

Test af afmærkningskoncepter for vejarbejde på 4-sporede motorveje

Undersøgelse af trafikantadfærd



Thomas Skallebæk Buch
Belinda la Cour Lund

23. maj 2016

<p>Titel: Test af afmærkningskoncepter for vejarbejde på 4-sporede motorveje</p> <p>Forfatter(e): Thomas Skallebæk Buch og Belinda la Cour Lund</p> <p>Publiceringsdato: 23. maj 2016</p> <p>Sprog: Dansk</p> <p>Antal sider: 106</p> <p>Rekvirent/finansiel kilde: Vejdirektoratet</p> <p>Projekt: Test af afmærkningskoncepter</p> <p>Kvalitetssikring: Poul Greibe og Lene Herrstedt</p> <p>Emneord: Vejarbejde, motorvej, trafikantadfærd, hastighed, sporbenyttelse, kapacitet, konflikter</p> <p>Resumé:</p> <p>Undersøgelse af i alt 11 eksisterende og nye afmærkningskoncepter ved vejarbejde på 4-sporet motorvej. Det undersøges, om de nuværende afmærkningskoncepter fungerer hensigtsmæssigt, og om det ud fra et kapacitets- og trafikikkerhedsmæssigt perspektiv er muligt at reducere forvarslingen i eksisterende standardopstillinger.</p> <p>De 11 opstillinger består af 4 opstillinger med tavlevogn i nødspor, 6 opstillinger med indsnævring til ét spor samt 1 opstilling med afspærring af venstre spor ved akut vejarbejde</p> <p>Undersøgelsen bygger på 1) spoledata fra 12 målesnit frem mod og gennem testopstillingerne og 2) videoobservationer.</p> <p>Spoledata anvendes til at vurdere sporbenyttelse gennemkørselshastigheder og kapacitet i forbindelse med kø.</p> <p>Videoobservationer benyttes til at vurdere situationer med konfliktende adfærd frem mod og gennem indsnævring eller ved passage af tavlevogn i nødspor. Derudover benyttes videomaterialet til at opføre omfanget af sene vognbaneskift frem mod indsnævring til et spor og sideværtspacering i højre spor ved passage af tavlevogn.</p>	<p>Title: Test of Marking Concepts in relation to Road Work on 4-laned Highways</p> <p>Author(s): Thomas Skallebæk Buch & Belinda la Cour Lund</p> <p>Report date: May 23, 2016</p> <p>Language: Danish</p> <p>No. of pages: 106</p> <p>Client/financial source: The Danish Road Directorate</p> <p>Project: Test of Marking Concepts</p> <p>Quality management: Poul Greibe & Lene Herrstedt</p> <p>Key words: Road work, Highway, Road User Behavior, Speed, Lane Usage, Capacity, Conflicts</p> <p>Abstract:</p> <p>Study of a total of 11 existing and new marking concepts in relation to road works on 4-lane highway. It is examined whether current standard layouts function appropriately in relation to both traffic operation and road safety and if it is possible to reduce the pre warning in standard layouts without having a negative impact on traffic operation and safety.</p> <p>The 11 marking concepts consist of 4 layouts with a TMA in the emergency lane, 6 layouts with narrowing to one lane and 1 layout with closing of the left lane in case of emergency road work</p> <p>The study is based on 1) loop detector data from 12 traffic counting points towards and through test layouts and 2) video observations</p> <p>Loop detector data are used to evaluate lane usage, speeds and capacity in relation to queue.</p> <p>Video observations are used to point out situations with conflicting behavior between road users when approaching and driving through the narrowing or when passing the TMA in the emergency lane.</p> <p>In addition, video recordings are used to assess the number of late lane changes the last 100 m before narrowing to one lane and the lateral position in the right lane when passing the TMA.</p>
<p>Rapporten kan hentes fra www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Ved gengivelse af materiale fra publikationen skal fuldstændig kildeangivelse udføres.</p>	<p>The report can be acquired from www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Reprinting material from this publication must include a complete reference to original source.</p>

Indhold

Sammenfatning	5
1 Indledning.....	9
2 Testopstillinger.....	11
2.1 MF001 (4 opstillinger med tavlevogn i nødspor)	11
2.2 MF016B (indsnævring til ét spor med løbelys)	13
2.3 MF017B (indsnævring til ét spor med løbelys)	15
2.4 MF011 (indsnævring til ét spor med tavlevogn)	17
2.5 MF016 (indsnævring til ét spor med løbelys og overledning)	19
2.6 MF012 (indsnævring til ét spor med løbelys).....	21
2.7 MF015 (indsnævring til ét spor med tavlevogn)	23
2.8 MF002 (TMA i venstre spor)	25
3 Metode	27
3.1 Teststrækning.....	27
3.2 Gennemførelse af test	29
3.3 Dataindsamling og databehandling.....	30
3.3.1 Spoledata.....	30
3.3.2 Videobaseret adfærdsundersøgelse.....	32
3.3.3 Sammenlignelighed mellem testopstillinger.....	35
4 Resultater.....	39
4.1 MF001 (4 opstillinger med tavlevogn i nødspor)	39
4.1.1 Sporbenyttelse og sideværtsplacering.....	40
4.1.2 Hastigheder	42
4.1.3 Kapacitet	44
4.1.4 Konflikter.....	45
4.1.5 Opsamling.....	46
4.2 MF016B og MF017B (indsnævring til ét spor).....	46
4.2.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift.....	47
4.2.2 Hastigheder	51
4.2.3 Kapacitet	58
4.2.4 Konflikter.....	58
4.2.5 Opsamling.....	59
4.3 MF011 (indsnævring til ét spor)	60
4.3.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift.....	60
4.3.2 Hastigheder	64
4.3.3 Kapacitet	71
4.3.4 Konflikter.....	71
4.3.5 Opsamling.....	72
4.4 MF016 (indsnævring til ét spor)	72

4.4.1 Sporbenyttelse.....	73
4.4.2 Hastigheder	74
4.4.3 Kapacitet	80
4.4.4 Opsamling.....	80
4.5 MF012 og MF015 (indsnævring til ét spor)	81
4.5.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift.....	81
4.5.2 Hastigheder	85
4.5.3 Kapacitet	92
4.5.4 Konflikter.....	93
4.5.5 Opsamling.....	93
4.6 MF002 (TMA i venstre spor)	93
4.6.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift.....	94
4.6.2 Hastigheder	95
4.6.3 Konflikter.....	97
4.6.4 Opsamling.....	97
5 Konklusion	99
5.1 Tavlevogn i nødspor	99
5.2 Indsnævring til ét spor	100
5.2.1 Reduceret forvarsling.....	101
5.2.2 Indsnævring ved tavlevogn eller kilestrækning med løbelys	102
5.2.3 Hastighedsbegrænsning på 50/80 km/t.....	104
5.2.4 Overledning	105
5.3 TMA i venstre spor ved akut vejarbejde.....	105
5.4 Opsamling.....	105

Sammenfatning

Vejdirektoratet har bedt Trafitec foretage en evaluering af trafikantadfærd i forbindelse med test af 11 forskellige afmærkningskoncepter ved vejarbejde på en 4-sporet motorvej med hastighedsbegrænsning på 130 km/t.

Formålet med projektet er at undersøge trafikanternes adfærd ved disse vejarbejdsopstillinger, der både tæller standardopstillinger fra de nuværende afmærkningsregler og forsøg med ændringer af standardopstillingerne. Det er både dyrt og tidskrævende at etablere vejarbejdsopstillingerne, og det kan derfor være en fordel, hvis afmærkningen kan stilles op hurtigere, uden at det har negative konsekvenser for trafikikkerhed og kapacitet.

Tre grupper af testopstillingerne

Den første gruppe består af fire testopstillinger, MF001 (Figur 2), hvor en tavlevogn placeres i nødsporet. De fire testopstillinger har forskellige visninger på tavlevognen.

Den anden gruppe omfatter seks testopstillinger, MF011 (Figur 8), MF012 (Figur 12), MF015 (Figur 14), MF016 (Figur 10), MF016B (Figur 4) og MF017B (Figur 6): alle med indsnævring til ét kørespor. Opstillingerne tester betydningen af at reducere forvarslingen af vejarbejdet til det halve antal tavlesnit, at anvende tavlevogn eller kilestrækning med løbelys i indsnævring og at have 50 eller 80 km/t gennem vejarbejdszonen. Én af de seks opstillinger (MF016) indeholder desuden en overledning af trafikken over midteradskillelsen til modgående køreretning.

Tredje gruppe består af én opstilling med test af adfærden i forbindelse med, at en TMA spærrer det venstre kørespor uden forvarsling i maksimalt 15 minutter, MF002 (Figur 16). Opstillingen anvendes ved akut vejarbejde og er testet i dagslys uden for myldretid.

Metode

Testopstillingerne er undersøgt i forbindelse med et fingeret vejarbejde, hvor der ikke har været arbejdende folk på stedet. Data er indsamlet ved hjælp af spoletællinger suppleret med videoobservationer i dagslys på hverdage. På Sydmotorvejen syd for Lellinge har Vejdirektoratet fået etableret en teststrækning med 12 spolesnit, så det er muligt at indsamle data om trafikanter frem mod og gennem den afmærkede vejarbejdszone.

Testopstillingerne er afprøvet i løbet af efteråret 2015:

- MF001 er testet ét hverdagsdøgn og videoobserveret i fem timer
- MF011, MF012, MF015, MF016B og MF017B er testet to eftermiddage på hverdage samt i en weekend og videoobserveret de to eftermiddage på hverdage

- MF016 er testet i ét weekenddøgn, og der er ikke foretaget videoobservationer
- MF002 er testet fem gange af 15 minutter midt på dagen på en hverdag, og der er videoobserveret i den fulde testtid

Spoledata grupperes i 15-minutters intervaller, og på baggrund af disse data foretages der opgørelser for:

- Sporbenyttelse
- Hastigheder (gennemsnit, 85%-fraktil, spredning)
- Kapacitet (kapacitet ved kø, observeret max-flow)

Til analyserne grupperes køretøjerne efter længde på baggrund af den inddeling, som anvendes ved kapacitetsberegning:

- **Korte køretøjer:** <5,8 m lange, 1 køretøj = 1 personbilenhed
- **Mellem køretøjer:** 5,8-12,5 m lange, 1 køretøj = 1,8 personbilenheder
- **Lange køretøjer:** >12,5 m lange, 1 køretøj = 2,5 personbilenheder

Videoptagelserne dækker de sidste 200-300 m frem mod sporreduktion / tavlevogn i nødspor og strækningen lige efter. Efterfølgende er materialet benyttet til at belyse følgende forhold:

1. Konfliktende adfærd mellem trafikanter (alle opstillinger på nær MF016)
2. Registrering af sene vognbaneskift fra venstre til højre spor for opstillinger med indsnævring til ét spor (ej MF016)
3. Trafikanternes sideværtsplacering i det højre spor ved passage af tavlevogn i nødspor

Resultater

Tavlevogn i nødspor

Alle fire opstillinger med tavlevogn i nødsporet (MF001) giver stort set ikke anledning til konfliktende adfærd, men trafikanterne reagerer på tavlevognen ved at trække mod venstre ved passage. Trafikanterne har den største reaktion i mørke, og visningen på tavlevognen har betydning for, hvor mange der skifter til venstre spor. MF001-2 med fast lysende kryds medfører størst reaktion hos trafikanterne, mens MF001-3 med slukket kryds medfører mindst reaktion.

I spidstimen falder gennemsnitshastighederne ved passage af tavlevognen, og ved alle fire test synes kapaciteten at ligge omkring 3.600 pbe/t, hvilket er lavere end i referencesituationen.

Sammenligning af de fire forskellige visninger på tavlevognen for de mest relevante parametre fremgår af Tabel 1.

	MF001-1	MF001-2	MF001-3	MF001-2_fejl
Kendetegn	Blinkende kryds	Fast lysende kryds (m/ toplys)	Slukket kryds	Fast lysende kryds (u/ toplys)
Vognbaneskift pbe kl. 9-17	7 %	8 %	6 %	7 %
Vognbaneskift pbe kl. 21-4	41 %	63 %	28 %	33 %
Vognbaneskift lange kl. 21-4	26 %	57 %	14 %	17 %
Sideværtplacering mod venstre ved passage af tavlevogn*	52 %	74 %	70 %	61 %
Hastighedsreduktion Korte kl. 9-17	4 km/t	5 km/t	6 km/t	7 km/t
Hastighedsreduktion korte kl. 21-4	7 km/t	14 km/t	7 km/t	15 km/t
Situationer med konfliktende adfærd**	0 situationer	1 situation	0 situationer	0 situationer

Table 1: Opgørelse for de fire testopstillinger sammenlignet med en referencesituation uden tavlevogn i nødsporet. Andel af personbilenheder/lange køretøjer, der foretager vognbaneskift fra højre til venstre kørespor. Andel af trafikanter der ved passage af tavlevogn er placeret til venstre i det højre kørespor. Hastighedsreduktion ved passage af tavlevognen for korte køretøjer. Antal situationer med konfliktende adfærd på 5 timer. *Den tilsvarende andel ligger på 21 % på referencedagen. ** På referencedagen er der 1 situation på 4 timer.

Indsnævring til ét spor

Reduceret forvarsling frem mod indsnævring til ét spor med løbelys (MF017B) medfører, at trafikanterne nedsætter hastigheden senere og fletter ind i højre spor senere i forhold til indsnævringen sammenlignet med standardforvarslingen (MF016B). Dette synes at give anledning til flere alvorlige situationer med konfliktende adfærd ved indfletning. Det er ikke observeret kapacitetsforskel på de to opstillinger.

En tavlevogn i indsnævring i stedet for kilestrækning med løbelys medfører tidligere indfletning til højre spor og lavere hastigheder i indsnævring. Mønstret ses ved at sammenholde to opstillinger med tavlevogn (MF011 og MF015) med to opstillinger med kilestrækning og løbelys (MF012 og MF016B). Tavlevognen giver anledning til væsentligt færre situationer med konfliktende adfærd. Dette hænger sandsynligvis sammen med, at tavlevognen er synlig i en længere afstand fra indsnævringen, særligt hvis der er forankørende. Der er ikke observeret kapacitetsforskel, hvis der benyttes tavlevogn i stedet for løbelys i indsnævring.

Opstillinger med begrænsning på 80 km/t (MF011, MF012 og MF015) sammenlignes med opstillinger med grænse på 50 km/t (MF016B og MF017B). Det ses, at hastighedsbegrænsning på 80 km/t gennem vejarbejdszonen medfører højere hastighed gennem vejarbejdszonen, men ikke ved indsnævringen. Efterlevelsen af hastighedsbegrænsningen er bedre. Nedskiltningen til 50 km/t lige efter indsnævringen ser ud til at øge antallet af situationer med konfliktende adfærd i indsnævringen, da nogle trafikanter med sen indfletning synes at blive overrasket af andre trafikanters kraftige nedbremsning omkring indsnævringen. Hastighedsbegrænsningen på 50 km/t eller 80 km/t synes ikke at betyde noget for kapaciteten ved kø,

da hastighederne ved kø er væsentligt under 50 km/t i flaskehalsen. Er begrænsningen på 80 km/t gennem hele opstillingen, kan der muligvis afvikles en lidt større trafikmængde, før kø opstår.

Overledningen over vejmidten (MF016) medfører en lavere kapacitet ved kø på ca. 100 pbe/t end tilsvarende opstilling, hvor trafikanterne kører gennem vejarbejdszonen i venstre spor (MF016B). Opbremsning blandt lange køretøjer ved overledningen formodes at være årsagen.

Resultaterne for de forskellige testopstillinger med indsnævring til ét spor er sammenfattet i Tabel 2.

	Reduceret forvarsling	Tavlevogn	80 km/t gennem vejarbejdszone	Overledning
Andel i venstre spor 200 m før indsnævring kl. 9-17	Højere	Lavere	Uændret	Ej undersøgt
Andel i venstre spor 200 m før indsnævring kl. 21-5	Uændret	Lavere	Uændret	Ej undersøgt
Sene vognbaneskift	Flere	Færre	Uændret	Ej undersøgt
Udnyttelse af begge spor frem til indsnævring ved kø	Bedre	Dårligere	Uændret	Uændret*
Hastighed lige før indsnævring	Uændret	Lavere	Uændret	Uændret
Hastighed gennem vejarbejdszone	Uændret	Lavere	Højere	Ej sammenlignelig
Efterlevelse af hastighedsgrænse gennem vejarbejdszone	Uændret	Bedre	Bedre	Uændret
Ensartethed i trafikanttypers hastighed i vejarbejdszone	Uændret	Uændret	Uændret	Mindre
Kapacitet ved kø	Uændret	Uændret	Uændret	Lavere
Situationer med konfliktende adfærd	Uændret, men flere ved indfletning	Færre	Færre	Ej undersøgt

Tabel 2: Betydningen af de fire forskellige tiltag i forhold til standardopstilling. *Baseret på ét målesnit.

TMA i venstre spor ved akut vejarbejde

Kortvarig afspærring af venstre spor ved akut vejarbejde (MF002) i dagslys uden for myldretid synes ikke at give anledning til situationer med konfliktende adfærd. Trafikanterne fletter tidligt til højre spor og tilpasser hastigheden.

1 Indledning

Vejdirektoratet har bedt Trafitec udarbejde en evaluering af trafikantadfærd i forbindelse med test af 11 forskellige afmærkningskoncepter ved vejarbejde på en 4-sporet motorvej med hastighedsbegrænsning på 130 km/t.

Formålet med projektet er at undersøge trafikanternes adfærd ved disse vejarbejdsopstillinger, der både tæller standardopstillinger fra de nuværende afmærkningsregler og forsøg med ændringer af standardopstillingerne. Det er både dyrt og tidskrævende at etablere vejarbejdsopstillingerne, og det kan derfor være en fordel, hvis afmærkningen kan stilles op hurtigere, uden at det har negative konsekvenser for trafiksikkerhed og kapacitet.

Testopstillingerne er undersøgt i forbindelse med et fingeret vejarbejde, hvor der ikke har været arbejdende folk på stedet. Data er indsamlet ved hjælp af spoletællinger, og der er suppleret med videoobservationer fra en del af testperioden. På baggrund af indsamlede data undersøges trafikanters valg af spor og hastighed samt kapacitet ved opstillingerne. Derudover undersøges det, hvorvidt opstillingerne giver anledning til konfliktende adfærd trafikanterne imellem.

Testopstillingerne kan inddeles i tre grupper.

Den første gruppe består af fire testopstillinger, hvor en tavlevogn placeres i nødsporet. De fire testopstillinger har forskellige visninger på tavlevognen.

Den anden gruppe omfatter seks testopstillinger: alle med indsnævring til ét kørespor. Med opstillingerne testes betydningen af at reducere forvarslingen af vejarbejdet til det halve antal tavlesnit, at anvende tavlevogn eller kilestrækning med løbelys i indsnævring og at have 50 eller 80 km/t gennem vejarbejdszonen. Én af de seks opstillinger indeholder desuden en overledning af trafikken over midteradskillelsen til modgående køreretning.

Tredje gruppe består af én opstilling med test af adfærden i forbindelse med, at en TMA spærrer det venstre kørespor uden forvarsling i maksimalt 15 minutter. Opstillingen anvendes ved akut vejarbejde og er testet i dagslys uden for myldretid.

I *afsnit 2* gives en beskrivelse af de 11 testopstillinger og i *afsnit 3* beskrives metoden. Resultaterne følger i *afsnit 4*, hvor resultater for hver enkelt opstilling fremgår med hensyn til sporbenyttelse, hastigheder, kapacitet og konfliktende adfærd. Til sidst følger en konklusion i *afsnit 5*, hvor der samles op på tværs af testopstillingerne.

Til rapporten findes et særskilt dokument, *Bilagsrapporten*, hvor samtlige resultater i form af figurer og tabeller kan findes.

2 Testopstillinger

I det følgende beskrives de 11 testopstillinger ved hjælp af skitsetegninger og fotos. Bemærk at de reelt testede opstillinger adskiller sig en smule fra de planlagte opstillinger beskrevet i dette afsnit. Der er primært tale om afvigelser i forhold til afstande mellem et par tavlesnit på opstillinger med indsnævring til ét spor.

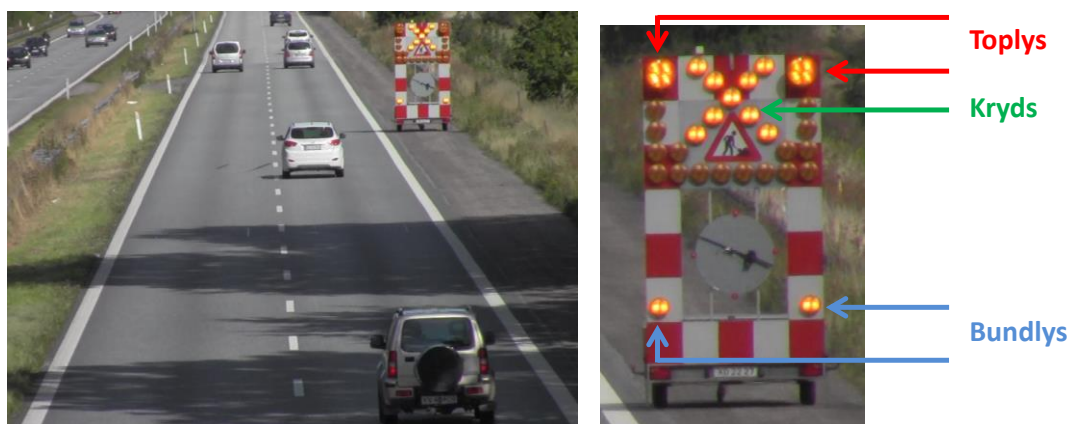
2.1 MF001 (4 opstillinger med tavlevogn i nødspor)

Der er testet fire opstillinger med en tavlevogn i nødsporet. Principskitsen ses af Figur 2 på næste side. På tavlevognen er testet fire forskellige visninger, hvor den fjerde kun er medtaget pga. en opstillingsfejl. Tavlevognen har tre typer lys, der anvendes på forskellige måder ved de fire opstillinger:

- MF001-1: Blinkende toplys (slukket i mørke), blinkende kryds og blinkende bundlys.
- MF001-2: Blinkende toplys (slukket i mørke), fast lysende kryds og fast lysende bundlys.
- MF001-3: Blinkende toplys, kryds slukket og bundlys slukket.
- MF001-2fejl: Toplys slukket, fast lysende kryds og bundlys slukket.

Hastighedsbegrænsningen fastholdes på 130 km/t.

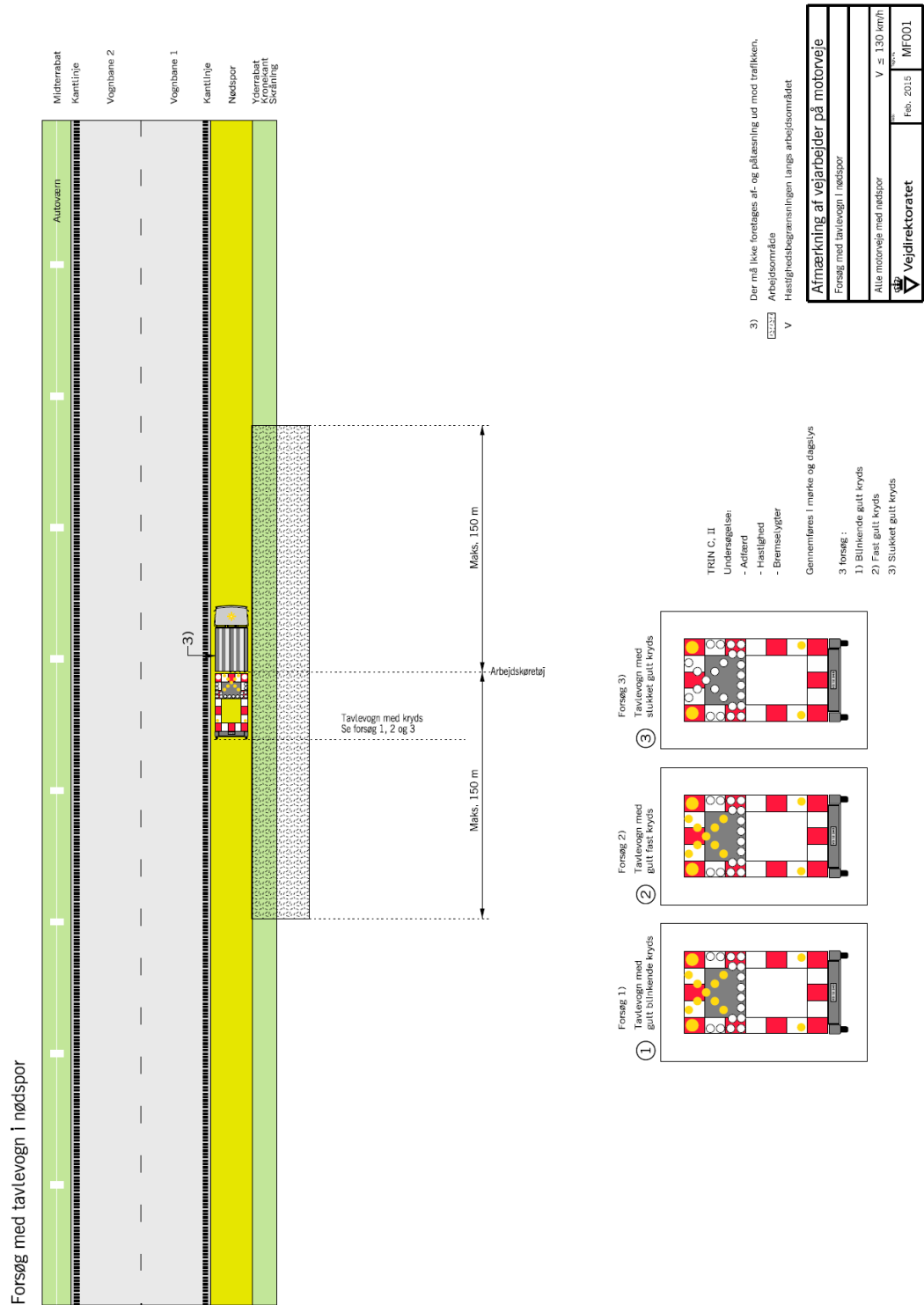
For MF001-1 og MF001-2 har topliset været slukket i de mørke timer. I forbindelse med testen er de mørke timer afgrænset til kl. 21-6. På Figur 1 ses et foto af opstillingen og definition af de tre typer lys.



Figur 1: Til venstre foto af testopstillingen (her MF001-1). Til højre zoom på tavlevognen med definition af de 3 typer lys, der er i anvendelse.

Trafikanternes hastighed og sporbenyttelse samt opstillingens kapacitet er undersøgt. Desuden er indsamlet videomateriale gennemset for konfliktende adfærd

frem mod og omkring tavlevognen. Ligeledes er sideværtsplacering blandt trafikanter i højre kørespor ved passage af tavlevognen undersøgt på baggrund af videomaterialet. Resultaterne for de fire testopstillinger sammenholdes med en referencesituation uden afmærkning på teststrækningen.



Figur 2: Principskitse for MF001 med test af forskellige visninger på tavlevognen. Bemærk tavlevisning for den ikke planlagte MF001-2fejl ikke fremgår af figuren.

2.2 MF016B (indsnævring til ét spor med løbelys)

Testopstillingen, som ses af principskitsen på Figur 4 på næste side, består af følgende elementer:

- Forvarsling bestående af fire tavlesnit, hvor hastighedsgrænsen nedsættes først til 110 km/t og derefter til 80 km/t.
- Indsnævring til højre kørespor ved en kilestrækning med løbelys.
- Nedskiltning til 50 km/t efter indsnævringen.
- Forsætning af trafikken fra højre til venstre kørespor ved kilestrækning med løbelys.
- Passage af selve vejarbejdszonen i venstre kørespor.

Forvarslingen er standard og opstillingen anvendes generelt som referenceopstilling til flere af de følgende testopstillinger. MF016B er i særdeleshed sammenlignelig med MF017B, og disse opstillinger behandles derfor i samme resultatafsnit.

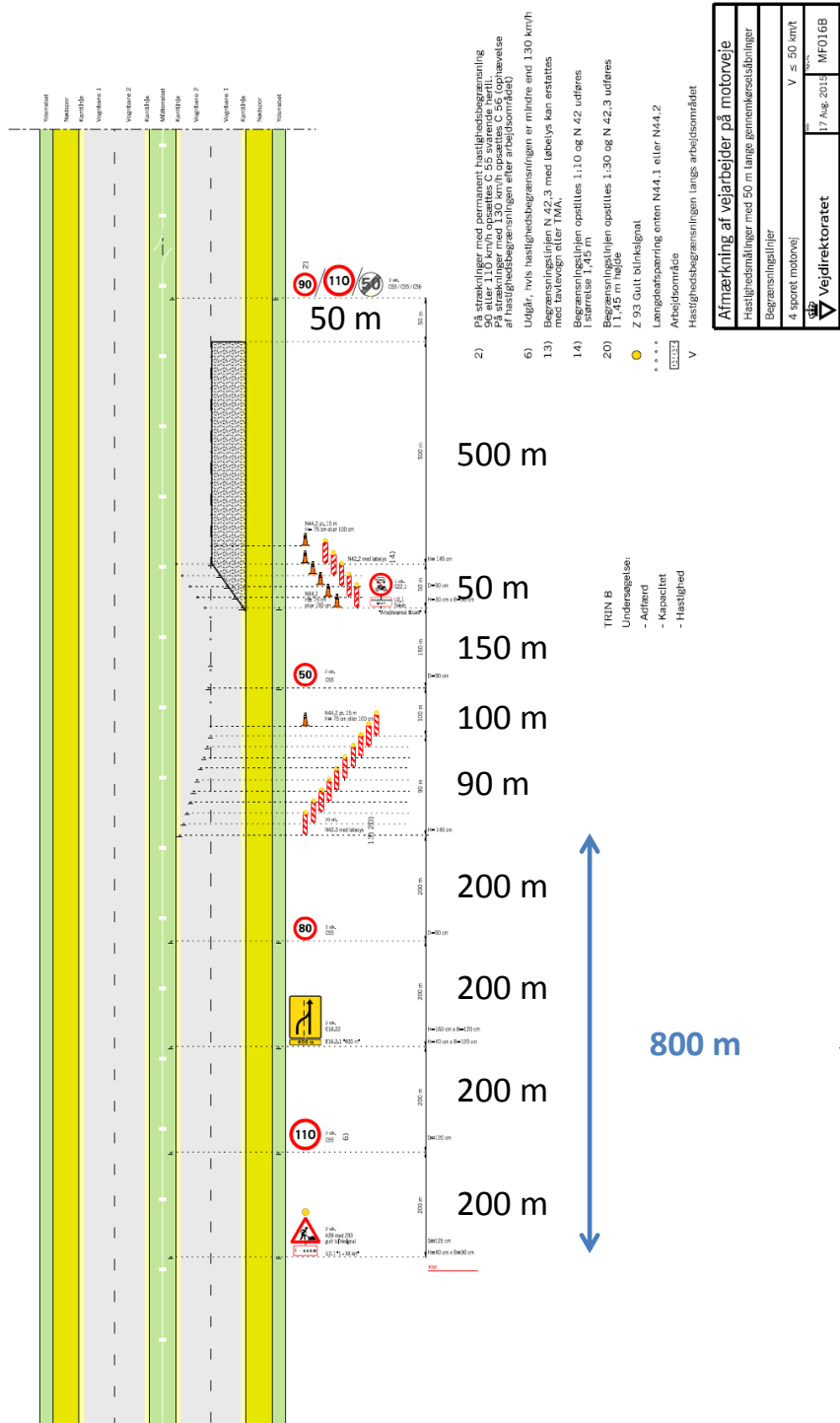
Et foto af testopstillingen fremgår af Figur 3.



Figur 3: MF016B fra indsnævringen til højre spor.

Trafikanternes hastighed og sporbenyttelse samt opstillingens kapacitet er undersøgt. Desuden er indsamlet videomateriale gennemset for konfliktende adfærd frem mod og omkring indsnævringen til højre spor, og der er foretaget en opgørelse af sene vognbaneskift på de sidste 100 m frem til og gennem kilestrækningen.

Hasfhghdsmålhng med 50 m lange gennemkørselsåbnhng



Figur 4: Principskitse for MF016B.

2.3 MF017B (indsnævring til ét spor med løbelys)

Testopstillingen, som ses af principskitsen på Figur 6 på næste side, består af følgende elementer:

- Forvarsling bestående af to tavlesnit, hvor hastighedsgrænsen nedsættes til 80 km/t.
- Indsnævring til højre kørespor ved en kilestrækning med løbelys.
- Nedskiltning til 50 km/t efter indsnævringen.
- Forsætning af trafikken fra højre til venstre kørespor ved kilestrækning med løbelys.
- Passage af selve vejarbejdszonen i venstre kørespor.

Opstillingen er således fuldstændig identisk med MF016B med undtagelse af en reduceret forvarsling, idet MF016B har en forvarsling bestående af fire tavlesnit. I resultatafsnittet præsenteres resultaterne for MF017B derfor sammen med resultaterne for MF016B.

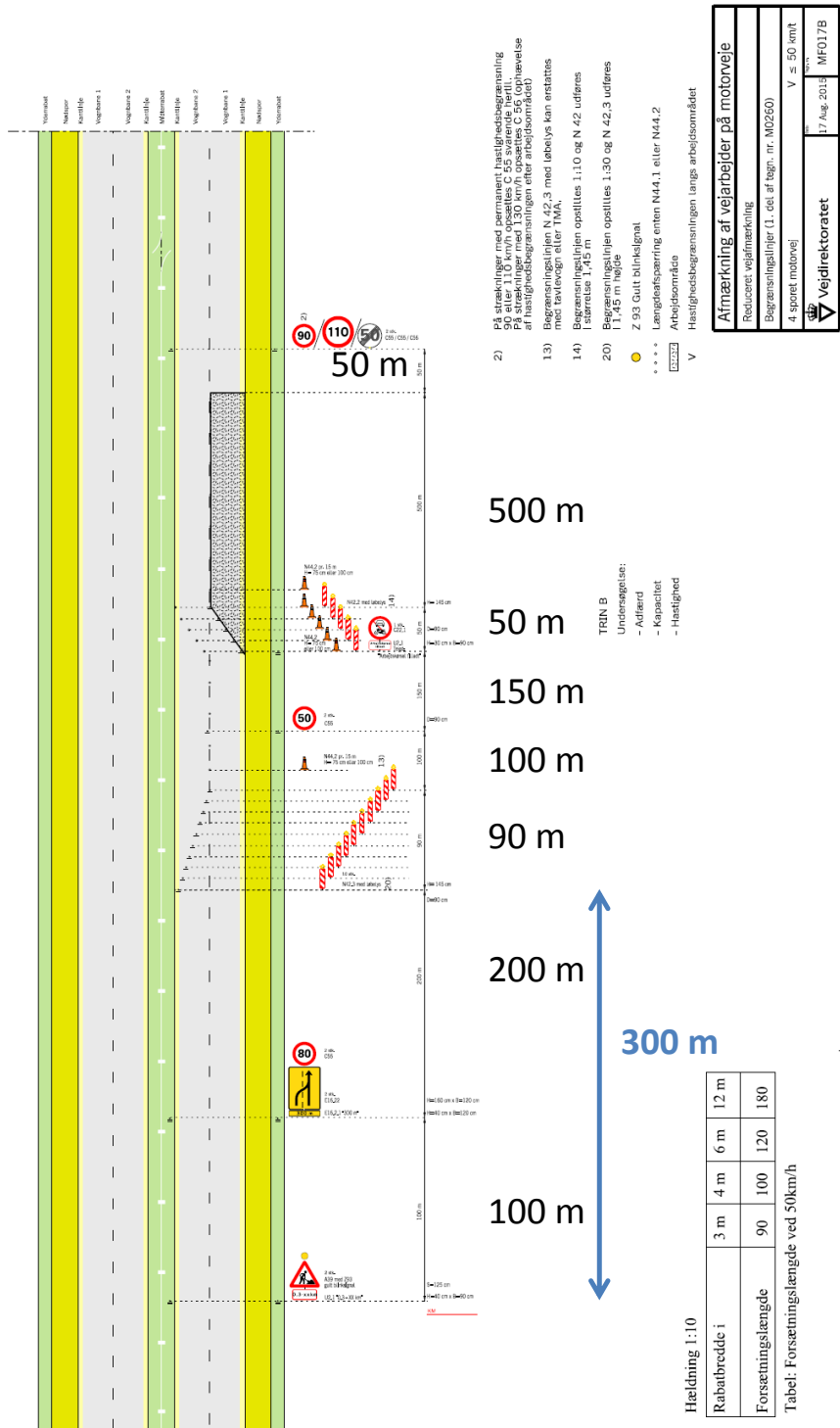
Et foto af testopstillingen fremgår af Figur 5.



Figur 5: MF017B fra indsnævringen til højre spor.

Trafikanternes hastighed og sporbenyttelse samt opstillingens kapacitet er undersøgt. Desuden er indsamlet videomateriale gennemset for konfliktende adfærd frem mod og omkring indsnævringen til højre spor, og der er foretaget en opgørelse af sene vognbaneskift på de sidste 100 m frem til og gennem kilestrækningen.

Reduceret vejafmærkning



Figur 6: Principskitse for MF017B.

2.4 MF011 (indsnævring til ét spor med tavlevogn)

Testopstillingen, som ses af principskitsen på Figur 8 på næste side, består af følgende elementer:

- Forvarsling bestående af fire tavlesnit, hvor hastighedsgrænsen nedsættes først til 110 km/t og derefter til 80 km/t.
- Indsnævring til højre kørespor ved en tavlevogn.
- Forsætning af trafikken fra højre til venstre kørespor ved TMA.
- Passage af selve vejarbejdszonen i venstre kørespor.

Det bemærkes, at for trafikanten er der meget lille visuel forskel på, om det er en tavlevogn eller en TMA, der dirigerer trafikken. Derfor skelnes der ikke mellem tavlevogn og TMA i selve analysen. Visningen på tavlevogn/TMA følger standarden.

