasser. Feil av type A opptrer (relativt sett) hyppigst i klasse 3 og 4, mens feil av type B oftest inntreffer i klasse 5. I klasse 2 og 6 er resultatene gode, både med hensyn til feil av type A og B.

Tabell 54 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, Datarec Loop Monitor

		Kjøretøyregister								Totalt	Feil B
DRLM		11	13	1	2	3	4	5	6		
Datarec Loop Monitor	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0 %
	2	0	117	0	2710	0	8	17	0	2735	0,9 %
	3	0	2	0	1	63	1	1	0	66	4,5 %
	4	0	1	0	0	0	48	1	0	49	2,0 %
	5	0	17	0	32	9	7	212	10	270	21,5 %
	6	0	64	0	0	3	3	0	268	274	2,2 %
Totalt				1	2743	75	67	231	278	2,7 %	
Feil A				0,0 %	1,2 %	16,0 %	28,4 %	8,2 %	3,6 %	2,7 %	

Datarec Loop Monitor gir med dette klassifiseringsskjemaet tilnærmet like resultater som Datarec 7. Det betyr at resultatene er meget gode for personbil/varebil, og semitrailer/vogntog. Det er imidlertid en del personbil/varebil med henger som blir klassifisert som lastebil og semitrailer/vogntog. Det forekommer også relativt ofte at busser blir feilklassifisert.

Tabell 55 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, FMA

		Kjøretøyregister								Totalt	Feil B
FMA		11	13	1	2	3	4	5	6		
Feix Moxa Atki	12	8	1	0	8	0	0	0	0	8	
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0 %
	2	0	121	0	2720	0	9	28	0	2757	1,3 %
	3	0	2	0	1	75	1	3	0	80	6,2 %
	4	0	2	0	0	0	48	35	1	84	42,9 %
	5	0	10	0	14	0	6	159	0	179	11,2 %
	6	0	65	0	0	0	3	6	277	286	3,1 %
Totalt				1	2743	75	67	231	278	3,2 %	
Feil A				0,0 %	0,8 %	0,0 %	28,4 %	31,2 %	0,4 %	3,4 %	

FMA leverer gode data i klasse 2 og 3, altså personbil/varebil uten og med henger. Resultatene er svakere i klasse 4 og 5, buss og lastebil. Disse blir ofte forvekslet. I klasse 6 (semitrailer/vogntog) er klassifiseringen meget god.

Tabell 56 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, Profiler

		Kjøretøyregister								Totalt	Feil B
Profiler		11	13	1	2	3	4	5	6		
Profiler	12	7	5	0	6	2	0	4	1	13	
	13	0	4	0	0	0	0	0	78	78	
	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0 %
	2	0	121	0	2723	4	14	20	0	2761	1,4 %
	3	0	2	0	1	68	1	1	0	71	4,2 %
	4	0	0	0	1	1	28	1	0	31	9,7 %
	5	0	11	0	11	0	0	178	1	190	6,3 %
6	0	58	0	1	0	24	27	198	250	20,8 %	
Totalt				1	2743	75	67	231	278		3,3 %
Feil A				0,0 %	0,7 %	9,3 %	58,2 %	22,9 %	28,8 %	5,9 %	

I likhet med de andre utstyrstypene, leverer Profiler gode klassifiseringsdata i klasse 2. I klasse 3 er resultatene også brukbare, sammenlignet med de øvrige enhetene. I klassene for tunge kjøretøy, derimot, er resultatene svakere. Dette skyldes hovedsaklig at mange busser blir klassifisert som personbiler eller semitrailer/vogntog, og at en stor andel semitrailer/vogntog blir registrert, men ikke klassifisert. Samtlige av de 78 kjøretøyene som blir klassifisert som ukjent, tilhører egentlig klasse 6.

Tabell 57 Resultater ved forenklet klassifiseringsskjema, STMS

		Kjøretøyregister								Totalt	Korr B
STMS		11	13	1	2	3	4	5	6		
STMS	12	7	9	0	51	0	0	1	1	53	
	13	0	6	1	100	3	2	3	4	113	
	1	0	0	0	4	1	0	0	1	6	100,0 %
	2	1	112	0	2550	9	10	57	0	2626	2,9 %
	3	0	4	0	17	57	2	45	0	121	52,9 %
	4	0	5	0	4	0	7	3	5	19	63,2 %
	5	0	9	0	5	4	28	112	20	169	33,7 %
6	0	56	0	12	1	18	10	247	288	14,2 %	
Totalt				1	2743	75	67	231	278		7,9 %
Korr A				100,0 %	7,0 %	24,0 %	89,6 %	51,5 %	11,2 %	12,4 %	

STMS leverer heller ikke med et forenklet klassifiseringsskjema en presis klassifisering av kjøretøy. Aller verst er resultatene i klasse 4, buss. Kun i overkant av 10 % av bussene blir registrert i riktig klasse. Faktisk blir flere busser registrert som lastebil, semitrailer/vogntog og personbil/varebil enn som buss. Resultatene for klasse 6, semitrailer/vogntog, er imidlertid bedre enn det Profiler oppnådde.

Tabell 58 viser de beste klassifiseringsresultatene som ble oppnådd innenfor hver av de 6 klassene. Dette kan gi en pekepinn på hva det kan være rimelig å forvente ved klassifisering ved hjelp av mønstergjenkjenning. Resultatene er oppgitt som andel Feil A og andel Feil B.

Tabell 58 Oversikt over laveste feilrater i hver klasse ved forenklet klassifiseringsskjema

Klasse	Feil A		Feil B	
	Beste resultat [%]	Enhet	Beste resultat [%]	Enhet
1	0,0	DR7, DRLM, FMA, Profiler	0,0	DR7, DRLM, FMA, Profiler
2	0,7	Profiler	0,9	DRLM
3	0,0	FMA	4,2	Profiler
4	28,4	DR7, DRLM, FMA	2,0	DR7, DRLM
5	8,2	DRLM	6,3	Profiler
6	0,4	FMA	2,2	DRLM
Totalt	2,7	DRLM	2,7	DRLM

Dette viser at busser og lastebiler er de vanskeligste av disse 6 klassene, og ingen av utstyrstypene oppnådde 95 % korrekt klassifisering i disse klassene. I de øvrige klassene er mulig å oppnå relativt presise resultater. Det er imidlertid ikke slik at ett apparat er best i alle situasjoner. Resultatene i de foregående tabellene kan derfor gi en antydning om hvilken registreringsenhet man bør benytte, avhengig av hva slags kjøretøygrupper man er mest interessert i. Av 14 muligheter (Feil A og Feil B i 6 klasser pluss totalt) hadde Datarec Loop Monitor best resultat (alene eller delt med flere utstyrstyper) i 9 tilfeller. Tilsvarende tall for Profiler og FMA var 5, Datarec 7 hadde 4 tilfeller av best resultat, og STMS hadde 0.

I litteraturen har jeg funnet en utstyrsevaluering der klassifiseringsresultatene var bedre enn i NorSIKT-testen. Utstyret som ble testet var Peek ADR-6000. Dette utstyret benytter 4 induktive sløyfer per kjørefelt; 2 store (2 m * 2 m) i hver ende og 2 små (1,5 m * 0,45 m) i midten. Avstanden mellom de store sløyfene var 2 m, altså dobbel avstand sammenlignet med norsk sløyfekonfigurasjon. De store sløyfene var vanlige induktive sløyfer, mens de små var spesielt designet for å telle akslinger. I løpet av 15 minutter passerte 1923 kjøretøy på I-35 (5 felt) i Austin, Texas ((Middleton & Parker, 2002). Det ble benyttet standard FHWA-klassifisering, med 13 klasser. Det blir kun oppgitt andel feil av type A, disse er presentert i Tabell 59.

Tabell 59 Resultater for klassifisering, Peek ADR-6000

Klasse	Beskrivelse	Antall kjøretøy	Feil A	Andel feil A
1	Motorsykkkel	4	2	50,0 %
2	Personbil	1356	3	0,2 %
3	Andre 2-akslede kjøretøy med 4 hjul	423	1	0,2 %
4	Buss	7	4	57,1 %
5	2-akslede lastebiler med 6 hjul	60	5	8,3 %
6	Treakslede lastebiler	12	2	16,7 %
7	Lastebiler med 4 akslinger eller mer	1	0	0,0 %
8	Vogntog/semitrailer med maks 4 akslinger	24	0	0,0 %
9	Vogntog/semitrailer med 5 akslinger	55	4	7,3 %
10	Vogntog/semitrailer med minst 6 akslinger	0	0	-
11	Modulvogntog med maks 5 akslinger	2	0	0,0 %
12	Modulvogntog med 6 akslinger	0	0	-
13	Modulvogntog med minst 7 akslinger	0	0	-
Totalt		1923	21	1,1 %

Resultatene er relativt gode for alle klasser bortsett fra buss og motorsykkkel. I den aktuelle testen ble resultatene vurdert å være så gode at enheten ble benyttet som referanse for øvrige trafikkregistreringsutstyr. Denne vurderingen kan diskuteres.

Tabell 60 viser beregnet andel tungtrafikk, basert på tolkning av kjøretøykategori under testene på Klett 22.11.2011. MC, person- og varebiler med og uten henger er regnet som lette kjøretøy, mens de øvrige klasser er regnet som tunge kjøretøy. Tallene i parentes for Profiler betyr at alle de 78 kjøretøyene som ble registrert, men ikke klassifisert, er lagt inn som semitrailer/vogntog. Tabell 56 viste at dette var tilfelle. Tabell 57 viste at det samme ikke gjelder for STMS, der de ukjente kjøretøyene er spredt over alle kategorier.

Tabell 60 Estimert andel tungtrafikk, klassifisering etter kjøretøykategori

Utstyr	Kjøretøyregister	DR7	DRLM	FMA	Profiler	STMS
Tung klasse	576	585	593	549	471 (549)	476
Totalt	3395	3393	3395	3387	3304 (3382)	3229
Andel tunge [%]	17,0	17,2	17,5	16,2	14,3 (16,2)	14,7

Vi ser at estimater på tungtrafikkandelen varierer fra 14,3 % til 17,5 %, avhengig av registreringsutstyr. Dette virker ikke nødvendigvis i utgangspunktet som en stor spredning. Men antall tunge kjøretøy blir estimert fra 18 % under 3 % over fasiten. Når man vet at andel tungtrafikk er en viktig inngangsparameter i mange beregnings- og dimensjoneringsmetoder, er dette likevel en betydelig spredning. I tillegg må det tas med i betraktningen at konsekvensene av feilestimering av tungtrafikkandelen kan bli store. Eksempler hvor feil estimering av andel tungtrafikk kan få konsekvenser er:

Eksempel 1:

15 % tunge kjøretøy er en terskelverdi for valg mellom tellepunkt på nivå 2 og nivå 3 i Håndbok 281 (Statens vegvesen, 2011a).

Eksempel 2:

Med ÅDT lik 5000 vil differansene i tungtrafikkandel (vist i Tabell 60) avgjøre om trafikkgruppen blir D eller E, i henhold til Håndbok 018, figur 512.6 (Statens vegvesen, 2011b). Dette vil i de fleste tilfeller medføre 1 cm økning av tykkelse på forsterkningslag, og 10 cm økning av tykkelse på bærelag, i henhold til figur 512.7. I tillegg avgjør dette om forsterkningslag er påkrevet eller ikke ved gode grunnforhold.

Eksempel 3:

Antall tunge kjøretøy er avgjørende for hvilken fartsdifferanse mellom lette og tunge kjøretøy som aksepteres før forbikjøringsfelt i stigning bør anlegges (Statens vegvesen, 2008).