Opstillingen har flere lighedstræk med MF016B, men der anvendes en tavlevogn i såvel indsnævring til højre spor som forsætning til venstre spor i stedet for en kilustrækning med løbelys. Derudover nedsættes hastighedsbegrænsningen ikke til 50 km/t forud for forsætningen til venstre spor og gennem vejarbejdszonen som ved MF016B. I resultatafsnittet sammenlignes resultaterne for MF011 derfor med tilsvarende for MF016B.

Et foto af testopstillingen fremgår af Figur 7.



Figur 7: MF011 fra indsnævringen til højre spor.

Trafikanternes hastighed og sporbenyttelse samt opstillingens kapacitet er undersøgt. Desuden er indsamlet videomateriale gennemset for konfliktende adfærd

2.5 MF016 (indsnævring til ét spor med løbelys og overledning)

Testopstillingen, som ses af principskitsen på Figur 10 på næste side, består af følgende elementer:

- Forvarsling bestående af fire tavlesnit, hvor hastighedsgrænsen nedsættes først til 110 km/t og derefter til 80 km/t.
- Indsnævring til højre kørespor ved en kilestrækning med løbelys.
- Nedskiltning til 50 km/t efter indsnævringen.
- Forsætning af trafikken fra højre til venstre kørespor ved kilestrækning med løbelys.
- Overledning af trafikken fra venstre spor på tværs af midteradskillelsen til det ene af de to kørespor til modgående trafik markeret med løbelys.
- Passage af selve vejarbejdszonen i det ene af de to kørespor til modgående trafik.

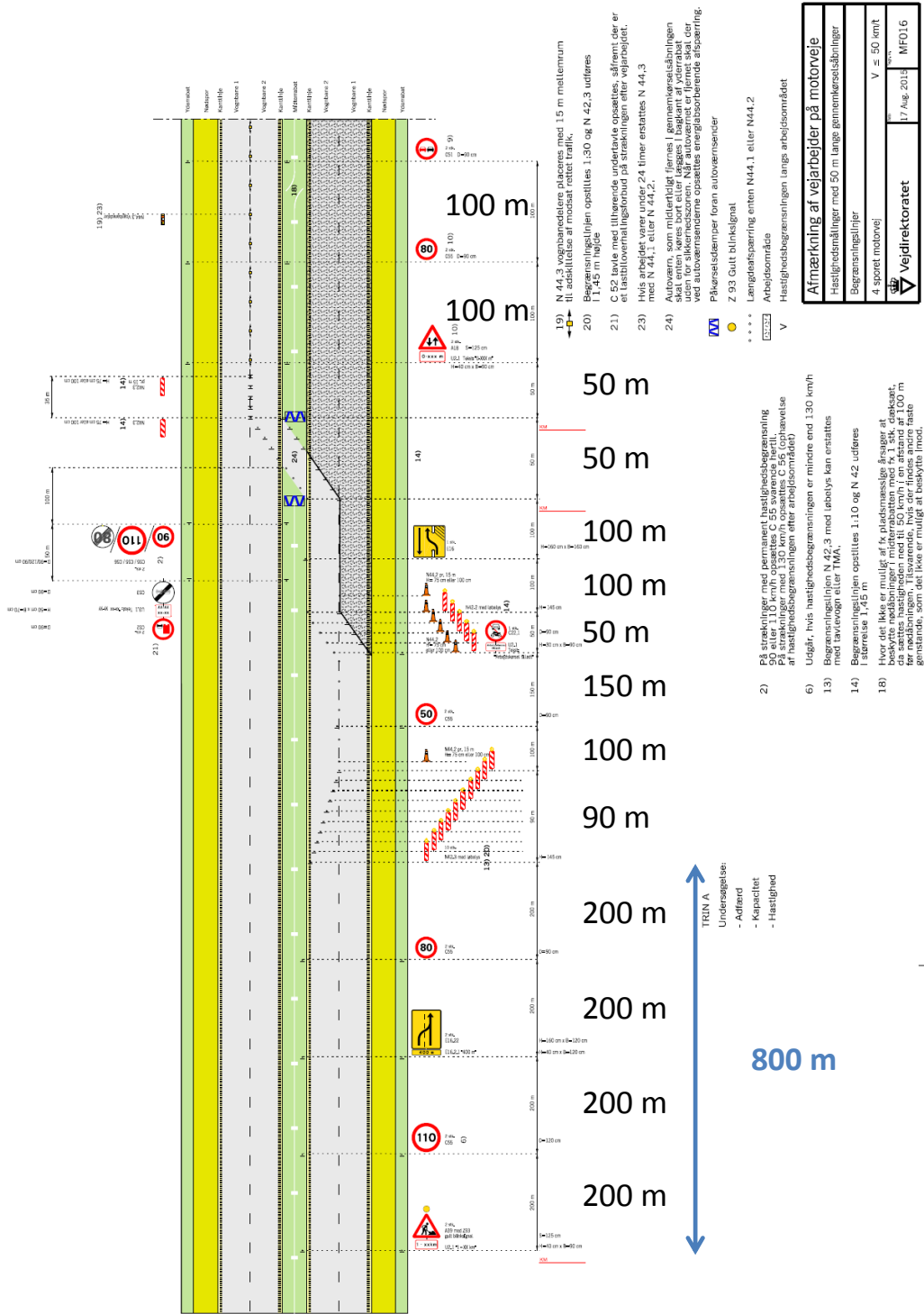
Opstillingen er identisk med MF016B frem til trafikken er overledt til venstre kørespor. I resultatafsnittet sammenlignes resultaterne for MF016 derfor med MF016B. Fotos ved overledningen over midteradskillelsen fremgår af Figur 9.



Figur 9: MF016 ved overledningen på tværs af midteradskillelsen.

For opstillingen undersøges både sporbenyttelse frem mod indsnævringen, hastighedsvalg og kapacitet. Der er ikke foretaget videobaserede adfærdsstudier.

Hastighedsmålinger med 50 m lange gennemkørselsåbninger



Afmærkning af vejarbejder på motorveje	
Hastighedsmålinger med 50 m lange gennemkørselsåbninger	
Begrænsningslinjer	V = 50 km/h
4-sporet motorvej	
Vejdirektoratet	17. aug. 2015 MF016

Figur 10: Principskitse for MF016.

2.6 MF012 (indsnævring til ét spor med løbelys)

Testopstillingen, som ses af principskitsen på Figur 12 på næste side, består af følgende elementer:

- Forvarsling bestående af fire tavlesnit, hvor hastighedsgrænsen nedsættes først til 110 km/t og derefter til 80 km/t.
- Indsnævring til højre kørespor ved en kilestrækning med løbelys.
- Passage af selve vejarbejdszonen i højre kørespor.

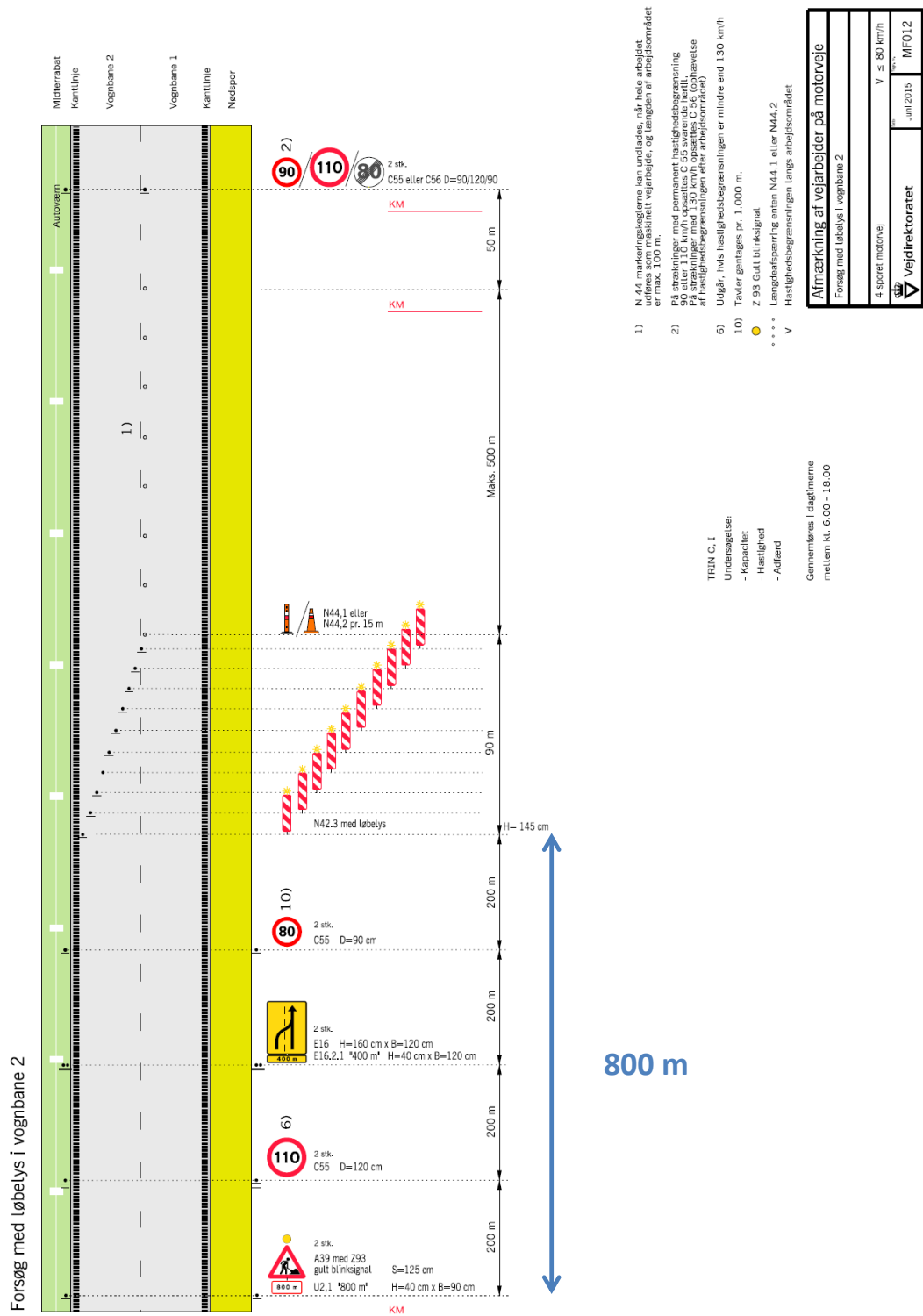
Testopstillingen sammenlignes primært med MF015, hvor den eneste forskel er en tavlevogn i stedet for en kilestrækning med løbelys i indsnævringen. Desuden er opstillingen identisk med MF016B til og med indsnævringen.

Et foto af testopstillingen fremgår af Figur 11.



Figur 11: MF012 fra indsnævringen til højre spor.

Trafikanternes hastighed og sporbenyttelse samt opstillingens kapacitet er undersøgt. Desuden er indsamlet videomateriale gennemset for konfliktende adfærd frem mod og omkring indsnævringen til højre spor, og der er foretaget en opgørelse af sene vognbaneskift på de sidste 100 m frem til og gennem kilestrækningen.



Figur 12: Principskitse for MF012.

2.7 MF015 (indsnævring til ét spor med tavlevogn)

Testopstillingen, som ses af principskitsen på Figur 14 på næste side, består af følgende elementer:

- Forvarsling bestående af 4 tavlesnit, hvor hastighedsgrænsen nedsættes først til 110 km/t og derefter til 80 km/t.
- Indsnævring til højre kørespor ved en tavlevogn.
- Passage af selve vejarbejdszonen i højre kørespor.

Visningen på tavlevognen følger standarden.

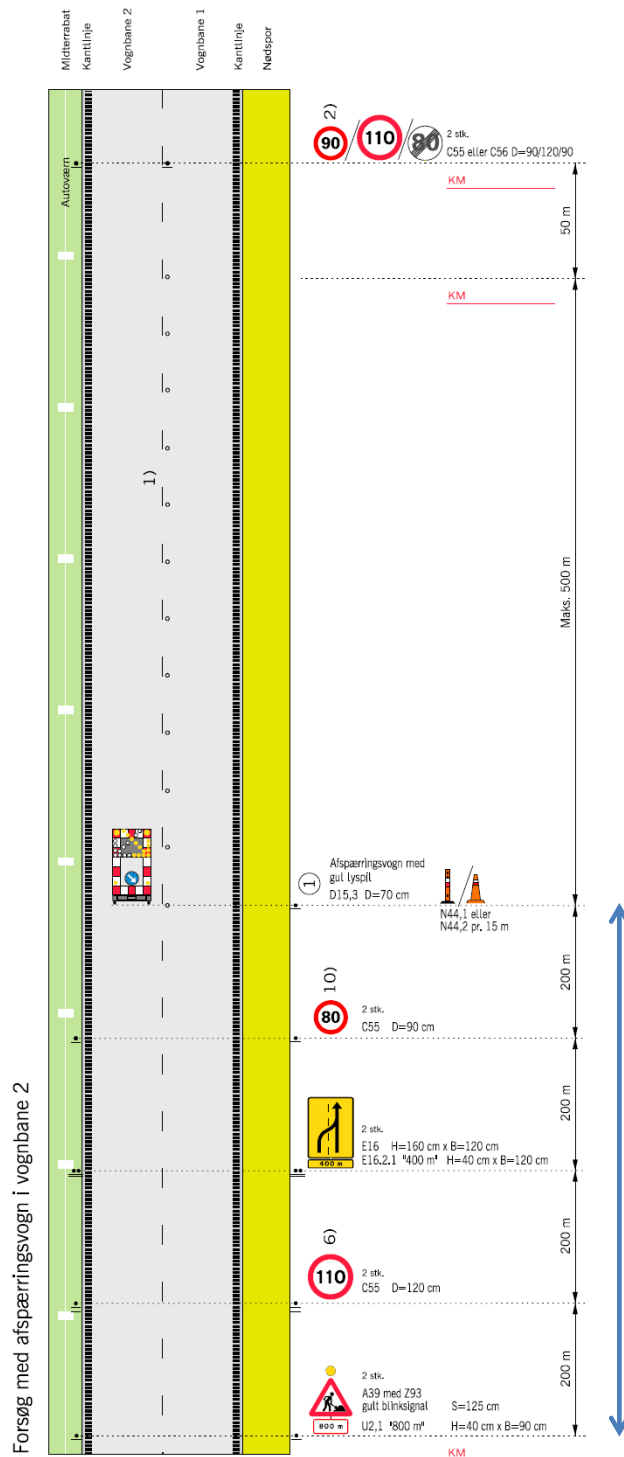
Testopstillingen kan sammenlignes med MF012, hvor den eneste forskel er en kilestrækning med løbelys i stedet for en tavlevogn i indsnævringen.

Et foto af testopstillingen fremgår af Figur 13.



Figur 13: MF015 fra indsnævringen til højre spor.

Trafikanternes hastighed og sporbenyttelse samt opstillingens kapacitet er undersøgt. Desuden er indsamlet videomateriale gennemset for konfliktende adfærd frem mod og omkring indsnævringen til højre spor, og der er foretaget en opgørelse af sene vognbaneskift på de sidste 100 m frem til tavlevognen.



Figur 14: Principskitse for MF015.

1) N 44 markeringskegle kan undlades, når hele arbejdet udføres som maskinelt vejarbejde, og længden af arbejdsområdet er maks. 100 m.

2) 80 spærreskilt med permanent hastighedsbegrænsning 90 eller 110 km/h, bemærk C 55 og C 56. På strækninger med 130 km/h opsættes C 56 (ophævelse af hastighedsbegrænsningen efter arbejdsområdet)

6) Udgår, hvis hastighedsbegrænsningen er mindre end 130 km/h

10) Tavler gentages pr. 1.000 m.

● Z 93 Gult blinksignal

● Længdefspærring enten N44,1 eller N44,2

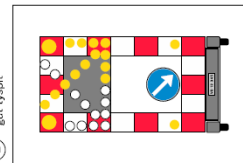
● Hastighedsbegrænsning i lange arbejdsområdet

● V

TRIN C.1
Undersøgelse:
- Kapacitet
- Hastighed
- Adfærd

Gennemføres i dagtimerne
mellem kl. 6.00 - 18.00

1) Afspærringsvogn med gul lysplade



Afmærkning af vejarbejder på motorveje	
Forsøg med afspærringsvogn i vognbane 2	
4-sporet motorvej	V ≈ 80 km/h
Vejdirektoratet	Junil 2015 MF015

2.8 MF002 (TMA i venstre spor)

Testopstillingen, som ses af principskitsen på Figur 16 på næste side, består af følgende elementer:

- Forvarsling bestående af ét tavlesnit, hvor hastighedsgrænsen nedsættes til 110 km/t.
- Indsnævring til højre kørespor ved en TMA.

Testopstillingen anvendes kun ved akut vejarbejde og har derfor en tidsbegrænsning på maksimalt 15 minutter. Opstillingen er testet i dagslys uden for myldretid. I forbindelse med testen afprøves opstillingen fem gange af 15 minutter med 45 minutters mellemrum. Sporbenyttelse og hastighedsvalg sammenlignes med en referencesituation bestående af intervallerne mellem de fem test af MF002, hvor hastighedsbegrænsningen på teststrækningen ligeledes er 110 km/t.

Et foto af testopstillingen fremgår af Figur 15.



Figur 15: MF002 fra indsnævringen til højre spor.

Trafikanternes hastighed og sporbenyttelse frem mod TMA'en er undersøgt. Desuden er indsamlet videomateriale gennemset for konfliktende adfærd frem mod og omkring indsnævringen til højre spor, og der er foretaget en opgørelse af sene vognbaneskift på de sidste 100 m frem til TMA'en.

3 Metode

I det følgende beskrives teststrækningen, hvornår testene er gennemført og hvilke data, der er indsamlet til brug for den efterfølgende analyse. Derudover indgår en beskrivelse af, hvordan data er behandlet og sammenlignet.

3.1 Teststrækning

I forbindelse med projektet og til anvendelse ved fremtidige test har Vejdirektoratet fået etableret en teststrækning på M30, Sydmotorvejen (se Figur 17). Teststrækningen er nøje udvalgt ud fra kriterier om:

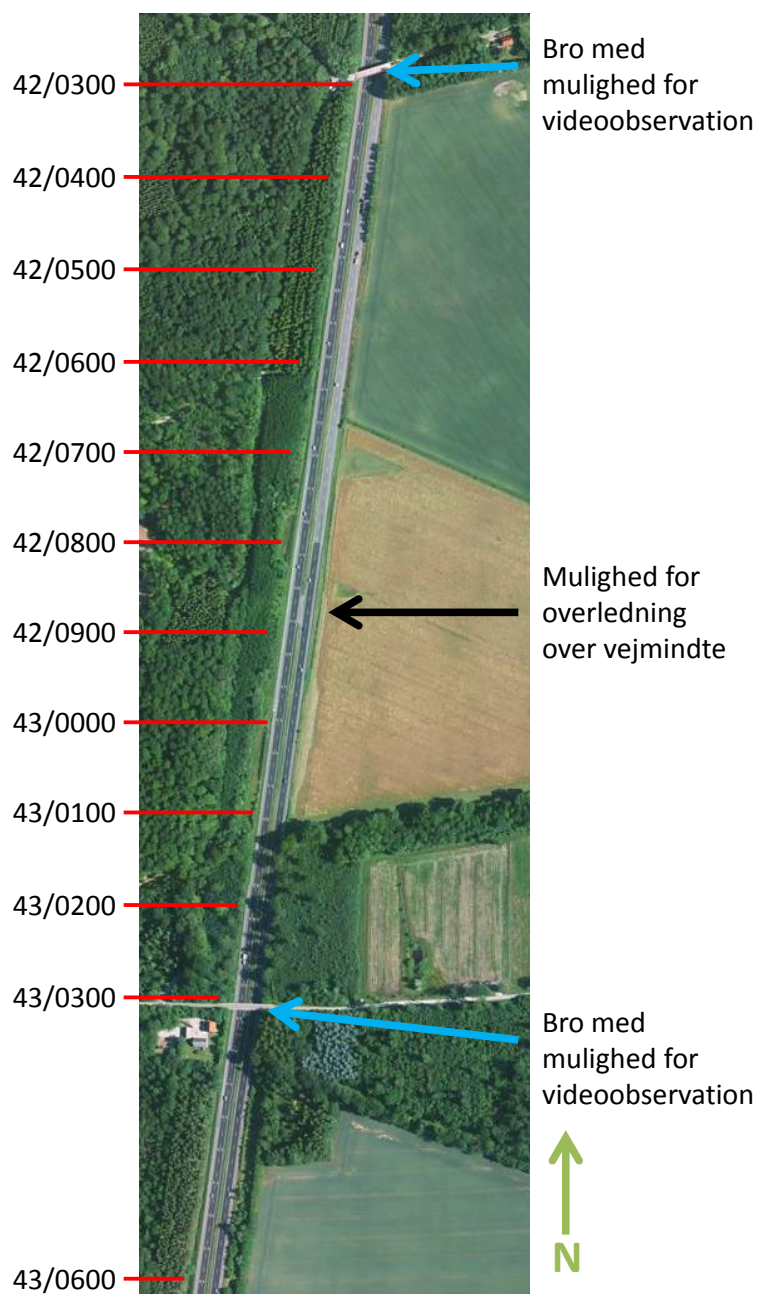
- Placering på en lige strækning af motorvejen uden vertikale og horisontale kurver.
- Motorvejen er 4-sporet, og hastighedsbegrænsningen er 130 km/t.
- Mulighed for overledning af trafik til modgående kørespor.
- Mulighed for at foretage videoobservationer på strækningen.



Figur 17: Teststrækningen omfatter de to nordgående spor på Sydmotorvejen syd for Lellinge.

Det er de nordgående spor, der indgår i teststrækningen, hvilket betyder, at trafikken er mest intens i morgentimerne. På almindelige hverdage befinder trafikken sig lige under kapacitetsgrænsen i morgenspidstimen. Sidst på eftermiddagen ligger trafikmængden på ca. det halve af morgenspidstimen.

Et luftfoto af teststrækningen ses af Figur 18. Teststrækningen er 1,3 kilometer lang, og der er etableret 12 spolesnit med mulighed for indsamling af hastighedsdata for de to nordgående kørespor. På strækningen er der to broer ved henholdsvis kilometrerne 42/0300 og 43/0300, hvorfra det er muligt at observere trafikken med video. Omkring 42/0900 er der mulighed for at lede trafikken over midteradskillelsen til de modgående kørespor.



Figur 18: Teststrækningen set fra oven med indtegning af målesnit til indsamling af spoledata for trafik i nordgående køreretning.

3.2 Gennemførelse af test

De elleve opstillinger er testet i løbet af efteråret 2015. Det er søgt at sprede opstillingerne, så trafikanterne ikke er blevet udsat for test hver enkelt dag. Dog har det af hensyn til tid og vejr været nødvendigt at afvikle en opstilling næsten hver uge fra midten af august og frem til starten af november. I tidsrummene mellem testene har det været muligt at indsamle data til reference – både for weekend og for hverdage.

I forbindelse med entreprenørens opsætning af de forskellige testopstillinger er der opstået mindre afvigelser i forhold til de teoretiske opstillinger. Der er primært tale om mindre afvigelser i forbindelse med afstandene mellem opstillingernes tavlesnit. Disse afvigelser forventes ikke at have haft væsentligt indflydelse på de overordnede resultater, men kan have betydning for data i enkelte målesnit. Resultaterne præsenteres derfor på figurer, hvor både den teoretiske og den reelt testede opstilling fremgår.

Tidspunkt for test af tavlevogn i nødspor

De fire opstillinger med tavlevogn i nødspor er hver for sig testet i ét hverdagsdøgn, således at der er testet i myldretid, dagtimer uden for myldretid og i mørke. Videoobservationer er foretaget i dagslys. Der er observeret i 5 timer pr. opstilling både inden for og uden for myldretid. Tidsrum fremgår af Tabel 3:

Opstilling	Test af opstilling		Videoobservation af opstilling	
	Start	Slut	Start	Slut
MF001-1	Tirsdag 08.09.15 kl. 11	Onsdag 09.09.15 kl. 11	Tirsdag 08.09.15 kl. 11	Tirsdag 08.09.15 kl. 13
			Onsdag 09.09.15 kl. 6	Onsdag 09.09.15 kl. 9
MF001-2	Tirsdag 01.09.15 kl. 11	Onsdag 02.09.15 kl. 11	Tirsdag 01.09.15 kl. 11	Tirsdag 01.09.15 kl. 13
			Onsdag 02.09.15 kl. 6	Onsdag 02.09.15 kl. 9
MF001-3	Tirsdag 18.08.15 kl. 11	Onsdag 19.08.15 kl. 11	Tirsdag 18.08.15 kl. 11	Tirsdag 18.08.15 kl. 13
			Onsdag 19.08.15 kl. 6	Onsdag 19.08.15 kl. 9
MF001-2fejl	Tirsdag 25.08.15 kl. 11	Onsdag 26.08.15 kl. 11	Tirsdag 25.08.15 kl. 11	Tirsdag 25.08.15 kl. 13
			Onsdag 26.08.15 kl. 6	Onsdag 26.08.15 kl. 9
Reference	Tirsdag 15.09.15 kl. 11	Onsdag 16.09.15 kl. 11	Tirsdag 01.09.15 kl. 7	Tirsdag 01.09.15 kl. 11

Tabel 3: Opstillinger med tavlevogn i nødspor. Dato og tidsrum for test samt for videoobservation af opstilling.

Tidspunkt for test af opstillinger med indsnævring til ét spor

Det har været et ønske at observere de seks opstillinger med indsnævring til ét kørespor i køtrafik, således at det har været muligt at undersøge opstillingers kapacitet ved kø. Samtidig har det været et ønske ikke at genere trafikanterne unødvendigt. Derfor er det undgået at teste opstillingerne i morgenmyldretiden, hvor massive og meget langvarige køer kan forventes, hvis der reduceres til ét spor. Derfor er opstillingerne testet over weekenden, hvor der kan forventes kø som minimum søndag eftermiddag ved indsnævring til ét kørespor. Opstillingerne er

dog nedtaget søndag kl. 16 for at få køen afviklet inden aften. Fem af seks opstillinger er yderligere testet to hverdageftermiddage, hvor trafikantadfærd og turformål er anderledes. Videoobservationerne er udført på hverdagene.

Tidsrummene for observationer fremgår af Tabel 4. For opstillingerne indgår således tidsperioder med kø, dagtimer på hverdage uden kø og aften- og nattetimer med mørke. Videoobservationer er foretaget i dagslys på hverdage, dvs. i alt mellem 11 og 12 timer afhængig af opstilling. Af hensyn til trafikken i modgående køreretning er MF016 testet i et kortere tidsrum og kun weekendtrafik.

Opstilling	Test af opstilling		Videoobservation af opstilling	
	Start	Slut	Start	Slut
MF016B	Fredag 02.10.15 kl. 11	Søndag 04.10.15 kl. 16	Fredag 02.10.15 kl. 11	Fredag 02.10.15 kl. 18
	Torsdag 08.10.15 kl. 11	Torsdag 08.10.15 kl. 16	Torsdag 08.10.15 kl. 11	Torsdag 08.10.15 kl. 16
MF017B	Fredag 18.09.15 kl. 11	Søndag 20.09.15 kl. 16	Fredag 18.09.15 kl. 11	Fredag 18.09.15 kl. 18
	Torsdag 24.09.15 kl. 11	Torsdag 24.09.15 kl. 16	Torsdag 24.09.15 kl. 11	Torsdag 24.09.15 kl. 16
MF011	Torsdag 29.10.15 kl. 11	Torsdag 29.10.15 kl. 16	Torsdag 29.10.15 kl. 11	Torsdag 29.10.15 kl. 16
	Fredag 30.10.15 kl. 11	Søndag 01.11.15 kl. 16	Fredag 30.10.15 kl. 11	Fredag 30.10.15 kl. 17
MF016	Lørdag 10.10.15 kl. 17	Søndag 11.10.15 kl. 20	-	-
MF012	Torsdag 05.11.15 kl. 11	Torsdag 05.11.15 kl. 16	Torsdag 05.11.15 kl. 11	Torsdag 05.11.15 kl. 16
	Fredag 06.11.15 kl. 11	Søndag 08.11.15 kl. 16	Fredag 06.11.15 kl. 11	Fredag 06.11.15 kl. 17
MF015	Torsdag 22.10.15 kl. 11	Torsdag 22.10.15 kl. 16	Torsdag 22.10.15 kl. 11	Torsdag 22.10.15 kl. 16
	Fredag 23.10.15 kl. 11	Søndag 25.10.15 kl. 16	Fredag 23.10.15 kl. 11	Fredag 23.10.15 kl. 18

Tabel 4: Opstillinger med indsnævring til ét kørespor. Dato og tidsrum for test samt for videoobservation af opstillinger.

Test af MF002

Opstilling MF002 med en TMA, der spærrer det venstre kørespor er testet torsdag den 10. september. Opstillingen er testet i dagtimer uden for myldretid. Den er testet i fem omgange af 15 minutter startende kl. 10. I mellem hver test er der 45 minutter, der anvendes som reference. De fem test er alle videoobserveret.

3.3 Dataindsamling og databehandling

Der er foretaget to typer af dataindsamling: Spoledata og videoobservationer. Hovedresultaterne præsenteres og beskrives i tekst og figurer i nærværende rapport, mens samtlige tabeller og figurer kan findes i *Bilagsrapporten*.

3.3.1 Spoledata

Spoledata er indsamlet fra de 12 målesnit på teststrækningen, som fremgår af Figur 18 side 28. Data er leveret som enkeltkøretøjsmålinger, hvor der for hvert enkelt køretøj er angivet et kørespor, en hastighed og en længde af køretøjet. For

hvert køretøj er desuden et tidsstempel. Spoledata er ret præcise, men som ved alle måledata er der usikkerhed, og der opleves af og til udfald. Variationen mellem de forskellige spoler på teststrækningen for antal registrerede køretøjer ligger på under 2 %. Dertil kommer lidt usikkerhed ved målingerne af hastigheder og køretøjslængder.

Spoledata grupperes i 15-minutters intervaller, og på baggrund af disse data foretages der opgørelser for:

- Sporbenyttelse
- Hastigheder (gennemsnit, 85%-fraktil, spredning)
- Kapacitet (kapacitet ved kø, observeret max-flow)

Resultaterne præsenteres enten på baggrund af det totale antal køretøjer, køretøjer fordelt på køretøjslængde eller antallet af køretøjer omregnet til personbilenheder.

Kapacitet ved kø og observeret max-flow

I forbindelse med opstillingerne med indsnævring til ét spor er kapaciteten undersøgt på to måder: kapacitet ved kø og observeret max-flow.

Kapaciteten ved kø er bestemt, som det gennemsnitlige flow i personbilenheder, der kan afvikles i situationer med kø. Dette er bestemt på baggrund af 15-minutters intervaller med kø, som er udvalgt ved, at gennemsnitshastigheden er maksimalt omkring 30 km/t gennem opstillingens flaskehals. For hver opstilling ses nogen variation i afviklingen af køtrafik mellem tidsrum med kø, og disse variationer fremgår af *Bilagsrapporten*. Der er observeret kø i et samlet tidsrum på mellem 0,5 og 5,75 timer pr. opstilling.

Observeret max-flow vurderes som det gennemsnitlige flow i personbilenheder i de fem 15-minutters intervaller med størst flow. Der er typisk observeret et højere flow uden for tidsrum med kø. Derfor bygger det observerede max-flow primært på tidsrum med frit flow eller en reduktion i gennemsnitshastighed, der kan indikere trafik på kapacitetsgrænsen. Data er utilstrækkelig til en reel sammenligning af testopstillingerne ved max-flow, men for flere af opstillingerne er det muligt at få en idé om niveauet for, hvilken trafikmængde der maksimalt kan afvikles.

Omregning til personbilenheder er udført ved brug af Vejdirektoratets standarder¹.

Gruppering af køretøjer

Køretøjernes målte længder er anvendt til at fordele køretøjerne på tre kategorier. Dette er sket på baggrund af inddelingen, som anvendes ved kapacitetsberegninger¹, når trafikken omregnes til personbilenheder. Kategorierne er følgende:

- **Korte køretøjer:** <5,8 m lange, 1 køretøj = 1 personbilenhed

¹ Håndbog for "Kapacitets- og serviceniveau", Vejregler, 2015, Tabel 3.5

- **Mellem køretøjer:** 5,8-12,5 m lange, 1 køretøj = 1,8 personbilenheder
- **Lange køretøjer:** >12,5 m lange, 1 køretøj = 2,5 personbilenheder

I resultatafsnittet fokuseres på korte og lange køretøjer, men resultaterne for mellem køretøjer fremgår også af figurer. Årsagen til fokuseringen på korte og lange køretøjer er, at der er tale om mere homogene grupper. Korte køretøjer er i langt overvejende grad personbiler og små varebiler. Lange køretøjer udgør typisk leddede busser og lastbiler, dvs. sættevognstog, påhængsvogntog og modulvogntog, som har meget forskellige længder, men som skal følge samme hastighedsbegrænsning. Mellem køretøjer omfatter derimod både varevogne/kassevogne, person- og varebiler med anhængere, busser og små lastbiler (ej leddede). Der er således tale om en gruppe med meget forskellig adfærd, køretøjslængde og hastighedsbegrænsning.

Præsentation af resultater

Resultaterne baseret på spoledata præsenteres i figurer. For de fire opstillinger med tavlevogn i nødsporet (MF001) og TMA'en i venstre spor (MF002) er der tale om simple opstillinger, der er visualiseret i grafer.

De øvrige opstillinger med indsnævring til ét kørespor er langt mere kompliceret, og her er resultaterne i hvert enkelt målesnit nøje forbundet med positionen i forhold til opstillingen. Derfor er resultaterne præsenteret på hver enkelt opstillingsprincipskitse, hvor både den teoretiske og den reelt testede placering af opstillingen fremgår. Herved er det lidt lettere at sammenligne opstillingerne, da måledata kan sammenholdes med køretøjernes position på strækningen i forhold til opstillingen.

3.3.2 Videobaseret adfærdsundersøgelse

For alle opstillinger på nær MF016, er der foretaget videooptagelser af opstillingerne fra broen over teststrækningen ved kmt. 43/0300 (se evt. Figur 18). Optagelserne er foretaget med to kameraer der er opsat, så de filmer trafikanterne bagfra, med mulighed for at se trafikanternes bremselys. Det ene kamera dækker en afstand på 2-300 m fra tavlevogn/sporreduktion, og det andet fokuserer på de sidste godt 100 m før tavlevogn/sporreduktion, se figur 19.

Der er kun lavet videooptagelser i dagslys. Datoer og tidsrum for videooptagelser fremgår af Tabel 3 side 29 og Tabel 4 side 30.

Videooptagelserne er efterfølgende benyttet til at belyse følgende forhold:

1. Konfliktende adfærd mellem trafikanter (alle opstillinger på nær MF016)
2. Registrering af sene vognbaneskift fra venstre til højre spor for opstillinger med indsnævring til ét spor

3. Trafikanternes sideværtsplacering i det højre spor ved passage af tavlevogn

Konfliktende adfærd

Ved konfliktende adfærd forstås i denne sammenhæng en situation, hvor minimum to trafikanter er på kollisionskurs, og hvor mindst én af parterne foretager en pludselig undvigemanøvre for at undgå kollision. Alt videomateriale er gennemset med henblik på at identificere situationer med konfliktende adfærd. Det er vurderet, at hovedparten af situationer med konfliktende adfærd, der kan relateres til de enkelte opstillinger, vil opstå på de sidste 200-300 m før start af vognbaneindsnævring/passage af tavlevogn i nødspor og på strækningen lige efter. Det kan ikke afvises, at der også opstår situationer med konfliktende adfærd tidligere end 2-300 m før tavlevogn/indsnævring. Men det er vurderet, at andelen af konfliktende situationer vil stige i takt med, at trafikanterne nærmer sig indsnævringen. Trafikanter, der foretager et sent vognbaneskift, har kortere tid til at finde et egnet hul i trafikken end trafikanter, der foretager vognbaneskift tidligt i forløbet. Jo kortere tid til at foretage en handling desto større sandsynlighed er der for at begå fejl med situationer med konfliktende adfærd til følge.

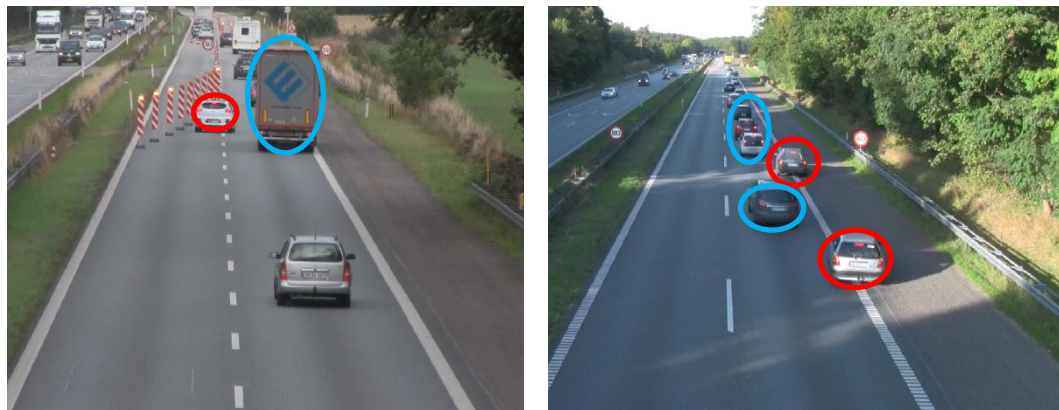


Figur 19: Eksempel på hvilken del af strækningen kameraerne dækker ved videoobservation (her MF016B). Trafikanterne filmes bagfra med mulighed for at se bremselys.

Det skal pointeres, at der forekommer trafiksituationer, hvor trafikanter skygger for hinanden, så det ikke er muligt at registrere konfliktende adfærd. Her tænkes specielt på situationer, hvor tunge køretøjer skygger og/eller køsituationer, hvor trafikanterne kører så tæt, at det ikke er muligt at se de enkelte trafikanters reaktioner. Kun situationer, hvor det med rimelighed kan vurderes, at der er tale om konfliktende adfærd, medtages i analysen.