Eksempel 4:

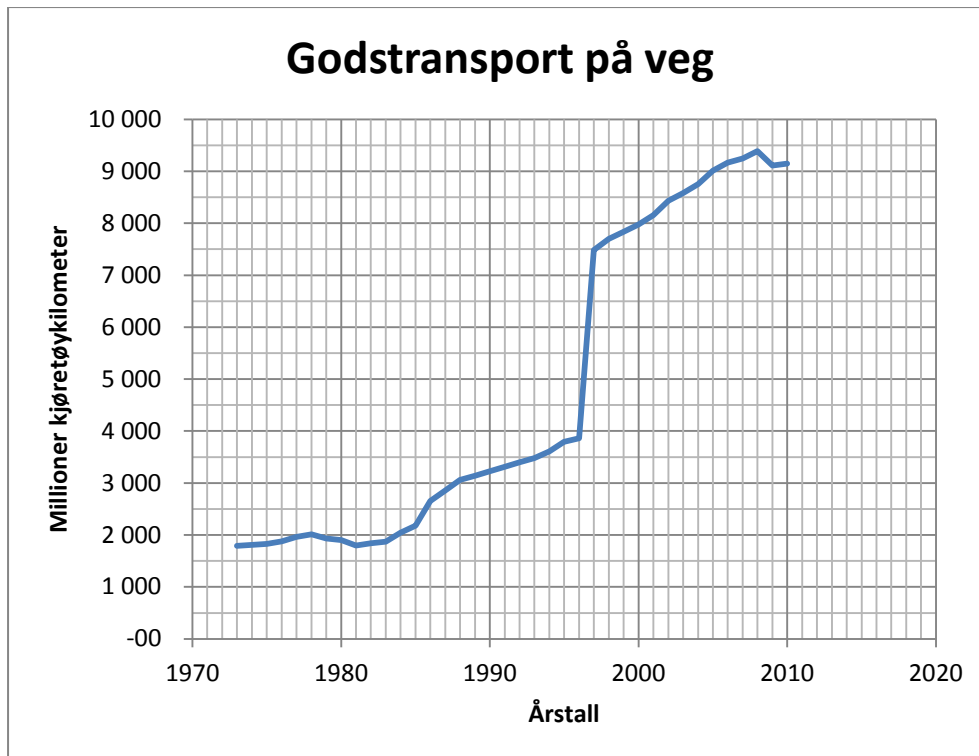
Både støyberegninger og behov for ventilasjon og sikkerhetstiltak i tunnel tar hensyn til andel tunge kjøretøy (Statens vegvesen, 2010).

Eksempel 5: Samfunnsøkonomiske kostnader ved tunge kjøretøy er flere ganger høyere enn for lette kjøretøy (Statens vegvesen, 2006). Derfor vil konsekvensene av feil estimater på tungtrafikkandel forsterkes i en samfunnsøkonomisk analyse.

Eksempel 6: Andel tungtrafikk avgjør i enkelte tilfeller hvilken styrkeklasse som skal benyttes ved valg av rekkverk (Statens vegvesen, 2011c).

Eksempel 7: Et av spørsmålene i Håndbok 271, Tabell 2: Sjekkliste for identifisering av sikkerhetsproblemer ved eksisterende eller planlagt veg, lyder: *Andel tungtrafikk – Er andelen mindre enn 10 %?* (Statens vegvesen, 2007).

Eksempel 8: Figur 55 viser utviklingen i godstransport på veg, uttrykt ved millioner kjøretøykilometer pr år, som presentert i rapporten "Transportytelser i Norge 1946-2010" (Vågane & Ridereng, 2011):



Figur 55 Eksempel på feil i trafikkdata, Godstransport på veg

Det fremgår tydelig av grafen at noe spesielt har skjedd fra 1996 til 1997. I rapporten står det at det er benyttet ny beregningsmetode fra og med 1997. Det fremgår ikke klart hva som er nytt. Likevel viser dette med aller største tydelighet at trafikkdata bør behandles kritisk og med forsiktighet. Disse tallene er også presentert på Statens vegvesens nettsider, da kun med en generell henvisning til TØI-rapporten for dokumentasjon av beregningsgrunnlag (Statens vegvesen, 2011d).

Eksempelene er ikke ment som en fullstendig oversikt over tungtrafikkandelens påvirkningsområde, men de viser likevel at dette er sentralt innenfor mange ulike felt.

Jo flere klasser man deler inn i, jo færre kjøretøy vil det bli i hver klasse. Dette betyr at N kan bli svært begrenset. De metodiske og statistiske følger dette får er diskutert i kapittel 4.2. Både formler og grafer er direkte overførbart til tester for klassifisering etter kjøretøykategori.

Dersom man likevel ønsker å benytte kjøretøyklassene som benyttes av de ulike registreringsenhetene, kan

Tabell 61 til Tabell 64 være til hjelp for å vurdere egnetheten til hvert utstyr. Det har ikke vært mulig å gi en generell anbefaling om hvilket registreringsutstyr som bør benyttes ved klassifisering etter kjøretøykategori, i og med at resultatene varierer meget mellom kategoriene. Derfor må man tenke over hvilke klasser man er mest interessert i, og benytte de følgende tabellene til å finne det best egnede utstyret. Klassifiserings skjema fra Datarec 7 er benyttet som utgangspunkt. Legg merke til at ikke alle enheter skiller mellom "liten lastebil" og "lastebil". Disse må derfor sees i sammenheng.

Tabell 61 Antall registrerte kjøretøy i ulike kjøretøykategorier

Kjøretøykategori	Antall registrerte kjøretøy					
	Video	DR7	DRLM	FMA	Profiler	STMS
MC	1	1	1	1	1	6
Personbil	2079	2675	2362	2509	2414	2479
Personbil m/henger	43	33	29	75	58	121
Varebil	664	72	373	248	347	147
Varebil m/henger	32	28	37	5	13	-
Buss	67	48	49	84	31	19
Liten lastebil	14	52	73	-	-	-
Lastebil	217	214	197	179	190	169
Vogntog	126	112	190	116	80	75
Semitrailer	152	158	84	170	170	213
Ukjent	0	0	0	0	78	113
Totalt	3395	3393	3395	3387	3382	3342

Tabell 61 viser antall registrerte kjøretøy innenfor hver klasse for alle utstyrstyper. Derom man kun er opptatt av at antallet til slutt skal bli mest mulig riktig, uavhengig av om hver enkelt registrering er riktig, kan denne benyttes. Dersom ønsket foreksempel er å estimere antall semitrailere (152 stk), kan det se ut til at Datarec 7 gir det beste anslaget (158 stk). Datarec Loop Monitor bør ikke velges (84 stk).

Tabell 62 Relativ differanse for antall registrerte kjøretøy innenfor ulike kjøretøykategorier

Kjøretøykategori	Antall Video	Relativ differanse				
		DR7	DRLM	FMA	Profiler	STMS
MC	1	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	500,0 %
Personbil	2079	28,7 %	13,6 %	20,7 %	16,1 %	19,2 %
Personbil m/henger	43	-23,3 %	-32,6 %	74,4 %	34,9 %	181,4 %
Varebil	664	-89,2 %	-43,8 %	-62,7 %	-47,7 %	-77,9 %
Varebil m/henger	32	-12,5 %	15,6 %	-84,4 %	-59,4 %	-
Buss	67	-28,4 %	-26,9 %	25,4 %	-53,7 %	-71,6 %
Liten lastebil	14	271,4 %	421,4 %	-	-	-
Lastebil	217	-1,4 %	-9,2 %	-22,5 %	-17,7 %	-26,8 %
Vogntog	126	-11,1 %	50,8 %	-7,9 %	-36,5 %	-40,5 %
Semitrailer	152	3,9 %	-44,7 %	11,8 %	11,8 %	40,1 %
Ukjent	0	-	-	-	-	-
Totalt	3395	-0,1 %	0,0 %	-0,2 %	-0,4 %	-1,6 %

Tabell 62 viser det samme som Tabell 61, men med relative differanser i forhold til referansen i prosent. Et resultat på 0 % er optimalt, og betyr at estimatet på antall kjøretøy innenfor den aktuelle klassen er identisk med referansen. Positive tall betyr overtelling i den aktuelle klassen, mens negative tall betyr undertelling.

Tabell 63 Andel Feil A innenfor ulike kjøretøykategorier

Kjøretøykategori	Antall Video	Andel Feil A				
		DR7	DRLM	FMA	Profiler	STMS
MC	1	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Personbil	2079	0,2 %	3,1 %	1,3 %	1,9 %	7,7 %
Personbil m/henger	43	44,2 %	55,8 %	4,7 %	18,6 %	23,3 %
Varebil	664	91,7 %	56,5 %	70,8 %	57,5 %	88,8 %
Varebil m/henger	32	46,9 %	43,8 %	100,0 %	75,0 %	-
Buss	67	28,4 %	28,4 %	28,4 %	58,2 %	89,6 %
Liten lastebil	14	85,7 %	85,7 %	-	-	-
Lastebil	217	14,7 %	21,7 %	31,2 %	22,5 %	51,9 %
Vogntog	126	33,3 %	13,5 %	13,5 %	65,9 %	58,7 %
Semitrailer	152	21,1 %	56,6 %	3,3 %	19,7 %	26,3 %
Ukjent	0	-	-	-	-	-
Totalt	3395	23,1 %	19,4 %	19,0 %	19,4 %	31,9 %
Ikke vektet snitt	-	40,7 %	40,5 %	31,6 %	39,9 %	49,5 %

Tabell 63 viser andel feil A innenfor hver kjøretøykategori, for alle utstyrstypene. Dersom det viktigste er å ikke "gå glipp av" noen kjøretøy innenfor en spesiell kategori, bør resultatene i denne tabellen vektlegges. Dersom det for eksempel er viktig å registrere alle personbiler med tilhenger, bør FMA velges, i og med at denne ser ut til å registrere over 95 % av alle kjøretøy innenfor denne kategorien. Et eksempel på bruksområde hvor dette kan være aktuelt, kan være dersom man ønsker å automatisk ta inn alle personbiler med tilhenger til en kontrollstasjon. Da er det viktig at flest mulig innenfor denne kategorien blir identifisert, så kan heller "falske alarmer" vinkes videre uten å bli kontrollert.

Tabell 64 Andel Feil B innenfor ulike kjøretøykategorier

Kjøretøykategori	Antall Video	Andel Feil B				
		DR7	DRLM	FMA	Profiler	STMS
MC	1	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Personbil	2079	22,4 %	14,7 %	18,2 %	15,5 %	22,6 %
Personbil m/henger	43	27,3 %	34,5 %	45,3 %	39,7 %	72,7 %
Varebil	664	23,6 %	22,5 %	21,8 %	18,7 %	46,9 %
Varebil m/henger	32	39,3 %	51,4 %	100,0 %	38,5 %	-
Buss	67	0,0 %	2,0 %	42,9 %	9,7 %	63,2 %
Liten lastebil	14	96,2 %	97,3 %	-	-	-
Lastebil	217	13,6 %	13,7 %	11,2 %	5,8 %	34,3 %
Vogntog	126	25,0 %	42,6 %	0,9 %	46,3 %	30,7 %
Semitrailer	152	24,1 %	21,4 %	13,5 %	28,2 %	47,4 %
Ukjent	0	-	-	-	1	1
Totalt	3395	23,1 %	19,4 %	18,6 %	19,1 %	30,8 %
Ikke vektet snitt		30,2 %	33,3 %	31,7 %	25,3 %	45,4 %

Tabell 64 viser andel Feil B innenfor hver kjøretøykategori, for alle utstyrstypene. Dersom det viktigste er å være sikker på at alle kjøretøy som er registrert innenfor en kategori faktisk tilhører den aktuelle kategorien, bør resultatene i Tabell 64 vektlegges. Dersom formålet med registreringen ikke var å ta inn alle personbiler med tilhengere til kontroll, men heller å analysere hastighetsdata for personbiler med tilhenger, er ikke lenger FMA det beste valget. Ut fra resultatene i Tabell 64 ville da 45 % av de analyserte hastighetsdata egentlig stamme fra kjøretøy fra andre kategorier. Det ville vært bedre å heller ha færre, men korrekte registreringer. Da er Datarec 7 det beste alternativet, selv om også dette medfører 27 % kjøretøy fra andre kategorier enn personbil med tilhenger.

En kan dermed stille seg følgende spørsmål angående bruksområde eller formål:

- Er det viktigst å estimere riktig volum (innenfor aktuell klasse)? → Tabell 61/Tabell 62
- Er det viktigst å ikke overse noen kjøretøy (innenfor aktuell klasse)? → Tabell 63
- Er det viktigst å få "rene" resultater (innenfor aktuell klasse)? → Tabell 64

Datarec Loop Monitor, FMA og Profiler leverer totalt sett de beste resultatene ved klassifisering etter kjøretøykategori, med omkring 19 % feil. Datarec 7 har høyest feilrate blant apparatene som benytter induktive sløyfer, med rundt 23 %. STMS benytter magnetometerteknologi, og har en feilrate på over 30 %. Dette gjør at STMS (foreløpig) ikke fremstår som en reell konkurrent til utstyr som benytter induktive sløyfer.

4.4 Behov for supplerende registreringer og analyser

4.4.1 Hastighet

Det er ikke funnet en tilfredsstillende måte å finne referansehastighet. Dette er spesielt utfordrende i og med at utstyret er spredt over en strekning på over 50 meter. En mulig løsning kunne være å benytte flere forhåndstestede "non-intrusive" (utstyr som ikke graves ned i asfalten) enheter, slik at

fartsprofilen gjennom hele strekningen var kjent innenfor referanseutstyrets feilmarginer. En annen løsning kan være å benytte instrumentert bil, og gjøre gjentatte gjennomkjøringer. Sistnevnte metode har den svakheten at kun én kjøretøytype blir testet.

4.4.2 Telling

Enhetenes evne til å telle kjøretøy under nær optimale forhold antas å være godt dokumentert i denne rapporten. Det er imidlertid kun Datarec 7 og Datarec 410 som er testet under forhold med saktegående kø og såkalt "stop-and-go"-trafikk. Derfor kreves tester også av de øvrige registreringsenhetene under vanskelige forhold for å kunne gi et fullgodt bilde av utstyrets telleegenskaper.

I og med at registreringene ble foretatt i november, var det kun 1 MC som passerte registreringsutstyret i analyseperioden. For å vurdere hvor godt MC og moped registreres, trengs naturligvis vesentlig flere registreringer. En slik test kan enkelt gjennomføres under kontrollerte forhold. For å gjøre trygge av- og påkjøringer med MC, må en kjøre om lag 1,4 km (en retning).

Med en anslått gjennomsnittshastighet på 50 km/t, betyr det at én fører kan passere teststrekningen 35 ganger per time. Med for eksempel 100 passeringer (om lag 3 timers effektiv kjøring) og et observert bortfall på 5 %, kan man med 95 % sikkerhet si at den sanne verdien for bortfall er mellom 1 % og 9 %. Helst bør forskjellige typer MC være involvert, og hastigheten bør varieres.

4.4.3 Lengdemåling og lengdeklassifisering

Det er gjort en grundig analyse av registreringsenhetenes lengdemålinger under gode registreringsforhold. Også her gjelder det at flere registreringer ved tett trafikk og kø er påkrevd for å evaluere datakvalitet under ulike forhold.

Det er ikke funnet en tilfredsstillende metode for referanselengde for kjøretøy med tilhenger. Det å benytte medianlengden fra de 4 lengdemålingene på hvert kjøretøy under testene på Klett 22.11.2011 kan ikke regnes som en nøyaktig referanselengde. Det kan imidlertid avdekke grove avvik, og gir en god sammenligning av registreringsenhetene. For å gjøre en fullstendig analyse av lengdemåling og lengdeklassifisering er man helt avhengig av et presist og objektivt mål på referanselengde. En mer kontrollert test med ulike kjøretøy med kjent lengde kan være en løsning. En annen løsning kan være å stoppe kjøretøy på Sandmoen kontrollstasjon, og foreta manuelle målinger. En tredje løsning kan være å benytte et sideplassert kamera til å ta bilder av kjøretøyene. Ved å ta hensyn til kjøretøyenes plassering i kjørefeltet kan avstanden fra kamera til kjøretøy beregnes. En IR-basert (infrarødt lys) registreringsenhet, TIRTL, er allerede installert. Denne kan utføre registrering av sidevegsplassering (CEOS Industrial, 2005). Dermed kan kjøretøyets lengde måles ut fra bilder. Feilmarginen i lengdemålingen vil være direkte proporsjonal med feilen i beregnet avstand fra kamera til kjøretøy. Dersom sideplasseringen varierer med ± 1 meter, vil selv 100 meter avstand til kameraet medføre ± 1 % feil i lengdemåling.

Det hadde også vært meget interessant å få tilgang til hele (eller en større del av) kjøretøyregisteret for å finne ut mer om hvor lengdeskillet mellom lette og tunge kjøretøyregisteret. Ut fra arbeidet med denne oppgaven kan det se ut til at lengdegrensen bør økes til 6,0 - 6,2 meter, fra dagens 5,6 meter.

4.4.4 Kjøretøykategori

Utvalget av kjøretøy er ikke tilstrekkelig innenfor alle kategorier. Det passerte kun 1 MC, 43 personbiler med tilhenger, 32 varebiler med tilhenger og 67 busser under analyseperioden 22.11.2011 på Klett. Dette medfører at konfidensintervallet for andel feil av type A og B i disse klassene blir bredt. Det er likevel ikke sikkert at det trengs flere tester, i og med at det kan slås fast med høy grad av sikkerhet at feilratene for de fleste klasser og registreringsutstyr er meget høye. For eksempel er andel feil av type A for registrering av varebil med tilhenger med Datarec Loop Monitor med 95 % sikkerhet mellom 27 % og 61 %. Tilsvarende er andel feil av type B mellom 35 % og 68 %. Selv om det er usikkert nøyaktig hvor store feilratene er, er det hevet over enhver tvil at resultatene ikke er tilfredsstillende.

Behovet for videre undersøkelser er derfor først og fremst knyttet til å finne et klassifiseringsskjema med en detaljeringsgrad som kan gi etterspurte data, samtidig som registreringsutstyret og teknologien har potensiale til å levere tilfredsstillende kvalitet.

4.5 Oppsummering av resultater

Datarec 7 gir gode **tellinger**, også under tett trafikk og køsituasjon (Datarec 7 og Datarec 410 er de eneste utstyrstypene som ble testet i køsituasjon). Ved normale trafikkforhold var både andel bortfall og andel spøkelseskjøretøy i størrelsesorden 0,1-0,2 %. **Kjøretøylengde** måles i gjennomsnitt omtrent 7 % for kort. Likevel er både total andel Feil A og Feil B under 3 % ved **lengdeklassifisering**. I lengdeklasse 21 og 24 er lengdeklassifiseringen meget god (under 1,5 % feil). I klasse 22 og 23 er feilratene langt høyere (i størrelsesorden 30 % feil). Ved klassevis lineær justering av lengdemålingene faller feilratene totalt sett fra 3 % til 2 %. **Klassifisering etter kjøretøykategori** utføres med stor usikkerhet i de fleste klasser, og totalt sett er feilratene høyest blant utstyrene som benytter induktive sløyfer.

Datarec Loop Monitor utførte perfekt **telling** i testperioden (ingen bortfall eller spøkelseskjøretøy). **Kjøretøylengde** måles i gjennomsnitt omtrent 9 % for kort. **Lengdeklassifiseringen** innebar totalt sett under 3 % feil. Det er likevel meget høye feilrater i lengdeklasse 22 og 23 (for eksempel 42,5 % Feil A i klasse 22). Ved lineær klassevis justering av resultatene blir feilratene nesten halvert. **Klassifisering etter kjøretøykategori** er beheftet med vesentlig usikkerhet, spesielt i andre klasser enn personbil.

FMA gir gode **tellinger**. Det ble ikke registrert spøkelseskjøretøy i testperioden, men andelen bortfall var om lag 0,3 %. **Kjøretøylengde** måles i gjennomsnitt over 7 % for langt i forhold til referansen. Dette medfører totalt sett over 8 % feil (både Feil A og Feil B) ved **lengdeklassifisering**. Verst er det for andel Feil B i klasse 22, som er om lag 70 % (det vil si at 70 % av kjøretøyene som i følge FMA tilhører klasse 22 egentlig tilhører en annen lengdeklasse). Ved klassevis lineær justering av lengdemålingene synker feilratene totalt sett til under 2 % (mot 8 % uten justering). FMA leverer best **klassifisering etter kjøretøykategori** av utstyrstypene i denne testen, med totale feilrater på under 20 %. Det er likevel kun personbiler og semitrailere som blir klassifisert med brukbar nøyaktighet, i de øvrige klassene er feilratene meget høye (20-100 %).

Profiler leverer dårligst **telling** av utstyrstypene som benytter induktive sløyfer (18 tilfeller av bortfall tilsvarer 0,5 % av totalt antall kjøretøy). Til gjengjeld gir Profiler de beste **lengdemålingene**, der kjøretøyene i gjennomsnitt måles kun 2 % for langt. Dette fører til at både andelen Feil A og Feil B ved lengdeklassifisering totalt sett er godt under 2 %. Ved klassevis lineær justering blir feilratene totalt sett om lag 1 %. Det bør likevel gjøres oppmerksom på at Profiler ser ut til å bli sterkt påvirket av kjøretøy med tilhenger, slik at både hastighet og lengde i mange tilfeller blir helt feil.

Klassifisering etter kjøretøykategori gir også for Profiler høye feilrater (på linje med de øvrige utstyrstypene som benytter induktive sløyfer). Ved 77 tilfeller (av totalt 126) ble vogntog klassifisert som "other" (ukjent).

STMS (magnetometerteknologi) gir jevnt over mer unøyaktige resultater enn utstyrstypene som benytter induktive sløyfer. Ved **telling** var det 62 tilfeller av bortfall (1,7 % av totalt antall kjøretøy). STMS registrerte ikke **kjøretøylengde**, og dermed heller ikke **lengdeklassifisering**. **Klassifisering etter kjøretøykategori** ga totalt sett over 30 % feil (både Feil A og Feil B). I mange klasser er feilratene i størrelsesorden 50-90 %. For eksempel passerte 67 busser i løpet av testperioden. STMS registrerte 19 busser, men kun 7 av disse tilhørte faktisk klassen buss. Dette gir 90 % Feil A og 63 % Feil B for klasse buss.

Datarec 410 ble kun testet ved køsituasjon. **Tellingen** ga 7,5 % bortfall. **Lengdemålinger** og **lengdeklassifisering** blir sterkt påvirket av at flere kjøretøy blir slått sammen til ett, og resultatene blir derfor svake. Datarec 410 klassifiserer ikke etter **kjøretøykategori**.

Kort oppsummert betyr dette at tellinger med utstyr som benytter induktive sløyfer stort sett er av høy kvalitet. Datarec Loop Monitor ser ut til å være det beste alternativet. STMS, som benytter magnetometerteknologi, gir tellinger av lavere kvalitet.

Utstyrstypene er ikke perfekt kalibrert i forhold til lengdemåling / -klassifisering. Det bør legges ned en innsats for å utbedre dette. I denne oppgaven er det vist at kalibrering kan utføres lengdeklassevis ved hjelp av enkle midler, med god effekt. Enda bedre resultater kan oppnås ved mer avansert justering (tar hensyn til alle registrerte parametere i tellefilene).

Det ser ikke ut til at induktive sløyfer eller magnetometerteknologi har potensiale til å skille mellom 10-12 kjøretøykategorier. Klassene bør derfor slås sammen til et mer hensiktsmessig klassifiseringsskjema.

Innenfor klassifisering varierer resultatene fra klasse til klasse for de ulike utstyrstypene, slik at det er vanskelig å foreta en generell rangering eller anbefaling. Brukeren må vurdere sine behov og krav, deretter kan for eksempel Tabell 61 til Tabell 64 benyttes som støtte til valg av registreringsutstyr.

5 Kravspesifikasjon for registreringsutstyr

Et av hovedmålene med arbeidet som gjøres innenfor trafikkdata i Statens vegvesen, er å utvikle en kravspesifikasjon for registreringsutstyr. I oppgaveteksten står det at arbeidet med denne masteroppgaven vil utgjøre en del av grunnlaget for fremtidig kravspesifikasjon og anbefaling av trafikkregistreringsutstyr i Norge. I de neste avsnittene er det gitt noen anbefalinger angående dette.