Ved gennemgang af videomaterialet er det konstateret, at der primært opstår to typer af konfliktende adfærd. Den ene gruppe består af konflikter ved indfletning, hvor en trafikant skifter vognbane fra venstre til højre kørespor og er i konflikt med en trafikant i højre spor. Den anden gruppe består af konflikter, der kunne være endt som bagendekollisioner, hvor en trafikant kommer kørende med for høj fart i forhold til forholdene i højre kørespor og for sent bliver opmærksom på op-

bremninger/langsom kørsel blandt forankørende i højre spor. For eksempler på de to typer af konfliktende adfærd se Figur 20.



Figur 20: Til venstre eksempel på konfliktende adfærd mellem indflettende trafikant fra venstre spor (markeret med rød) og sættevogn i det højre spor (markeret med blå). Til højre eksempel på konflikt, hvor to trafikanter der kommer kørende, med for høj hastighed i forhold til forholdene i det højre spor (markeret med rød), må bremse kraftigt og ændre sideværtsplacering mod højre for at undgå bagendekollision med forankørende (markeret med blå).

Sene vognbaneskift

For opstillingerne med indsnævring til ét kørespor (inkl. MF002) er det ud fra videooptagelserne registreret, når en trafikant fuldfører et vognbaneskift fra venstre til højre vognbane på de sidste 100 m frem mod begyndelse af kilestrækning eller passage af tavlevogn. Et vognbaneskift betragtes som afsluttet, når det bageste hjulsæt passerer delelinjen.

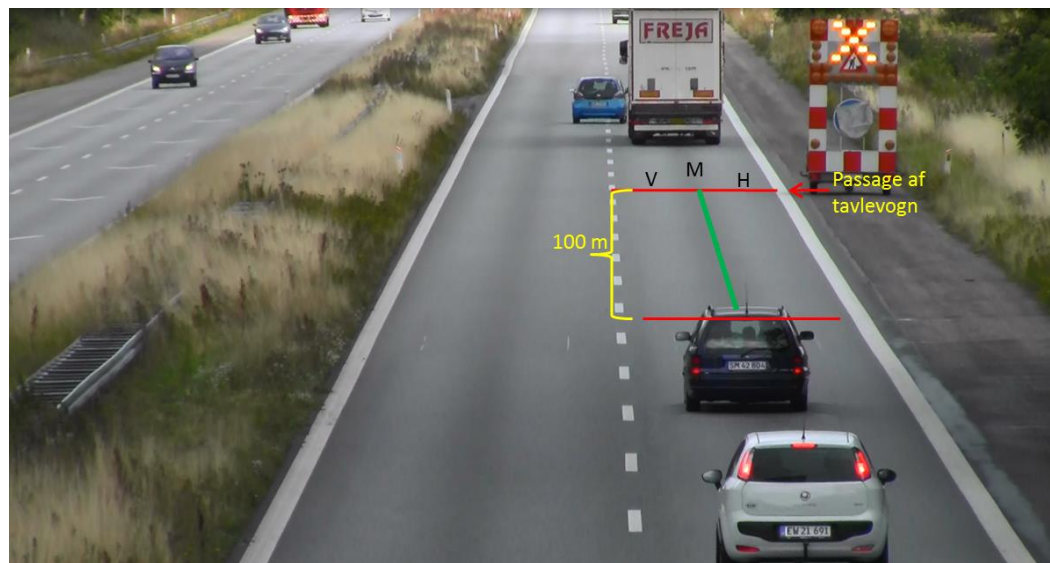
Der skelnes mellem, om fuldførelsen sker 0-50 m eller 50-100 m før indsnævringen. For opstillinger med kilestrækning med løbelys indgår desuden observationer af vognbaneskift, som først fuldføres på kilestrækningen, dvs. op til 90 m efter indsnævrings startpunkt, se Figur 21.



Figur 21: Registrering af sene vognbaneskift for opstillinger med kilestrækning (venstre) og opstillinger med tavlevogn (højre).

Sideværtsplacering

For opstillingerne med tavlevogn i nødspor er det ud for tavlevognen vurderet, om trafikanterne placerer sig i midten af køresporet eller til højre/venstre for midten af køresporet. Der er registreret for samlet én time pr. opstilling fordelt over fire 15-minutters intervaller med forskellig trafikintensitet. I forbindelse med trafikanternes passage af tavlevogn er det desuden registreret, om der samtidigt er trafikanter i det venstre kørspej på de sidste 100 m frem mod tavlevognen. Principskitse fremgår af Figur 22.



Figur 22: Trafikanternes sideværtsplacering i det højre kørspej registreres ved passage af tavlevogn. Samtidigt registreres, om der er en trafikant tilstede i det venstre spor i en afstand af 0-100 m fra tavlevognen. Ved passage af tavlevogn registreres om trafikanten er placeret i midten af sporet (M), til højre for midten (H) eller til venstre for midten (V).

3.3.3 Sammenlignelighed mellem testopstillinger

Det er undersøgt, om opstillingerne er sammenlignelige med hensyn til trafikmængde. Spoledata analyseres primært for fire tidsrum:

- Dagtimer kl. 9-17 (ej kø)
- Aftentimer kl. 21-24
- Nattetimer kl. 0-4 (hverdage) / kl. 0-5 (weekend)
- Tidsrum med kø

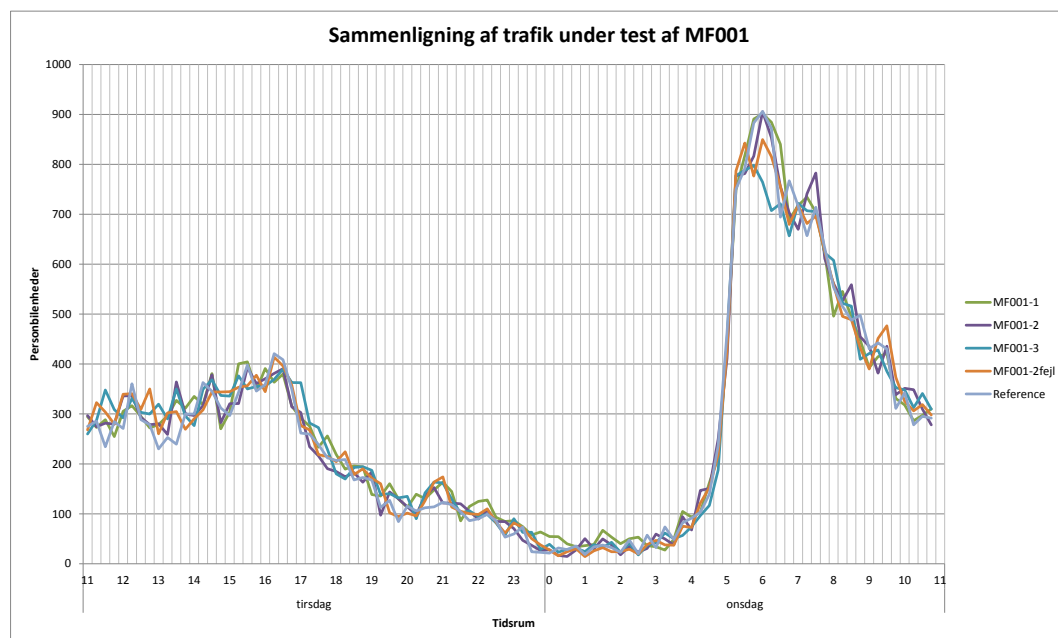
For dagtimerne er data udeladt, hvis gennemsnitshastigheden i et 15-minutters interval er lavere end ”normalt” under test af opstillingen, da det er et tegn på begyndende kødannelser i trafikken.

Tidsrum med kø er udvalgt, hvis gennemsnitshastigheden er maksimalt omkring 30 km/t i opstillingens flaskehals i et 15-minutters interval. Det er kun relevant for opstillinger med indsnævring til ét kørespor.

Overordnet kan testopstillingerne således analyseres på baggrund af sammenlignelige trafikmængder/lastbilandele. De fundne forskelle i resultatafsnittene er derfor primært et udtryk for testopstillingernes forskellighed.

Test af tavlevogn i nødspor

For opstillingerne med tavlevogn i nødsporet ses trafikmængderne i løbet af testdøgnet i Figur 23. Som det fremgår, er sammenligningsgrundlaget godt. Gennemsnitlig, minimum og maksimum trafikmængder samt andele af korte og lange køretøjer for dagtimer kl. 9-17 (ej kø), aften timer kl. 21-24 og nattetimer kl. 0-4 (hverdage) findes i *Bilagsrapporten*.



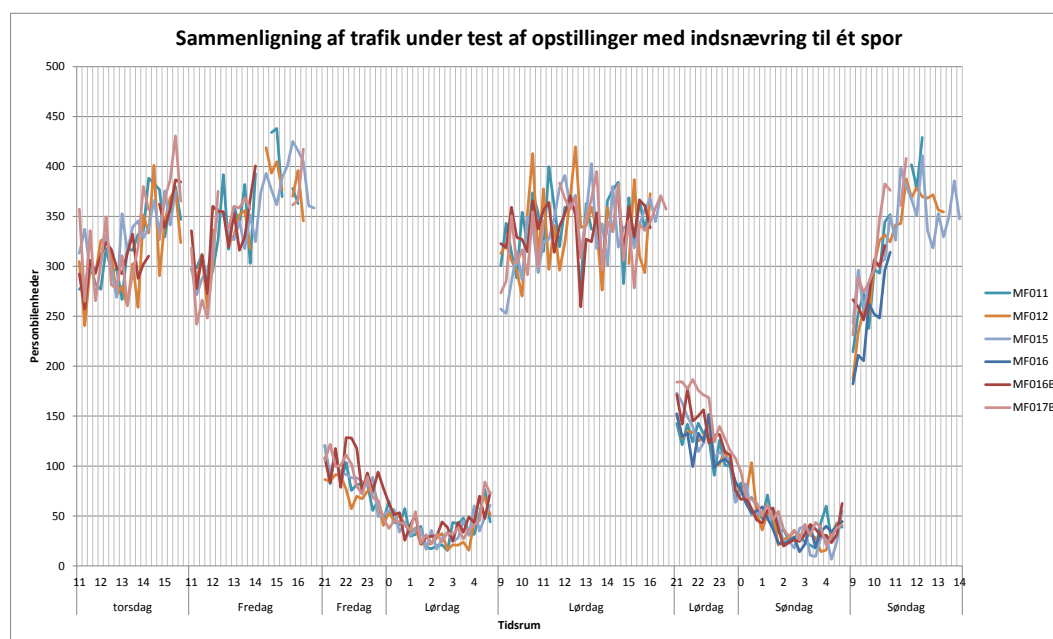
Figur 23: Trafikmængder i 15-minuttersintervaller i testperioden for opstilling med tavlevogn i nødspor.

Der er nogen variation i trafikmængderne hen over dagtimerne kl. 9 til 17, men på tværs af opstillingerne er trafikken meget sammenlignelig. Alle otte timer mellem kl. 9 og 17 pr. opstilling medtages, da der ikke er observeret kø eller ændring i gennemsnitshastigheder. Lastbilandelen er højest i nattetimer, og der ses nogen variation mellem opstillinger, hvilket delvist hænger sammen med et begrænset datagrundlag. Pga. begrænset datamateriale samles data for aften og nat.

Morgenspidstimen anvendes også i analyserne og er defineret som de fire 15-minutters intervaller med størst trafikmængde.

Test af opstillinger med indsnævring til ét spor

For opstillingerne med indsnævring til ét kørspej fremgår trafikmængden i de anvendte tidsrum af Figur 24. Bemærk, at der kun indgår trafikmængder for tidsrum uden væsentlige reduktioner i gennemsnitshastighederne i dagtimer kl. 9-17. Gennemsnitlig, minimum og maksimum trafikmængder samt andele af korte og lange køretøjer for dagtimer kl. 9-17 (ej kø), aftentimer kl. 21-24 og nattetimer kl. 0-4 (hverdage) findes i *Bilagsrapporten*.



Figur 24: Trafikmængder i 15-minuttersintervaller i testperioden for opstilling med tavlevogn i nødspor. Dagtimer kl. 9-17 (ej kø), aftentimer kl. 21-24 og nattetimer kl. 0-5 medtaget.

Trafikmængden og trafikantsammensætningen i de medtagne dagtimer kl. 9-17 er meget identiske. Det skal bemærkes, at lastbilandelen for de enkelte opstillinger torsdag og fredag adskiller sig fra lørdag og søndag, men det har begrænset indflydelse på sporbenyttelse og hastighedsvalg, hvorfor tidsrummet kl. 9-17 anvendes på tværs af opstillingernes fire testdage. Når tidsrum med kø eller reduceret gennemsnitshastighed udelades, er der data fra mellem 17 og 21 timer (af 26 mulige) i tidsrummet fra kl. 9-17, og der er således ét stort datagrundlag. For MF016 med væsentligt reduceret testtid indgår der imidlertid kun data for to ud af otte timer i intervallet mellem kl. 9 og 17, da køen på testdagen starter omkring kl. 11 og varer testtiden ud.

I aften- og nattetimer er trafikmængderne meget ens. Data for trafikanters hastigheder sammenlægges for aften- og nattetimer, da hastighederne ikke påvirkes nævneværdigt til trods for en forskel på faktor to for trafikmængden. Sporbenyttelsen påvirkes mere af trafikmængden, og der skelnes derfor mellem aften og nat.

4 Resultater

I det følgende beskrives resultaterne for hver enkelt opstilling med hensyn til sporbenyttelse, hastigheder, kapacitet og konflikter. De vigtigste opgørelser præsenteres i det følgende, mens samtlige opgørelser for sporbenyttelse, hastigheder, sideværtspacering i højre spor, sene vognbaneskit, kapacitet samt situationer med konfliktende adfærd findes i *Bilagsrapporten*.

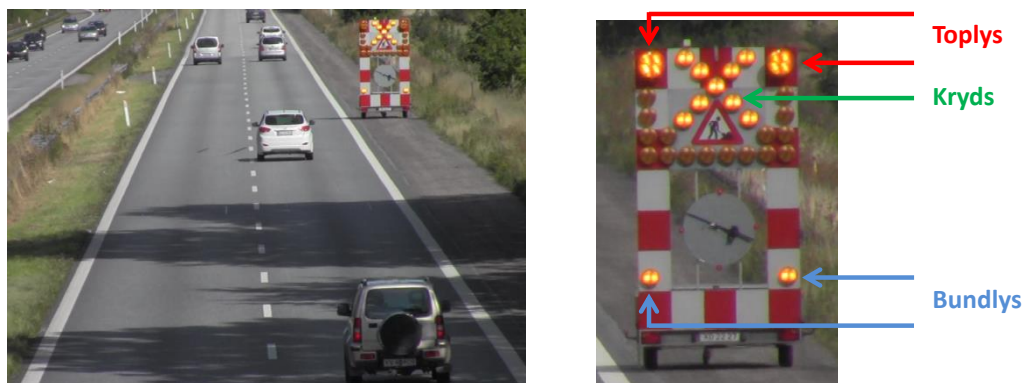
Først beskrives resultaterne for opstillingerne med test af tavlevogn i nødspor (MF001). Derefter følger resultaterne for seks opstillinger med indsnævring til ét kørespor. MF016B og MF017B beskrives i samme afsnit. MF011 og MF016 beskrives for sig selv, men begge opstillinger holdes op mod resultaterne for MF016B. MF012 og MF015 beskrives i samme afsnit. Til sidst præsenteres resultaterne for opstilling med en TMA i venstre kørespor (MF002).

4.1 MF001 (4 opstillinger med tavlevogn i nødspor)

I det følgende sammenholdes resultaterne af de fire forsøg med forskellige visninger på tavlevognen i nødspor. Resultaterne sammenholdes med en referencesituation. En nærmere beskrivelse af testopstillinger fremgår af *afsnit 2.1*, men kort opsummeret har tavlevognen ved alle fire opstillinger været placeret i nødsporet i kilometrering 43/0000 med følgende fire visninger:

- MF001-1: Blinkende toplys (slukket i mørke), blinkende kryds og blinkende bundlys.
- MF001-2: Blinkende toplys (slukket i mørke), fast lysende kryds og fast lysende bundlys.
- MF001-3: Blinkende toplys, kryds slukket og bundlys slukket.
- MF001-2fejl: Toplys slukket, fast lysende kryds og bundlys slukket.

På Figur 25 ses et foto af opstillingen og definition af de tre typer lys.

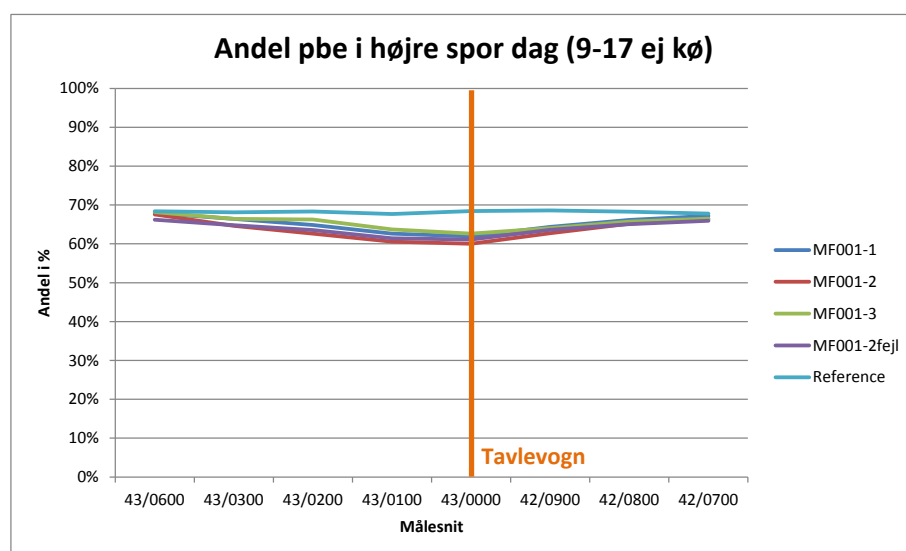


Figur 25: Til venstre foto af testopstillingen (her MF001-1). Til højre zoom på tavlevognen med definition af de 3 typer lys, der er i anvendelse.

4.1.1 Sporbenyttelse og sideværtsplacering

Andelen af personbilenheder i højre spor i dag- og aften-/nattetimer i fremgår af henholdsvis Figur 26 og Figur 28. I Figur 29 opgøres andelen af lange køretøjer i højre kørespor i aften-/nattetimer.

På referencedagen i dagtimer fra kl. 9-17 passerer ca. 68 % af personbilenhederne teststrækningen i højre kørespor. Testopstillingerne flytter 6-8 % af personbilenhederne fra højre til venstre spor omkring tavlevognen i forhold til referencedagen (se Figur 26). I spidstimen passerer ca. 39 % af personbilenhederne i højre spor på referencedagen. Trafikken i spidstimen er så tæt, at tavlevognen stort set ikke har betydning for sporbenyttelsen. Det er således kun 1-3 % af personbilenhederne, der flyttes fra højre til venstre spor i forbindelse med testopstillingerne.



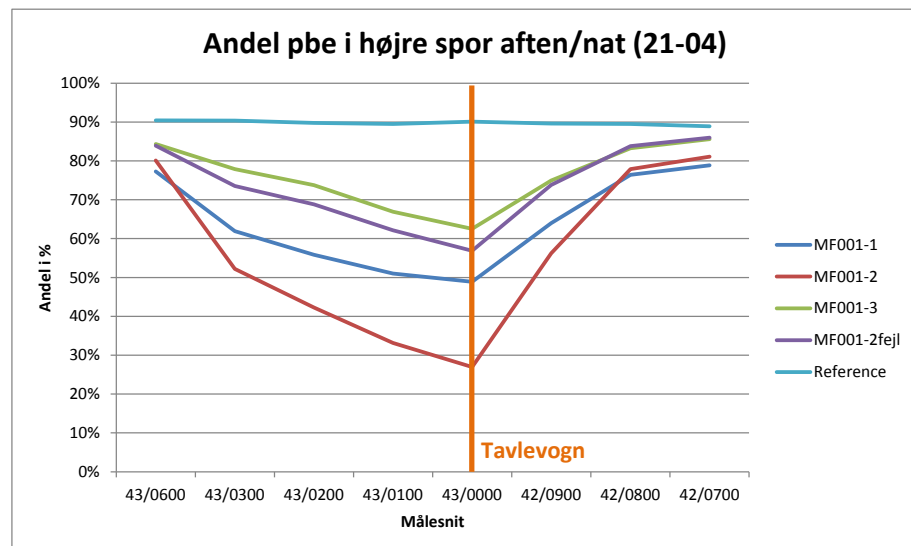
Figur 26: Andelen af personbilenheder, der passerer teststrækningens målesnit i højre spor. Dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø).

Der er ud fra video foretaget registrering af trafikanternes placering ved kørsel i det højre spor fra 100 m før og frem til passage af tavlevogn i nødsporet. For de fire testopstillinger med tavlevogn i nødsporet placerer mellem 52 % og 74 % af alle trafikanter sig i den venstre del af det højre spor ved passage af tavlevogn. I perioder hvor der ved forbikørsel af tavlevognen ikke er trafikanter i det venstre spor, stiger andelen af trafikanter, der placerer sig mod venstre i det højre spor til mellem 60 % og 88 %. Den højeste andel ses ved MF001-2, og den mindste ved MF001-1. Til sammenligning placerer 21 % af alle trafikanter på referencedagen sig i den venstre del af det højre spor. I perioder, hvor der ikke er trafik i det venstre spor, stiger andelen til 28 %. Et eksempel på en trafikant, der foretager en meget tydelig sideværtsændring i højre kørespor ved passage af tavlevognen fremgår af Figur 27.



Figur 27: Den hvide bil, placeret i højre kørespor, trækker meget tydeligt til venstre i køresporet ved passage af tavlevognen (her MF001-1).

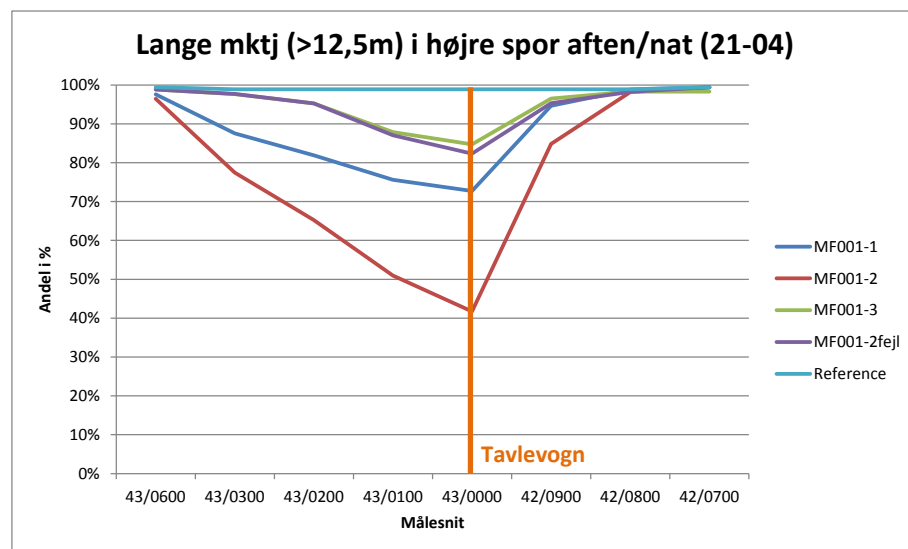
I aften-/nattetimer kl. 21-4 i mørke og ved små trafikmængder ses en del forskelle på sporbenyttelsen mellem de fire testopstillinger og referencesituationen (se Figur 28). I referencen placerer 90 % af personbilenhederne sig i højre spor. I aften-/nattetimer (kl. 21-4) er det kun mellem 27 og 63 % ved tavlevognen afhængig af opstilling. Fast kryds med bundlys og blinkende toplys (MF001-2) flytter den største andel fra højre til venstre spor. Det er bemærkelsesværdigt, at den eneste forskel mellem MF001-2 og MF001-2fejl i aften-/nattetimer er bundlyset, som tilsyneladende medfører en markant forskel: flytning af henholdsvis 63 % mod 33 % af personbilenhederne. Slukket kryds (MF001-3) flytter 28 % af personbilenhederne fra højre til venstre spor. Blinkende kryds (MF001-1) flytter 41 % fra højre til venstre spor.



Figur 28: Andelen af personbilenheder, der passerer teststrækningens målesnit i højre spor. Aften- /nattetimer mellem kl. 21 og 4.

Generelt er det de korte køretøjer, som hyppigst skifter spor ved passage af tavlevognen. I referencen er det ca. 84 %, der ligger i højre spor kl. 21-4, mens det er

20-49 % afhængig af testopstilling med de samme kendetegn som ved opgørelsen for personbilenheder. I referencen er det 99 % af de lange køretøjer, der kører i højre spor, men for MF001-2 er det kun 42 %, der stadig ligger i højre spor ud for tavlevognen (se Figur 29). For de øvrige opstillinger placerer 73-85 % af de lange køretøjer sig i højre spor ved passage af tavlevognen.

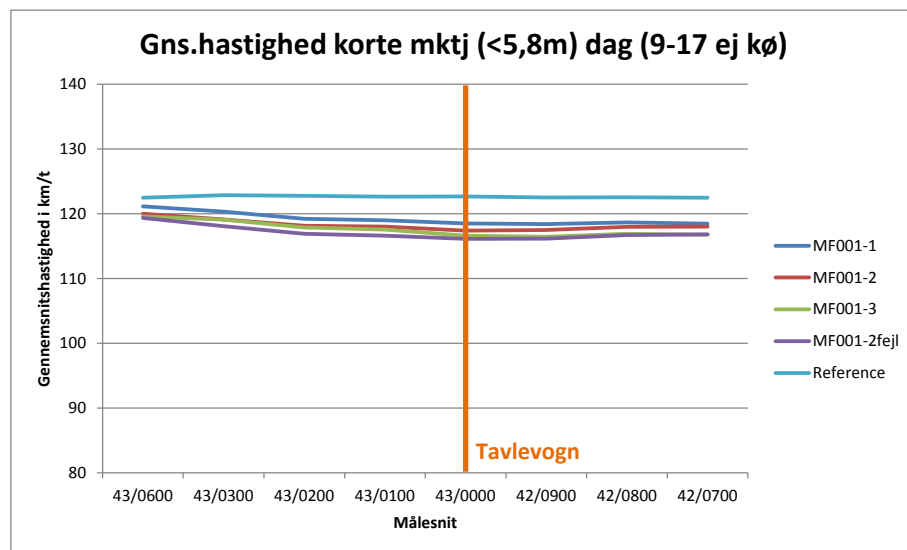


Figur 29: Andelen af lange køretøjer, der passerer teststrækningens målesnit i højre spor. Aften-/nattetimer mellem kl. 21 og 4.

4.1.2 Hastigheder

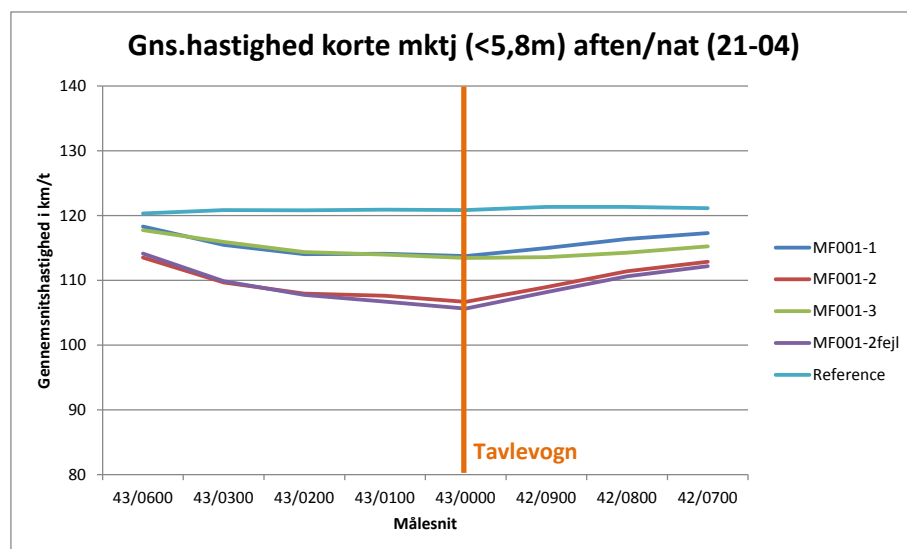
På Figur 30, Figur 31, og Figur 32 fremgår gennemsnitshastigheden for korte køretøjer i henholdsvis dagtimer uden kø kl. 9-17, aften-/nattetimer kl. 21-4 og i spidstimen. Der er tale om gennemsnit baseret på trafikanter både i højre og venstre kørespor.

I referencesituationen er gennemsnitshastigheden for korte køretøjer i dagtimer kl. 9-17 stabil på ca. 123 km/t på teststrækningen. Ved passage af tavlevognen reduceres gennemsnitshastighederne med 4-7 km/t (se Figur 30). Efter passage af tavlevognen stiger trafikanternes hastighed lidt igen. Nøjagtig samme forskel er observeret for 85%-fraktilhastigheden, som i referencesituationen er ca. 136 km/t. For lange køretøjer observeres ingen forskel hen over strækningen i testsituationer sammenlignet med referencen, og gennemsnitshastigheden er ca. 86 km/t. Den gennemsnitlige hastighed i højre og venstre spor i dagtimer baseret på alle trafikanter i køresporene reduceres lidt mere i højre spor end i venstre spor.



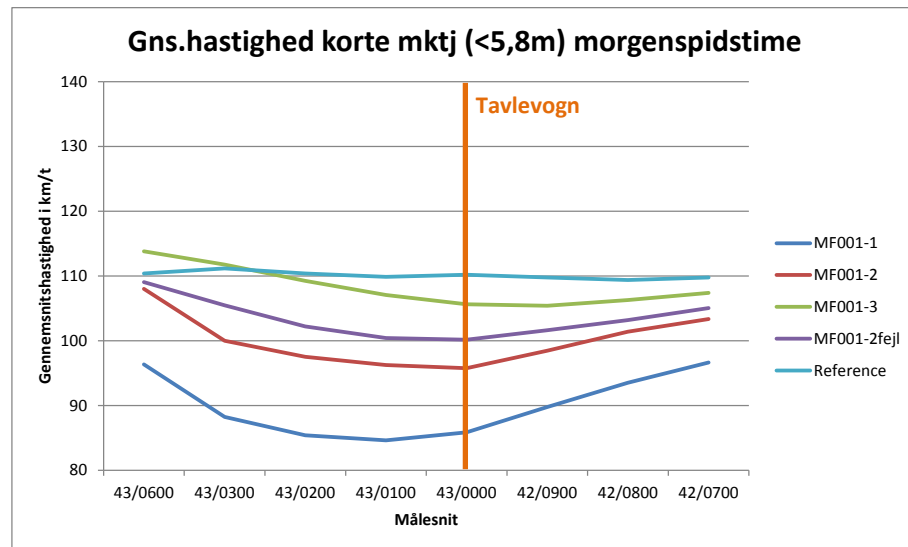
Figur 30: Gennemsnitshastigheden ved passage af teststrækningens målesnit for korte køretøjer. Dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø). Hastighedsbegrænsning: 130 km/t.

I mørke (aften-/nattetimerne) kl. 21-4 ses en lidt større reduktion i de korte køretøjer hastighed ved passage af tavlevognen (se Figur 31). I referencen er gennemsnitshastigheden ca. 121 km/t. Den største forskel ses for de to opstillinger med fast kryds, MF001-2 og MF001-2fejl, hvor gennemsnitshastigheden reduceres med henholdsvis 14 og 15 km/t. Ved MF001-1 (blinkende kryds) og MF001-3 (slukket kryds) reduceres gennemsnitshastigheden med 7 km/t i forhold til referencen. Tavlevognen påvirker ikke hastigheden for de lange køretøjer.



Figur 31: Gennemsnitshastigheden ved passage af teststrækningens målesnit for korte køretøjer. Aften- /nattetimer mellem kl. 21 og 4. Hastighedsbegrænsning: 130 km/t.

I spidstimen ses ligeledes en ændring i hastigheden for korte køretøjer frem mod tavlevognen, mens denne er stabil på ca. 110 km/t over målestrækningen i referencen (se Figur 32). For hver opstilling reduceres gennemsnitshastigheden med ca. 10 km/t frem mod tavlevognen og stiger igen efter. I spidstimen er trafikpreset så stort, at relativt små forskelle i trafikmængden opstillingerne imellem kan give store forskelle i hastigheder. Jo mere trafik i spidstimen, jo lavere gennemsnitshastighed er målt.



Figur 32: Gennemsnitshastigheden ved passage af teststrækningens målesnit for korte køretøjer i morgenspidstimen. Hastighedsbegrænsning: 130 km/t.

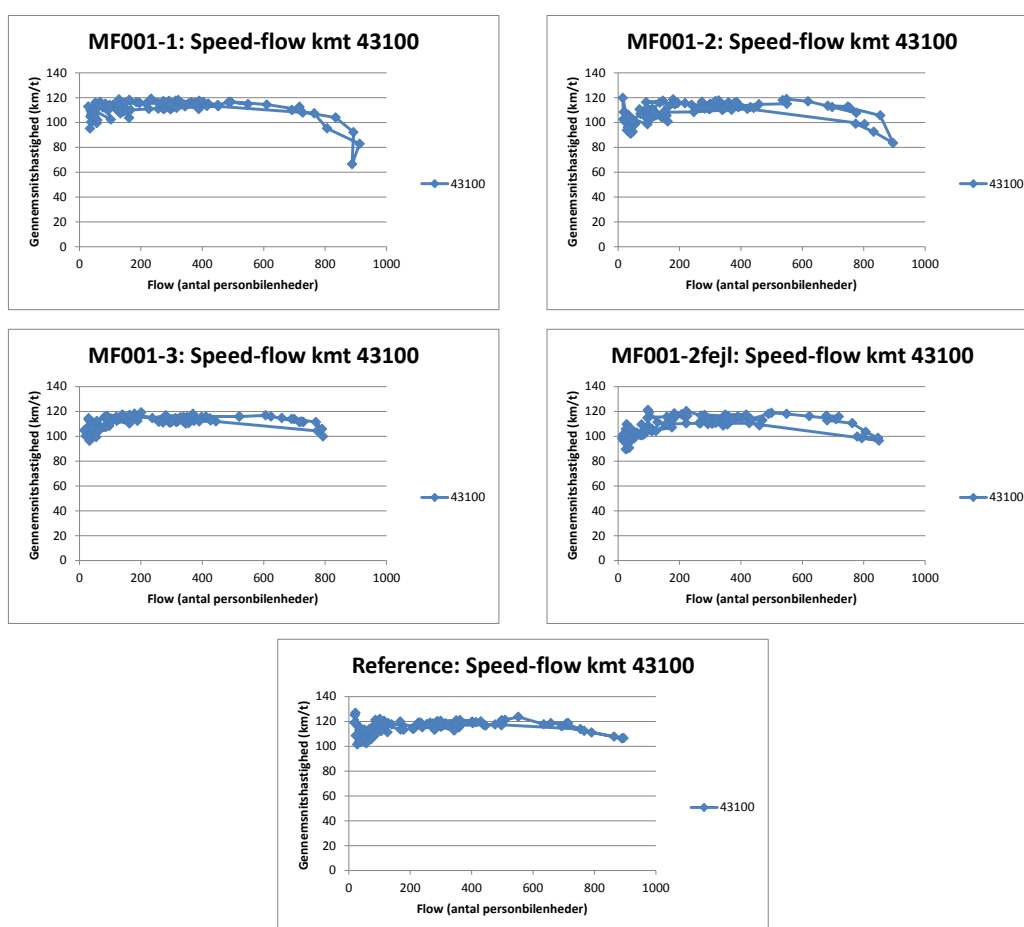
4.1.3 Kapacitet

Der er ikke observeret kø på referencedagen eller ved test af opstillingerne. Som det fremgår af beskrivelserne af hastighederne (se evt. Figur 32) er der imidlertid en reduceret gennemsnitshastighed i forhold til dagtimer kl. 9-17 (ej kø). Ved test af opstillinger er gennemsnitshastigheden lavest ved passage af tavlevognen, og dette viser, at tavlevognssnittet er strækningens flaskehals på måletidspunkterne. I Tabel 5 ses de observerede trafikmængder i spidskvarter og spidstime. I forbindelse med MF001-1, MF001-2 og referencen er der overvejende mørkt i spidstimen.

	MF001-1 (pbe/t)	MF001-2 (pbe/t)	MF001-3 (pbe/t)	MF001-2fejl (pbe/t)	Reference (pbe/t)
Spidskvarter	3.605	3.622	3.192	3.399	3.624
Spidstime	3.494	3.356	3.128	3.294	3.453

Tabel 5: Trafikflow i forbindelse med test i spidskvarter (omregnet til hel time) og spidstime opgjort i personbilenheder. Bemærk at lastbilandelen er den samme for alle opstillinger.

Sammenhængen mellem målte gennemsnitshastigheder og det observerede flow fremgår af speed-flow kurver i Figur 33. For de fire testopstillinger er de største trafikmængder registreret for MF001-1 og MF001-2 i spidstimen. For begge opstillinger antydes, at trafikken nærmer sig en kapacitetsgrænse, som sandsynligvis ligger omkring 900 pbe/15 min, dvs. 3.600 pbe/t. For MF001-3 og MF001-2fejl synes speed-flowkurven at være den samme, men den observerede trafikmængde når ikke samme størrelse som ved de to andre opstillinger, og derfor er der ikke observation af trafik på kapacitetsgrænsen (knækket på kurven). Referencesituationen adskiller sig ved en fladere speed-flowkurve, hvor hastigheden begynder at falde en anelse i spidstimen, men kapacitetsgrænsen synes at ligge væsentligt over 3.600 pbe/t.



Figur 33: Speed-flow diagrammer for 15-minutters intervaller i målesnit 43/0100 (100 m før tavlevogn). Gennemsnitshastighed for alle køretøjer og flow i personbiler.