5.1 Telling

Utstyret fra AADI (Datarec Loop Monitor og Datarec 7) gir meget gode tellinger under gode forhold. Resultatene viser at det er mulig å gjennomføre tellinger med under 0,1 % bortfall. Under testene på Sundland, viste Datarec 7 at det er mulig å telle kjøretøy innenfor ± 1 % selv ved saktegående kø. Dette viser at det trygt kan settes strenge krav til utstyrets nøyaktighet ved telling.

5.2 Lengdemåling

Samtlige enheter hadde et 95 % konfidensintervall for relativ lengdefeil for enkeltmålinger med en bredde på ± 6 -8 %. I tillegg varierte gjennomsnittet for den relative lengdefeilen for hver enhet mellom -9,2 % og +7,5 %. Ved å legge inn ulike justeringsfaktorer var det mulig å snevre inn og forskyve konfidensintervallet for relativ lengdefeil for Datarec 7 fra [-16,0 % , -0,4 %] til [-5,7 % , 6,3 %]. Ved å innføre en ikke-lineær justering ville det antakeligvis vært mulig å forbedre resultatene ytterligere. Derfor anses det som mulig å utføre lengdemålinger med et avvik for gjennomsnittet på ± 1 %, og med en spredning av enkeltmålingene på ± 5 % (95 % signifikansnivå).

5.3 Lengdeklassifisering

Det viser seg at det er mulig å utføre lengdeklassifisering med totalt sett mindre enn 2 % feil. Dette er imidlertid sterkt avhengig av kjøretøysammensetningen. Resultatene varierer mellom ulike klasser og registreringsapparat. Derfor anbefales det å sette ulike krav til ulike lengdeklasser. Det henvises til Tabell 8 for å se oversikt over resultater innenfor de ulike lengdeklasser under NorSIKT-testen på Klett.

5.4 Klassifisering etter kjøretøykategori

Feilratene ved klassifisering etter 8-12 klasser er i mange tilfeller meget høye. For klassen varebil er laveste andel Feil A lik 56,5 % (Datarec Loop Monitor). Det virker lite sannsynlig at vesentlig bedre resultater skal kunne oppnås. Det anbefales likevel ikke å sette kravene slik at det er tilstrekkelig å klassifisere 40-50 % av varebilene korrekt.

Dette medfører at en kravspesifikasjon for klassifisering etter kjøretøykategori med utstyr som benytter induktive sløyfer må utformes på et annet grunnlag. Et eksempel kan være å redusere antall klasser, som vist i kapittel 4.3. Med 6 klasser (1: MC, 2: Person- og varebil, 3: Person- og varebil med tilhenger, 4: Buss, 5: Lastebil, 6: Semitrailer/vogntog) ser det ut til at resultatene i Tabell 65 kan oppnås. Datarec Loop Monitor hadde totalt sett de laveste feilratene, og resultater for Datarec Loop Monitor er derfor satt i parentes.

Tabell 65 Mulige krav til klassifisering etter kjøretøykategori

Klasse	Maksimal andel Feil A	Maksimal andel Feil B
1: MC	Usikkert (0,0 %)	Usikkert (0,0 %)
2: Person- og varebil	1 % (1,2 %)	1 % (0,9 %)
3: Person- og varebil med tilhenger	1 % (16,0 %)	5 % (4,5 %)
4: Buss	30 % (28,4 %)	2 % (2,0 %)
5: Lastebil	10 % (8,2 %)	10 % (21,5 %)
6: Vogntog og semitrailer	1 % (3,6 %)	3 % (2,2 %)
Totalt	3 % (2,7 %)	3 % (2,7 %)

Det bør understrekes at ingen registreringsutstyr klarte å innfri alle disse kravene. En vurdering av sammenhengen mellom disse feilratene er derfor nødvendig, selv om det ikke er funnet plass til dette i denne oppgaven.

5.5 Andre egenskaper

Det er en rekke egenskaper som er viktige med tanke på trafikkregistreringsutstyrets anvendelighet og pålitelighet, i tillegg til kravene til nøyaktig korrekt registrering.

Mulighet for å lagre data på enkeltkjøretøynivå er i en del sammenhenger ytterst viktig, spesielt i forbindelse med testing. Data kan aggregeres for de fleste formål, men det bør være opp til brukeren å avgjøre hvordan og når data skal aggregeres.

For å lette arbeidet med datainnsamling og oppsett bør det være mulig å kommunisere med trafikkregistreringsutstyret uten å benytte kabel. Det er i denne sammenheng avgjørende at kommunikasjonsløsningen er pålitelig (høy oppetid), har tilstrekkelig hastighet til å sende store datamengder. Det er vanskelig å spå om fremtiden, men kommunikasjonsløsningen bør også være utbredt om noen år.

Tilkobling med kabel er vanlig på de fleste typer trafikkregistreringsutstyr, gjerne ved hjelp av serieport (RS-232). Det er ikke vanlig at dette støttes av moderne PCer, og det kreves derfor en overgang fra serieport til for eksempel USB. Dette medfører en ekstra feilkilde eller barriere i kommunikasjonen med utstyret.

Det er to viktige aspekter ved tid og klokke når det gjelder trafikkregistreringsutstyr. For det første er det helt avgjørende at klokken er riktig, innenfor en rimelig feilmargin. I forbindelse med utarbeiding av kravspesifikasjon bør man tenke nøye gjennom hva som er akseptabel feilmargin. I denne sammenheng er det en fordel om synkronisering av klokker foregår automatisk, for eksempel ved hjelp av GPS. Det andre er tidsoppløsningen for registrerte data. Mange utstyrstyper har sekunder som laveste oppløsning, men mer nøyaktig tidsangivelse kan i mange tilfeller være nødvendig.

En kravspesifikasjon bør også konkretisere hva slags data som må samles inn, og med hvilke oppløsninger og enheter. Aktuelle parametere på enkeltkjøretøynivå kan være kjørefelt, passeringstidspunkt, hastighet, akselerasjon, aksellast, totalvekt, luke, signalstyrke, kjøretøylengde, akselavstander, antall akslinger, kjøretøykategori. I tillegg kommer miljø- og klimaparametere som temperatur i luft, temperatur i vegdekke, støy i ulike frekvensområder, luftkvalitet, luftfuktighet og

nedbør. Aggregerte data kan omfatte volum, hastighet (gjennomsnitt og ulike fraktiler), tetthet og/eller belegg, klassifisering etter kjøretøykategori og lengdeklasse.

Det er antakeligvis ikke nødvendig at alt utstyr registrerer alle parametere. I så fall bør det opprettes ulike klasser for trafikkregistreringsutstyr, tilpasset ulike bruksområder. Et slikt system kan for eksempel bestå av et tall og en bokstav; tallet kan beskrive bruksområdet og bokstaven kan beskrive krav til datakvalitet. Det bør legges til rette for et felles språk for alt utstyr, slik at forskjellige moduler kan kobles sammen.

Registreringsutstyret blir tidvis utsatt for et tøft miljø. Det bør derfor stilles krav til hvilke temperaturområder utstyret skal tåle, og hvordan det bør beskyttes mot støv og fukt.

I tillegg bør det stilles krav til at produsenter leverer tydelige definisjoner på hva de ulike parametere betyr og hvordan de er målt eller beregnet. Noen eksempler kan være:

- Hva betyr for eksempel "luke"? Er det snakk om gap eller headway? I dag benyttes disse om hverandre.
- Hvordan defineres de ulike kjøretøykategoriene? Det bør refereres til en felles standard.
- Hvordan er belegg beregnet? Hvilke antakelser gjøres for å estimere tetthet?

5.6 Testing for å vurdere om kravspesifikasjon er innfridd

Testing av utstyr bør foregå etter en kjent og omforent standard. Standarden kan ha ulike alternativer, alt etter trafikkregistreringsutstyrets bruksområde. Det bør imidlertid tydelig fremgå hvilket alternativ som er benyttet ved enhver test.

For telling av kjøretøy kan det se ut til at automatiske systemer kan benyttes som referanse. Datarec Loop Monitor ser ut til å gi presise tellinger under gode forhold.

Klassifisering av kjøretøy krever mer av referansen, og det er ikke funnet utstyr som kan erstatte manuelt arbeid. Automatisk nummerskiltlesning med påfølgende oppslag i kjøretøyregisteret kan lette det manuelle arbeidet betraktelig, men kvalitetskontroll er påkrevd.

For å finne ut hvor mange kjøretøy (eventuelt antall kjøretøy i hver klasse) man bør registrere under en test, kan følgende framgangsmåte benyttes:



Figur 56 Flytskjema for vurdering av forutsetninger for testopplegg

Figur 56 er ikke ment som en komplett liste over alt som er viktig å tenke på, men snarere et hjelpemiddel for å strukturere det som fort kan bli en uryddig og tilfeldig prosess. Det bør tas høyde for at flere/andre faktorer også kan spille inn. Figurene som er nevnt under "Hjelpemidler" finnes i kapittel 4.1 (Figur 47 til Figur 53).

I henhold til Formel 24, øker antall registreringer (omtrent) omvendt proporsjonalt med feiltoleransen. Økt sikkerhet mot å gjøre feil slutning koster mer, i og med at antall registreringer øker med sikkerhetskravet i andre potens.

Hovedpoenget er å utføre mest mulig effektive tester, som har tilstrekkelig sikkerhet ved en passende feiltoleranse, samtidig som antall registreringer ikke overskrider begrensningene satt av praktiske og økonomiske rammer. Alle disse faktorene kan variere. Derfor er det viktig med en systematisk planlegging. Figur 56 krever at brukeren har grunnleggende statistikkforståelse. Opplegget bør forenkles, for eksempel ved bruk av et valgtre med forhåndsdefinerte alternativer, for å øke tilgjengeligheten.

Konklusjon

Trafikkdata er en del av grunnlaget for de fleste beregninger som utføres innenfor veg- og transportfagene. Derfor finnes trafikkdata for mange ulike parametere, med ulik oppløsning. For at data skal kunne brukes på en fornuftig måte, er det av avgjørende betydning at kvaliteten er kjent. Dette er også et overordnet mål for Statens vegvesen.

Induktive sløyfer er meget utbredt som detektorer for trafikkregistreringsutstyr, både i Norge og verden forøvrig. I denne rapporten har hovedfokus derfor vært på utstyr som benytter induktive sløyfer, i tillegg til et nyutviklet alternativ for korttidsregistreringer basert på magnetometerteknologi.

Det er benyttet data fra to ulike (sett med) tester. De første testene ble utført i regi av et felles nordisk prosjekt, NorSIKT (Nordisk System for Intelligent Klassifisering av Trafikk), og omfattet 2 dager med registreringer fra Statens vegvesens teststrekning for trafikkdata på E6 Klett, november 2011. De andre testene ble utført av kandidaten selv, i samarbeid med Statens vegvesen, på E6 Sundland (Omkjøringsvegen i Trondheim). Testene på Klett foregikk ved normal trafikkflyt, og hastigheter hovedsaklig i området 50-80 km/t. Testene på Sundland omfattet saktegående kø i ettermiddagsrush, med hastigheter omkring 0-30 km/t.

Telling av kjøretøy er åpenbart avgjørende for å finne estimater for årsgjennsnitttrafikken (ÅDT). ÅDT er antakeligvis den mest etterspurte formen for trafikkdata. Testene har vist at det under gode forhold er mulig å utføre (nær) perfekte tellinger med induktive sløyfer. Datarec Loop Monitor ser ut til å være meget godt egnet til dette formål. STMS (magnetometer) leverte klart dårligst resultat på telling, men andel bortfall var likevel ikke mer enn 1,7 %.

Under saktegående kø var resultatene mer variable. Datarec 7 hadde under 1 % bortfall. Enkelte kjøretøy med tilhenger ble registrert som 2 kjøretøy, og volumet ble derfor totalt sett nær perfekt. Datarec 410 hadde 7,5 % bortfall. Det kan derfor være grunn til å mistenke betydelig grad av undertelling dersom kø oppstår ved tellepunkter der Datarec 410 benyttes. Det viser seg at beregning av volum på bakgrunn av gjennomsnittlig punkthastighet gir bedre estimater på volum enn telling med Datarec 410 (ved hastigheter under 20 km/t).

Fartsnivå er viktig for trafiksikkerhet og krav til vegutforming, i tillegg til for eksempel reisetidsberegninger og trafikkstyring. Grunnet teststrekningens fysiske utforming, med betydelige avstander mellom detektorene, har det ikke latt seg gjøre å finne en egnet referanse, eller "fasit", for fartsmålinger. Det foreligger ingen grunn til å anta store forskjeller i utstyrstypenes evne til å utføre fartsmålinger. Ved lave fartsnivåer ser det ut til at Datarec 7 registrerer fart på alle kjøretøy (ned til 2 km/t), mens Datarec 410 ikke registrerte noen hastigheter under 6 km/t.

Alle registreringsenhetene som ble undersøkt under testene på Klett (normale trafikkforhold) registrerte gjennomsnittlig kjøretøylengde innenfor $\pm 10\%$ i forhold til referansen, med en spredning innenfor $\pm 8\%$. Ved å benytte en lineær modell for justering med hensyn til de data som blir registrert for hvert enkelt kjøretøy, viser det seg at gjennomsnittlig kjøretøylengde kan bli lik referansen ($\approx 0\%$ systematisk avvik), samtidig som spredningen reduseres til $\pm 5\%$. Dette viser at det finnes potensiale for forbedring av lengdemålingene fra utstyr med induktive sløyfer.

Resultatene for lengdeklassifisering er naturligvis sterkt knyttet til utstyrets evne til å måle lengde. Det viser seg imidlertid at grensene mellom de ulike lengdeklassene er like viktige. Utstyret fra AADI ser ut til å være tilpasset de norske lengdeklassene, og ved å registrere de fleste personbiler med en lengde som er 5-10 % for kort, "forsvinner" feilene i mengden. FMA gjør det motsatte, med avvik som er like store, men med motsatt fortegn.

En sammenligning av tillatt totalvekt og lengde oppført i kjøretøyregisteret for 3300 kjøretøy viser at en lengdegrense mellom lette og tunge kjøretøy på 6,0-6,2 meter, i stedet for dagens 5,6 meter, er bedre egnet til å finne andel tungtrafikk ut fra lengdeklassifisering.

Ved klassifisering ut fra kjøretøykategori fremstår det som klart at det benyttes for mange klasser i forhold til det som realistisk kan forventes at utstyret/teknologien kan klare. Det bør innføres aggregerte klasser som man kan spesifisere krav ut fra. Ved bruk av 6 klasser kan 70 til 100 % av kjøretøyene innenfor hver klasse bli korrekt klassifisert. Det er vanskelig å rangere utstyrstypene ut fra en generell evne til å klassifisere kjøretøy, i og med at resultatene varierer ut fra både feiltype og kjøretøykategori. Når man skal velge trafikkregistreringsutstyr, må man derfor tenke over hva som er formålet, og velge deretter. Dette er behandlet i kapittel 4.3, og 4 tabeller kan benyttes som støtte til å gjøre et godt valg.

Metodikken ved testing av utstyr fremstår blant de fleste kilder som noe tilfeldig. Det er derfor behov for en mer systematisk måte å utføre dette på. I denne rapporten er det foreslått en metode for å optimalisere utstyrstester. Metoden innebærer noe forenklet å fastsette en feiltoleranse ut fra brukerens behov, og en buffersone ut fra tilgjengelige ressurser til testing og konsekvensene av å gjøre feil slutning. Deretter kan nødvendig antall registreringer beregnes. Formålet er å kunne godkjenne eller forkaste utstyr med en viss feiltoleranse, med en viss sikkerhet og ved et minimum antall registreringer. På denne måten kan man komme et skritt nærmere trafikkdata med kjent kvalitet.

Referanser

- AADI, 2005. *Beskrivelse av RED formatet, revisjon 12*, s.l.: s.n.
- Aakre, E., 2011. *Prosjektoppgave: Vurdering av klassifiseringssystem for kjøretøy*, Trondheim: NTNU .
- Aanderaa Data Instruments, 2006. *Technical Note TN 304*, s.l.: Aanderaa Data Instruments.
- Aanderaa Data Instruments, 2010. *www.aadi.no*. [Internett]
Available at:
<http://www.aadi.no/Datarec/pages/Downloads.aspx?RootFolder=%2fDatarec%2fDocument%20Library%2f1%2fTechnical%20Notes%20and%20User%20Manuals&FolderCTID=&View=%7bf14807FC%2d47BC%2d41BC%2d92E8%2d0BEC7DAB2581%7d>
[Funnet 18 januar 2012].
- Aanderaa Data Instruments, Årstell ukjent. *Traffic6 User's guide Ver. 6.516*, s.l.: AADI.
- Akcelik, R., 2006. *Speed - Flow and Bunching Models for Uninterrupted Flows*. s.l., Transportation Research Board 5th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service.
- ASTM International, 2009. *ASTM E2532-09 Standard Test Methods for Evaluating Performance of Highway Traffic Monitoring Devices*, West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM International, 2009. *ASTM Standard E2300-09*, West Conshohocken: ASTM International.
- Blokpoel, R. & Vreeswijk, J., 2011. *Vehicle Inductive Profile For Incident Detection*. Orlando, s.n.
- CA Traffic, Årstell ukjent. *Loop Profiler*, s.l.: CA Traffic LTD.
- Carlsund, A. & Greijer, Å., 2012. *Mätdata STMS-enheter Rapport 02*, Stockholm: Statisticon AB.
- CEOS Industrial, 2005. *TIRTL Installation Manual V1.0.0*, Heidelberg: CEOS Industrial Pty. Ltd..
- Eriksen, J., 2012. *E-post [Intervju] (27 04 2012)*.
- Evans, I. S., 1977. The Selection of Class Intervals. *Transactions of the Institute of British Geographers*, Volum 2, pp. 98-124.
- Gartner, N., Messer, J., C. & Rath, A. K., 1997. *Monograph on Traffic Flow Theory*, s.l.: Federal Highway Administration.
- Giæver, T. et al., 2009. *Analyse av behovet for transport- og trafikkdata i Statens vegvesen*, Trondheim: SINTEF Teknologi og samfunn, Transportforskning.
- Klein, L. A., 2001. *Sensor technologies and data requirements for ITS*. s.l.: Artech House Publishers.
- Klein, L. A., Mills, M. K. & Gibson, D. R. P., 2006. *Traffic Detector Handbook - Volume I*, s.l.: Federal Highway Administration.
- Klein, L. A., Mills, M. K. & Gibson, D. R. P., 2006. *Traffic Detector Handbook: Third Edition - Volume I*, s.l.: Federal Highway Administration.

Klein, L. A., Mills, M. K. & Gibson, D. R. P., 2006. *Traffic Detector Handbook: Third Edition - Volume II*, s.l.: Federal Highway Administration.

Kvaløy, J. T. & Tjelmeland, H., 2000. *Tabeller og formler i statistikk*. Trondheim: Tapir akademisk forlag.

Levin, T., 2011. *Utvikling av testprosedyrer og evalueringsmetodikk for trafikkregistreringsutstyr*, Trondheim: SINTEF.

MacCarley, A. & Slonaker, J., 2008. *Video Vehicle Detector Verification System (V2DVS)*, s.l.: California Partners for Advanced Transit and Highways.

Middleton, D. & Parker, R., 2002. *Vehicle Detector Evaluation*, s.l.: Federal Highway Administration.

Mimbela, L. E. Y. & Klein, L. A., 2007. *Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies Used in Intelligent Transportation Systems*, s.l.: Federal Highway Administration.

NZ Transport Agency, 2009. *Standard Professional Services Specifications - State Highway Traffic Monitoring*, s.l.: NZ Transport Agency.

Sensebit , u.d. *Vehicle Detector WD-300*, s.l.: Sensebit AB.

Sensebit, 2011. *Sensebit Traffic Measurement System, presentasjon for Statens vegvesen*. s.l.:Sensebit AB.

Statens vegvesen, 2006. *Håndbok 140 Konsekvensanalyser*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2007. *Håndbok 271 Risikovurderinger i vegtrafikken*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2008. *Håndbok 017 Veg- og gateutforming*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2010. *Håndbok 021 Vegtunneler*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2011a. *Håndbok 281 Veileder i trafikkdata*, s.l.: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Statens vegvesen, 2011b. *Håndbok 018 Vegbygging*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2011c. *Håndbok 231 Rekkverk*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2011d. www.vegvesen.no. [Internett]

Available at: http://www.vegvesen.no/_attachment/275958/binary/486807
[Funnet 06 05 2012].

Statens vegvesen, 2011e. *Kodehefte Autosys*, s.l.: Statens vegvesen.

Vaa, T., 2011. *Teststrekning Klett - ITS og trafikkdata*. s.l., Statens vegvesen.

Vaa, T., 2012. *E-mail, 16.04.2012*. s.l.:s.n.

Vågane, L. & Ridereng, A., 2011. *Transportytelser i Norge 1946-2010*, s.l.: Transportøkonomisk Institutt.

Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L. & Ye, K., 2007. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. Upper Saddle River: Pearson Education Inc..

Wei, H., Ai, Q., Eustace, D. & Coifman, B., 2011. *Length-Based Vehicle Classification Models Using Dual-Loop Data Against Stop-and-Go Traffic Flow*. s.l., s.n.

www.yr.no, 2011. *www.yr.no*. [Internett]

Available at: <http://www.yr.no/sted/Norge/Sør-Trøndelag/Trondheim/Klett~2674214/almanakk.html>
[Funnet 02 05 2012].

www.yr.no, 2012. *www.yr.no*. [Internett]

Available at: <http://www.yr.no/sted/Norge/Sør-Trøndelag/Trondheim/Nardo/almanakk.html?dato=2012-03-02>
[Funnet 02 05 2012].

Vedlegg

Vedlegg 1 Hypotese 1: Bakkeklaring	124
Vedlegg 2 Hypotese 2: Akselerasjon	126
Vedlegg 3 Hypotese 3: Mengde metall	129
Vedlegg 4 Hypotese 4: Hastighet	130
Vedlegg 5 Koder for kjøretøygruppe (Statens vegvesen, 2011e)	132
Vedlegg 6 Klassifisering Datarec 7	134
Vedlegg 7 Klassifisering Datarec Loop Monitor	135
Vedlegg 8 Klassifisering FMA	136
Vedlegg 9 Klassifisering Profiler	137
Vedlegg 10 Klassifisering STMS	138
Vedlegg 11 Registrerte hastigheter ved tester i køsituasjon	139

Kommentarer til vedlegg:

Vedlegg 1 til Vedlegg 4 består av undersøkelser av hypoteser om ulike faktorerers påvirkning på lengdemålinger med induktive sløyfer.

Vedlegg 5 til Vedlegg 10 viser grunnlaget for alle analyser som er gjort med hensyn til klassifisering etter kjøretøykategori. Fargebruken i disse vedleggene krever en forklaring:

Grønt: Ubetinget korrekt klassifisering

Gult: Korrekt klassifisering, avhengig av om kjøretøyet hadde tilhenger. Henger/ikke henger er markert med 1/0 i det originale datasettet.

Oransje: Korrekt klassifisering, avhengig av om kjøretøyet hadde tilhenger. Registrert lengde i forhold til lengde i kjøretøyregisteret er benyttet til å avgjøre om kjøretøyet hadde tilhenger eller ikke.

Vedlegg 11 viser registrerte hastigheter ved registrering i køsituasjon.

Vedlegg 1 Hypotese 1: Bakkeklaring

Hypotese 1: Bakkeklaring

H_0 : *Kjøretøy med høy bakkeklaring blir registrert med lik relativ lengde som kjøretøy med lav bakkeklaring*

H_1 : *Kjøretøy med høy bakkeklaring blir registrert med lavere relativ lengde enn kjøretøy med lav bakkeklaring*

Med relativ lengde menes i denne sammenhengen forholdet mellom målt lengde og faktisk lengde.