4.1.4 Konflikter

Der er kun registreret én situation med konfliktende adfærd for de fire opstillinger med tavlevogn i nødspor (MF001-2). Situationen opstår, da en varebil fra venstre

spor trækker mod højre og placerer sig mellem de to kørespor. Det medfører, at en sættevogn i det højre spor må trække mod højre med det ene hjulsæt ud i nødsporet.

4.1.5 Opsamling

Opstillingen med fast kryds på tavlevognen (MF001-2) giver den største ændring i adfærd hos trafikanterne. Dette ses primært i mørke, hvor 63 % af personbilenhederne flyttes fra højre til venstre spor ved passage af tavlevognen sammenlignet med referencedagen. Det er både personbiler og lastvognstog, der skifter vognbane. I dagtimer observeres færre vognbaneskift, men en stor del af trafikanterne ændrer sideværtsplacering mod venstre i højre kørespor ved passage af tavlevognen. Det er også MF001-2, der påvirker trafikanternes hastighed mest, og igen er det mest udtalt i mørke, hvor gennemsnitshastigheden reduceres med omkring 14 km/t for korte køretøjer. Opstillingen med slukket kryds (MF001-3) giver anledning til mindst reaktion hos trafikanterne. En mulig forklaring på den større reaktion i forhold til MF001-2 kan være, at det er en for trafikanterne uvant tavlevisning.

Fælles for alle fire testopstillinger er, at de tilsyneladende ikke giver anledning til konfliktende adfærd. Vognbaneskift ved passage af tavlevognen giver ikke anledning til konflikter, men vognbaneskift er langt hyppigere, når trafikmængderne er mindre end morgen og formiddag, hvor videoobservation er foretaget. Tavlevogn i nødspor synes til gengæld at reducere kapaciteten til ca. 3.600 pbe/t uanset visning.

4.2 MF016B og MF017B (indsnævring til ét spor)

I det følgende præsenteres resultaterne for testopstillingerne MF016B og MF017B. Testopstillingerne er nærmere beskrevet i henholdsvis *afsnit 2.2* og *2.3*, men kort opridset er der først en indsnævring til højre spor, derefter en reduktion af hastighedsgrænsen til 50 km/t, hvorefter trafikken flyttes fra højre til venstre spor.

Forskellen i de to opstillinger er, at MF017B anvendes med en reduceret afmærkning (to tavlesnit) forud for sporreduktionen sammenlignet med MF016B, der anvender den traditionelle forvarsling med fire tavlesnit. Den øvrige opstilling er placeret næsten identisk på teststrækningen. Dvs. de to opstillinger er identiske fra og med indsnævringen til højre kørespor (se Figur 34).

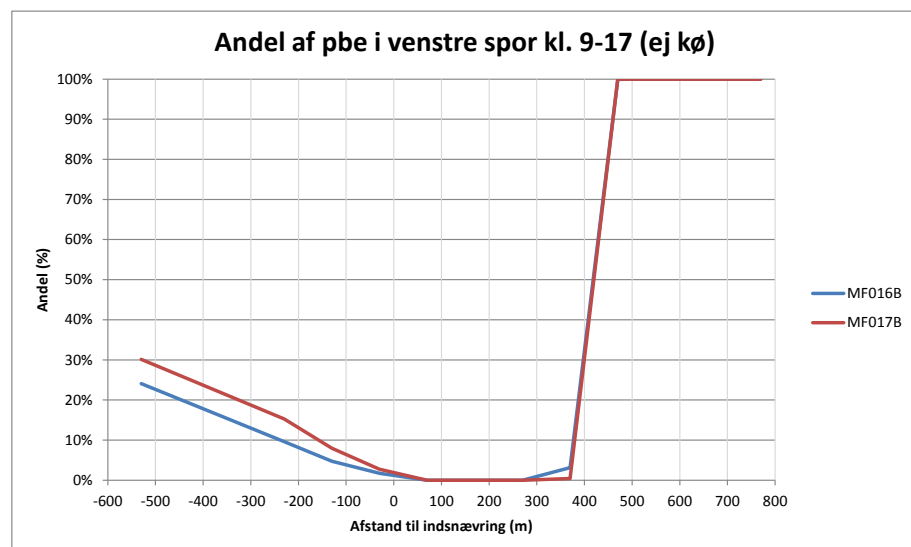


Figur 34: MF016B og MF017B er identiske fra indsnævringen til højre spor og gennem resten af testopstillingen. Her er det MF017B.

4.2.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift

På de følgende sider ses sporbenyttelsen gennem teststrækningen for de to opstillinger i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) i Figur 36 og i køtrafik i Figur 37.

Reduceret afmærkning (MF017B) giver senere indfletning til højre kørespor i dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø) end standardafmærkning (MF016B). Dette fremgår af Figur 35 og Figur 36, hvor det også er muligt at relatere sporbenyttelse til afmærkningen. Ca. 500 m før kilestrækningens start ved sporreduktionen er det henholdsvis 30 % og 24 % af personbilerhederne, der registreres i venstre spor.



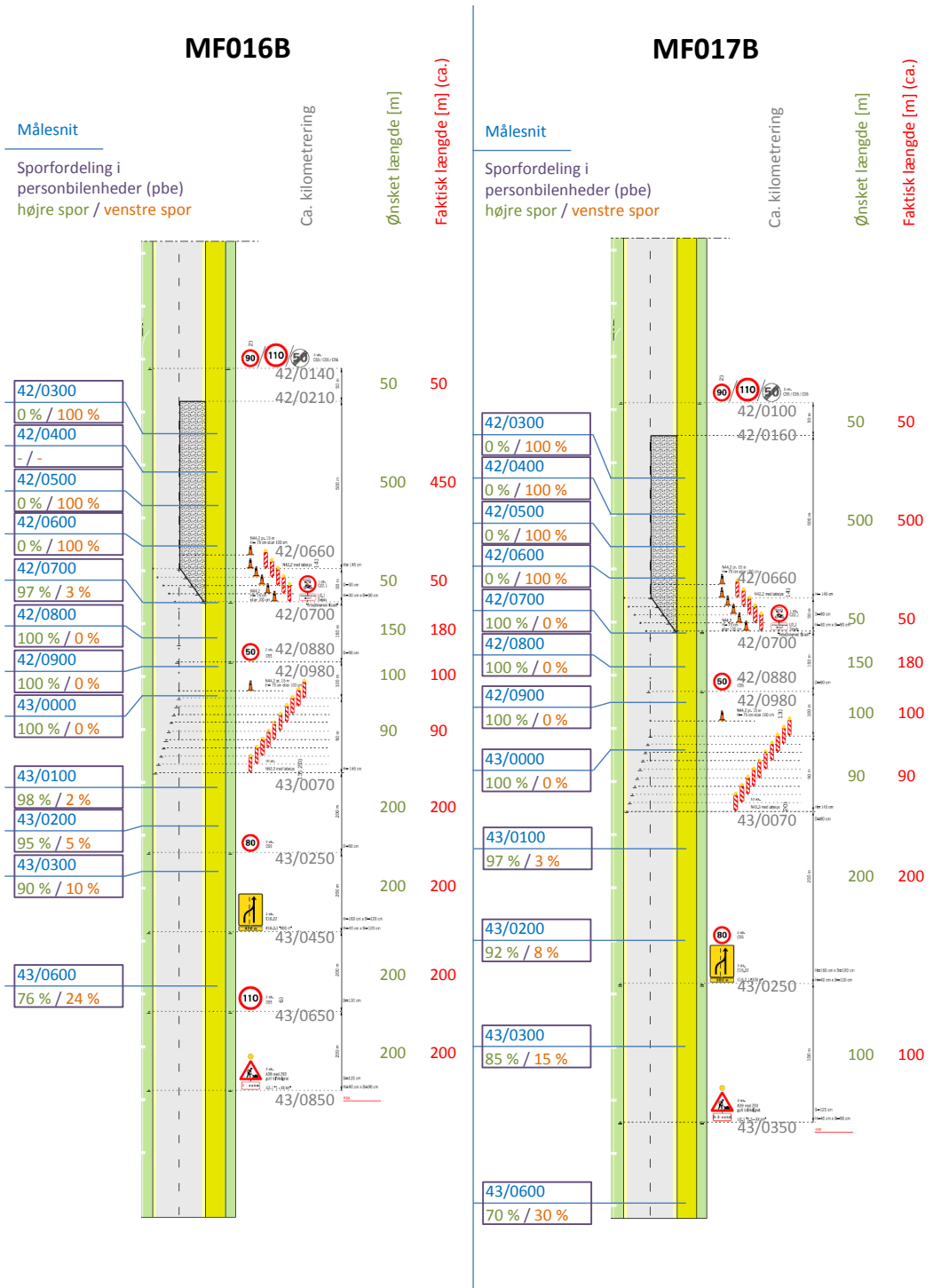
Figur 35: Andel af personbilerheder i venstre spor i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016B og MF017B. Afstand til indsnævring er 0 m ved første løbelys i kilestrækning.

I aftentimerne (kl. 21-24) ses tidligere indfletning, hvor henholdsvis 18 % og 15 % af personbilerne passerer i venstre spor ca. 500 m fra kilestrækningen. I nattetimerne er der ingen forskel; i begge tilfælde er det 7 % i venstre spor ca. 500 m fra kilestrækningen.

Også ved kø er andelen af trafik i venstre spor større ved MF017B sammenlignet med MF016B helt frem til indsnævringen. 500-200 m forud for kilestrækningens start er andelen af personbiler i venstre spor 5 % højere ved MF017B (se Figur 37). For MF016B er 27 % af personbilerne stadig placeret i venstre spor ca. 30 m før kilestrækningen (ingen data for MF017B). Sammenlignes andelen i venstre spor for begge opstillinger ca. 130 m fra indsnævringen, formodes det, at trafikanterne ved kø i stor udstrækning benytter begge kørespor helt frem til indsnævringen ved begge opstillinger.

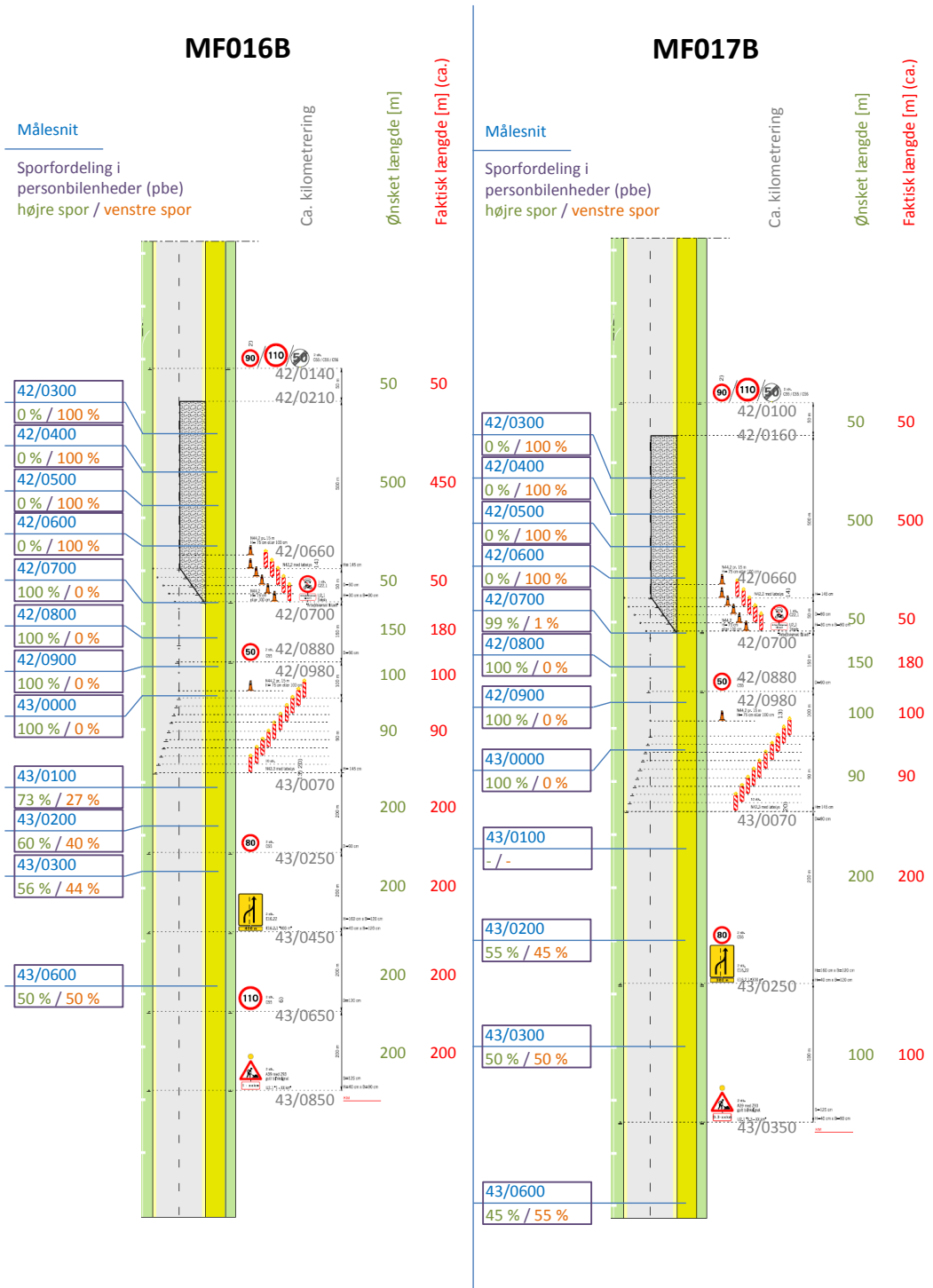
I dagtimerne er det ud fra videomaterialet registreret, at hhv. 9 % (MF016B) og 15 % (MF017B) af alle trafikanter først fuldfører vognbaneskiftet til højre spor mindre end 100 m før det første løbelys. Data tyder på, at andelen af sene vognbaneskift er størst i perioder med meget trafik. For både MF016B og MF017B fuldfører godt 1/3 af de trafikanter, der foretager sent vognbaneskift, først vognbaneskiftet på selve kilestrækningen. Andelen af tunge køretøjer, der foretager et sent vognbaneskift, er 1 % for begge opstillinger.

Sporfordeling i pbe i dagtimer 09-17 (ej kø)



Figur 36: Andelen af personbiler i højre og venstre spor i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016B og MF017B.

Sporfordeling i køtrafik

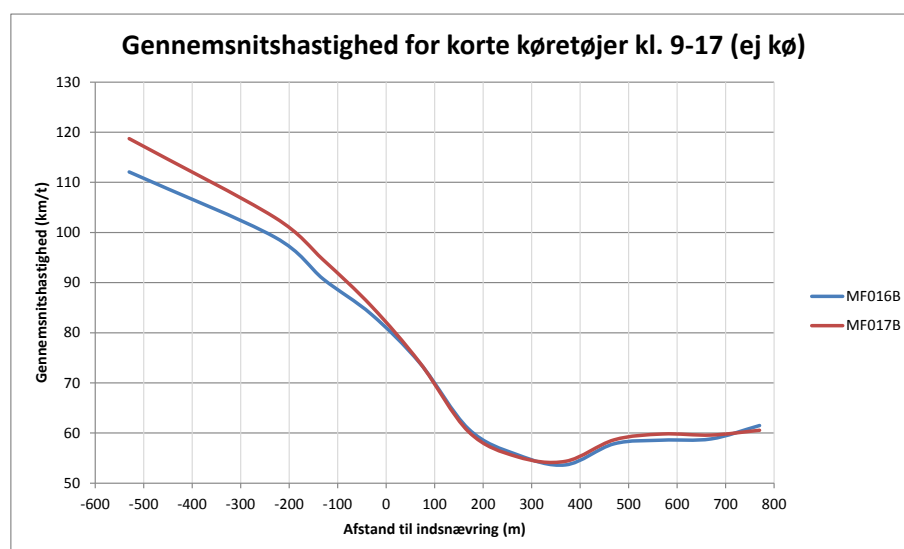


Figur 37: Andelen af personbilenheder i højre og venstre spor i forbindelse med kø for MF016B og MF017B.

4.2.2 Hastigheder

På de følgende sider er trafikanternes hastigheder gennem teststrækningen indtegnet på skitserne af testopstillingerne. Figur 39, Figur 40 og Figur 41 viser henholdsvis gennemsnitshastigheder for de tre køretøjsgrupper, 85%-fraktilhastighederne for de tre køretøjsgrupper og gennemsnitshastigheden i sporene i dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø). Figur 42 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i mørke og let trafik (kl. 21-5), og Figur 43 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i forbindelse med kø.

I dagtimer kl. 9-17 (se Figur 39) har i særdeleshed de korte køretøjer højere gennemsnitshastigheder frem mod sporreduktionen med reduceret afmærkning (MF017B) sammenlignet med standardafmærkning (MF016B). Frem til ca. 200 m før indsnævringen er hastighedsgrænsen 110 km/t på MF016B og 130 km/t på MF017B, mens den herefter er 80 km/t på begge testopstillinger. Da hastighederne er stort set identiske fra kilestrækningens start og gennem resten af testopstillingen, betyder det, at trafikanterne foretager en kraftigere opbremsning frem mod indsnævringen ved den reducerede afmærkning (se Figur 38). De korte køretøjer reducerer således i gennemsnit deres hastigheder med 34 km/t over 500 m på MF017B mod 28 km/t på MF016B.



Figur 38: Gennemsnitshastighed for korte køretøjer i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016B og MF017B. Afstand til indsnævring er 0 m ved første løbelys i kilestrækning.

De kraftigste opbremsninger forekommer dog ved kilestrækningen og frem til hastighedsbegrænsningen på 50 km/t ca. 200 m efter første løbelys i indsnævringen. De korte køretøjer reducerer deres hastighed på disse 200 m med ca. 24 km/t til ca. 60 km/t og de lange med ca. 16 km/t til ca. 60 km/t. Efter sporreduktionen kører alle køretøjstyper med samme gennemsnitshastighed. Gennemsnitshastighederne er lavest (ca. 54 km/t) lige før forsætningen fra højre til venstre spor.

85%-fraktilhastighederne følger stort set samme mønster (se Figur 40) som gennemsnitshastighederne i tidsrummet kl. 9-17 (ej kø), men hastighedsspredningen er dog lavere efter sporreduktionen, hvorved forskellen mellem gennemsnitshastigheder og 85%-fraktiler er en anelse mindre på den sidste del af teststrækningen. Hvor hastighedsbegrænsningen er 50 km/t, når 85%-fraktilerne ikke under 60 km/t.

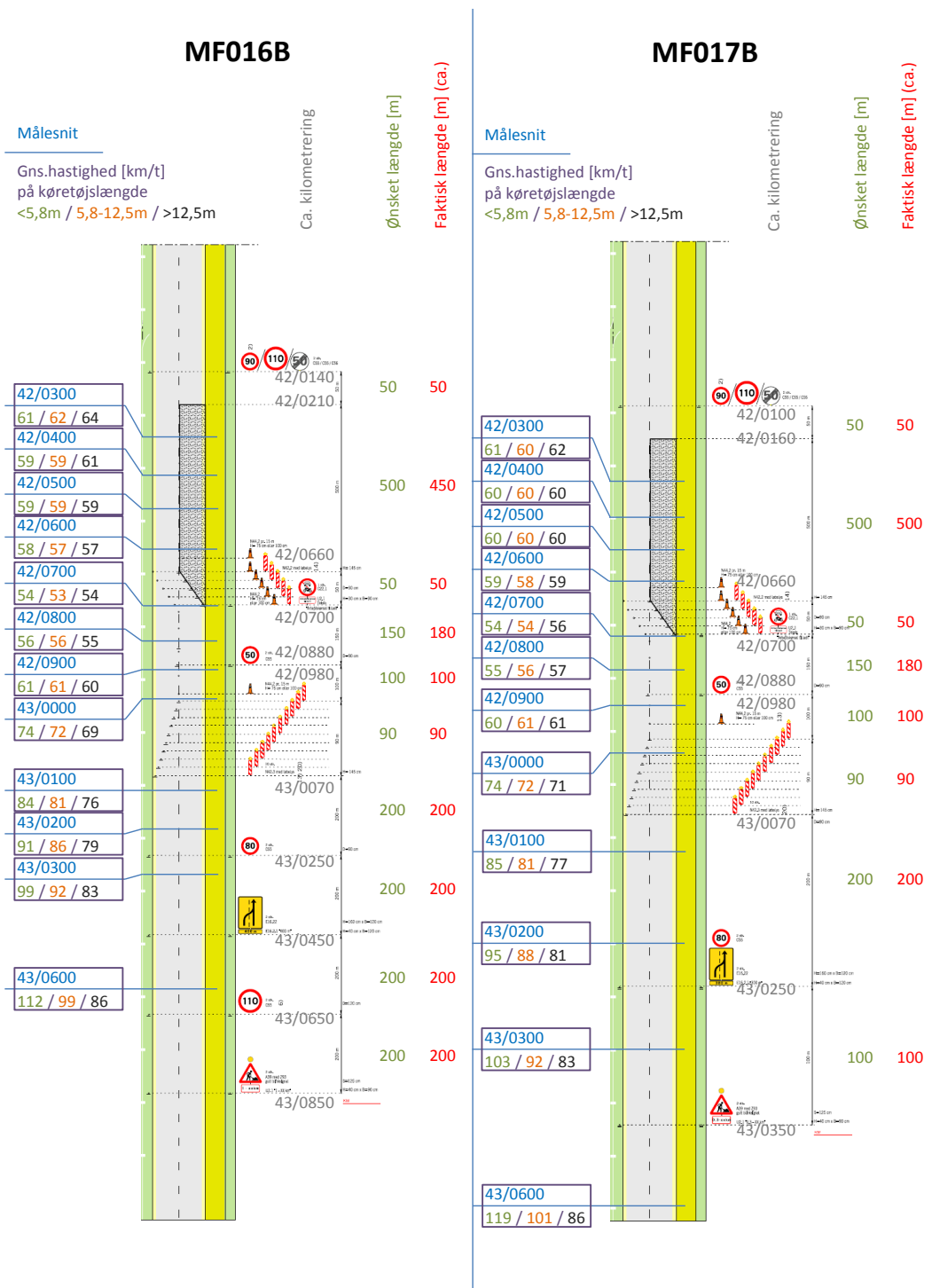
Hastighedsspredningen frem mod indsnævringen er 1-2 km/t højere på MF017B end på MF016B. I indsnævringen er den ca. 12 km/t på MF016B mod ca. 13 km/t på MF017B. Frem mod forsætningen fra højre til venstre spor falder den for begge opstillinger til omkring 7 km/t.

Hastighedsforskellen mellem højre og venstre spor er næsten identisk på de to opstillinger frem mod sporreduktionen, men den er dog ca. 2 km/t på MF017B mod ca. 6 km/t på MF016B ca. 30 m før kilestrækningen (se Figur 41).

I mørke og spredt trafik mellem kl. 21 og 5 tegner sig stort set det samme billede som kl. 9-17 (Figur 42). Hastighederne er for begge opstillinger lidt lavere frem mod sporreduktionen end i dagtimerne, og lidt højere gennem testopstillingen, hvor gennemsnitshastighederne ikke når under 60 km/t.

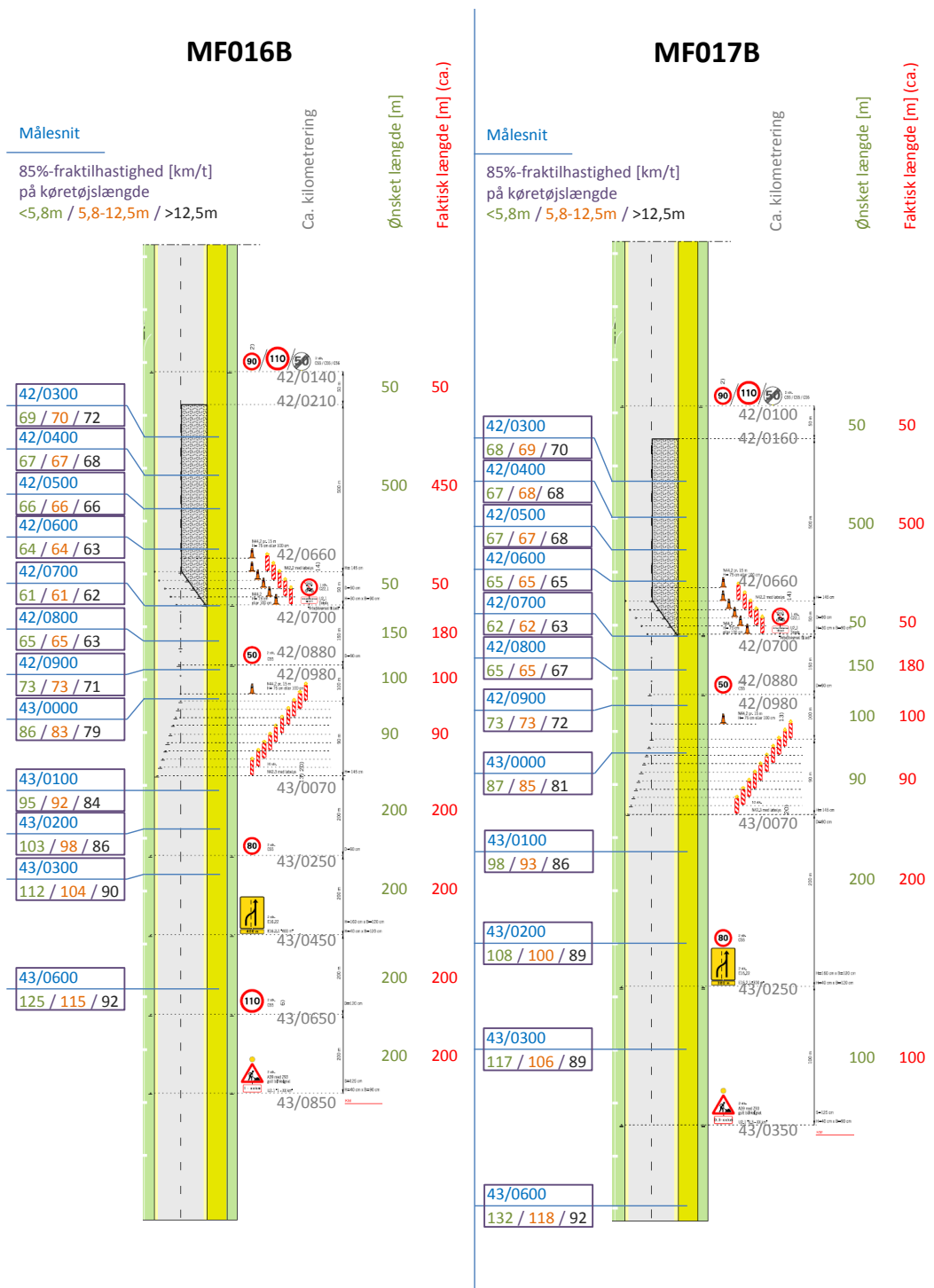
I kø er der heller ikke forskel på gennemsnitshastighederne på de to opstillinger (se Figur 43). Først ca. 150 m efter forsætningen til venstre spor har trafikanterne samme hastigheder som i dagtimerne kl. 9-17.

Gennemsnitshastigheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



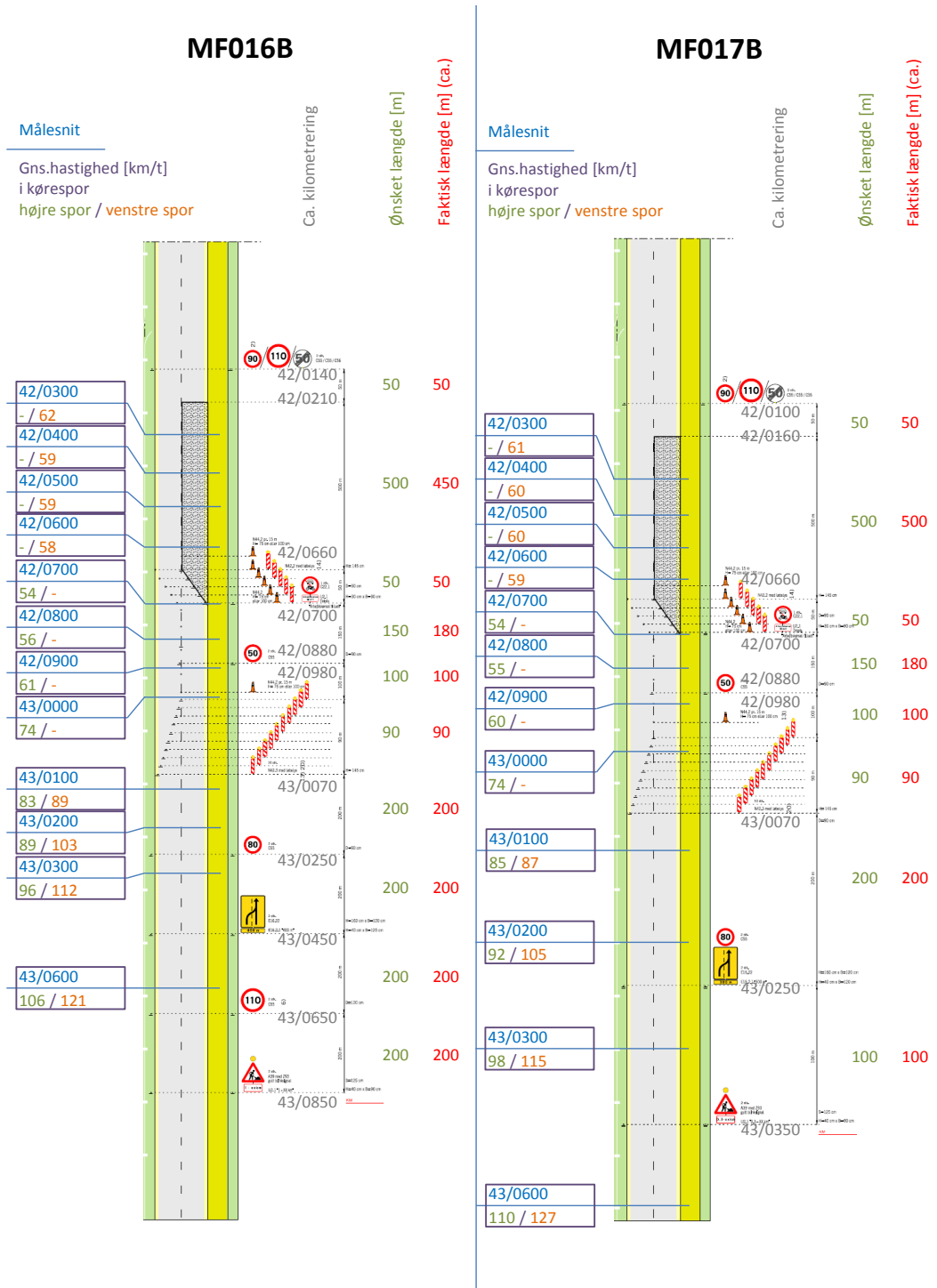
Figur 39: Gennemsnitshastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016B og MF017B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

85%-fraktilhastigheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



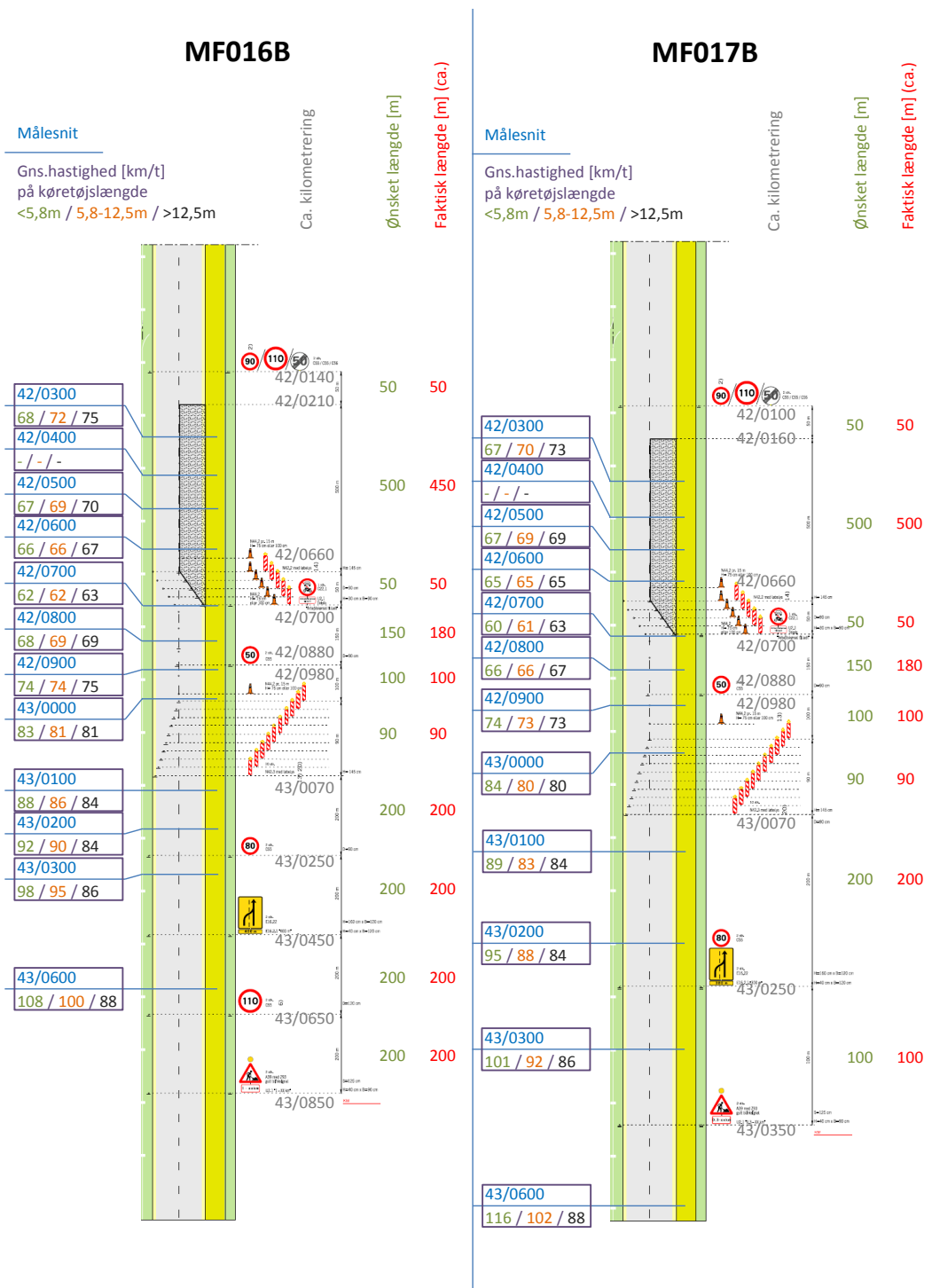
Figur 40: 85%-fraktilhastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016B og MF017B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gns. sporhastighed i dagtimer 09-17 (ej kø)



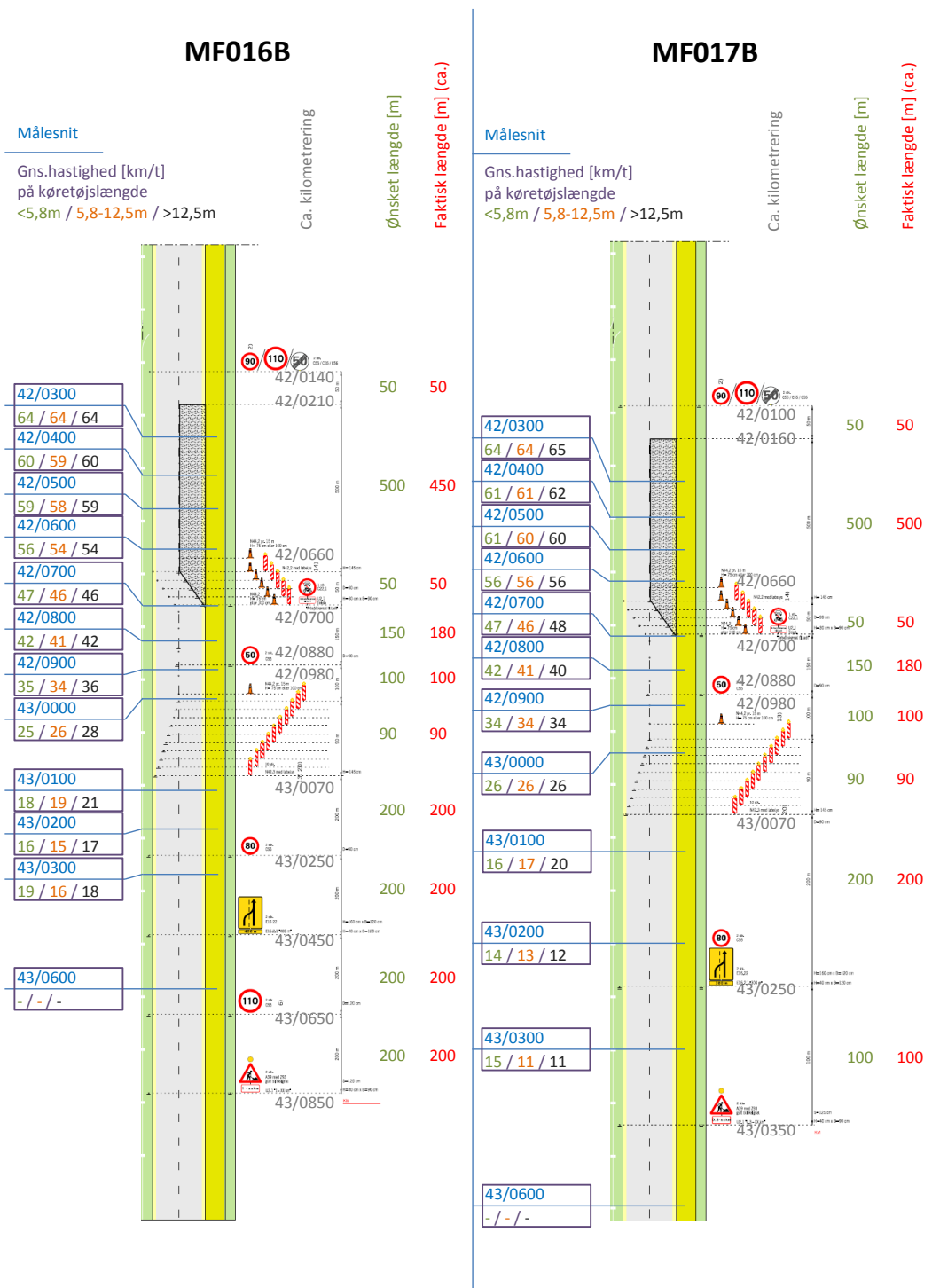
Figur 41: Gennemsnitshastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016B og MF017B fordelt på højre og venstre kørsel. Baseret på alle trafikanter.

Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer 21-05



Figur 42: Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer kl. 21-5 (mørke/let trafik) for MF016B og MF017B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gennemsnitshastigheder i køtrafik

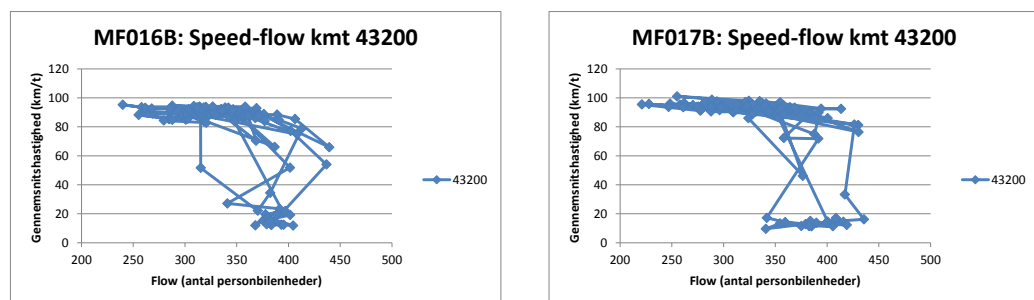


Figur 43: Gennemsnitshastigheder ved kø for MF016B og MF017B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

4.2.3 Kapacitet

Kapaciteten på de to testopstillinger synes at ligge på det samme niveau baseret på trafikafviklingen i forbindelse med kø. Kapaciteten ligger på ca. 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t, da flowet synes at variere noget afhængig af tidspunkt. Der afvikles således flest personbilenheder i fredagskø, hvor andelen af korte køretøjer er lidt lavere end i søndagstrafikken (ca. 90 % mod ca. 95 %). Resultatet er 10-15 % lavere end det forventede på baggrund af tidligere undersøgelser².

Det maksimalt observerede flow i personbilenheder er højere for begge opstillinger end den afviklede trafik i forbindelse med kø. Der er imidlertid observeret en reduktion af gennemsnitshastighederne i forbindelse med observeret max-flow sammenlignet med frit flow, hvilket antyder, at trafikken bevæger sig på kapacitetsgrænsen. Observeret max-flow ligger på 1.700-1.800 pbe/t, og den synes klart størst ved høj lastbilandel – op til 15-20 %. Af Figur 44 fremgår sammenhængen mellem gennemsnitshastigheder og flow i kmt. 43/0200 før opstillingernes flaskehals, dvs. kilestrækningen ved indsnævringen.



Figur 44: Speed-flow diagrammer for 15-minutters intervaller i forbindelse med MF016B og MF017B i målesnit 43/0200. Gennemsnitshastighed for alle køretøjer og flow i personbilenheder.

Af speed-flow diagrammerne synes det tydeligt, at kapacitetsgrænsen ligger lige under 450 pbe/15 min svarende til 1.800 pbe/t. Det er også tydeligt, at det i nogle situationer synes at være mindre trafikmængder, der forårsager sammenbruddet og medfører kø.

4.2.4 Konflikter

Der er registreret i alt 26 situationer med konfliktende adfærd for MF016B og 29 for MF017B. For begge opstillinger gælder, at flere af de registrerede situationer kan indeholde mere end én konfliktende situation. Konflikterne opstår oftest i situationer, hvor der er kø eller kø under opbygning frem mod starten af vejarbejdet.

² ”Kapacitet på motorvej – Kapacitet ved kortvarige afspærringer og forskellige sporkonfigurationer”, Poul Greibe, Trafitec, version: 24. august 2015

Ca. 2/3 af situationerne i MF16B opstår som følge af trafikanter, der kommer kørende med for høj hastighed i forhold til trafiksituationen, og først sent erkender, at der er kø forude. Det medfører at én eller flere trafikanter må foretage en pludselig undvigemanøvre for at undgå kollision med forankørende. Den sidste 1/3 af situationerne opstår oftest som følge af, at en trafikant i det venstre spor foretager et sent og snævert vognbaneskift ind foran en trafikant i det højre spor.

Knap 70 % af situationerne ved opstilling MF017B opstår, når trafikanter fletter fra venstre til højre vognbane. Én af disse situationer ender efterfølgende med en bagendekollision mellem to personbiler i selve kilestrækningen. Omkring halvdelen af de sene indfletninger afsluttes først på selve kilestrækningen, hvor en personbil foretager et snævert vognbaneskift ind foran en personbil eller et tungt køretøj. I situationer med meget trafik i både højre og venstre spor, ses ofte følgekonflikter. Dvs. at én konflikt ofte forplanter sig længere ned i køen og flere konflikter kan opstå.

For begge opstillinger gælder, at nedbremsningen i kilestrækningen frem mod hastighedsbegrænsningen på 50 km/t synes at forværre samspilsadfærden og give anledning til konfliktende adfærd.

4.2.5 Opsamling

Den reducerede afmærkning frem mod sporreduktionen (MF017B) medfører en senere indskiftning til højre spor end den "normale" afmærkning (MF016B). Dette ses i dagtimer både med og uden kø. Samtidig er det observeret, at hastighederne er højere frem mod sporreduktionen, hvorved der skal bremses kraftigere ved MF017B. Fra 30 m før kilestrækningen ved indsnævringen er trafikanternes hastighed stort set identisk gennem de to opstillinger. Det er formentlig en medvirkende årsag til, at kapaciteten af opstillingerne ved afvikling af køtrafik er stort set ens: ca. 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t. Det observerede max-flow er ca. det samme for de to opstillinger på omkring 1.750 pbe/t.

Begge opstillinger giver anledning til situationer med konfliktende adfærd frem mod indsnævringen til højre spor. Hvor konflikter i MF017B oftest opstår som følge af sene vognbaneskift frem mod eller i selve kilestrækningen, opstår hovedparten af konflikter i MF016B tilsyneladende som følge af trafikanters manglende erkendelse af, at der er kø frem mod indsnævringen med for høj hastighed til følge. I MF017B er registreret en bagendekollision mellem to personbiler på selve kilestrækningen.

Nogle af årsagerne til det store antal situationer med konfliktende adfærd for begge opstillinger kan være det relativt høje antal sene vognbaneskift – også på selve kilestrækningen, den kraftige hastighedsreduktion blandt trafikanterne på de 200 m omkring kilestrækningen og tæt trafik fredag eftermiddag.

4.3 MF011 (indsnævring til ét spor)

I det følgende præsenteres resultaterne for testopstillingen MF011. Testopstillingerne er nærmere beskrevet i *afsnit 2.4*. Resultaterne sammenholdes, hvor det er relevant, med resultaterne for MF016B.

I forbindelse med MF011 indsnævres der til højre spor og derefter flyttes trafikken til venstre spor. Forvarslingen er den samme som ved MF016B, men i stedet for indsnævring med løbelys i en 90 m lang kilestrækning anvendes en tavlevogn på MF011. Ligeledes er forsætningen fra højre til venstre spor markeret med en TMA i stedet for en kilestrækning med løbelys. Derudover er hastighedsbegrænsningen 80 km/t gennem hele testopstillingen mod 50 km/t efter indsnævringen til ét spor på MF016B.

Et foto af testopstillingen fra indsnævringen til højre spor fremgår af Figur 45.



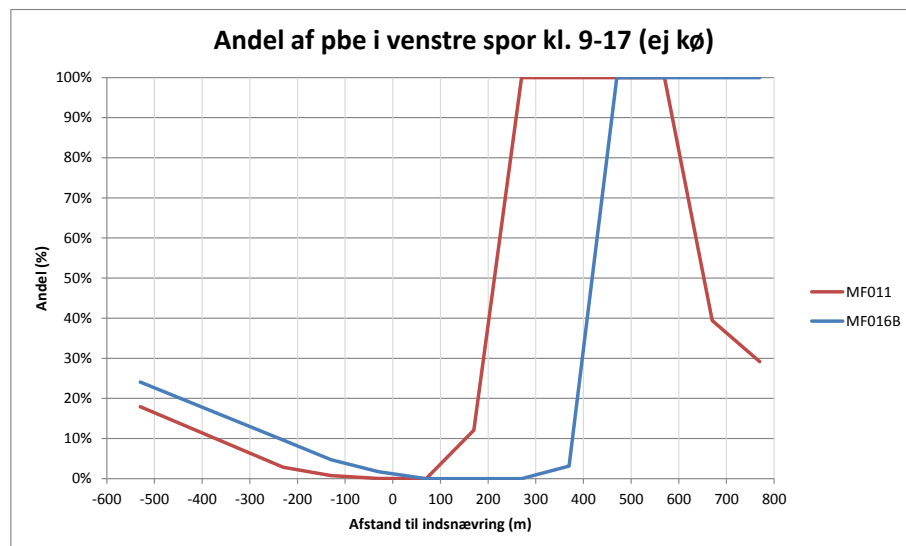
Figur 45: MF011 fra indsnævringen til højre spor.

4.3.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift

På de følgende sider ses sporbenyttelsen gennem teststrækningen MF011 sammenlignet med MF016B i dagtimer uden kø (Figur 47) og i køtrafik (Figur 48).

Sporbenyttelsen i dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø) fremgår af Figur 46 og Figur 47, hvor det også er muligt at relatere sporbenyttelse til afmærkningen. Der er tale om en væsentligt lavere andel af personbilenheder i venstre spor frem mod indsnævringen end ved anvendelse af løbelys, hvor kilestrækningens start er placeret i ca. samme målesnit som tavlevognen. Også hvis der sammenlignes afstan-

de fra målesnit til henholdsvis tavlevogn og kilestræknings slutning, synes trafikanterne at trække tidligere ind i højre spor ved brug af tavlevogn.



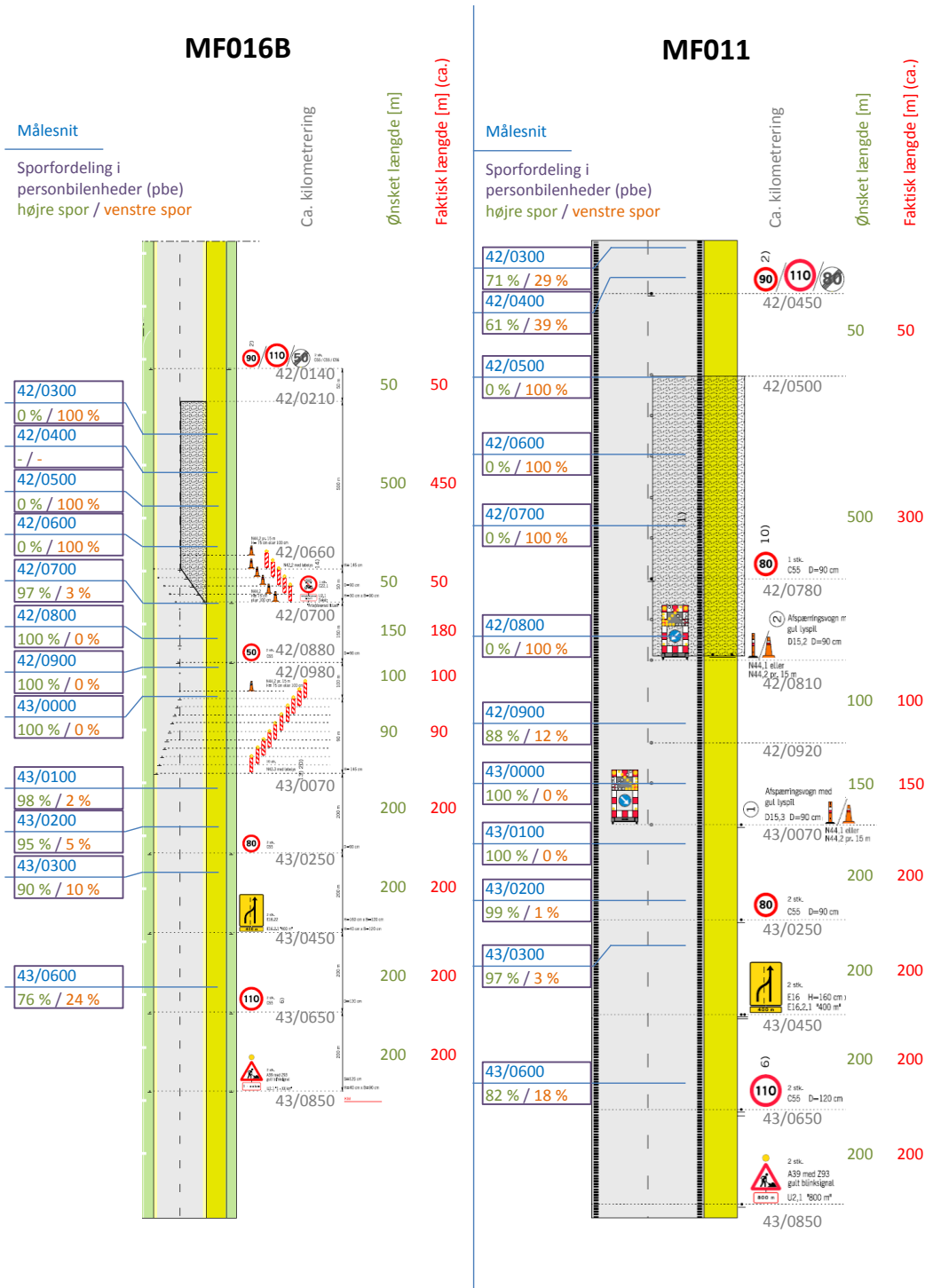
Figur 46: Andel af personbilenheder i venstre spor i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF011 og MF016B. Afstand til indsnævring er 0 m ved tavlevogn (MF011) og ved første løbelys i kilestrækning (MF016B).

Ud fra videooptagelserne er registreret samtlige vognbaneskift fra venstre til højre spor, der afsluttes senere end 100 m fra indsnævringen. Andelen af trafikanter, der foretager et sent vognbaneskift, er registreret til 1 % for MF011 og 9 % for MF016B. Hvor der er tavlevogn (MF011) afsluttes 2/3 af de sene vognbaneskift i en afstand af 50-100 m fra tavlevognen. Hvor der er løbelys (MF016B), afsluttes kun 1/3 af de sene vognbaneskift 50-100 m før start af kilestrækning, mens godt 1/3 afsluttes i selve kilestrækningen. Det er således tydeligt, at trafikanterne trækker tidligere ind i højre spor ved brug af tavlevogn.

I aften timerne (kl. 21-24) er andelen af personbilenheder i venstre spor lavere end i dagtimerne: 9 % ca. 500 m før tavlevognen. I nattetimerne er andelen nede på 4 %, og ca. 200 m før tavlevogne er andelen af personbilenheder i venstre spor under 0,5 %. For både aften og nat er det lavere end for MF016B.

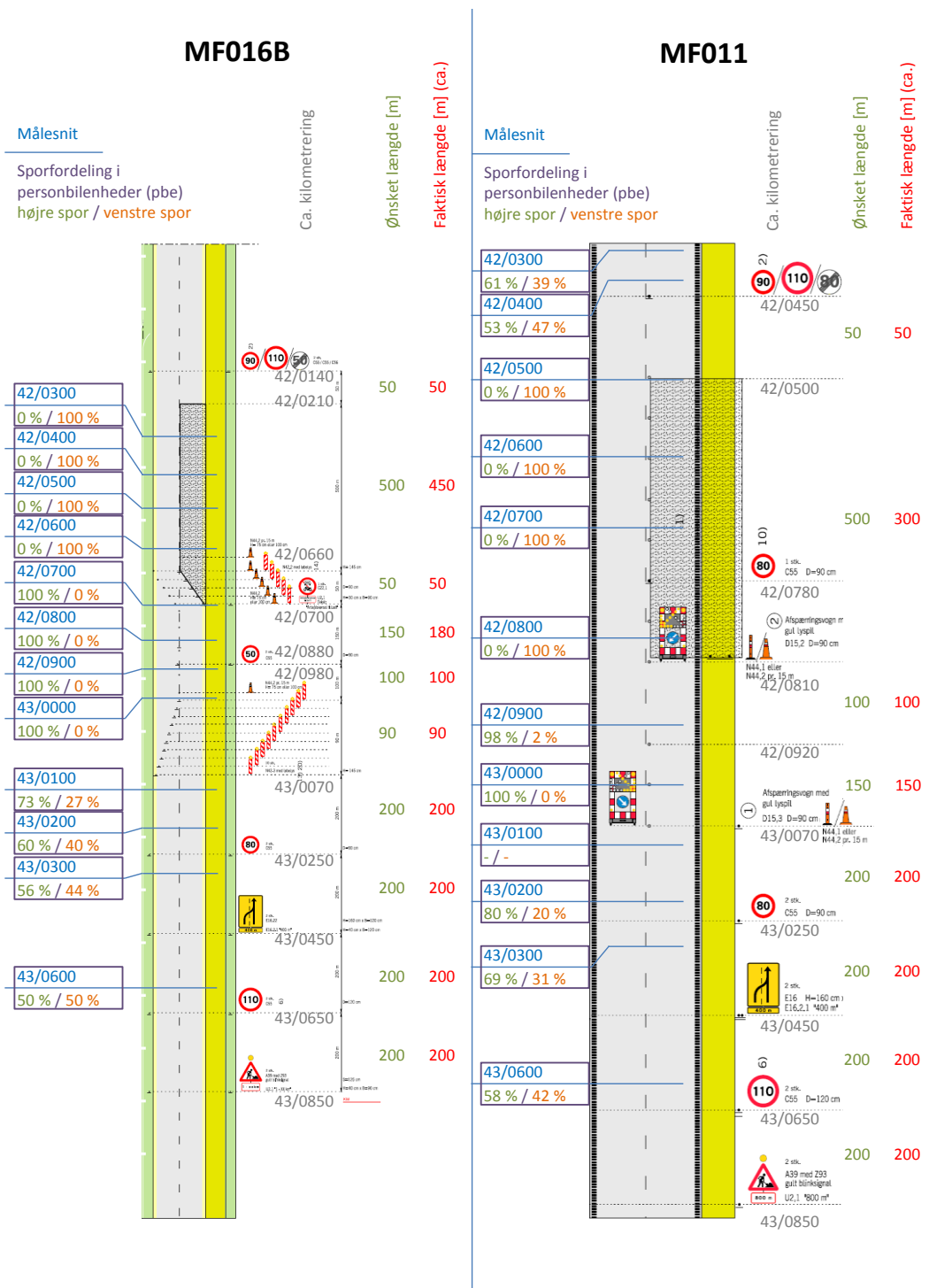
Ca. 500 m før tavlevognen er 42 % af personbilenhederne placeret i venstre spor, når der er kø (se Figur 48). Ca. 100 m før tavlevognen er 20 % af personbilenhederne placeret i venstre spor. Sammenlignet med MF016B trækker trafikanterne i venstre spor væsentligt tidligere ind i højre spor. Det tyder på, at trafikanter i tilfælde af kø i ringere grad fordeler sig i begge spor frem til indsnævringen, når der anvendes en tavlevogn frem for en kilestrækning med løbelys.

Sporfordeling i pbe i dagtimer 09-17 (ej kø)



Figur 47: Andelen af personbiler i højre og venstre spor i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF011 og MF016B.

Sporfordeling i køtrafik

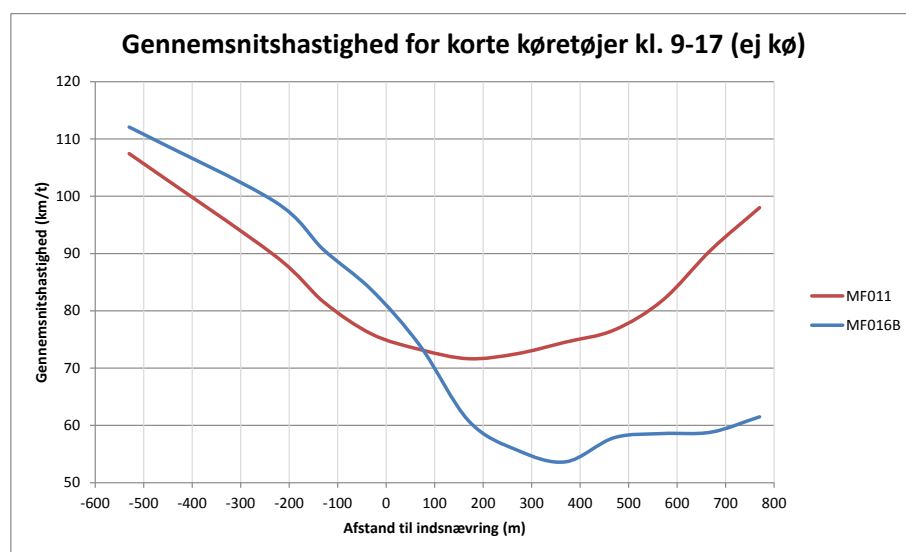


Figur 48: Andelen af personbilenheder i højre og venstre spor i forbindelse med kø for MF016B og MF017B.

4.3.2 Hastigheder

Trafikanternes hastigheder gennem teststrækningen kan ses på de følgende sider. Figur 50, Figur 51 og Figur 52 viser henholdsvis gennemsnitshastigheder for de tre køretøjsgrupper, 85%-fraktilhastighederne for de tre køretøjsgrupper og gennemsnitshastigheden i sporene i dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø). Figur 53 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i mørke og let trafik (kl. 21-5), og Figur 54 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i forbindelse med kø.

Ca. 500 m før tavlevognen ved indsnævringen er gennemsnitshastigheden for de korte køretøjer 107 km/t og 85 km/t for de lange kl. 9-17 (ej kø), se Figur 50. Ca. 30 m før tavlevognen er hastighederne reduceret til 76 km/t for korte køretøjer og 74 km/t for lange. Det betyder en nedbremsning over 500 m på henholdsvis 31 km/t og 11 km/t, hvoraf halvdelen af reduktionen er opnået ca. 200 m fra tavlevognen. Herefter er hastighederne ens uanset køretøjsgruppe. Figur 49 viser gennemsnitshastigheden for korte køretøjer.



Figur 49: Gennemsnitshastighed for korte køretøjer i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF011 og MF016B. Afstand til indsnævring er 0 m ved tavlevogn (MF011) og ved første løbelys i kilestrækning (MF016B).

Sammenlignet med MF016B er gennemsnitshastighederne således lavere frem til tavlevognen/kilestrækningens start. Herefter er gennemsnitshastighederne højere gennem MF011, hvor hastighedsgrænsen også er 80 km/t i stedet for 50 km/t. Det betyder, at der ikke ses den samme kraftige nedbremsning omkring sporreduktionen på MF011 som på MF016B. Det er værd at bemærke, at hastighedsgrænserne i større udstrækningen respekteres på MF011 end på MF016B.

85%-fraktilhastighederne følger stort set samme mønster (se Figur 51) som gennemsnitshastighederne i tidsrummet kl. 9-17 (ej kø), men hastighedsspredningen

er dog lavere efter sporreduktionen, hvorved forskellen mellem gennemsnitshastigheder og 85%-fraktiler er en anelse mindre på den sidste del af teststrækningen. Ca. 30 m før tavlevognen er 85%-fraktilen for korte køretøjer 86 km/t og 83 km/t for lange. Gennem opstillingen frem til 100 m før, der åbnes til to kørespor, er 85%-fraktilen under 85 km/t for både korte og lange køretøjer.

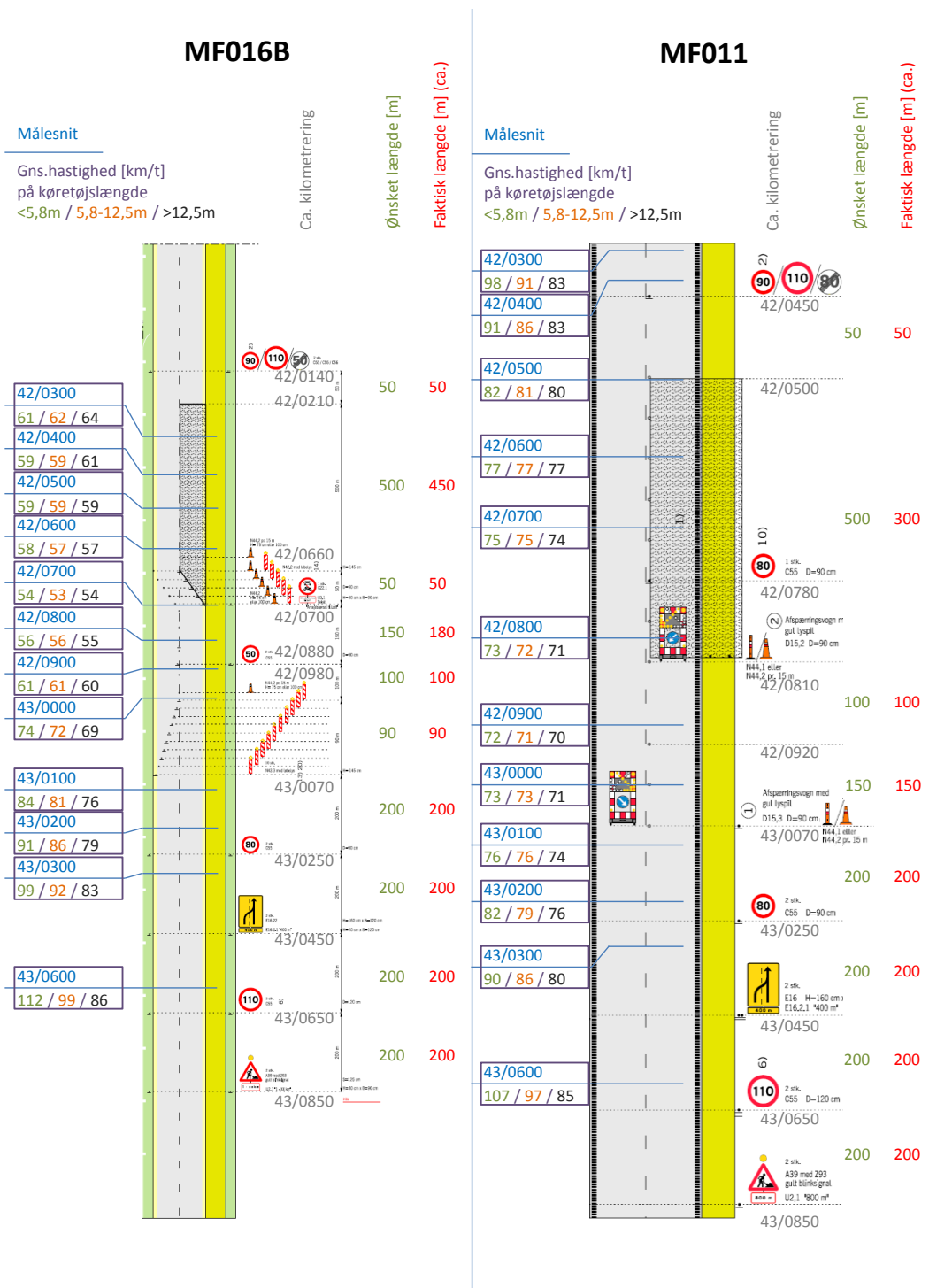
Fra ca. 500 m til ca. 200 m før tavlevognen reduceres hastighedsforskellen mellem højre og venstre spor fra 14 km/t til 10 km/t (se Figur 52). Hastighedsforskellene mellem de to kørespor adskiller sig ikke fra MF016B, men hastigheden er lavere i begge kørespor frem til sporreduktionen på MF011.

Hastighedsspredningen på MF011 er ca. 10 km/t omkring indsnævringen og falder herefter til omkring 8 km/t ved forsætningen fra højre til venstre spor. Frem mod indsnævringen er det 1-2 km/t lavere end på MF016B.

I mørke og spredt trafik mellem kl. 21 og 5 tegner sig stort set det samme billede som kl. 9-17, og gennemsnitshastighederne synes kun svagt højere i mørke, se Figur 53.

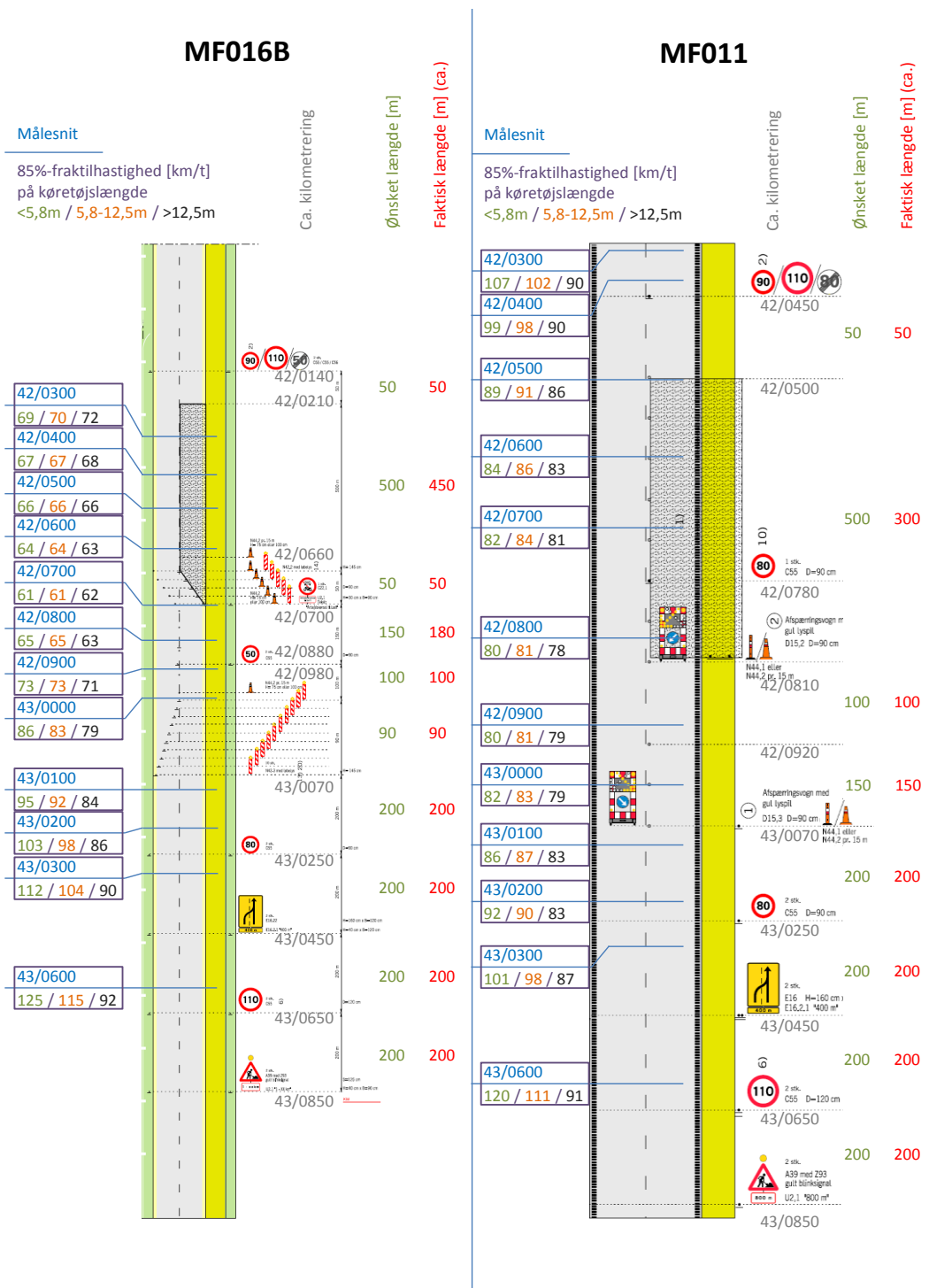
I kø er gennemsnitshastighederne lavere hele vejen gennem opstillingen sammenlignet med dagtimerne kl. 9-17. Hastighederne efter indsnævringen er dog væsentligt højere end på MF016B (se Figur 54). Det er ikke muligt at vurdere hastighedsforskellen lige før indsnævringen på grund af udfald i spoledata.

Gennemsnitshastigheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



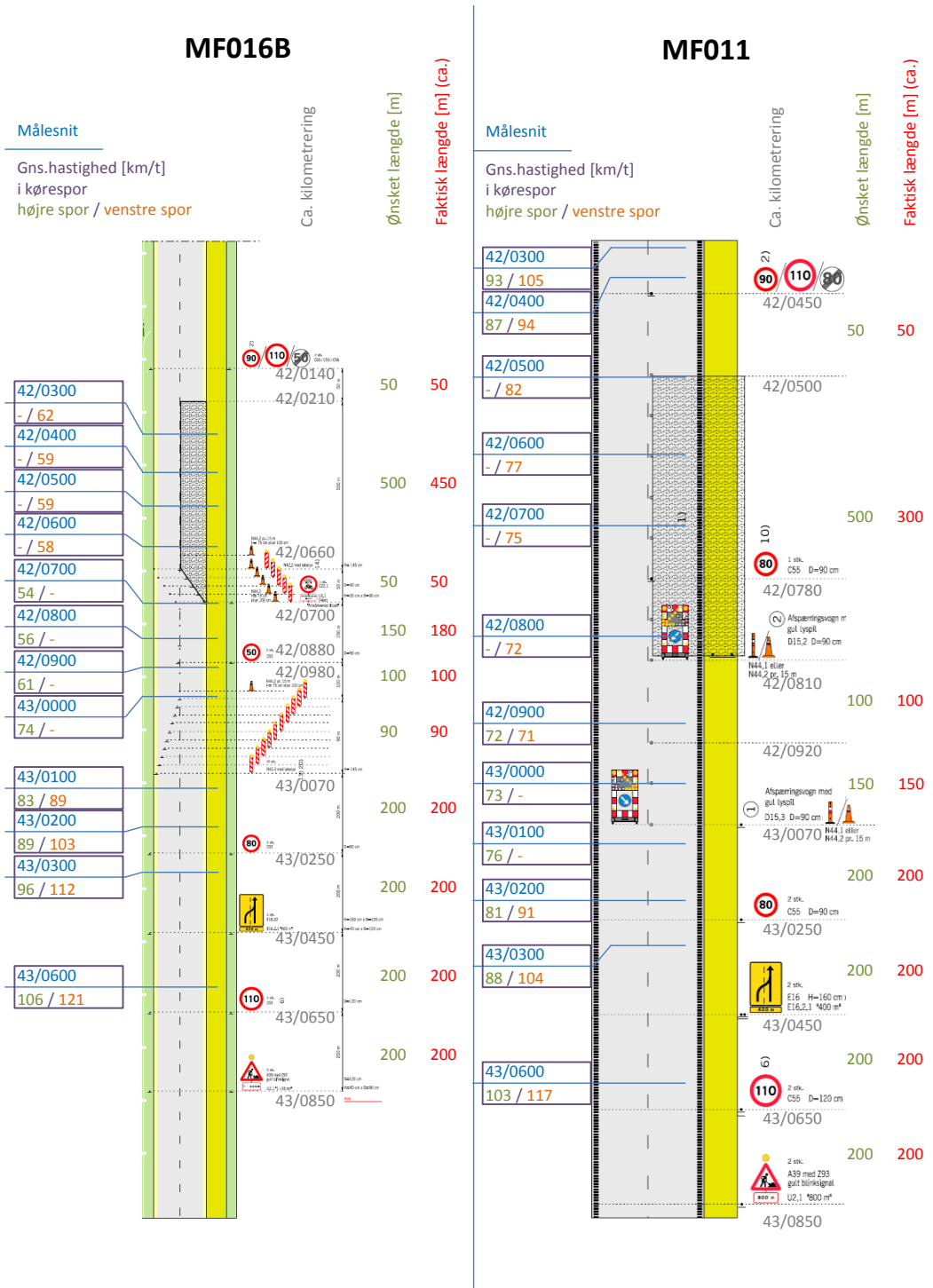
Figur 50: Gennemsnitshastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF011 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

85%-fraktilhastigheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



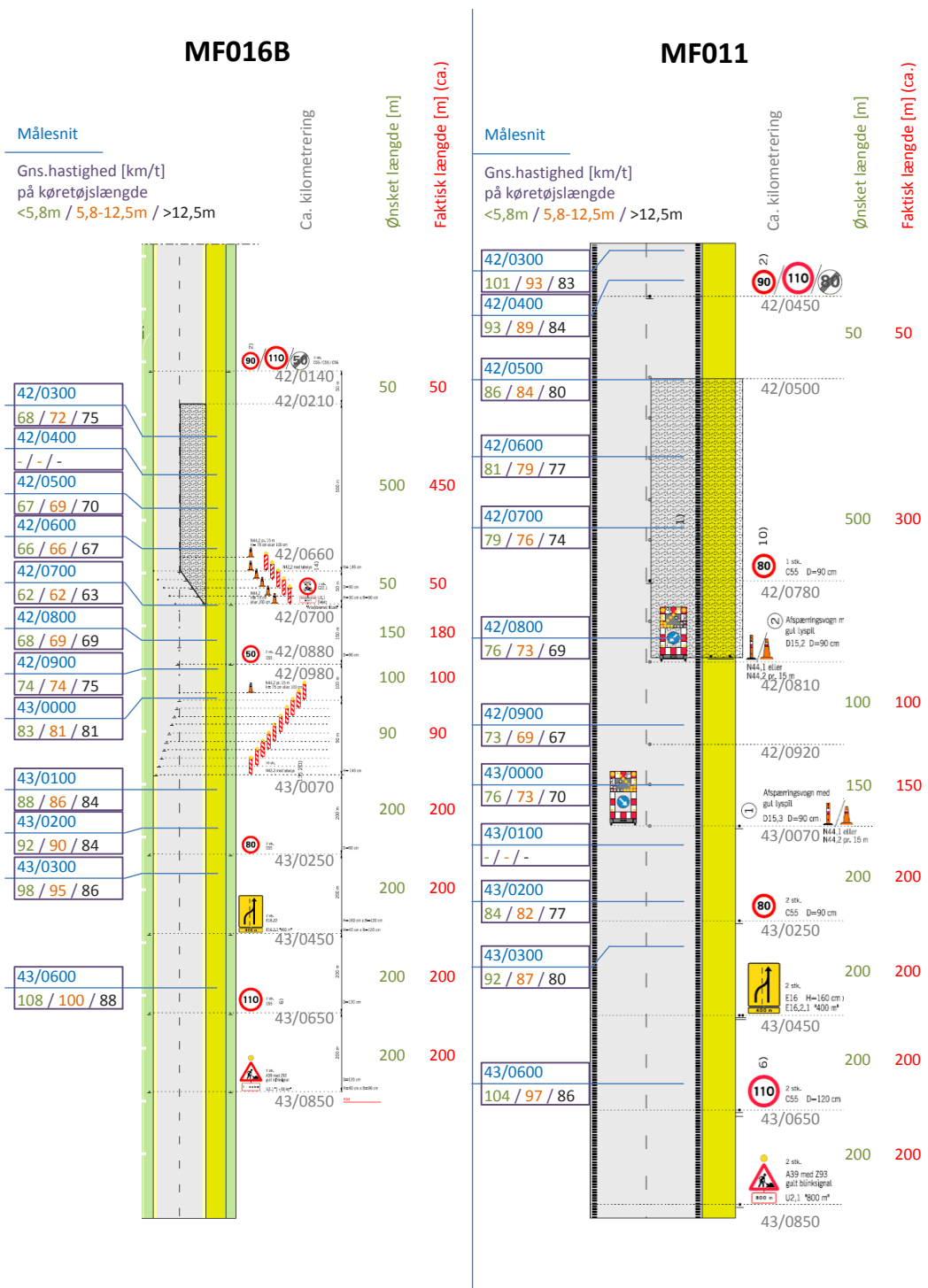
Figur 51: 85%-fraktilhastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF011 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gns. sporhastighed i dagtimer 09-17 (ej kø)



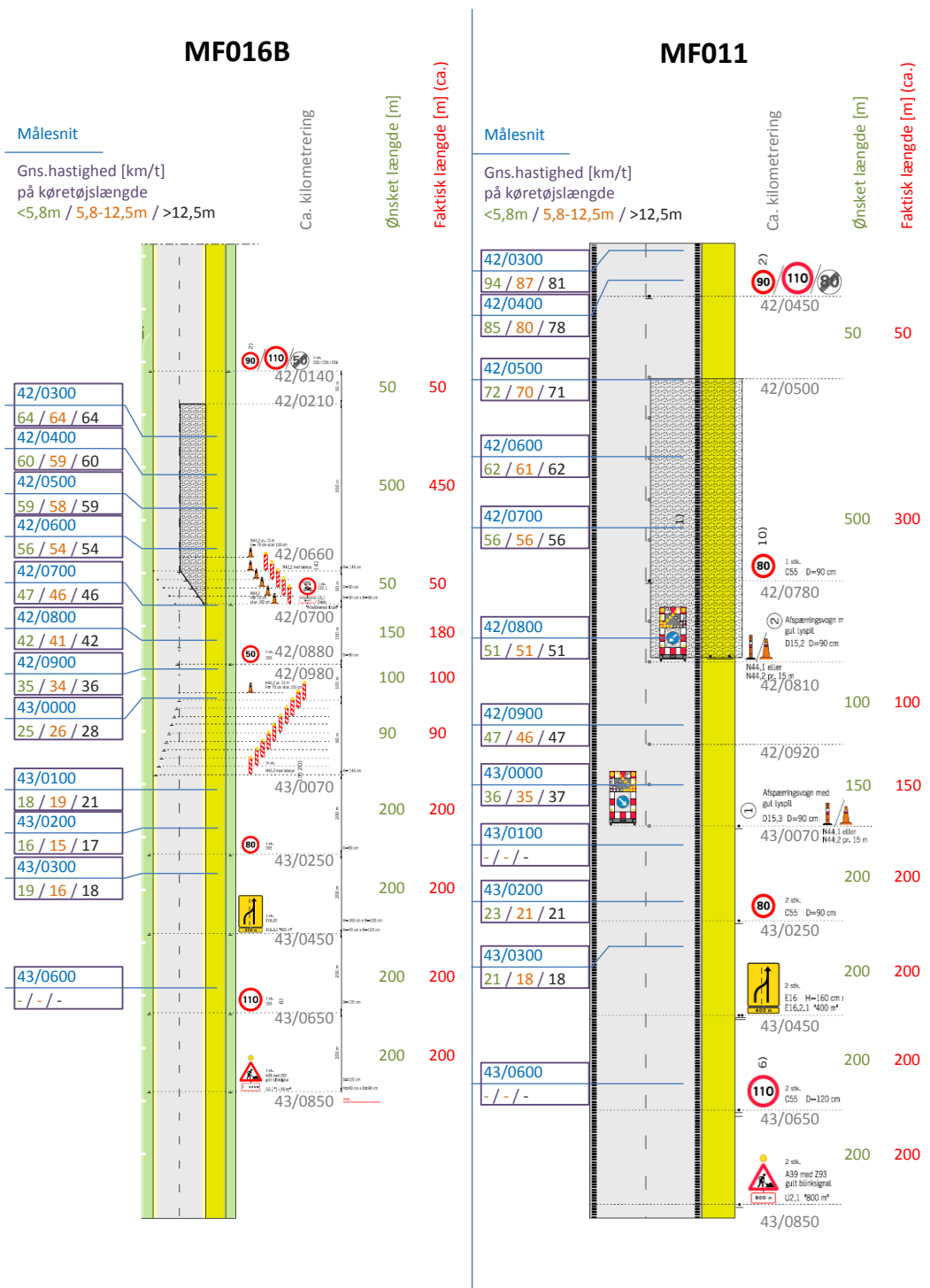
Figur 52: Gennemsnitshastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016B og MF017B fordelt på højre og venstre kørespør. Alle trafikanter.

Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer 21-05



Figur 53: Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer kl. 21-5 (mørke/let trafik) for MF011 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gennemsnitshastigheder i køtrafik

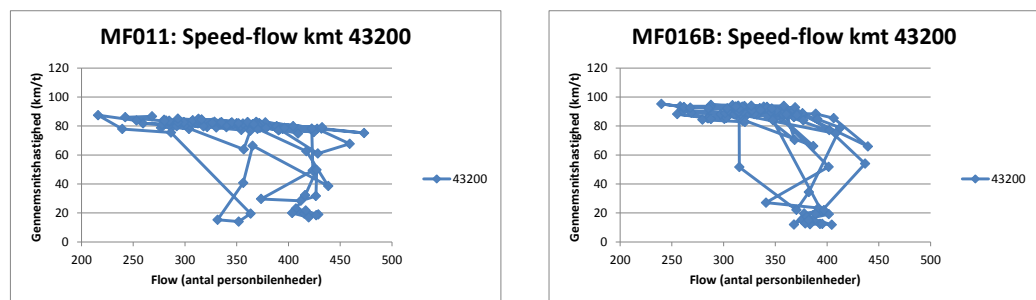


Figur 54: Gennemsnitshastigheder ved kø for MF011 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

4.3.3 Kapacitet

For MF011 synes kapaciteten at være 1.600-1.650 pbe/t \pm 100 pbe/t, men der er variation afhængig af tidspunkt. Lørdag afvikles der kun 1.420 pbe/t, men i dette tidsrum er der mørkt. Søndag afvikles der 1.650-1.700 pbe/t. Lastbilandelen er stort set ens med en lastbilandel på ca. 5 %. Afviklingen i kø synes således at være lidt større end på MF016B (ca. 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t).

Det maksimalt observerede flow er registreret fredag og lørdag eftermiddag med en lastbilandel på ca. 10 %. På de pågældende tidspunkter er der ikke observeret kø, men gennemsnitshastigheden er lavere end ved mindre trafikbelastninger. Der er observeret 1.800-1.850 pbe/t, hvilket er ca. 100 pbe/t højere end på MF016B. Dette tyder ligeledes på, at mere trafik kan afvikles ved brug af MF011 sammenlignet med MF016B. Af Figur 55 fremgår sammenhængen mellem gennemsnitshastigheder og flow i kmt. 43/0200 før opstillingens flaskehals, dvs. tavlevognen ved indsnævringen.



Figur 55: Speed-flow diagrammer for 15-minutters intervaller i forbindelse med MF011 og MF016B i målesnit 43/0200. Gennemsnitshastighed for alle køretøjer og flow i personbilenheder.

Af speed-flow diagrammerne ses det tydeligt, at observeret max-flow på MF011 kan nå over 450 pbe/15 min svarende til 1.800 pbe/t, uden det resulterer i kø. Omvendt ses det også klart, at mindre trafikmængder kan forårsage et sammenbrud i trafikafviklingen.

4.3.4 Konflikter

Der er registreret i alt én situation med konfliktende adfærd ved opstilling MF011 (13 timers video). Konflikten opstår, da en sættevogn i højre spor brems kraftigt op for at undgå kollision med forankørende, der brems pga. kø. Til sammenligning er der registreret i alt 26 konfliktende situationer for MF016B (14 timers video). For beskrivelse af konflikter for opstilling MF016B se afsnit 4.2.4.

4.3.5 Opsamling

Trafikanterne trækker ind i højre spor i god tid ved brug af tavlevogn ved indsnævring. Ca. 500 m før tavlevognen befinder under 20 % af personbilenhederne sig i højre spor, og det er nede på 3 % ca. 200 m før tavlevognen. Såvel i dag-, aften- og nattetimer er det lavere end ved indsnævring med løbelys i en kilestrækning (MF016B). I forbindelse med kø holder trafikanterne deres spor helt frem til indsnævringen i et mindre omfang ved MF011 end ved MF016B.

Sammenlignet med MF016B er trafikanters hastigheder ligeledes lavere frem til indsnævringen, mens hastighederne er højere gennem opstillingen, hvor begrænsningen også er 80 km/t i modsætning til 50 km/t på MF016B. Gennem opstillingen er der en god overholdelse af hastighedsbegrænsningen på MF011. Kapaciteten ved kø for MF011 er 1.600-1.650 pbe/t \pm 100 pbe/t, hvilket synes at være lidt højere end for MF016B. Tilsvarende er det observerede max-flow på 1.800-1.850 pbe/t højere end for MF016B. Muligvis skyldes disse observationer et bedre flow i flaskehalsen.

Sammenlignet med MF016B er der registreret væsentligt færre situationer med konfliktende adfærd ved MF011. Mulige årsager til dette kan være væsentligt færre sene vognbaneskit ved MF011 og generelt lidt lavere hastighed frem mod indsnævringen. Denne adfærd hænger sandsynligvis sammen med, at tavlevognen er synlig på længere afstand fra indsnævringen end løbelysene i kilestrækningen, i særdeleshed hvis der er (høje) forankørende køretøjer. Det kan også tænkes at have stor betydning for de færre konflikter, at der på MF011 ikke foregår samme kraftige nedbremsning omkring indsnævringen som på MF016B, hvor hastighedsgrænsen sænkes fra 80 km/t til 50 km/t lige efter indsnævringen. Til gengæld er hastighedsforskellen mellem de to kørespor stort set den samme frem mod indsnævringen på opstillingerne, så lavere hastighedsforskel mellem køresporene er ikke årsag til de færre konflikter.

4.4 MF016 (indsnævring til ét spor)

I dette afsnit præsenteres resultaterne for testopstillingen MF016, som er nærmere beskrevet i *afsnit 2.5*. Resultaterne sammenholdes, hvor det er relevant med resultaterne for MF016B.

Ved MF016 indsnævres der til højre spor, og derefter flyttes trafikken til venstre spor for til sidst at blive overledt til sydgående spor. Det har været tiltænkt, at forvarslingen er den samme som ved MF016B, og opstillingerne er identiske frem til overledningen over vejmidten. I forbindelse med forsøget har der dog været nogle afvigelser i forhold til afstandene mellem tavlesnittene i forvarslingen.

Det skal bemærkes, at placeringen af testopstilling MF016 er betinget af, hvor det har været muligt at lede trafikken over vejmidten. Dette gør sammenligningen

med data for MF016B en anelse kompliceret, da indsnævring til højre spor således er placeret lige omkring første målesnit på teststrækningen ved MF016.

Der er ikke foretaget videoobservationer i forbindelse med denne opstilling, da afmærkningen frem mod og gennem indsnævringen til højre kørespor og forsætningen til venstre er identisk med MF016B.

Foto af MF016 lige før indsnævringen til ét kørespor fremgår af Figur 56.



Figur 56: MF016 lige før indsnævringen til højre kørespor.

4.4.1 Sporbenyttelse

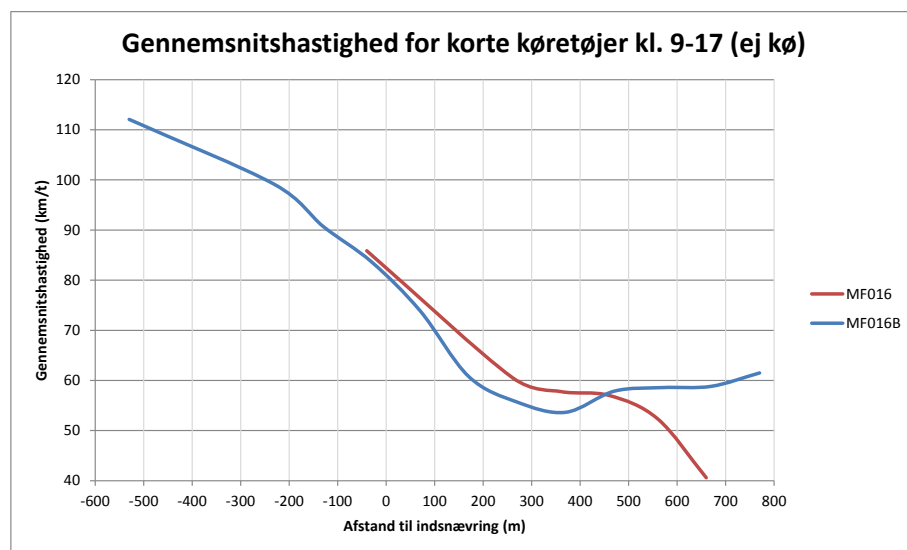
Der er kun et målesnit forud for indsnævringen til højre kørespor i forbindelse med MF016, mens der kun er ét spor til rådighed i de øvrige målesnit. Det betyder, at det er begrænset, hvad der kan siges om trafikanternes sporbenyttelse i forbindelse med opstillingen. Målesnittet er placeret ca. 40 m før første løbelys i indsnævringen, og data kan sammenlignes med et målesnit ca. 30 m før første løbelys i indsnævringen ved MF016B.

I disse to sammenlignelige målesnit fordeler trafikanterne sig ens på køresporene, hvilket er i god overensstemmelse med de to opstillinger lighedstræk. I dag- og aften timer er 1 % af personbilerne registreret i venstre spor ved MF016, og i nattetimer er det under 0,5 %. For MF016B er det ca. det samme: 2 % i dag- og aften timer og 1 % i nattetimer. I forbindelse med kø er det ved begge opstillinger 27 % af personbilerne, der er registreret i venstre spor. Det tyder på, at trafikanterne ved kø ved de to opstillinger anvender begge spor frem til indsnævringen, hvilket er i god overensstemmelse med opstillingernes lighed.

4.4.2 Hastigheder

Trafikanternes hastigheder fra lige før indsnævringen til højre spor og frem til overledningen over motorvejens midte kan ses på de følgende sider. Målesnit på MF016 kan sammenlignes med nogle af målesnittene på MF016B, der også fremgår af figurerne. Figur 59 og Figur 60 viser henholdsvis gennemsnitshastigheder og 85%-fraktilhastigheder for de tre køretøjsgrupper i dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø). Figur 61 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i mørke og let trafik (kl. 21-5), og Figur 62 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i forbindelse med kø.

Ca. 40 m før første løbelys ved indsnævringen er gennemsnitshastigheden for de korte køretøjer 86 km/t og 81 km/t for de lange i dagtimer uden kø kl. 9-17 (se Figur 59). Hastighederne for alle køretøjsgrupper reduceres herefter til ca. 58 km/t ved forsætningen fra højre til venstre spor og falder derefter frem mod overledningen over vejmidten. Figur 57 viser gennemkørselshastigheden for korte køretøjer for dagtimer kl. 9-17 (ej kø).



Figur 57: Gennemsnitshastighed for korte køretøjer i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016 og MF016B. Afstand til indsnævring er 0 m ved første løbelys i kilestrækning.

Ca. 100 m før overledningen er gennemsnitshastigheden ca. 51 km/t, og 10 m før er den 41 km/t for korte køretøjer og 33 km/t for lange. Der er således en stor forskel afhængig af køretøjstypen. Fælles for alle køretøjer er en markant lavere gennemsnitshastighed end skiltet hastighedsgrænse. Dette er helt sikkert forbundet med udformningen af overledningen og belægningens tilstand. Som det fremgår af Figur 58 er belægningen på tværs af midteradskillelsen noget ujævn og langt fra af samme kvalitet som for køresporene.



Figur 58: Overledningen over midteradskillelsen.

Det skal tilføjes, at der kun indgår data for to timer søndag formiddag, så der er et beskedent antal registreringer af lastbiler, men hastighedsforskellen mellem korte og lange køretøjer observeres også i øvrige tidsrum.

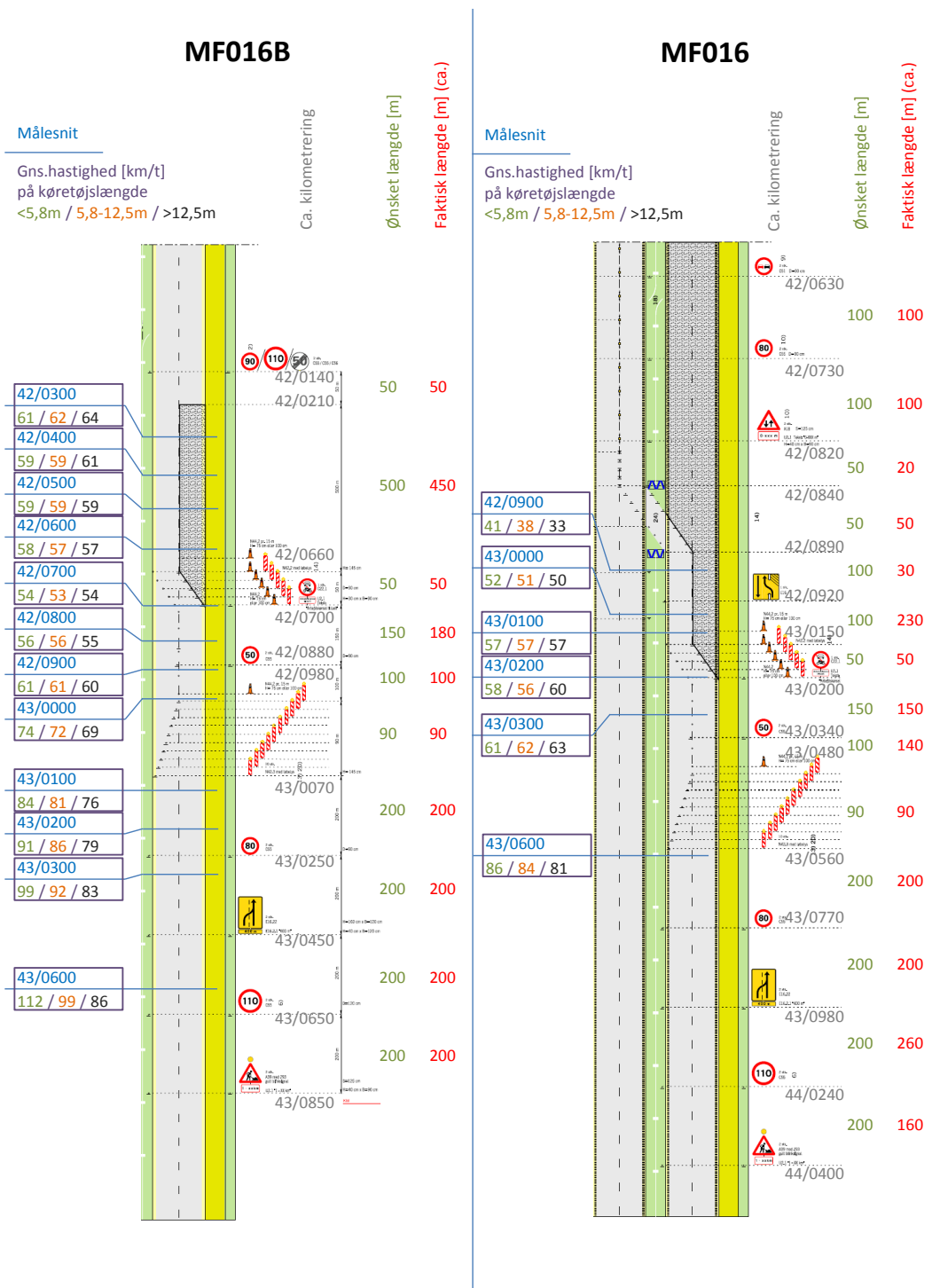
Hastighederne synes at ligge 2-5 km/t højere ved MF016 end ved MF016B, ind til trafikanterne er ledt over i venstre spor, og opstillingerne bliver forskellige. Det kan have betydning, at trafikmængden i de to timer, der indgår for MF016, ligger i den lave ende sammenlignet med MF016B.

85%-fraktilhastighederne følger stort set samme mønster (se Figur 60) som gennemsnitshastighederne i tidsrummet kl. 9-17 (ej kø). Men hastighedsspredningen er lavere ved overledningen over vejmidten, hvorved forskellen mellem gennemsnitshastigheder og 85%-fraktiler er mindre i det sidste målesnit. Ca. 40 m før første løbelys i indsnævringen er 85%-fraktilhastigheden for korte køretøjer 96 km/t og 87 km/t for lange. Lige før overledningen over vejmidten er de reduceret til henholdsvis 47 og 38 km/t.

I mørke og spredt trafik mellem kl. 21 og 5 er hastighederne generelt højere sammenlignet med dagtimerne (se Figur 61). Omkring indsnævringen, forsætningen og overledningen er forskellen ca. 1-3 km/t, mens den i de øvrige målesnit er ca. 5 km/t højere.

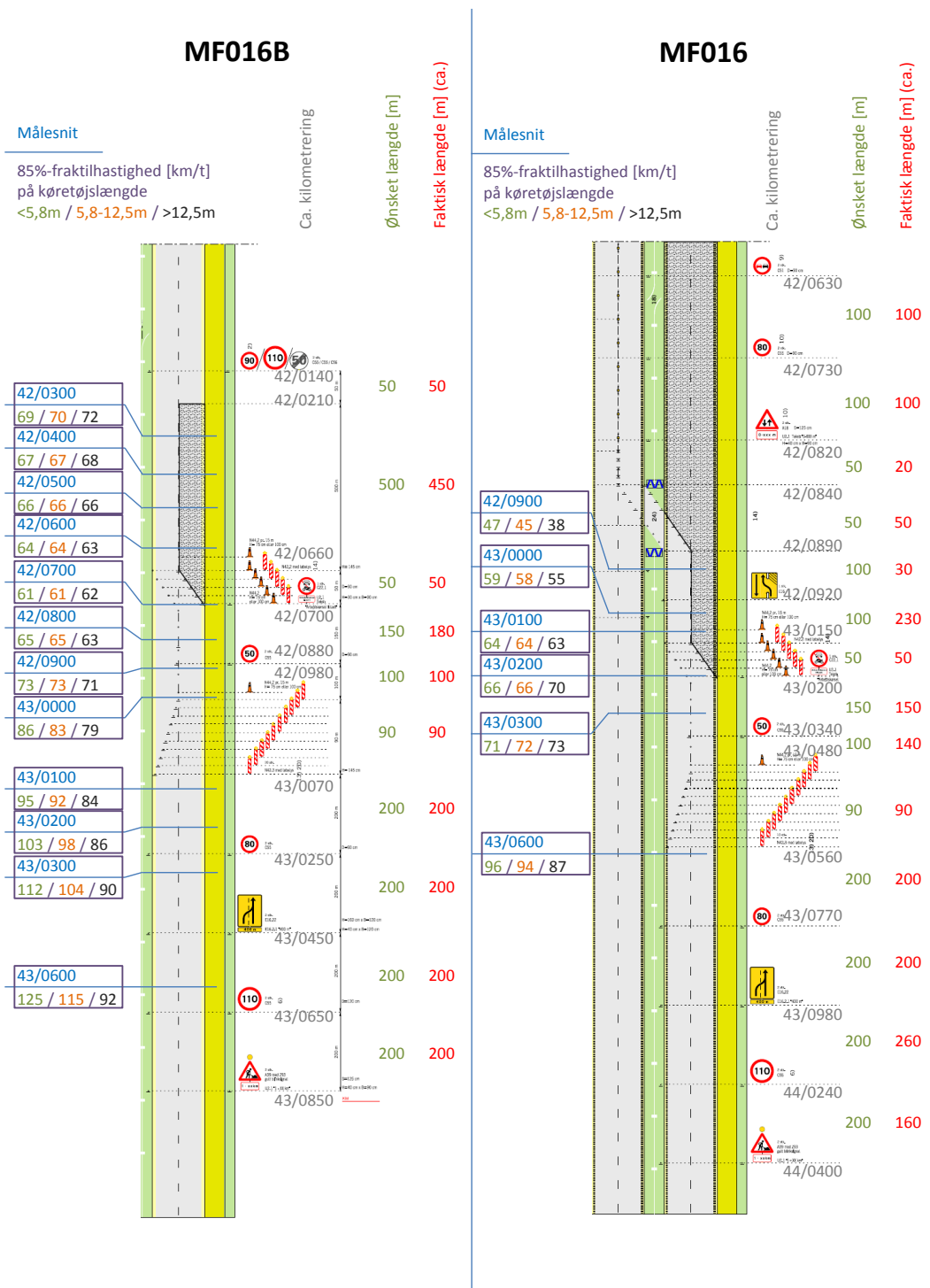
I kø er gennemsnitshastighederne lavere hele vejen gennem opstillingen sammenlignet med dagtimerne kl. 9-17 (ej kø). Det er således tydeligt, at det ikke kun er indsnævringen til ét kørespor, men også overledningen over vejmidten der giver problemer, når trafikmængden passerer kapacitetsgrænsen (se Figur 62). Sammenlignet med MF016B er trafikanternes acceleration efter indsnævringen til højre spor mindre på MF016. Samtidig falder hastighederne ved overledningen over vejmidten til 30 km/t for korte køretøjer og 27 km/t for lange. Det er værd at bemærke, at køretøjstyperne har en mere ensartet hastighed i overledningen i forbindelse med kø, men for alle trafikanttyper er den lavere end gennemsnitshastigheden for lange køretøjer i de øvrige tidsrum.

Gennemsnitshastigheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



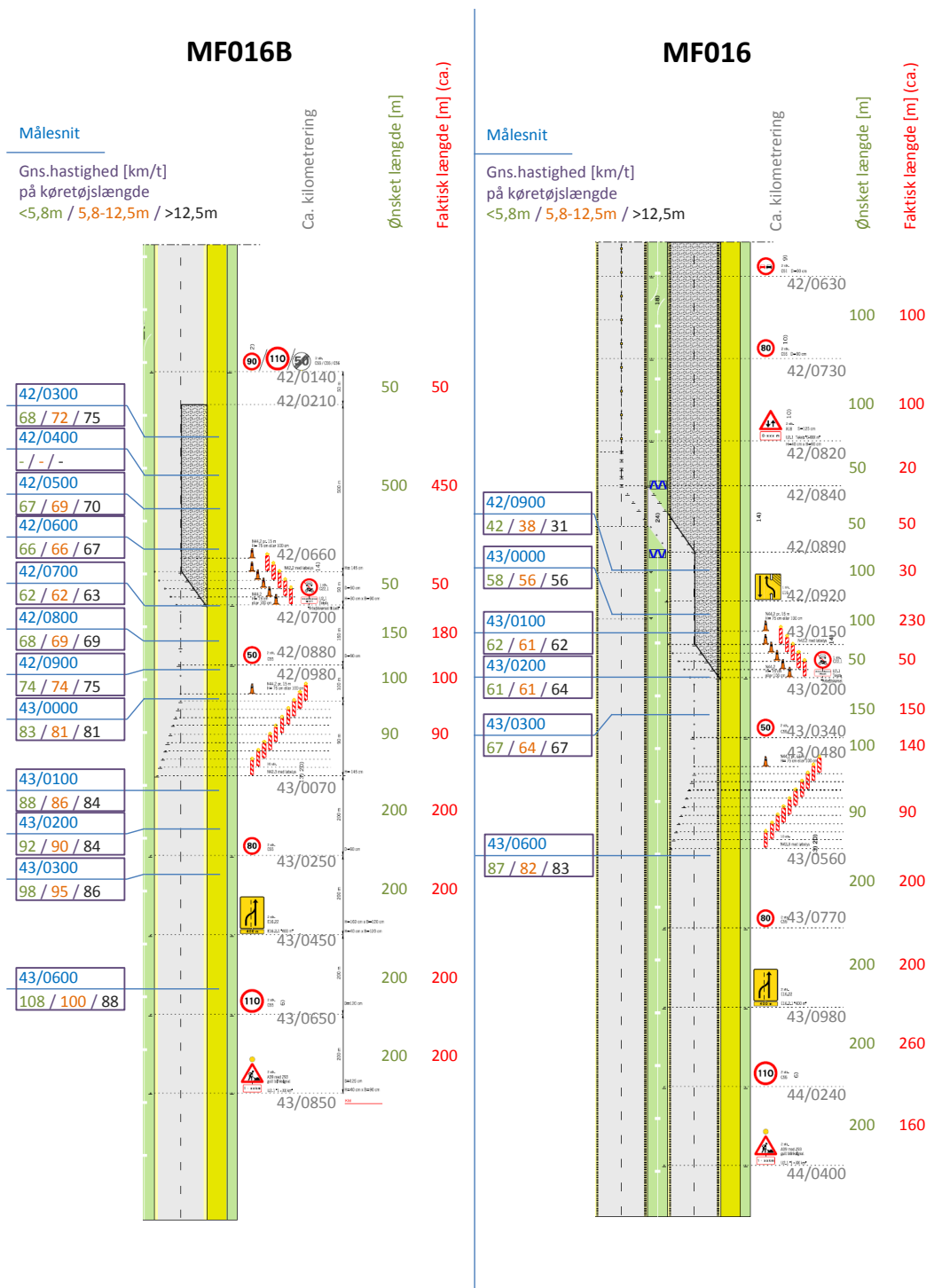
Figur 59: Gennemsnitshastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

85%-fraktilhastigheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



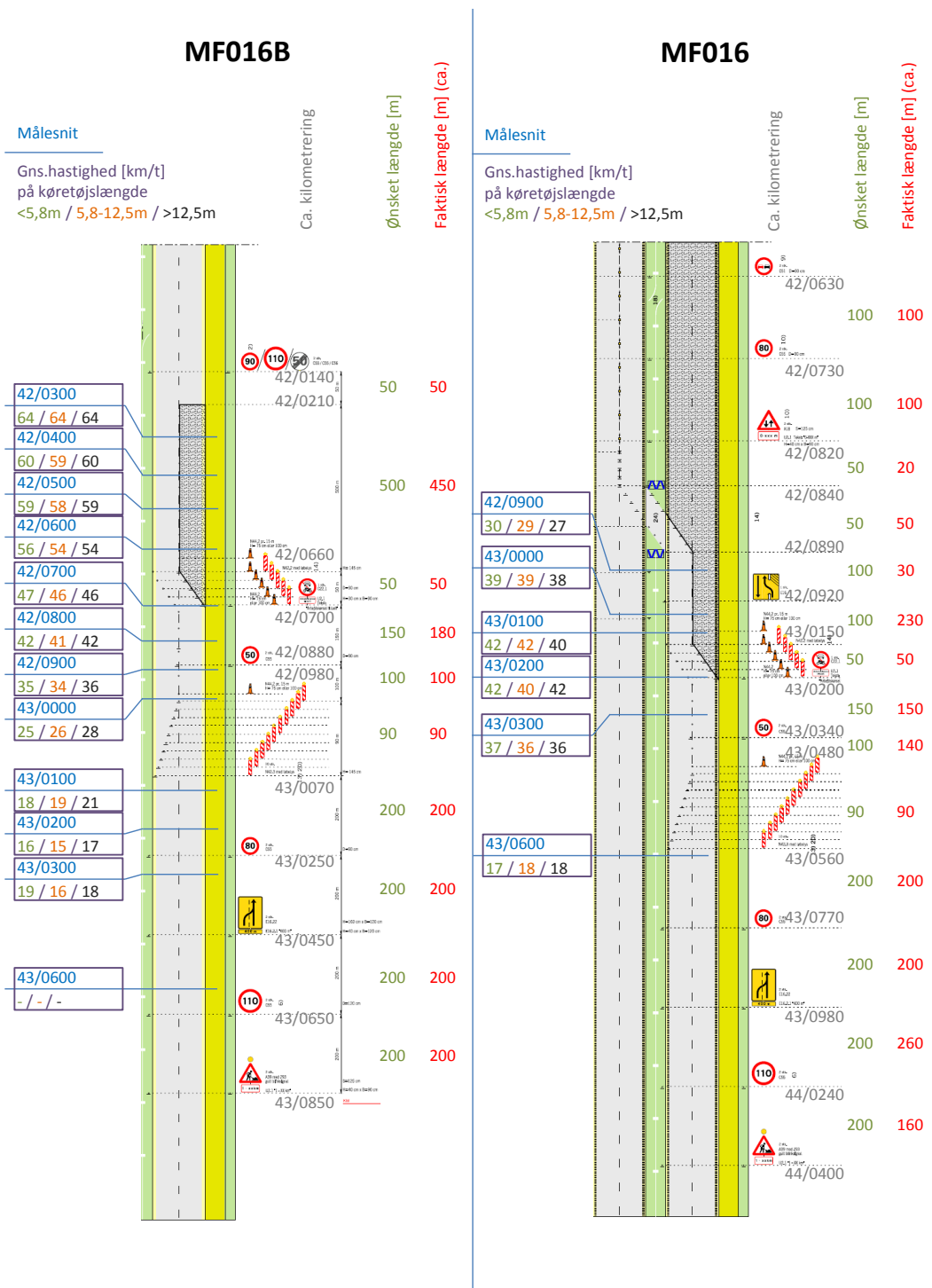
Figur 60: 85%-fraktilhastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF016 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer 21-05



Figur 61: Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer kl. 21-5 (mørke/let trafik) for MF016 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gennemsnitshastigheder i køtrafik



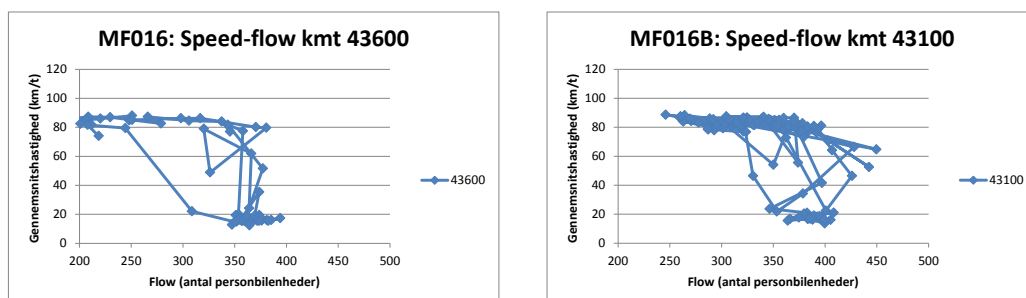
Figur 62: Gennemsnitshastigheder ved kø for MF016 og MF016B fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

4.4.3 Kapacitet

For MF016 synes kapaciteten at være 1.450-1.500 pbe/t \pm 100 pbe/t. Det er imidlertid kun kø i løbet af en søndag, der er observeret, og i denne periode har lastbilandelen været lav – ca. 94 % korte køretøjer. Det kan være en del af forklaringen på, at der ikke ses den store variation i den afviklede trafikmængde hen over søndagen. Afviklingen i kø synes således at være i den lave ende sammenlignet med MF016B (ca. 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t). Denne forskel stemmer godt overens med resultaterne fra en dansk undersøgelse fra 2015³. Dette formodes at hænge sammen med den lave hastighed ved overledningen over vejmidten. Det kan tænkes, at vejens stand i overledningen har nogen betydning for hastighedsniveauet og dermed kapaciteten.

Det maksimalt observerede flow er registreret i forbindelse med kø og ligger derfor kun lidt over kapaciteten ved afvikling af kø. Tallet kan derfor ikke sammenlignes med de øvrige opstillinger. Der er observeret op til 1.550-1.600 pbe/t.

Af Figur 63 fremgår sammenhængen mellem gennemsnitshastigheder og flow i de to sammenlignelige målesnit lige før indsnævringen til højre spor for MF016 (43/0600) og MF016B (43/0100).



Figur 63: Speed-flow diagrammer for 15-minutters intervaller i forbindelse med MF016 og MF016B i sammenlignelige målesnit, hhv. 43/0600 og 43/0100. Gennemsnitshastighed for alle køretøjer og flow i personbilenheder.

Af speed-flow diagrammerne ses det tydeligt, at det observerede max-flow på MF016 holder sig under 400 pbe/15 min svarende til 1.600 pbe/t i forbindelse med kø, og afviklingen af trafik i forbindelse med kø er mindre end ved MF016B.