Traffic Detector Handbook: Third Edition – Volume II, Appendix E tilsier at kjøretøy med høy bakkeklaring forårsaker relativt lav endring i sløyfenes induktans, og at man derfor risikerer at deler av kjøretøyet ikke blir registrert. (Klein, et al., 2006).

Jeg har ikke hatt tilgang til data om kjøretøyenes bakkeklaring, men har gått ut fra at SUV'er, terrengkjøretøy og lignende har høyere bakkeklaring enn "ordinære personbiler". Hypotesen er testet ved hjelp av data fra testen på Klett 22.11.2011.

Nøkkeldata for testing av Hypotese 1 er vist i Tabell 66:

Tabell 66 Grunnlag for t-test, hypotese 1

Hypotese 1	Bakkeklaring	Kjøretøyregister	DR7	DRLM	FMA	Profiler
Antall kjøretøy	Høy	449	449	449	447	448
	Lav	942	941	942	940	938
Gjennomsnittlig lengde [m]	Høy	4,64	4,14	4,03	4,87	4,59
	Lav	4,52	4,23	4,13	4,85	4,62
Standardavvik lengde [m]	Høy	0,32	0,31	0,33	0,37	0,36
	Lav	0,27	0,29	0,28	0,31	0,40
Gjennomsnittlig relativ lengdefeil	Høy	0	-0,108	-0,132	0,051	-0,010
	Lav	0	-0,064	-0,085	0,074	0,024
Standardavvik relativ lengdefeil	Høy	0	0,037	0,039	0,037	0,027
	Lav	0	0,033	0,027	0,033	0,065

Tabell 67 Resultater t-test, hypotese 1

Hypotese 1	DR7	DRLM	FMA	Profiler
p [%]	0,0	0,0	0,0	0,0
t	21,6	22,7	11,2	13,7
Frihetsgrader	1388	1389	1385	1384

Vi ser at det er 0,0 % sannsynlig for alle registreringsutstyrene at den relative lengdefeilen for kjøretøy med høy bakkeklaring og lav bakkeklaring er lik. H_0 forkastes derfor. Det kan dermed, med meget høy grad av sannsynlighet, bekreftes at kjøretøy med høy bakkeklaring blir målt kortere enn kjøretøy med lav bakkeklaring.

Kjøretøy med høy bakkeklaring ser gjennomsnittlig ut til å bli målt omtrent 2-5 % kortere enn kjøretøy med lav bakkeklaring, avhengig av hvilket registreringsutstyr som benyttes. Dette utgjør omtrent 8-25 cm for kjøretøy med lengde 4-5 meter.

Det kan være nok til at tiltak for å korrigere dette bør iverksettes. En mulig løsning kan være å korrigere i forhold til signalstyrke. Datarec 7 lagrer høyeste signalstyrke for hver sløyfe for hver enkelt registrering, og benevner dette U-max 1 og U-max 2. Data fra testene på Sundland var lettest tilgjengelig på dette, og de er derfor brukt i neste avsnitt.

Tabell 68 Signalstyrke ved ulik bakkeklaring

Datarec 7, Sundland	Sløyfe	Høy bakkeklaring	Lav bakkeklaring
N		92	406
Gjennomsnitt	U-max 1	519	693
	U-max 2	626	865
Standardavvik	U-max 1	98	82
	U-max 2	183	153
Konfidensintervall for gjennomsnitt	U-max 1	(499 , 539)	(685 , 701)
	U-max 2	(588 , 663)	(850 , 880)

Som vi ser av Tabell 68 er både U-max 1 og U-max 2 statistisk signifikant forskjellige ved høy bakkeklaring og lav bakkeklaring. Det betyr at det kan være mulig for registreringsutstyret å benytte bakkeklaringen til å korrigere for systematiske feil i lengdemålingen.

Vedlegg 2 Hypotese 2: Akselerasjon

Hypotese 2: Akselerasjon

H_0 : *Kjøretøy som akselerer og kjøretøy som bremses over sløyfene blir registrert med samme relative lengde som kjøretøy med konstant hastighet*

H_1 : *Kjøretøy som akselerer blir registrert med lavere relativ lengde enn kjøretøy med konstant hastighet, kjøretøy som bremses blir registrert med høyere relativ lengde enn kjøretøy med konstant hastighet*

Med relativ lengde menes i denne sammenhengen forholdet mellom målt lengde og faktisk lengde.

Denne hypotesen er testet ved bruk av data fra testene med Datarec 410 og Datarec 7 på Sundland, den 01.03.2012 og 02.03.2012. Algoritmene som benyttes for utregning av lengde i Datarec 410 og Datarec 7 er ikke fullt ut beskrevet i dokumentasjonen av utstyret, men det er mulig å gjøre noen betraktninger likevel.

Situasjon 1:

Hastigheten regnes ut ved å måle tiden fra fronten av kjøretøyet registreres av første sløyfe, til tilsvarende skjer ved andre sløyfe (AADI, 2005). Dette foregår over en kjent avstand på 1,85 meter (sløyfelengde) pluss 1 meter (avstand mellom sløyfene), altså totalt 2,85 meter. La oss sette nullpunktet for lengde ved starten av første sløyfe. Det vil si at gjennomsnittsfarten (forutsatt konstant akselerasjon) vil inntreffe midtvegs mellom start av første og andre sløyfe (målt i tid).

Situasjon 2:

Det antas videre at lengden måles ved å registrere tidspunktene hvor fronten av bilen treffer sløyfen, til bakenden av bilen forlater sløyfen. I og med at farten er kjent, kan sløyfens lengde trekkes fra og kjøretøylengden beregnes.

Situasjon 3:

Hastigheten til kjøretøyet måles også ved å ta tiden fra bakenden av kjøretøyet forlater første sløyfe til det samme inntreffer ved andre sløyfe. Man får dermed et nytt hastighetsmål, beregnet 1 kjøretøylengde pluss 1 sløyfelengde etter den første hastighetsmålingen. Ved kjøretøylengde lik 5 meter, tilsvarer dette en forskyvning på 6,85 meter. Dette kan benyttes til å finne en akselerasjon. Under følger et eksempel hvor dette benyttes på bremsende kjøretøy:

Vi antar perfekte målinger, og ingen tilfeldige feilkilder.

Kjøretøyet front treffer første sløyfe, med en hastighet på 5 m/s (18 km/t). Kjøretøyet lengde er 5 m. Vi antar en konstant retardasjon på -1 m/s^2 , altså lett / moderat oppbremsing. Ved bruk av standard formler for sammenhengen mellom hastighet, distanse, tid og akselerasjon, kan de respektive størrelser beregnes for ulike situasjoner.

Resultatene er vist i Tabell 69.

Tabell 69 Tidspunkt og posisjon for registrering av hastighet og lengde ved akselerasjon

Beskrivelse	Tid [s]	Posisjon [m]	Hastighet [m/s]	Akselerasjon [m/s^2]
Fronten treffer første sløyfe	0,00	0,00	5,00	-1,00
Fronten treffer andre sløyfe	0,61	2,85	4,39	-1,00
Bakenden forlater første sløyfe	1,64	6,85	3,36	-1,00
Bakenden forlater andre sløyfe	2,63	9,70	2,37	-1,00
Hastighet beregnes ved	0,30	1,47	4,70	-1,00
Lengde beregnes ved	0,82	3,76	4,18	-1,00

Hastigheten som oppgis av måleutstyret ville dermed være 4,70 m/s. Lengdeberegningen skjer på et senere tidspunkt (egentlig tidsrom), hvor den faktiske hastigheten er lavere (4,18 m/s). Dette medfører at kjøretøyet blir antatt å kjøre fortere over deteksjonssonen for lengdemåling enn det egentlig gjør, og kjøretøyet blir registrert med en lengde som overskrider dets faktiske lengde. Lengden ville i dette tilfellet blitt målt til 5,85 meter, i stedet for 5 meter. Ved akselerasjon over sløyfene, ville kjøretøyet blitt målt kortere enn den faktiske lengden.

På bakgrunn av data fra de to testene på Sundland, kan registreringene deles i 3 grupper:

1. Jevn hastighet: Kjøretøy med mellom -0,5 km/t og 0,5 km/t forskjell i hastighet ved måling ved fronten av kjøretøyet og bakenden av kjøretøyet.
2. Retardasjon: Kjøretøy med mer enn 0,5 km/t lavere hastighet ved måling ved bakenden av kjøretøyet, sammenlignet med fronten av kjøretøyet.
3. Akselerasjon: Kjøretøy med mer enn 0,5 km/t høyere hastighet ved måling ved bakenden av kjøretøyet, sammenlignet med fronten av kjøretøyet.

Hva disse hastighetsforskjellene vil si for størrelsen på akselerasjonen, vil være avhengig av kjøretøyets hastighet og lengde.

Datarec 410:

Tabell 70 Lengdefeil ved akselerasjon, jevn hastighet og retardasjon, Datarec 410

	Jevn hastighet	Retardasjon	Akselerasjon
N	169	373	29
Gjennomsnittlig lengdefeil [m]	-0,42	-0,30	-0,64
Gjennomsnittlig lengdefeil [%]	-9,4 %	-6,5 %	-13,6 %
Standardavvik lengdefeil [m]	0,18	0,25	0,22
Standardavvik lengdefeil [%]	3,9	4,9	5,2

Ved hjelp av en t-test, finner man ut at disse differansene ikke kan forklares ved tilfeldigheter, og H_0 kan forkastes. Sjansen for at dette skyldes tilfeldigheter er 0,0 %, både for differanser i lengdefeil i meter og lengdefeil i prosent av kjøretøyets faktiske lengde. Det kan derfor bekreftes at kjøretøy som bremses over sløyfene får registrert en lengde som er relativt sett lenger enn de som akselererer over sløyfene, ved målinger med Datarec 410.

Datarec 7:

Tabell 71 Lengdefeil ved akselerasjon, jevn hastighet og retardasjon, Datarec 7

	Jevn hastighet	Retardasjon	Akselerasjon
N	216	410	61
Gjennomsnittlig lengdefeil [m]	-0,44	-0,49	-0,58
Gjennomsnittlig lengdefeil [%]	-9,8 %	-10,8 %	-12,9 %
Standardavvik lengdefeil [m]	0,32	0,18	0,23
Standardavvik lengdefeil [%]	7,2	3,7	5,7

For Datarec 7 ser vi at både kjøretøy som akselerer og kjøretøy som bremses over sløyfene blir målt kortere enn kjøretøy som kjører med jevn hastighet. Dette var ikke i henhold til antakelsene før testen. H_0 kan forkastes, men H_1 kan ikke bekreftes. Forskjellene er statistisk signifikante på 95 %-nivå. Selv om forskjellene er statistisk signifikante, er de mindre enn for Datarec 410.

Dette kan tyde på at Datarec 410 og Datarec 7 benytter ulike algoritmer for å beregne kjøretøyets lengde. Datarec 7 analyserer kjøretøyets induktive mønster, eller signatur, mens det passerer over sløyfene. Det gjør ikke Datarec 410, og forklaringen kan tenkes å ligge her. Tidligere forsøk har vist at signaturens form blir forskjøvet avhengig av akselerasjonen (Blokpoel & Vreeswijk, 2011).

I og med at både Datarec 410 og Datarec 7 måler akselerasjonen over sløyfene, kan dette benyttes til å korrigere lengdemålingene.

Vedlegg 3 Hypotese 3: Mengde metall

Hypotese 3: Mengde metall

Kjøretøy med høyt vekt/lengde-forhold blir relativt sett målt lenger enn kjøretøy med lavt vekt/lengde-forhold.

H_0 : Mengden metall i et kjøretøy påvirker ikke lengdemålingene

H_1 : Kjøretøy med mye metall blir relativt sett målt lenger enn kjøretøy med lite metall

Teorien bak denne hypotesen er at kjøretøy med mye metall gir utslag på sløyfene tidligere, og holder utslaget lenger etter passering, sammenlignet med kjøretøy med mindre metall. For å teste denne hypotesen ble kjøretøyene fra testen på Klett delt opp i to grupper:

1. Kjøretøy med vekt/lengde-forhold ≥ 3 kg/cm (høy tetthet)
2. Kjøretøy med vekt/lengde-forhold < 3 kg/cm (lav tetthet)

For å få en relativt homogen gruppe med kjøretøy, ble kun "vanlige personbiler" valgt ut. Det vil si at for eksempel SUV'er, varebiler, kjøretøy med henger og tunge kjøretøy ble eliminert fra datasettet.

Tabell 72 Lengdefeil for personbiler med ulikt vekt/lengdeforhold

	Dr7		DRLM		FMA		Profiler	
	1	2	1	2	1	2	1	2
N	718	807	718	809	717	806	718	804
Gjennomsnittlig lengdefeil [m]	-0,28	-0,31	-0,38	-0,40	0,33	0,30	0,11	0,08
Gjennomsnittlig lengdefeil [%]	-6,0	-7,0	-8,1	-9,2	7,1	7,0	2,4	1,8
Standardavvik lengdefeil [m]	0,16	0,15	0,14	0,12	0,15	0,14	0,15	0,12
Standardavvik lengdefeil [%]	3,0	3,2	2,8	2,8	3,3	3,4	3,2	2,8

T-tester viser at forskjellene mellom kjøretøy med vekt/lengde-forhold over og under 3 kg/cm er statistisk signifikante. Det eneste unntaket er for relativ lengdefeil (i prosent) målt med FMA.

Det kan dermed konkluderes med at kjøretøy med høyt vekt/lengdeforhold får registrert en lengde som relativt sett er lenger enn kjøretøy med lavt vekt/lengdeforhold. Dette gjelder for Datarec 7, Datarec Loop Monitor og Profiler. Det bør bemerkes at selv om forskjellene er signifikante, er effekten likevel beskjeden. Det ser ut til at kjøretøy med høyt vekt/lengde-forhold blir målt omtrent 3 cm lenger, sammenlignet med kjøretøy med lavt vekt/lengdeforhold.

Vedlegg 4 Hypotese 4: Hastighet

Hypotese 4: Hastighet

H_0 : *Hastigheten påvirker ikke feilmarginene ved lengdemålinger*

H_1 : *Hastigheten påvirker feilmarginene ved lengdemålinger*

Lengdemålinger ved lav hastighet har større feilmargin enn lengdemålinger ved høyere hastigheter

Ved jevn kjøring i normal hastighet vil ikke kjøretøyene ha nevneverdig fartsendring (akselerasjon) over sløyfene. Derimot, ved lavere hastigheter er det større sannsynlighet for fartsendringer. Det er to årsaker til dette:

1. Kjøring ved lave hastigheter er preget av rykkete kjøring, som følge av at kjøretøyene påvirkes av foranliggende
2. Potensialet for fartsendring over en sløyfe øker med synkende inngangshastighet.

Det antas derfor at kjøring i saktegående kø øker feilmarginen ved lengdemålinger. For å teste denne hypotesen er det brukt data fra de to testene på Sundland, 01.03-02.03.2012. Utstyret som er benyttet er Datarec 410 (DR410) og Datarec 7 (DR7).

Målet på feilmargin som er benyttet er tallverdien av den relative lengdefeilen:

$$\text{Absolutt relativ lengdefeil [\%]} = \left| \frac{\text{Målt kjøretøylengde} - \text{Faktisk kjøretøylengde}}{\text{Faktisk kjøretøylengde}} \right| * 100\%$$

Registreringene er delt i 6 grupper, avhengig av hvilket hastighetsintervall de tilhører. Data for hvert av de 5 hastighetsintervallene under 30 km/t er deretter sammenlignet med data for hastighetsintervallet over 30 km/t. For hvert hastighetsintervall er det med andre ord testet om den gjennomsnittlige tallverdien av relativ lengdefeil er signifikant høyere enn tilsvarende verdi for registreringer over 30 km/t.

Kolonnen merket t.test angir signifikansnivået (eller egentlig 1 minus signifikansnivået) for en ensidig t-test med verdiene som finnes i Tabell 73.

Tabell 73 Lengdefeil ved ulike hastigheter, Datarec 410 og Datarec 7

Fart [km/t]	DR410 Absolutt relativ lengdefeil				DR7 Absolutt relativ lengdefeil			
	N	Gjennomsnitt	Standardavvik	t.test	N	Gjennomsnitt	Standardavvik	t.test
0-10	33	10,8 %	6,6 %	0,3 %	20	14,0 %	11,9 %	4,2 %
10-15	124	15,2 %	33,0 %	0,4 %	115	12,7 %	5,6 %	0,0 %
15-20	170	19,7 %	47,0 %	0,0 %	207	11,4 %	3,4 %	0,0 %
20-25	167	15,3 %	44,0 %	0,9 %	204	10,5 %	3,0 %	0,5 %
25-30	60	24,7 %	67,8 %	2,4 %	67	10,3 %	3,8 %	2,9 %
30+	41	7,0 %	3,6 %	100,0 %	74	9,1 %	3,7 %	100,0 %

Som vi ser av Tabell 73, er det statistisk signifikante forskjeller på lengdemålingene ved lave hastigheter, sammenlignet med lengdemålinger ved hastigheter over 30 km/t. Det kan dermed bekreftes at lengdemålinger ved lav hastighet har større feilmargin enn lengdemålinger utført ved høyere hastigheter. Dette gjelder både for Datarec 410 og Datarec 7.

Det er imidlertid tydelig at Datarec 410 er mer følsom for lave hastigheter enn Datarec 7. Det kan være mulig å korrigere for noe av dette ved å benytte akselerasjonen over sløyfene, som beskrevet under Hypotese 2.

Vedlegg 5 Koder for kjøretøygruppe (Statens vegvesen, 2011e)

Koder for kjøretøygruppe (avgift):

I samsvar med definisjonene i *kjøretøyforskriften av 4. oktober 1994 § 2-2 samt forskrift om engangsavgift på motorvogner av 19. mars 2001*, nyttes følgende kjøretøygruppe-betegnelser (til dels forkortet) og koder i Autosys og aktuelle registreringsblanketter:

Bil:	101	Personbil,- unntatt ambulanse
	106	Personbil (Ambulanse)
	107	Personbil (Leilighetsambulanse)
	201	Buss,- registrert første gang her i landet før 1.1.1983
	210	Buss ,- registrert for mindre enn 17 passasjerplasser
	211	Buss (Klasse 1)
	212	Buss (Klasse2)
	213	Buss (Klasse 3)
	214	Buss (Klasse 2 og 3)
	215	Buss - under 6 meter med inntil (mindre enn) 17 sitteplasser, hvorav minst 10 seter er fastmontert i fartsretningen.
	301	Kombinert bil
	310	Varebil,- registrert første gang her i landet før 1.1.1981 og varebil (Klasse 1) registrert første gang her i landet 1.1.1981 eller senere og som ikke omfattes av kode 314
	311	Varebil (Klasse 2),- registrert første gang her i landet 1.1.1981 eller senere og som ikke omfattes av kode 315
	312	Varebil (Begravelsesbil), (tidligere Likbil)
	313	Varebil (Campingbil). Registrert før 1.1.2009
	314	Varebil (Klasse 1),- fortollet etter 31.3.2001
	315	Varebil (Klasse 2),- fortollet etter 31.3.2001
	316	Campingbil iht forskrift om engangsavgift § 2-5 som endret pr. 1. januar 2009.
	320	Lastebil (med plan),- åpent plan med og uten kapell, herunder dumperkasse. Registrert før 1. januar 2005.
	321	Lastebil (med lukket godsrom) ,- herunder flyttebil, thermovogn, bankbuss m.v. Registrert før 1. januar 2005.
	323	Lastebil (bergingsbil) Registrert før 1. januar 2005.
	325	Lastebil,- betongblandebil, renovasjonsbil, tømmertransportbil, containerbil og andre lastebiler som ikke er ført opp med egen kode. Registrert før 1. januar 2005.
	330	Lastebil (tankbil),- for bensin og olje. Registrert før 1. januar 2005.
	335	Lastebil (tankbil),- for andre varer enn bensin/olje. Registrert før 1. januar 2005.
	336	Lastebil (Campingbil) Registrert før 1.1.2009
	340	Trekkbil
Beltebil:	350	Beltebil
Bil	360	Lastebil (med plan),- åpent plan med og uten kapell, herunder dumperkasse. Ingen totalvektbegrensning. Omfatter også lastebil med totalvekt mindre enn 7501 kg og som <u>ikke</u> oppfyller krav til avgiftsgruppe b (rammekravet). Registrert 1. januar 2005 eller senere
	361	Lastebil (med lukket godsrom) ,- herunder flyttebil, thermovogn, bankbuss m.v. Ingen totalvektbegrensning. Omfatter også lastebil med totalvekt mindre enn 7501 kg og som <u>ikke</u> oppfyller krav til avgiftsgruppe b (rammekravet). Registrert 1. januar 2005 eller senere.
	363	Lastebil (bergingsbil) Registrert 1. januar 2005 eller senere.
	365	Lastebil,- betongblandebil, renovasjonsbil, tømmertransportbil, containerbil og andre lastebiler som ikke er ført opp med egen kode. Registrert 1. januar 2005 eller senere.

	370	Lastebil (tankbil),- for bensin og olje. Registrert 1. januar 2005 eller senere.
	375	Lastebil (tankbil) ,- for andre varer enn bensin/olje. Registrert 1. januar 2005 eller senere.
	380	Lastebil (med plan) og totalvekt mindre enn 7501 kg ,-åpent plan med og uten kapell, herunder dumperkasse. Oppfyller krav til avgiftsgruppe b (rammekravet).
	381	Lastebil (med lukket godsrom) og totalvekt mindre enn 7501 kg ,-herunder flyttebil, termovogn, bankbuss m.v. Oppfyller krav til avgiftsgruppe b (rammekravet).
Traktor:	401	Traktor
Motorredskap:	501	Motorredskap (motorkran)
	502	Motorredskap (motorsprøyte)
	503	Motorredskap (motorstige)
	509	Motorredskap, - annen motorredskap
Motorsykkkel:	601	Moped
	610	Lett motorsykkkel
	620	Tung motorsykkkel, herunder mellomtung motorsykkkel, og 3 og 4 hjuls motorsykkkel
	621	Tung motorsykkkel (chopper-ombygd)
Beltedmotorsykkkel:	630	Beltedmotorsykkkel
Tilhenger:	701	Påhengsvogn (med tank),- ikke til traktor
	702	Påhengsvogn (til traktor)
	703	Påhengsvogn (campingtilhenger)
	709	Påhengsvogn, - annen påhengsvogn
	711	Slepovgn (med tank),- ikke til traktor
	712	Slepovgn (til traktor)
	713	Slepovgn (campingtilhenger)
	719	Slepovgn, - annen slepovgn
	721	Semitrailer (med tank),- ikke til traktor
	722	Semitrailer (til traktor)
	723	Semitrailer (campingtilhenger)
	729	Semitrailer, - annen semitrailer
Prøvekjennermerke:	801	Årsprøvekjennermerke for motorvogn, eventuelt med begrenset gyldighet avmerket i vognkortanmerkningsfeltet: "Gjelder kun for motorsykkkel" eller "Gjelder kun for traktor".
	802	Årsprøvekjennermerke for tilhenger
	803	Dagsprøvekjennermerke

Kombinasjoner av kjøretøygruppe teknisk, teknisk underkode og kjøretøygruppe avgift er opplistet i eget dokument.