4.4.4 Opsamling

Sammenlignet med MF016B er hastighederne næsten ens frem til snittet, hvor trafikanterne er flyttet fra højre til venstre spor. Herefter ses lavere hastigheder på MF016, hvilket hænger sammen med overledningen over vejmidten. I forbindelse

³ ”Kapacitet på motorvej – Kapacitet ved kortvarige afspærringer og forskellige sporkonfigurationer”, Poul Greibe, Trafitec, version: 24. august 2015

med overledningen er der en hastighedsforskel mellem korte og lange køretøjer på 8-10 km/t, når der ikke er kø. På MF016B har de forskellige køretøjstyper stort set den samme hastighed gennem opstillingen. Dette tyder på, at særligt de store lastbiler har visse udfordringer med at passere overledningen over vejmidten.

Kapaciteten for MF016 ved kø er 1.450-1.500 pbe/t \pm 100 pbe/t, hvilket synes at være lavere end for MF016B. Den lavere kapacitet formodes at hænge sammen med de lave hastigheder i overledningen over vejmidten. Max-flow er observeret under kø, og det er derfor ikke muligt at vurdere, hvordan den ligger sammenlignet med MF016B. I forbindelse med MF016 er lastbilandelen konstant lav i hele tidsrummet med kø, og det er derfor ikke muligt at vurdere, hvordan en højere andel af lastbiler vil påvirke afviklingen af trafik.

4.5 MF012 og MF015 (indsnævring til ét spor)

I det følgende fremgår analyserne for testopstillingerne MF012 og MF015. Testopstillingerne er nærmere beskrevet i henholdsvis *afsnit 2.6* og *2.7*. Opstillingerne har mange fællestræk. Der anvendes samme forvarsling, hastigheden nedsættes til 80 km/t og herefter indsnævres til højre kørespor. Forskellen på de to opstillinger er, at MF012 anvender en indsnævring med løbelys i en kilestrækning på 90 m, mens en tavlevogn spærrer venstre kørespor på MF015.

Fotos af de to opstillinger fremgår af Figur 64.



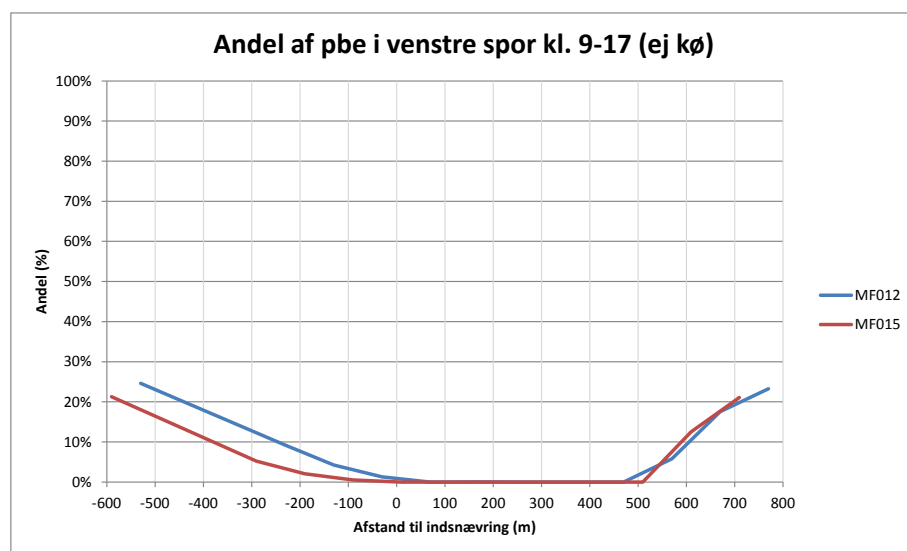
Figur 64: Til venstre MF012 og til højre MF015. Begge opstillinger lige før indsnævring til højre spor.

Sammenligning af data mellem de to opstillinger kompliceres af de to designløsninger, idet indsnævringen har en længde på 90 m for MF012 og 0 m for MF015.

4.5.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift

Sporbenyttelsen gennem teststrækningen for MF012 og MF015 i dagtimer uden kø (Figur 66) og i køtrafik (Figur 67) ses på de følgende sider.

Anvendelse af kilestrækning med løbelys (MF012) giver anledning til, at trafikanterne indflytter senere til højre kørespor i dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø) end ved brug af tavlevogn (MF015). Dette fremgår af Figur 65 og Figur 66, hvor det også er muligt at relatere sporbenyttelse til afmærkningen.



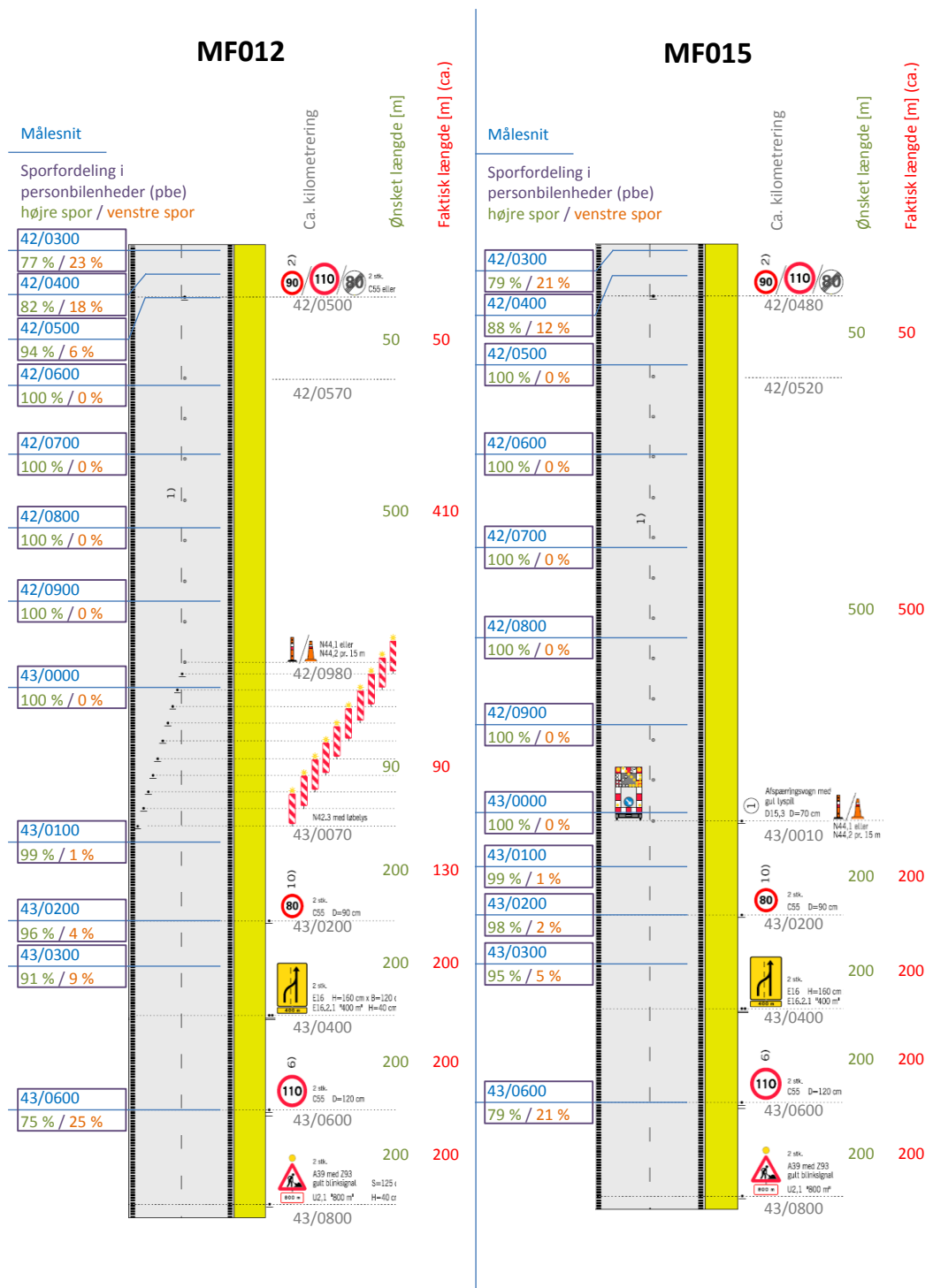
Figur 65: Andel af personbilenheder i venstre spor i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF012 og MF015. Afstand til indsnævring er 0 m ved første løbelys i kilestrækning (MF012) og ved tavlevogn (MF015).

I aftentimerne (kl. 21-24) ses samme mønster. På MF012 passerer 4 % og 2 % af personbilenhederne i venstre spor henholdsvis ca. 230 m og ca. 130 m før første løbelys i kilestrækningen, mens andelen i venstre spor er under 0,5 % allerede 200 m før tavlevognen for MF015. I nattetimerne (kl. 0-5) er forskellen mindre: 1 % i venstre spor i begge målesnit for MF012 og under 0,5 % for MF015.

I forbindelse med kø udnyttes begge spor i højere grad helt frem til indsnævringen ved MF012 end ved MF015 (se Figur 67). I forbindelse med MF012 er personbilenhederne nogenlunde lige fordelt på de to kørespor frem til og med ca. 230 m før kilestrækningens begyndelse. Ca. 130 m før kilestrækningen afvikles 43 % af trafikken i venstre spor og 28 % ca. 30 m før. På MF015 afvikles 46 % af trafikken i venstre kørespor ca. 600 m før tavlevognen. Dette reduceres gradvist til 38 %, 31 % og 19 % henholdsvis ca. 300 m, ca. 200 m og ca. 100 m før tavlevognen.

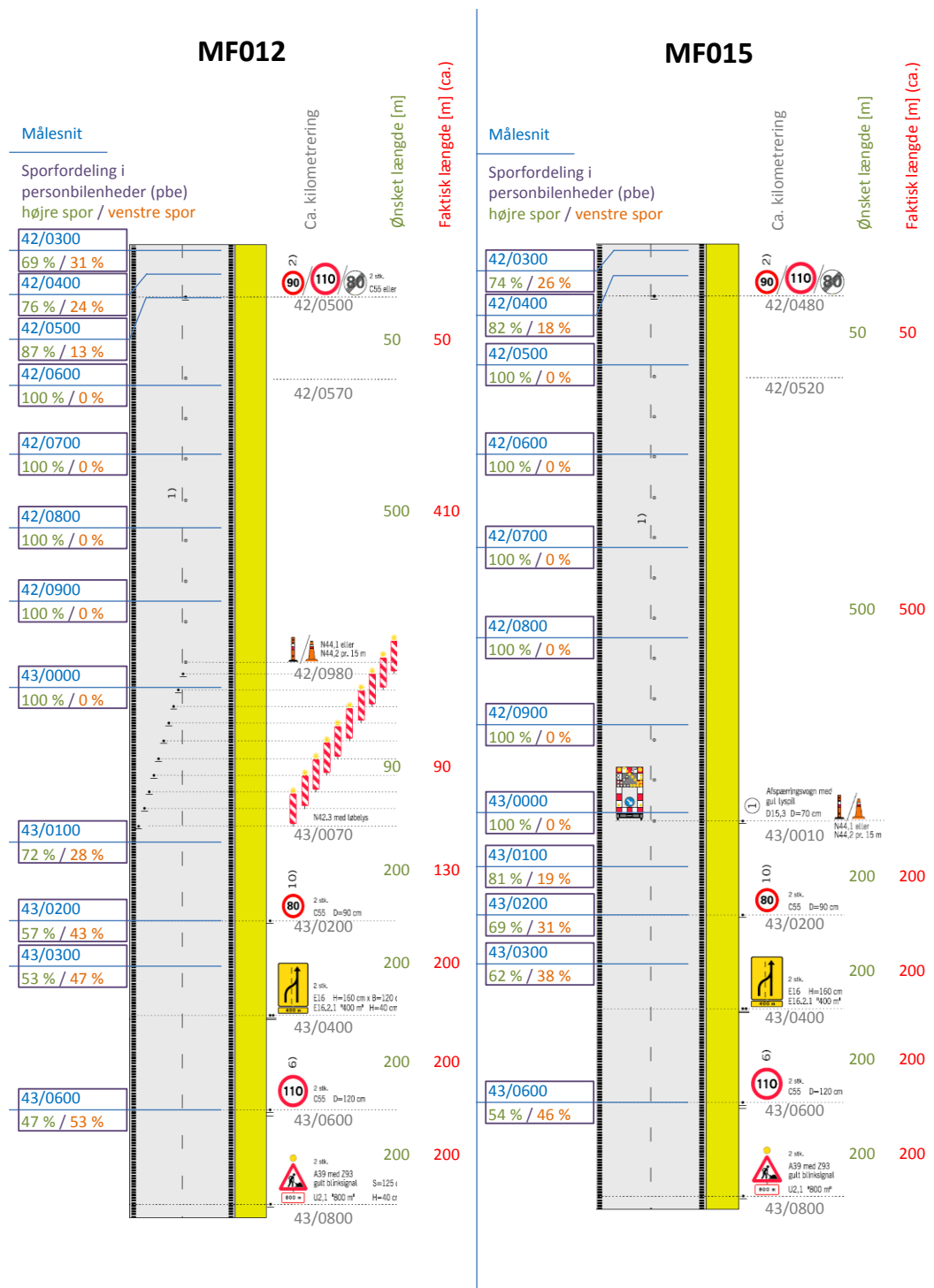
Ud fra videooptagelserne er registreret samtlige sene vognbaneskift, der fuldføres mindre end 100 m før indsnævring. 7 % af trafikanterne ved MF012 foretager et sent vognbaneskift, heraf 27 % i selve kilestrækningen. Til sammenligning foretager kun 2 % af samtlige trafikanter sent vognbaneskift ved MF015, men til gengæld fuldføres 43 % af vognbaneskiftene mindre end 50 m fra tavlevognen.

Sporfordeling i pbe i dagtimer 09-17 (ej kø)



Figur 66: Andelen af personbiler i højre og venstre spor i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF012 og MF015.

Sporfordeling i køtrafik

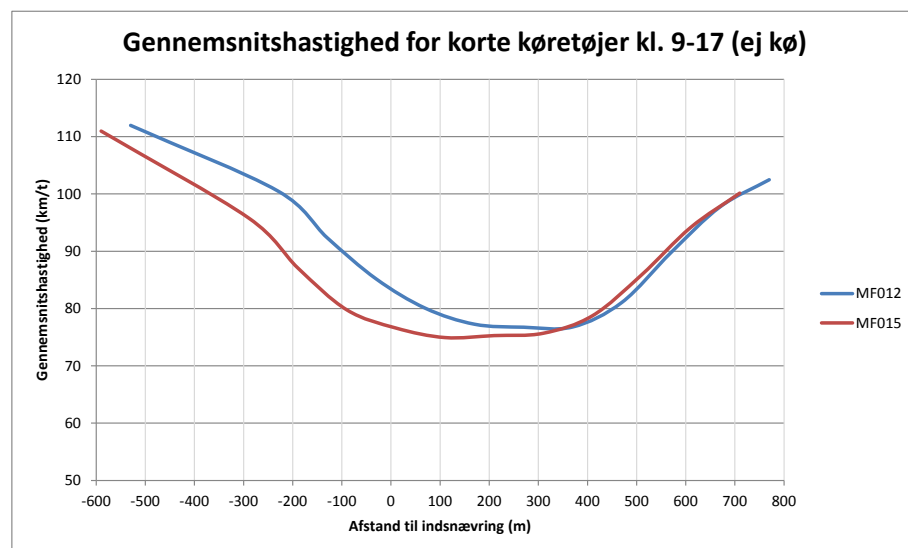


Figur 67: Andelen af personbilenheder i højre og venstre spor i forbindelse med kø for MF012 og MF015.

4.5.2 Hastigheder

Trafikanternes hastigheder gennem teststrækningen er indtegnet på skitserne af testopstillingerne på de følgende sider. Figur 69, Figur 70 og Figur 71 viser henholdsvis gennemsnitshastigheder for de tre køretøjsgrupper, 85%-fraktilhastighederne for de tre køretøjsgrupper og gennemsnitshastigheden i sporene i dagtimer mellem kl. 9 og 17 (ej kø). Figur 72 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i mørke og let trafik (kl. 21-5), og Figur 73 viser gennemsnitshastighederne for de tre køretøjsgrupper i forbindelse med køkørsel.

Trafikanterne nedsætter hastigheden senere frem mod sporreduktionen ved brug af kilestrækning med løbelys (MF012) sammenlignet med tavlevogn (MF015) kl. 9-17 (se Figur 69). Dette ses særligt for de korte køretøjer, og gennemkørselshastigheden for disse kan ses af Figur 68. 400 m før nedskiltningen af hastighedsgrænsen til 80 km/t er trafikanternes hastigheder ens på de to opstillinger. Pga. forskellen i længden af indsnævringen, er det svært at sammenligne hastighederne på de to opstillinger. Det synes dog tydeligt, at hastighederne er lavere ved brug af tavlevognen. Tavlesnittet med hastighedsbegrænsning på 80 km/t er placeret ca. 130 m før kilestrækningens start (MF012) og ca. 200 m før tavlevognen (MF015).



Figur 68: Gennemsnitshastighed for korte køretøjer i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF012 og MF015. Afstand til indsnævring er 0 m ved første løbelys i kilestrækning (MF012) og ved tavlevogn (MF015).

Efter indsnævringen til højre spor er gennemsnitshastighederne i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) lige under 80 km/t på begge opstillinger, men de synes at være en anelse lavere på MF015 sammenlignet med MF012. Ligeledes er det fælles for begge opstillinger, at trafikanter uanset køretøjslængde passerer målesnittene med samme gennemsnitshastighed gennem indsnævringen og på strækningen med ét spor. Der synes ikke at være den store forskel på de to opstillinger i forhold til, hvor kraftigt trafikanterne bremser ned frem mod vejarbejdszonen.

85%-fraktilhastighederne følger samme mønster (se Figur 70) som gennemsnitshastighederne i tidsrummet kl. 9-17, men hastighedsspredningen er dog lavere efter sporreduktionen, hvorved forskellen mellem gennemsnitshastigheder og 85%-fraktilhastigheder er en anelse mindre på den sidste del af teststrækningen. For korte køretøjer når 85%-fraktilerne ikke under 90 km/t på kilestrækningen (MF012), mens den er 86 km/t ud for tavlevognen på MF015.

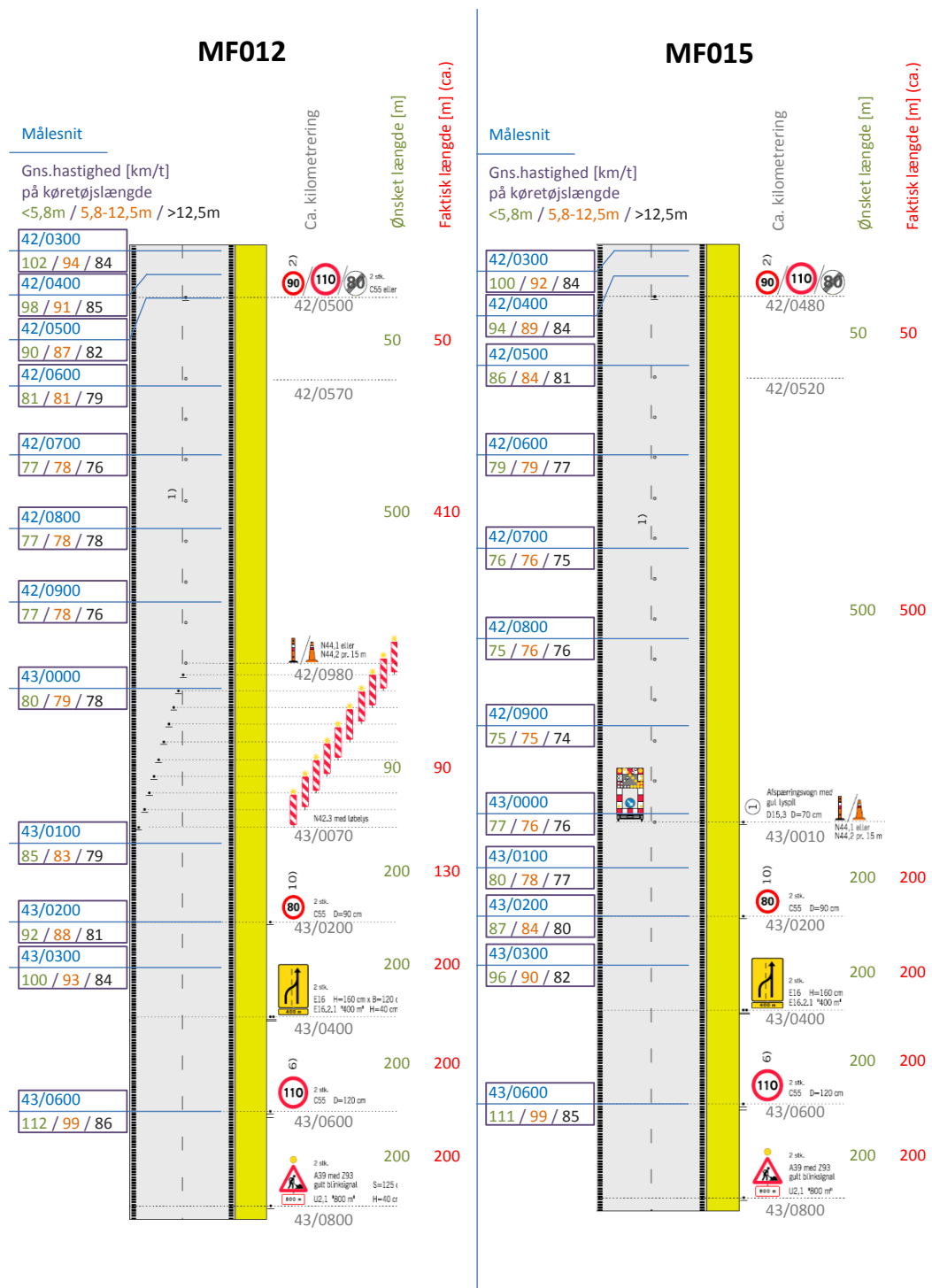
Set på gennemsnitshastighederne i køresporene, er hastighedsforskellen mellem højre og venstre kørespor nogenlunde den samme på de to opstillinger frem til ca. 100 m før sporreduktionen (se Figur 71). På MF012 er hastighedsforskellen ca. 13 km/t ca. 130 m før kilestrækningens start mod ca. 5 km/t ca. 100 m før tavlevognen på MF015. Årsagen til forskellen er givetvis, at kilestrækningen anvendes til indfletning, og derfor er det nok hastighedsforskellen på 4 km/t ca. 30 m før kilestrækningens start (ca. 120 m før kilestrækningens slutning) på MF012, der bedst kan anvendes til sammenligning.

Der synes ikke at være forskel på hastighedsspredningen på de to opstillinger. Den falder fra omkring 14 km/t ca. 600 m fra indsnævringen til 10-11 km/t omkring indsnævringen og 8-9 km/t gennem vejarbejdszonen.

I mørke og spredt trafik mellem kl. 21 og 5 tegner sig stort set det samme billede som kl. 9-17 (se Figur 72). Hastighederne for begge opstillinger er dog højere i aften-/nattetimerne. Dette er særligt udtalt efter sporbortfaldet, hvor der kun køres i højre spor. Her er gennemsnitshastighederne op mod 10 km/t højere end i dagtimerne og dermed over hastighedsgrænsen på 80 km/t.

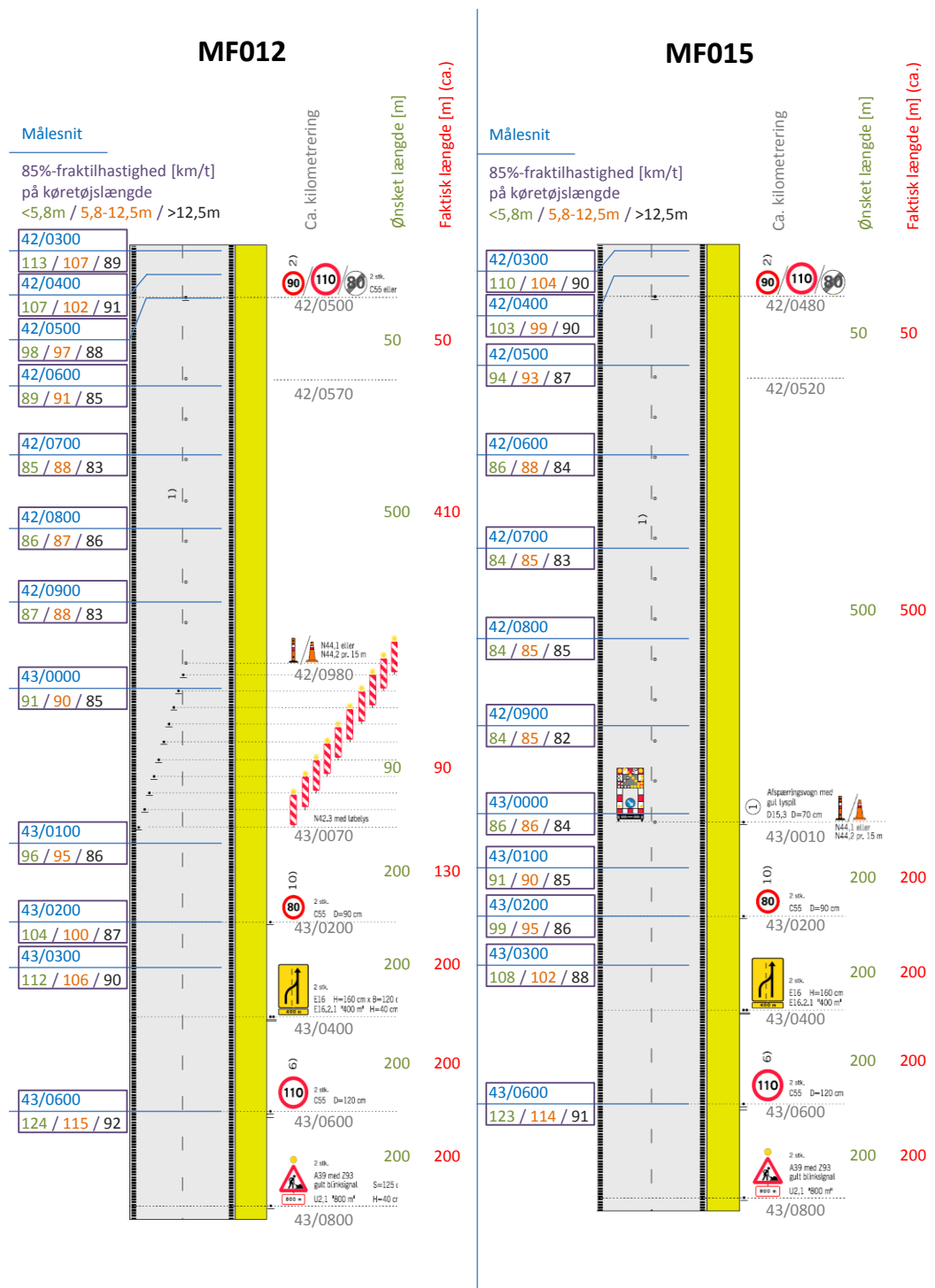
I kø er der ikke forskel på gennemsnitshastighederne på de to opstillinger, hvis hastighederne i snittet med tavlevognen på MF015 sammenlignes med målesnittet omkring kilestrækningens slutning på MF012 (se Figur 73). Det skal bemærkes, at der er relativt få registreringer af mellem og lange køretøjer i forbindelse med kø på MF015.

Gennemsnitshastigheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



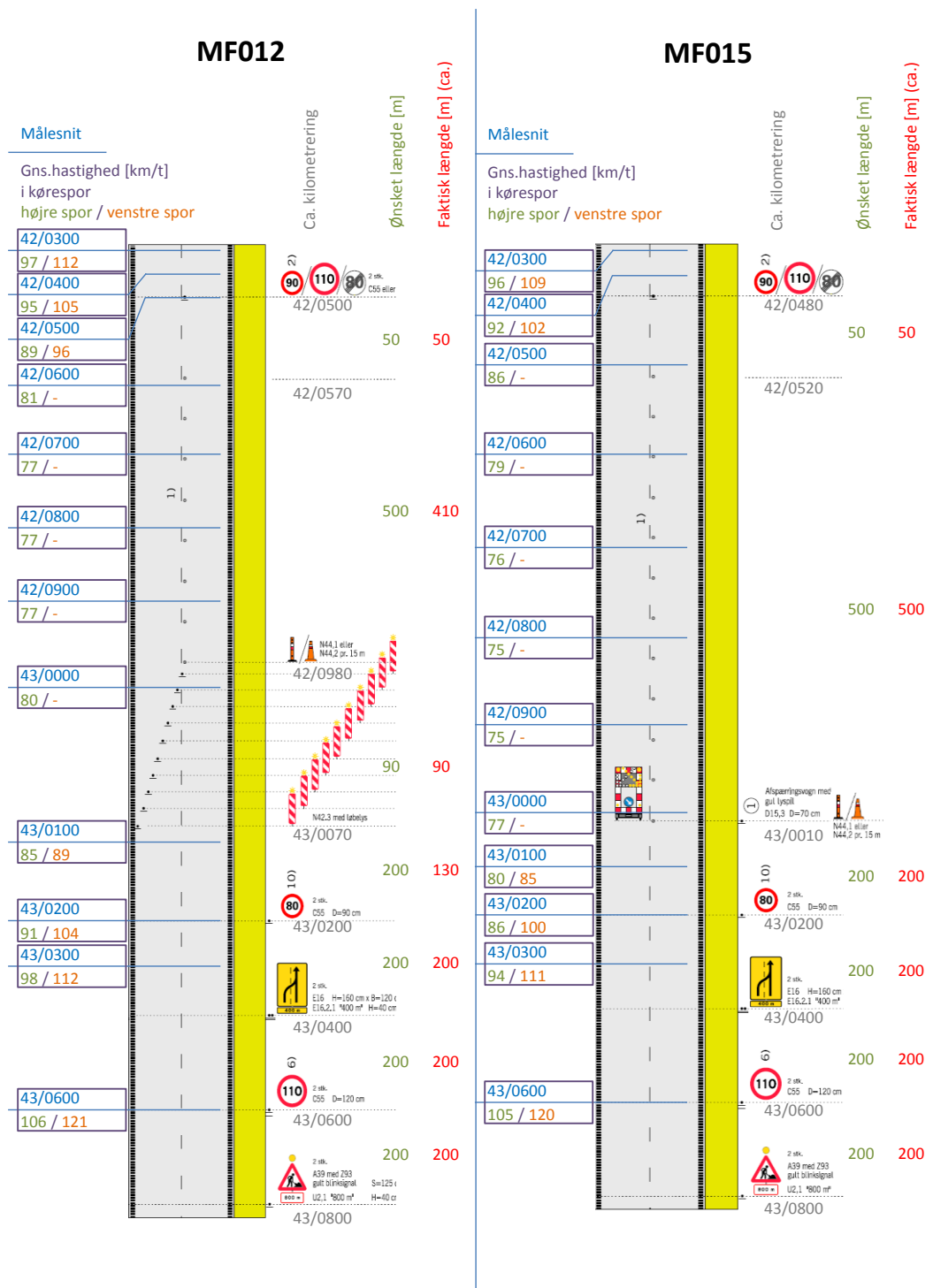
Figur 69: Gennemsnitshastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF012 og MF015 fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

85%-fraktilhastheder i dagtimer 09-17 (ej kø)



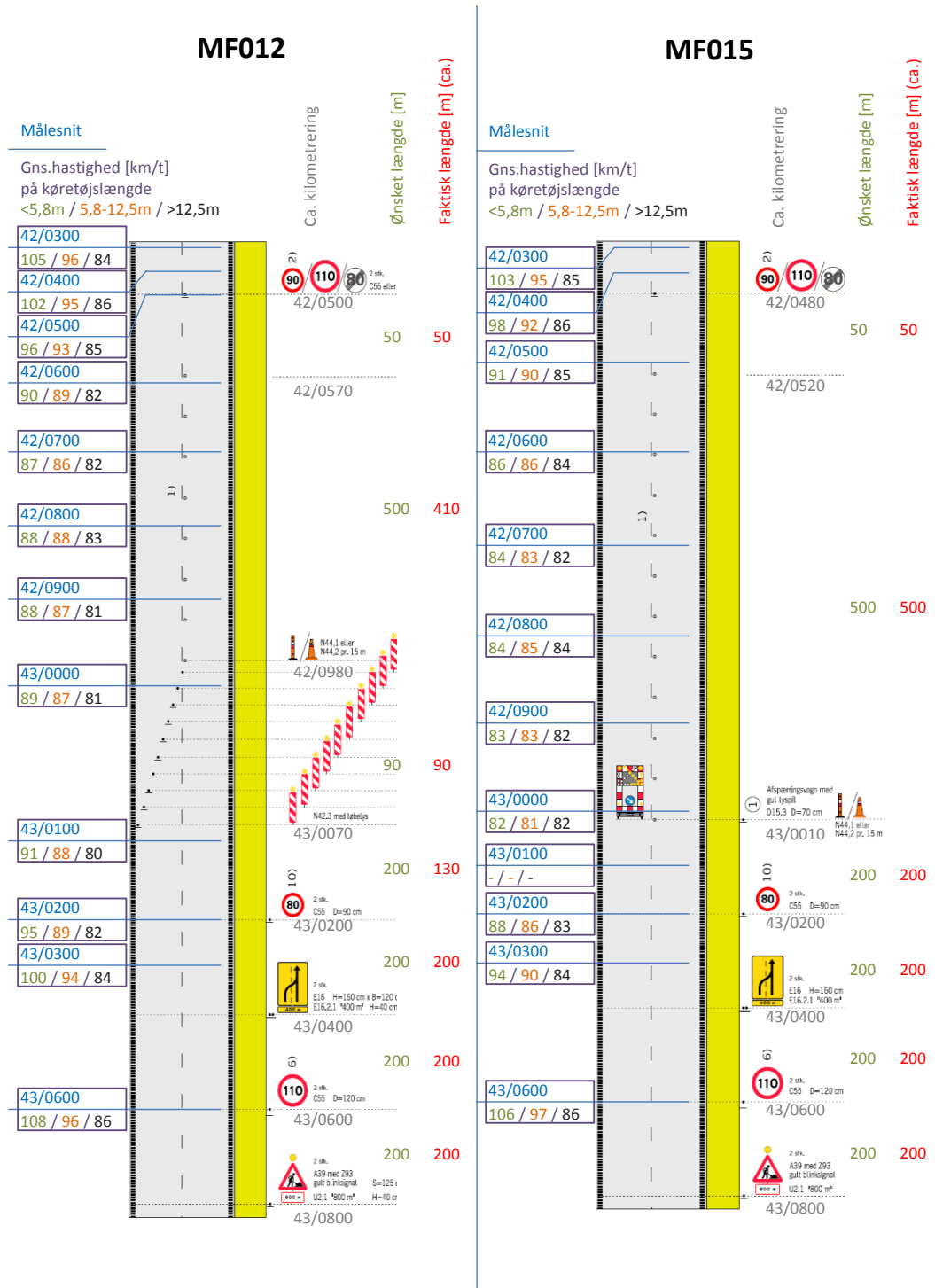
Figur 70: 85%-fraktilhastheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF012 og MF015 fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gns. sporhastighed i dagtimer 09-17 (ej kø)



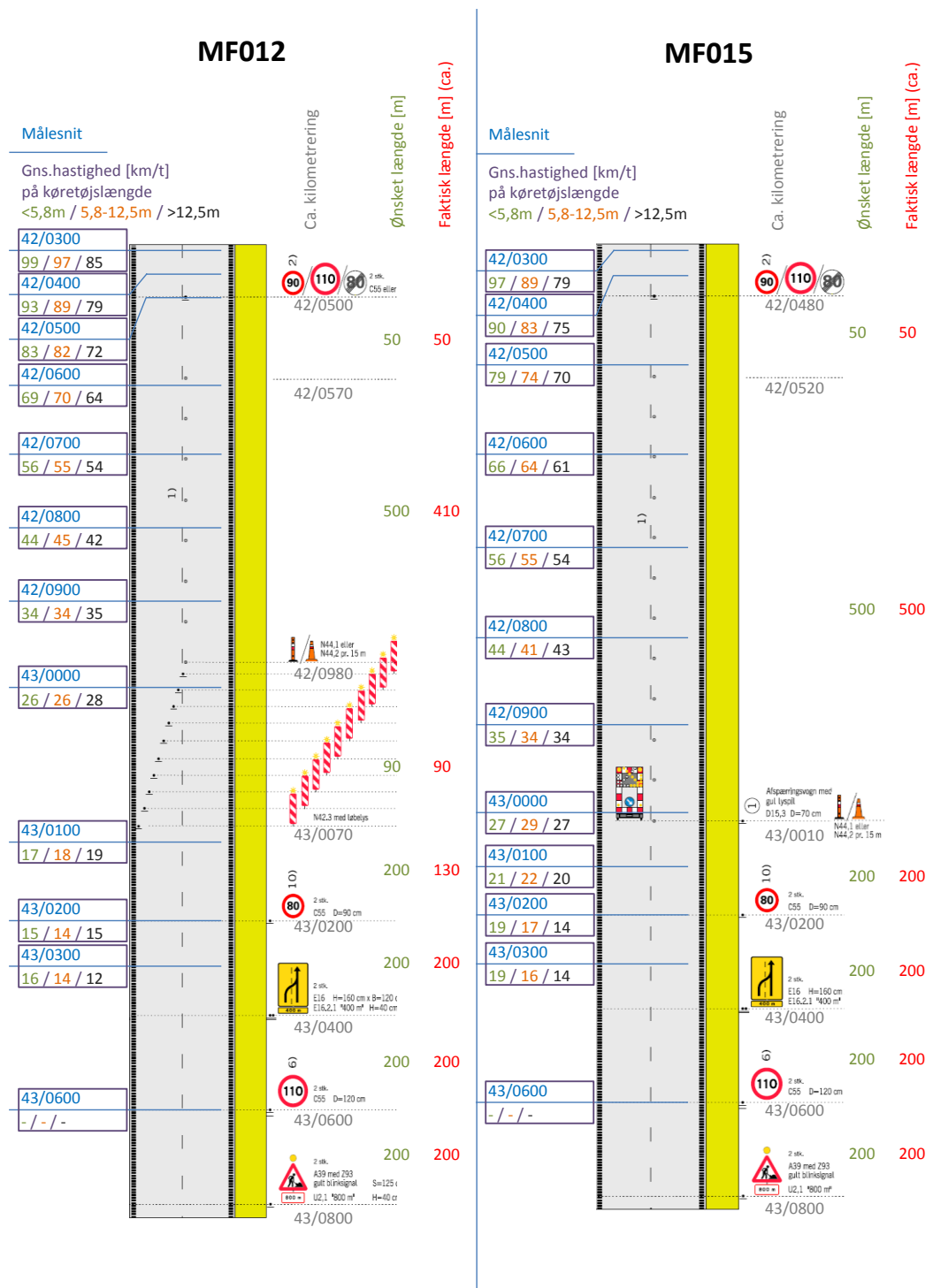
Figur 71: Gennemsnitshastigheder i dagtimer kl. 9-17 (ej kø) for MF012 og MF015 fordelt på højre og venstre kørespor. Alle køretøjer.

Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer 21-05



Figur 72: Gennemsnitshastigheder i aften-/nattetimer kl. 21-5 (mørke/let trafik) for MF012 og MF015 fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange.

Gennemsnitshastigheder i køtrafik



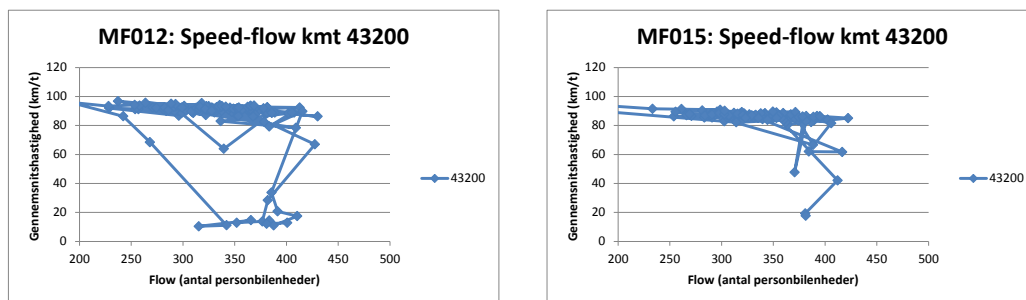
Figur 73: Gennemsnitshastigheder ved kø for MF012 og MF015 fordelt på tre køretøjsgrupper ud fra længde: korte, mellem og lange. Bemærk få mellem og lange for MF015.

4.5.3 Kapacitet

MF012 er observeret med køtrafik i 2,75 timer, men de 1,25 timer er i et tidsrum med mørke, regn og kraftig blæst. I disse 1,25 timer afvikles i gennemsnit 1.400-1.450 pbe/t (min. 1.300 pbe/t). Hvis det antages, at dette er uden for normalen pga. de specielle vejrforhold, er vurderingen, at MF012 kan afvikle 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t ved køtrafik. Det er baseret på observationer med 95 % korte køretøjer.

MF015 er kun observeret med køtrafik i 0,5 timer, og derfor er grundlaget for vurdering af opstillingens kapacitet ved kø spinkelt. I den halve time er der afviklet 1.500-1.550 pbe/t med en lastbilandel svarende til MF012. Det bedste bud er, at MF015 har ca. samme kapacitet ved kø som MF012 og de øvrige opstillinger, der starter med en indsnævring til højre spor, dvs. 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t.

Observeret max-flow i personbilenheder er højere for begge opstillinger end afviklingen i forbindelse med kø. Det observerede max-flow for MF012 er 1.700-1.750 pbe/t. Det er imidlertid ikke i samtlige tidsintervaller ved max-flow, at gennemsnitshastigheden er reduceret i forhold til intervaller med frit flow. For MF015 er det observerede max-flow 1.650-1.700 pbe/t, uden der er tegn på, at trafikken i disse tidsrum bevæger sig på kapacitetsgrænsen. For begge opstillinger er andelen af korte køretøjer lige over 90 % ved observeret max-flow. Af Figur 74 fremgår sammenhængen mellem gennemsnitshastigheder og flow i 43/0200 før opstillingernes flaskehals, dvs. indsnævringen til højre spor.



Figur 74: Speed-flow diagrammer for 15-minutters intervaller i forbindelse med MF012 og MF015 i målesnit 43/0200. Gennemsnitshastighed for alle køretøjer og flow i personbilenheder.

Af speed-flow diagrammerne kan det ses, at det observerede max-flow ligger omkring 425 pbe/15 min svarende til 1.700 pbe/t. Det fremgår også, at denne trafikmængde i nogle situationer synes at ligge på kapacitetsgrænsen med lavere hastigheder og kø til følge, mens trafikmængden i andre tilfælde ikke synes at medføre kapacitetsproblemer.

4.5.4 Konflikter

Der er registreret i alt 16 situationer med konfliktende adfærd ved opstilling MF012 (baseret på 11 timers video) mod 4 for opstilling MF015 (baseret på 12 timers video). Hovedparten af situationerne ved MF012 opstår mellem trafikanter, der foretager et sent vognbaneskift til synlig gene for trafikant i det højre spor, og involverer ofte mere end to trafikanter. I mere end halvdelen af situationerne fuldføres vognbaneskiftet først på selve kilestrækningen.

De fire situationer ved MF015 involverer alle en trafikant, der foretager et vognbaneskift fra venstre til højre spor. I to af de fire situationer er der tale om et sent vognbaneskift, der afsluttes mindre end 100 m fra tavlevognen.

4.5.5 Opsamling

De to opstillinger er næsten identiske med undtagelse af udformningen af indsnævringen til højre kørespor. Ved MF012 anvendes der en 90 m lang kilestrækning med løbelys, mens der til MF015 anvendes en tavlevogn. MF012 giver anledning til senere indfletning i højre spor og højere hastighed omkring indsnævringen sammenlignet med MF015 både i dagslys og i mørke med mindre trafik.

Hastighedsreduktionerne mellem målesnittene er ca. lige store på de to opstillinger, men opbremsningerne påbegyndes tidligere i forhold til indsnævringen på MF015, hvorved trafikanternes hastigheder i indsnævringen er lavere. I køtrafik er gennemkørselshastigheden af opstillingerne ens, og det formodes at begge opstillinger kan afvikle 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t, men datagrundlaget er spinkelt for MF015. Det observerede max-flow for MF012 er ca. 1.700 pbe/t mod ca. 1.650 pbe/t ved MF015. For begge opstillinger indgår data fra tidsrum, der ikke formodes at være på kapacitetsgrænsen, hvorfor et højere max-flow sandsynligvis vil kunne observeres.

MF012 giver anledning til væsentligt flere situationer med konfliktende adfærd end MF015. Årsager til dette kan være væsentligt færre sene vognbaneskift og generelt lidt lavere hastighed frem mod indsnævringen ved MF015 sammenlignet med MF012. Adfærden hænger sandsynligvis sammen med, at tavlevognen er synlig på længere afstand fra indsnævringen end løbelysene i kilestrækningen, i særdeleshed hvis der er (høje) forankørende køretøjer.

4.6 MF002 (TMA i venstre spor)

Resultaterne af testopstillingen med en TMA i venstre kørespor, som kan anvendes ved akut vejarbejde, ses i det følgende. Opstillingen er nærmere beskrevet i *afsnit 2.8*, og et foto af opstillingen kan ses af *Figur 75*.



Figur 75: MF002 – foto af TMA'en i venstre spor.

Adfærden er sammenlignet med en reference svarende til tidsrummene mellem de 5 15-minutters intervaller, hvor hastighedsbegrænsningen ligeledes har været reduceret til 110 km/t. Det betyder, at trafikken under test og reference er fuldstændig sammenlignelig. Dette fremgår også tydeligt af Tabel 6.

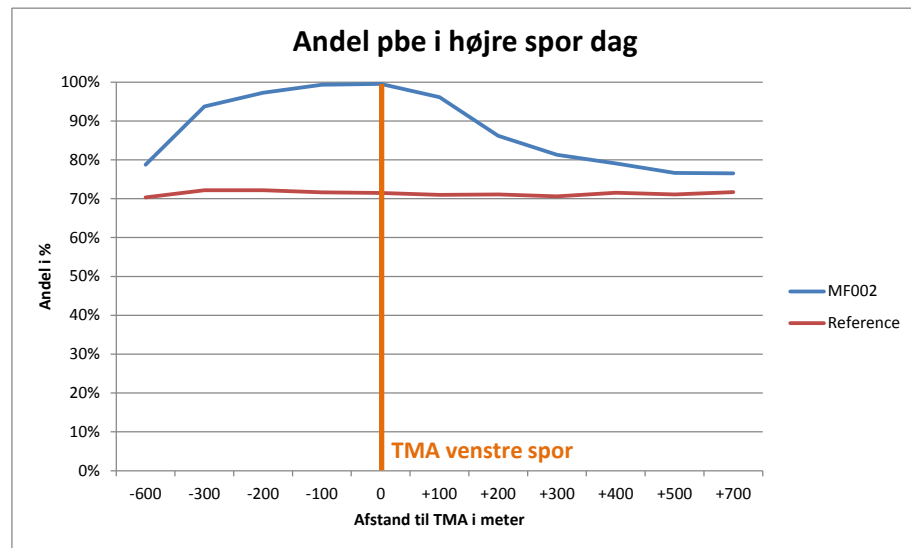
	Gennemsnit pbe/15 min	Minimum pbe/15 min	Maximum pbe/15 min	Andel korte køretøjer	Andel lange køretøjer
MF002	308	255	341	80 %	11 %
Reference	316	260	390	79 %	11 %

Tabel 6: Trafikmængder i 15-minuttersintervaller og andelen af korte og lange køretøjer for de fem testperioder og de fire 45-minuttersintervaller (reference) mellem testene.

Ved én af de fem test stoppede en person i et køretøj med gult blinkende kryds i nødsporet ud for TMA'en i ca. fem minutter. Tidsrummet med denne forstyrrelse er medtaget i undersøgelsen, da data viser, at det ikke har indflydelse på de samlede resultater.

4.6.1 Sporbenyttelse og sene vognbaneskift

Andelen af personbilenheder i højre spor på teststrækningen ved test af MF002 fremgår af Figur 76.



Figur 76: Andelen af personbilenheder i højre spor. MF002 sammenlignet med referencesituation.

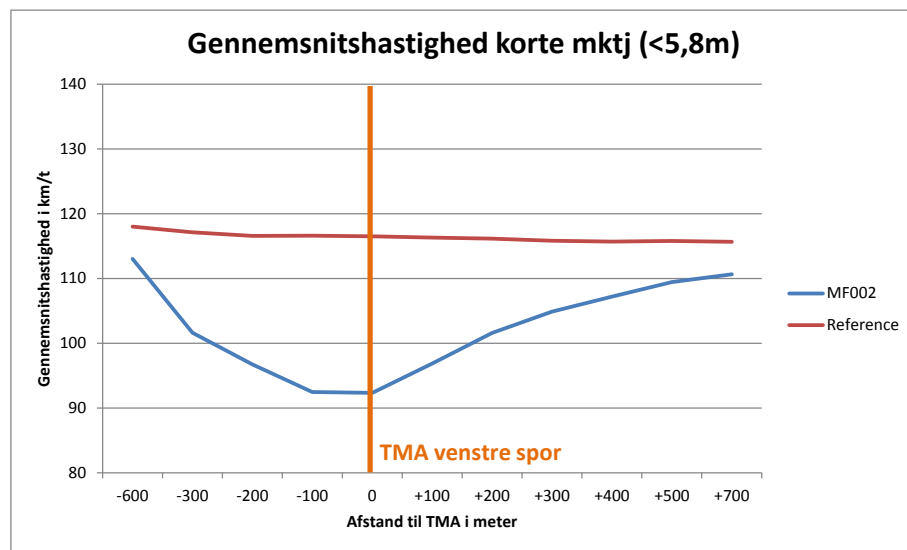
100 m før TMA'en er stort set alle trafikanter trukket ind i højre spor. 600 m før TMA'en er andelen af personbilenheder i højre spor 79 %, hvilket er højere end i referencesituationen. Registreringen af sene vognbaneskit ud fra video viser, at 98 % af alle trafikanter trækker ind i højre spor mere end 100 m før TMA'en.

Trods den manglende forvarsling ser trafikanterne ud til at være forudseende, og de fleste foretager indfletning i god tid.

4.6.2 Hastigheder

Af Figur 77 og Figur 78 fremgår gennemsnitshastigheden for korte køretøjer på tværs af køresporene og gennemsnitshastighederne i køresporene baseret på alle trafikanter.

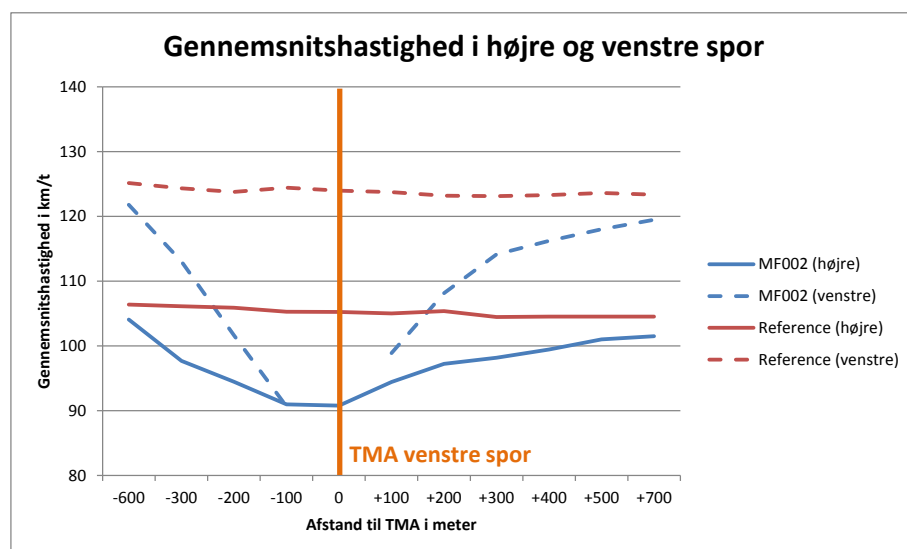
Ved MF002 falder gennemsnitshastighederne for korte køretøjer hen over tests-trækningen frem mod TMA'en sammenlignet med referencen (se Figur 77). I referencen er der et lille fald over strækningen fra 118 til 116 km/t, hvilket sikkert hænger sammen med, at hastigheden nedskiltes fra 130 til 110 km/t i teststrækningen første målesnit, 600 m fra placeringen af TMA'en. For MF002 er gennemsnitshastigheden 113 km/t 600 m før TMA'en, 300 m før er den 102 km/t og 100 m før samt ud for TMA'en er den 92 km/t. Nedbremsningen er således ikke mere kraftig end maksimalt ca. 10 km/t pr. 200 m, og der sker kun en lille ændring omkring selve TMA'en, hvor de sene vognbaneskit foregår. Efter trafikanterne har passeret TMA'en sætter de hastigheden op igen, og 500 m efter TMA'en er den oppe på 106 km/t. 85%-fraktilhastighederne for korte køretøjer følger nøjagtigt samme mønster, men er ca. 13 km/t højere end gennemsnitshastighederne.



Figur 77: Gennemsnitshastigheden ved passage af teststrækningens målesnit for korte køretøjer. I målesnittet -600 neskiltes hastigheden til 110 km/t.

De lange køretøjer reducerer kun gennemsnitshastigheden med 4 km/t ved passage af TMA'en i forhold til de ca. 85 km/t i referencen.

Det er tydeligt, at gennemsnitshastighederne i både højre og venstre kørespor reduceres, når MF002 testes (se Figur 78). Gennemsnitshastigheden falder mest i venstre spor, hvor trafikanterne med de sene vognbaneskift fra venstre til højre spor (max 100 m før TMA) er nede på samme hastighed som trafikanterne, de skal flette ind sammen med.



Figur 78: Gennemsnitshastigheden i højre og venstre kørespor ved passage af teststrækningens målesnit. I målesnittet -600 neskiltes hastigheden til 110 km/t.

4.6.3 Konflikter

Der er ikke registreret konfliktende adfærd for testopstilling MF002.

4.6.4 Opsamling

Testopstillingen, MF002, har ikke givet anledning til konflikter i forbindelse med forsøget, men det skal også understreges, at den samlede testtid på 75 minutter er kort tid.

Spoledata tyder også på en fornuftig samspilsadfærd trafikanterne imellem. Der sker en hastighedsreduktion blandt trafikanterne frem mod TMA'en, men den synes kontrolleret med maksimalt 10 km/t pr. 200 m. Registrering af sene vognbaneskift viser at hele 98 % af alle trafikanter trækker ind i det højre spor mere end 100 m fra TMA'en.

5 Konklusion

I alt er trafikantadfærden undersøgt for 11 forskellige afmærkningskoncepter ved vejarbejde på 4-sporet motorvej.

Opstillingerne er undersøgt ved hjælp af spoledata og videobaserede adfærdsundersøgelser. Spoledata er anvendt til at undersøge sporbenyttelse, trafikanters hastighed og kapacitet. Videobaserede adfærdsundersøgelser er udført i dagtimer på hverdage og anvendes til at undersøge situationer med konfliktende adfærd og sene vognbaneskift / sideværtspacering i højre spor. Det har vist sig, at der for alle opstillinger er en god overensstemmelse mellem de indsamlede spoledata og observationerne foretaget på baggrund af indsamlede videoptagelser.

Der er testet tre grupper af opstillinger.

Den ene gruppe af test indeholder fire opstillinger (MF001) med en afspærring af nødsporet ved brug af en tavlevogn, hvor der på tavlevognen er testet forskellige visninger.

Den anden gruppe af opstillinger indeholder alle indsnævring til et spor, hvor der er foretaget forsøg med reduceret forvarsling, brug af tavlevogne vs. brug af kilestrækning med løbelys og forskellige hastighedsbegrænsninger. Dertil kommer et forsøg med overledning på tværs af midterrabatten til modgående kørespor. De testede opstillinger er MF011, MF012, MF015, MF016, MF016B og MF017B.

Sidste gruppe består kun af testopstillingen med en TMA i venstre spor uden forvarsling til brug ved akut vejarbejde (MF002). Denne opstilling omfatter ligeledes en indsnævring til højre spor, men adskiller sig meget fra de øvrige testopstillinger.

5.1 Tavlevogn i nødspor

De væsentligste resultater for de forskellige testopstillinger med tavlevogn i nødsporet er opsummeret i Tabel 7. I teksten er resultaterne kort uddybet.

Ved test af tavlevognsvisninger i nødsporet observeres vognbaneskift til venstre spor og generel hastighedsreduktion for særligt de korte køretøjer, når de enkelte opstillinger sammenlignes med en referencesituation. Reaktionen er markant større i mørke med mere spredt trafik end i dagtimer. I dagtimer, hvor der er mindre plads til vognbaneskift, er det observeret, at trafikanterne i højre spor trækker mod venstre i køresporet frem mod passage af tavlevognen.

De største reaktioner hos trafikanter observeres, når opstillingen med et fast lyssende kryds (MF001-2) sammenlignes med referencesituationen. I mørke kl. 21-4

flyttes 65 % af de korte køretøjer fra højre til venstre kørespor, og deres gennemsnitshastighed reduceres med 14 km/t, mens 57 % af de lange køretøjer flyttes fra højre til venstre spor.

	MF001-1	MF001-2	MF001-3	MF001-2_fejl
Kendetegn	Blinkende kryds	Fast lysende kryds (m/ toplys)	Slukket kryds	Fast lysende kryds (u/ toplys)
Vognbaneskift pbe kl. 9-17	7 %	8 %	6 %	7 %
Vognbaneskift pbe kl. 21-4	41 %	63 %	28 %	33 %
Vognbaneskift lange kl. 21-4	26 %	57 %	14 %	17 %
Sideværtplacering mod venstre ved passage af tavlevogn*	52 %	74 %	70 %	61 %
Hastighedsreduktion korte kl. 9-17	4 km/t	5 km/t	6 km/t	7 km/t
Hastighedsreduktion korte kl. 21-4	7 km/t	14 km/t	7 km/t	15 km/t
Situationer med konfliktende adfærd**	0 situationer	1 situation	0 situationer	0 situationer

Tabel 7: Opgørelse for de fire testopstillinger sammenlignet med en referencesituation uden tavlevogn i nødsporet. Andel af personbilenheder/lange køretøjer, der foretager vognbaneskift fra højre til venstre kørespor. Andel af trafikanter der ved passage af tavlevogn er placeret til venstre i det højre kørespor. Hastighedsreduktion ved passage af tavlevognen for korte køretøjer. Antal situationer med konfliktende adfærd på 5 timer. *Den tilsvarende andel ligger på 21 % på referencedagen. ** På referencedagen er der 1 situation på 4 timer.

De mindste reaktioner hos trafikanterne ses ved test af et slukket kryds (MF001-3). Sammenlignet med referencesituationen for tidsrummet kl. 21-4 observeres, at 36 % af de korte køretøjer flyttes fra højre til venstre kørespor, og deres gennemsnitshastighed reduceres med 7 km/t. Samtidig er det 14 % af de lange køretøjer, der flyttes fra højre til venstre spor.

I spidstimen falder gennemsnitshastighederne også ved passage af tavlevognen, og ved alle fire test synes kapaciteten at ligge omkring 3.600 pbe/t. Dette er lavere end i referencesituationen, hvor der ved tilsvarende trafikmængder ikke observeres væsentlig reduktion i gennemsnitshastighederne.

Det er ikke observeret, at testene af tavlevogn i nødsporet forårsager en stigning i antallet af situationer med konfliktende adfærd mellem trafikanterne i dagtimer.

5.2 Indsnævring til ét spor

I det følgende præsenteres kort en vurdering af betydning af følgende parametre:

- Reduceret forvarsling sammenlignet med standardforvarsling
- Indsnævring ved tavlevogn sammenlignet med brug af kilestrækning med løbelys

- 80 km/t gennem vejarbejdszonen sammenlignet med nedskiltning til 50 km/t lige efter indsnævring
- Udvidelse af standardopstillingen med overledning på tværs af midteradskillelsen til modgående kørespor

En kort opgørelse af de væsentligste sammenligningsparametre fremgår af Tabel 8. I de efterfølgende afsnit fremgår en uddybning af resultaterne.

	Reduceret forvarsling	Tavlevogn	80 km/t gennem vejarbejdszone	Overledning
Andel i venstre spor 200 m før indsnævring kl. 9-17	Højere	Lavere	Uændret	Ej undersøgt
Andel i venstre spor 200 m før indsnævring kl. 21-5	Uændret	Lavere	Uændret	Ej undersøgt
Sene vognbaneskift	Flere	Færre	Uændret	Ej undersøgt
Udnyttelse af begge spor frem til indsnævring ved kø	Bedre	Dårligere	Uændret	Uændret*
Hastighed lige før indsnævring	Uændret	Lavere	Uændret	Uændret
Hastighed gennem vejarbejdszone	Uændret	Lavere	Højere	Ej sammenlignelig
Efterlevelse af hastighedsgrænse gennem vejarbejdszone	Uændret	Bedre	Bedre	Uændret
Ensartethed i trafikanttypers hastighed i vejarbejdszone	Uændret	Uændret	Uændret	Mindre
Kapacitet ved kø	Uændret	Uændret	Uændret	Lavere
Situationer med konfliktende adfærd	Uændret, men flere ved indfletning	Færre	Færre	Ej undersøgt

Tabel 8: Betydningen af de fire forskellige tiltag i forhold til standardopstilling. *Baseret på ét målesnit.

5.2.1 Reduceret forvarsling

Forsøget med at reducere forvarslingen fra fire tavlesnit over 800 m til to tavlesnit over 300 m kan bedst vurderes ved at sammenholde henholdsvis MF016B og MF017B.

Den reducerede afmærkning medfører, at en større del af trafikanterne foretager sene vognbaneskift kort før indsnævringen. Forskellen er mest udtalt i dagtimer, og generelt observeres flere sene vognbaneskift i tæt trafik.

Der observeres også en senere tilpasning af hastigheden ved reduceret afmærkning. Ved reduceret afmærkning er tavlesnittet med hastighedsbegrænsning på 80 km/t placeret i samme afstand fra indsnævringen, men et tavlesnit med 110 km/t er udeladt. Det betyder, at trafikanterne (i særdeleshed de korte køretøjer) har en kraftigere opbremsning frem til indsnævringen. Fra ca. 30 m før kilestrækningens

start og gennem resten af testopstillingen (identisk for de to opstillinger) er hastighedsprofilen ens.

Det er ikke observeret, at den reducerede forvarsling betyder en ændring af kapaciteten ved kø sammenlignet med standardafmærkningen. Begge opstillinger afvikler ca. 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t i forbindelse med kø, og observeret max-flow er på 1.700-1.800 pbe/t.

Der er registreret ca. samme antal situationer med konfliktende adfærd ved de to opstillinger, men konflikternes kendetegn er lidt forskellige. Standardforvarslingen har en overvægt af konflikter, hvor trafikanter er tæt på at påkøre en forankørendes bagende pga. manglende erkendelse af kø/langsom trafik. Opstilling med reduceret forvarsling har en klar overvægt af konflikter i forbindelse med indfletning, hvilket er i overensstemmelse med de flere sene vognbaneskift. Der synes at være en del trafikanter, der sent erkender sporreduktionen (evt. pga. forankørende), og derfor har en meget kort strækning til at reagere på og flette ind mellem trafikanterne i højre spor.

5.2.2 Indsnævring ved tavlevogn eller kilestrækning med løbelys

To opstillinger er en direkte sammenligning af brug af tavlevogn (MF015) og brug af kilestrækning med løbelys (MF012), hvor trafikken føres gennem den fiktive vejarbejdszone i højre kørespor. Dertil kommer to opstillinger med indsnævring til højre kørespor og derefter forsætning til venstre. Ved sammenligning af disse to opstillinger skal det tages i betragtning, at opstillingen med tavlevogn ved indsnævring og TMA i forsætning (MF011) har hastighedsbegrænsning på 80 km/t, mens opstillingen med kilestrækninger (MF016B) har yderligere nedskiltning af hastigheden til 50 km/t lige efter indsnævringen til højre kørespor.

På baggrund af alle fire opstillinger er det tydeligt, at trafikanter i venstre kørespor fletter ind i højre spor i bedre tid i forhold til indsnævring, når der benyttes tavlevogn. Det er mest udtalt i dagtimer, hvor trafikken er mere ligeligt fordelt på de to kørespor, men det gælder også i aften- og nattetimer. På videomaterialet er det observeret, at en væsentligt højere andel af trafikanterne fuldfører vognbaneskiftet på de sidste 100 m frem mod indsnævring, når denne udgøres af en kilestrækning. En tredjedel af disse sene vognbaneskift fuldføres først på selve kilestrækningen. I kø er det imidlertid også observeret, at trafikanterne fletter ind i højre spor længere fra indsnævring ved tavlevogn, mens trafikanterne i større udstrækning fordeler sig i begge kørespor helt frem til indsnævringen, når denne udgøres af en kilestrækning.

Indsnævring ved tavlevogn får trafikanterne til at nedsætte hastigheden tidligere end indsnævring med kilestrækning og løbelys. Blandt korte køretøjer synes hastighedsforskellen at være 5-10 km/t ved sammenlignelige målesnit frem mod

tavlevognen/kilestrækningens start. For længere køretøjer er hastighedsforskellen mindre, men stadig tydelig.

Umiddelbart tyder analysen ikke på, at brugen af tavlevogn ved indsnævring påvirker, hvor meget trafik der kan afvikles i forbindelse med kø. Testede opstillinger med kilestrækning og løbelys i indsnævring afvikler ca. 1.550-1.600 pbe/t \pm 100 pbe/t, uanset om trafikken gennem vejarbejdszonen afvikles i højre kørespor eller flyttes fra højre til venstre kørespor. Brug af tavlevogn påvirker kun dette i begrænset omfang. Ved MF011 afvikles der ca. 50 pbe/t mere, mens der ved MF015 afvikles ca. 50 pbe/t mindre end ved kilestrækning. Datagrundlaget for MF015 er dog spinkelt. Det bemærkes, at observationerne i forbindelse med kø primært er baseret på weekendtrafik med en lav lastbilandel, og ca. 95 % korte køretøjer. Data antyder, at der afvikles flere personbilenheder ved kø fredag eftermiddag, hvor lastbilandelen er noget højere.

Indsnævring ved tavlevogn giver anledning til langt færre situationer med konflikter end indsnævring ved kilestrækning og løbelys. Dette synes tydeligt, også når der tages hensyn til trafiktætheden. Det hænger udmærket sammen med, at trafikanterne har færre sene vognbaneskift frem mod indsnævringen og reducerer deres hastighed på et tidligere tidspunkt. Mulige forklaringer på den mere hensigtsmæssige adfærd kan være, at tavlevognen er lettere at se, mens en forankørende kan gøre det svært at se løbelyset og dermed afstanden til indsnævringen. I forbindelse med flere konflikter, men også baseret på generelle observationer af trafikken, bemærkes det, at nogle trafikanter i venstre spor tilsyneladende overraskes af indsnævringen med kilestrækning, når en forankørende fletter ind til højre kørespor og giver frit udsyn. Problemet er særlig tydeligt, hvis den forankørende er en varebil, bus eller lastbil. Desuden kan det være lettere for trafikanterne at vurdere, hvor sporreduktionen egentlig er ved brug af en tavlevogn end en kilestrækning. Endelig kan det have betydning for trafikanternes adfærd, at konsekvenserne ved at påkøre en tavlevogn er større end ved påkørsel af kegler med løbelys.

Indsnævring med kilestrækninger med løbelys er tidligere blevet sammenlignet med indsnævring med tavlevogn⁴. Disse studier viste, at indsnævring med tavlevogn medførte en lavere kapacitet ved afvikling af kø. Samtidig blev det observeret, at trafikanterne ved indsnævring med tavlevogn var dårligere til at holde deres kørespor frem til indsnævringen, hvilket medførte en højere grad af chikanekørsel. Nærværende studie har ikke indbefattet observationer af køtrafikken, men det fremgår dog ligeledes, at trafikanterne tidligere skifter til højre kørespor i forbindelse med kø forud for indsnævring med tavlevogn. Til gengæld observeres færre situationer med konflikter og ingen kapacitetsforskel. En vigtig faktor og mulig forklaring på de forskelligartede resultater kan være, at den tidligere undersøgelse⁴ baserede sig på data fra opstillinger midt inde i et større vejarbejdsområde, hvor trafikanterne frem til opstillingerne havde en hastighedsbegræns-

⁴ "Kapacitet på motorvej – Kapacitet ved kortvarige afspærringer og forskellige sporkonfigurationer", Poul Greibe, Trafitec, version: 24. august 2015

ning på 80 km/t og var vant til hyppige omlægninger af trafikken. Ved nærværende undersøgelse har trafikanterne ikke været vant til vejarbejde på teststedet, og hastighedsbegrænsningen har været 130 km/t helt frem til testopstillingerne.

5.2.3 Hastighedsbegrænsning på 50/80 km/t

To opstillinger er testet, hvor hastighedsbegrænsningen reduceres fra 80 km/t til 50 km/t 100 m efter indsnævringen til højre kørespor og dermed før forsætningen til venstre (MF016B og MF017B). Til sammenligning er den tilladte gennemkørselshastighed 80 km/t hele vejen gennem opstillingen ved MF011, hvor der dog også anvendes tavlevogn i indsnævring og TMA i forsætning i stedet for kilestrækning med løbelys. Dertil kommer de to opstillinger, hvor der indsnævres til højre kørespor (MF012 med kilestrækning og MF015 med tavlevogn), hvor hastighedsbegrænsningen ligeledes er 80 km/t gennem opstillingen. Frem til og med indsnævringen til højre spor er MF016B og MF012 identiske.

Gennemkørselshastigheden varierer mellem de forskellige opstillinger. For hver opstilling gælder dog, at korte, mellem og lange køretøjer har samme gennemkørselshastighed. Hvor trafikanterne generelt kører for stærkt gennem vejarbejdszonen med grænse på 50 km/t, respekteres hastighedsgrænsen i langt højere grad ved en grænse på 80 km/t. På MF016B og MF017B er gennemsnitshastighederne omkring 60 km/t i dagtimer, men dog ca. 5 km/t lavere omkring forsætningen fra højre til venstre spor. På MF011 er gennemsnitshastighederne i dagtimer omkring 75 km/t, lavest frem mod forsætningen fra højre kørespor til venstre. Også for de to opstillinger (MF012 og MF015), hvor der kun indsnævres til højre kørespor, er gennemsnitshastigheden under 80 km/t efter indsnævringen i dagtimer. Hastighedsspredningen gennem vejarbejdszonen er ca. 1 km/t højere, når der anvendes en begrænsning på 80 km/t sammenlignet med en grænse på 50 km/t.

Hastighedsbegrænsningen på 50 km/t eller 80 km/t synes ikke at betyde noget for kapaciteten ved kø, når der er indsnævring til ét kørespor, da hastighederne ved kø er væsentligt under 50 km/t i flaskehalsen. Til gengæld kan kapacitetsgrænsen for, hvornår kø opstår, muligvis være lidt højere, hvis begrænsningen er 80 km/t gennem hele opstillingen. Der er observeret højere max-flow inden kødannelse på MF011 end på MF016B og MF017B.

Sammenlignes de tre opstillinger med kilestrækning og løbelys i indsnævringen til højre spor, er der færre situationer med konfliktende adfærd på MF012 end på MF016B og MF017B. Nedskiltningen til 50 km/t lige efter indsnævringen medfører en kraftig opbremsning blandt trafikanterne på MF016B og MF017B sammenlignet med MF012. Denne opbremsning synes at være en medvirkende årsag til konflikter, fordi den synes at overraske trafikanter, der foretager sen indfletning. Trafikanter i højre spor lader også til at blive overrasket over den langsomme forankørende trafik, hvorved bagendekollisioner er tæt på at opstå. En del af forkla-

ringen kan dog også være, at der er observeret mere tæt trafik ved MF016B og MF017B.

5.2.4 Overledning

En testopstilling med overledning over vejmidten (MF016) er blevet undersøgt. Denne opstilling er identisk med MF016B med hensyn til forvarslings, indsnævring til højre kørespor og til og med forsætning til venstre spor.

Der synes at være en forskel på de to opstillinger kapacitet ved kø. MF016 synes at kunne afvikle 1.450-1.500 pbe/t \pm 100 pbe/t, og det lader til at være omkring 100 pbe/t mindre end MF016B. Den væsentligste årsag til denne forskel formodes at være, at trafikanterne sætter hastigheden ned forud for overledningen over vejmidten. Lige ved overledningen kører de korte køretøjer 41 km/t og lange 33 km/t. Ved kø er forskellen dog kun 3 km/t, henholdsvis 30 km/t og 27 km/t. Belægningens stand samt ujævnheder i selve overledningen kan tænkes at have stor betydning for trafikanternes valg af hastigheder, hvilket kan påvirke kapaciteten.

5.3 TMA i venstre spor ved akut vejarbejde

Testopstillingen, MF002, består af en TMA placeret i venstre spor i fem tidsintervaller af 15 minutter i dagtimer uden for myldretid uden anden forvarslings end nedsættelse af hastighedsbegrænsning til 110 km/t.

Måledata tyder på en fornuftig samspilsadfærd trafikanterne imellem. Der er registreret få sene vognbaneskift. Ligeledes sker en hastighedsreduktion blandt trafikanterne frem mod TMA'en, men den synes kontrolleret med maksimalt 10 km/t pr. 200 m. Passagen af TMA'en sker med en gennemsnitshastighed på lidt over 90 km/t blandt de korte køretøjer, mens de lange køretøjers gennemsnitshastighed ikke påvirkes af TMA'ens tilstedeværelse.

Der er ikke registreret konflikter, men opstillingen er kun testet i sammenlagt 75 minutter, hvorfor datamængden er begrænset.

5.4 Opsamling

Tavlevogn i nødsporet (MF001) giver ikke anledning til konfliktende adfærd, men trafikanterne reagerer på tavlevognen ved at trække mod venstre ved passage. Trafikanterne har den største reaktion i mørke, og visningen på tavlevognen har betydning for, hvor mange der skifter til venstre spor. MF001-2 (fast lysende kryds) medfører størst reaktion hos trafikanterne, mens MF001-3 (slukket kryds) medfører mindst reaktion.

Reduceret forvarsling frem mod indsnævring til ét spor (MF017B) medfører, at trafikanterne nedsætter hastigheden og fletter ind i højre spor senere i forhold til indsnævringen, når der sammenlignes med standardforvarslingen (MF016B). Dette synes at give anledning til flere alvorlige situationer med konfliktende adfærd ved indfletning.

En tavlevogn i indsnævring i stedet for kilestrækning med løbelys medfører tidligere indfletning til højre spor og lavere hastigheder i indsnævring, sandsynligvis pga. større synlighed af indsnævringen. Mønstret ses ved at sammenholde to opstillinger med tavlevogn (MF011 og MF015) med to opstillinger med kilestrækning og løbelys (MF012 og MF016B). Tavlevognen giver anledning til væsentligt færre situationer med konfliktende adfærd.

Opstillinger med begrænsning på 80 km/t (MF011, MF012 og MF015) sammenlignes med opstillinger med grænse på 50 km/t (MF016B og MF017B). Det ses, at hastighedsbegrænsning på 80 km/t gennem vejarbejdszonen medfører højere hastighed gennem vejarbejdszonen, men ikke ved indsnævringen. Efterlevelsen af hastighedsbegrænsningen er bedre. Nedskiltningen til 50 km/t lige efter indsnævringen formodes at øge antallet af situationer med konfliktende adfærd i indsnævringen.

Overledningen over vejmidten (MF016) medfører en lavere kapacitet ved kø på ca. 100 pbe/t end tilsvarende opstilling, hvor trafikanterne kører gennem vejarbejdszonen i venstre spor (MF016B). Opbremsning blandt lange køretøjer ved overledningen formodes at være årsagen.

Kortvarig afspærring af venstre spor ved akut vejarbejde (MF002) i dagslys uden for myldretid synes ikke at give anledning til situationer med konfliktende adfærd. Trafikanterne fletter tidligt til højre spor og tilpasser hastigheden.