Vedlegg 6 Klassifisering Datarec 7

DR7	Ureg	12200	22222	32222	32244	42222	52222	62222	712222	712244	722222	722244	82222	82224	82242	82244	92222	92244	Totalt
Finnes ikke	2	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
#N/A	0	0	117	0	0	5	3	0	2	0	10	0	5	0	0	1	58	0	201
101	2	0	2076	23	1	1	9	0	2	0	4	1	2	0	0	0	0	0	2121
106	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
211	0	0	0	0	0	4	1	13	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	21
212	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	32
213	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
214	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
215	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
301	0	0	30	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	34
310	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
311	0	0	63	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
313	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
314	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
315	0	0	488	9	0	49	14	0	22	1	4	0	0	0	0	0	0	0	587
316	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
320	0	0	5	0	0	1	0	0	3	0	11	0	2	0	0	0	1	1	24
321	0	0	4	0	0	3	0	0	1	0	27	0	3	0	0	0	1	0	39
323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
325	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	10	0	3	0	0	0	2	0	18
330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
335	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
336	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
340	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	9	0	24	0	0	0	120	0	156
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	23	1	3	1	1	2	3	3	43
361	0	0	1	0	0	3	1	0	2	0	49	0	19	2	0	4	14	0	95
363	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	8
365	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	43	0	28	1	1	4	8	2	88
370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	7
375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5	0	0	0	0	0	11
380	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
381	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	12
620	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Totalt	4	1	2796	32	1	77	31	48	55	1	222	2	100	5	2	11	210	6	3604

Vedlegg 7 Klassifisering Datarec Loop Monitor

DRLM	Ureg	MC	Personbil	Personbil m henger	Varebil	Varebil m henger	Liten lastebil	Lastebil	Buss	Semitrailer	Vogntog	Totalt
Finnes ikke	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
#N/A	0	0	100	0	17	2	8	9	1	33	31	201
101	0	0	2015	19	63	17	1	4	0	0	2	2121
106	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	0	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	5
211	0	0	0	0	2	1	5	0	13	0	0	21
212	0	0	0	0	0	0	0	0	29	3	0	32
213	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	5
214	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
215	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
301	0	0	5	0	27	1	0	0	0	0	1	34
310	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
311	0	0	45	0	22	1	1	1	0	0	0	70
313	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
314	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
315	0	0	291	10	237	16	32	1	0	0	0	587
316	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
320	0	0	0	0	5	0	3	12	0	1	3	24
321	0	0	1	0	3	0	4	27	0	0	4	39
323	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
325	0	0	0	0	0	0	5	8	0	0	5	18
330	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
335	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
336	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
340	0	0	0	0	0	0	4	8	0	66	78	156
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	0	0	0	0	0	0	4	21	0	11	7	43
361	0	0	1	0	2	1	3	49	1	2	36	95
363	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	3	8
365	0	0	1	0	1	0	3	39	0	1	43	88
370	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	1	7
375	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	5	11
380	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
381	0	0	0	0	1	0	2	9	0	0	0	12
620	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Totalt	8	1	2462	29	390	39	81	206	50	117	221	3604

Vedlegg 8 Klassifisering FMA

FMA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totalt
Finnes ikke	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
#N/A	1	0	107	2	14	0	2	10	5	60	0	0	201
101	6	0	2052	41	20	2	0	0	0	0	0	0	2121
106	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	5
211	0	0	0	1	3	0	13	4	0	0	0	0	21
212	0	0	0	0	0	0	29	0	0	3	0	0	32
213	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	5
214	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
215	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
301	0	0	10	2	22	0	0	0	0	0	0	0	34
310	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
311	0	0	51	3	16	0	0	0	0	0	0	0	70
313	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
314	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
315	2	0	388	28	155	0	0	14	0	0	0	0	587
316	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
320	0	0	0	0	6	0	1	13	2	2	0	0	24
321	0	0	2	0	6	0	2	23	4	2	0	0	39
323	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
325	0	0	0	0	2	0	1	10	5	0	0	0	18
330	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
335	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
336	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
340	0	0	0	0	2	0	1	2	4	147	0	0	156
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	0	0	0	0	1	0	1	20	13	8	0	0	43
361	0	0	1	0	5	3	11	35	35	5	0	0	95
363	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	0	0	8
365	0	0	0	0	2	0	9	32	37	2	0	6	88
370	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	0	7
375	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	11
380	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
381	0	0	0	0	1	0	5	6	0	0	0	0	12
620	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Totalt	17	1	2616	77	262	5	86	189	115	230	0	6	3604

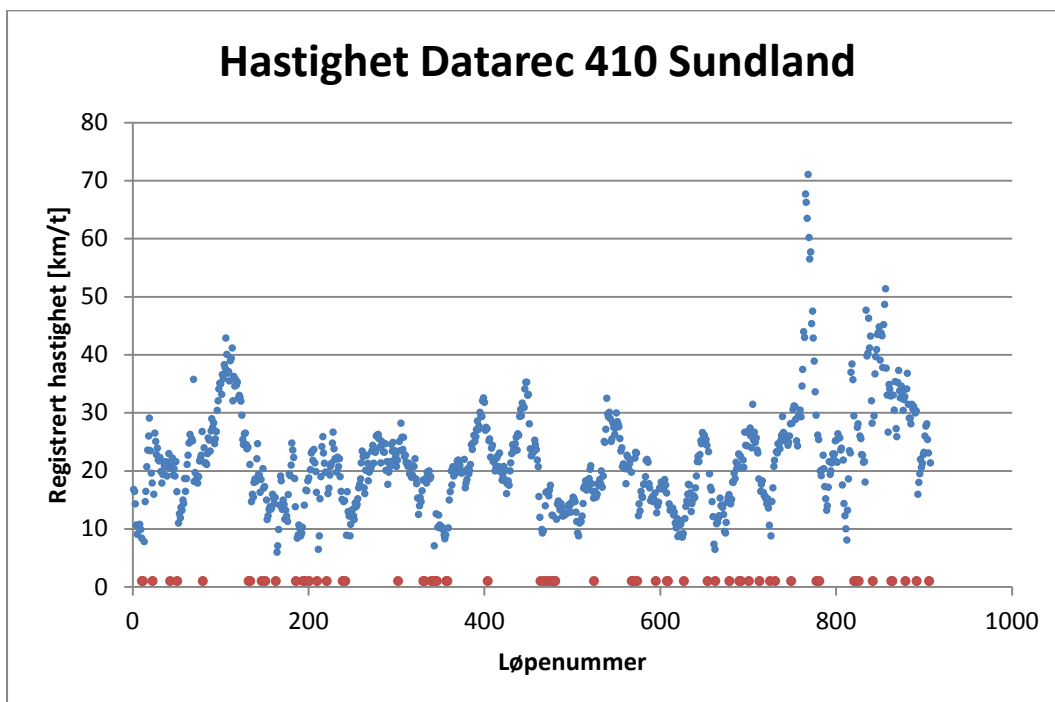
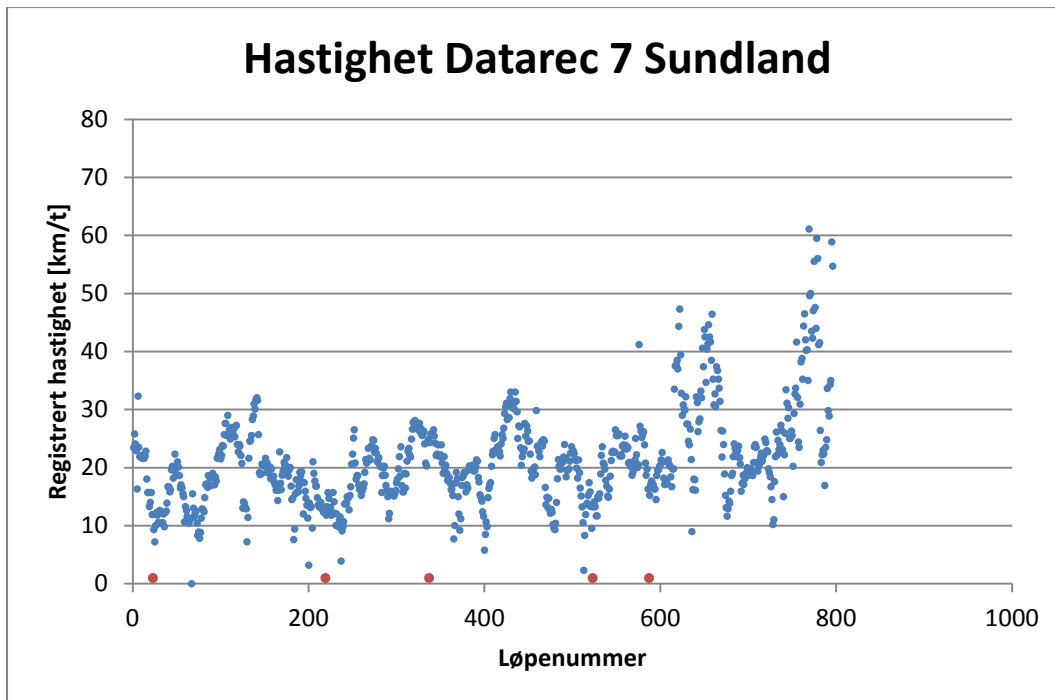
Vedlegg 9 Klassifisering Profiler

Profiler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Totalt	
Finnes ikke	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
#N/A	5	0	103	1	18	0	11	4	54	0	0	1	4	201	
101	7	0	2042	35	32	0	0	0	0	0	1	3	0	2121	
106	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
210	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
211	0	0	0	0	7	0	0	0	1	0	12	1	0	21	
212	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	12	0	0	32	
213	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	5	
214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
215	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
301	0	0	5	0	27	0	0	0	0	0	2	0	0	34	
310	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
311	1	0	45	1	21	0	0	0	0	0	2	0	0	70	
313	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
314	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
315	0	0	318	22	231	0	11	0	0	1	0	4	0	587	
316	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
320	0	0	0	0	6	0	14	1	0	0	0	0	3	24	
321	0	0	1	0	5	0	21	1	7	0	0	0	3	39	
323	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	
325	0	0	0	0	0	0	13	2	0	0	0	0	3	18	
330	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
335	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	
336	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
340	1	0	0	0	0	0	5	27	122	0	0	0	1	156	
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
360	1	0	0	0	0	0	21	12	2	0	0	0	7	43	
361	2	0	0	0	5	0	35	7	11	0	0	0	35	95	
363	0	0	0	0	0	0	5	2	1	0	0	0	0	8	
365	0	0	0	0	0	0	40	19	1	0	0	1	22	88	
370	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	7	
375	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	4	11	
380	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	
381	1	0	0	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	12	
620	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Totalt	25	2	2517	59	363	2	201	77	224	3	28	14	82	7	3604

Vedlegg 10 Klassifisering STMS

STMS	Ureg.	Unknown	MC	Car	Car_ Trailer	Utility_ Vehicle	Bus	Truck	Truck_ Semitrailer	Truck_ Trailer	Totalt
Finnes ikke	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	8
#N/A	9	6	0	101	4	11	5	9	50	6	201
101	38	77	4	1922	45	15	4	6	8	2	2121
106	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	0	1	0	2	1	1	0	0	0	0	5
211	0	0	0	0	1	5	1	14	0	0	21
212	0	1	0	0	0	0	6	11	12	2	32
213	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	5
214	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
215	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
301	0	1	1	26	0	5	0	1	0	0	34
310	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
311	1	3	0	59	2	4	0	1	0	0	70
313	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
314	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
315	12	22	0	454	27	68	0	1	1	2	587
316	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
320	0	1	1	2	4	5	0	8	2	1	24
321	1	0	0	2	11	7	1	12	3	2	39
323	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
325	0	0	0	0	1	6	0	6	3	2	18
330	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
335	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
336	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
340	0	2	0	1	0	3	4	19	112	15	156
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	0	2	0	0	2	4	0	14	15	6	43
361	1	1	0	3	11	4	2	31	23	19	95
363	0	0	0	0	1	2	0	3	2	0	8
365	0	0	0	0	7	5	1	30	23	22	88
370	0	0	0	0	1	0	0	5	1	0	7
375	0	1	0	0	3	0	0	3	2	2	11
380	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
381	0	0	0	1	3	7	0	1	0	0	12
620	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Totalt	69	119	6	2581	125	158	24	178	263	81	3604

Vedlegg 11 Registrerte hastigheter ved tester i køsituasjon



Blå punkter viser den registrerte hastigheten for hvert enkelt kjøretøy.

Røde punkter viser bortfall. Disse er naturligvis ikke registrert med hastighet.