

Test af afmærkning af vejarbejde på 4-sporede motorveje – Del 3

Trafikafvikling ved test af smalle spor



Thomas Skallebæk Buch
Poul Greibe
Belinda la Cour Lund

12. oktober 2017

<p>Titel: Test af afmærkning af vejarbejde på 4-sporede motorveje – Del 3</p> <p>Forfatter(e): TSB, PGR, BL</p> <p>Publiceringsdato: 12. oktober 2017</p> <p>Sprog: Dansk</p> <p>Antal sider: 76</p> <p>Rekvirent/finansiel kilde: Vejdirektoratet</p> <p>Projekt: Test af afmærkningskoncepter – Del 3</p> <p>Kvalitetssikring: LH</p> <p>Emneord: Vejarbejde, motorvej, smalle spor, kapacitet, trafikantadfærd, hastighed, sporbenyttelse, konflikter</p> <p>Resumé:</p> <p>Undersøgelse af i alt 3 testopstillinger med smalle spor ved vejarbejde på 4-sporet motorvej. Hovedformålet med projektet er at undersøge, hvad bredden af venstre spor og den fri sidebredde betyder for motorvejens kapacitet.</p> <p>Undersøgelsen bygger på 1) spoledata fra 5 målesnit (3 før og 2 efter strækningen med smalle spor) og 2) videoobservationer.</p> <p>Ved test af smalle spor kører en større andel af trafikanterne i højre spor sammenlignet med "normalt" tværprofil. Hastighedsgrænsen nedskiltes til 80 km/t frem mod de smalle spor. På strækningen frem mod de smalle spor er trafikanternes gennemsnitshastighed over den skilte grænse på 80 km/t.</p> <p>Kapacitetsgrænsen reduceres med ca. 5 % i forhold til "normal" motorvej ved test af opstillingen med det smalleste venstre spor og mindst fri sidebredde. En forøgelse af såvel den fri sidebredde som bredden af det venstre spor synes at øge vejens kapacitet i forhold til opstillingen med det smalleste venstre spor og mindst fri sidebredde.</p> <p>Videoobservationer benyttes til at vurdere situationer med konfliktende adfærd frem mod og gennem de smalle spor. Der er observeret få situationer med konfliktende adfærd.</p>	<p>Title: Test of Marking Concepts in relation to Road Work on 4-laned Highways – Part 3</p> <p>Author(s): TSB, PGR, BL</p> <p>Report date: October 12, 2017</p> <p>Language: Danish</p> <p>No. of pages: 76</p> <p>Client/financial source: The Danish Road Directorate</p> <p>Project: Test of Marking Concepts – Part 3</p> <p>Quality management: LH</p> <p>Key words: Road work, Freeway, Narrow Lanes, Capacity, Road User Behavior, Speed, Lane Usage, Conflicts</p> <p>Abstract:</p> <p>Study of a total of 3 marking concepts with narrow lanes in relation to road works on 4-laned freeways. The aim of the project is to study how width of the left lane and the lateral clearance affects the capacity of the freeway.</p> <p>The study is based on 1) loop detector data from 5 traffic counting points (3 before and 2 after the segment with narrow lanes) and 2) video observations.</p> <p>During the test of narrow lanes, a greater share of the road users chooses the right lane compared to when standard cross section is in use. The speed limit is reduced to 80 km/h before narrowing the lanes. The road users average speed is higher than the speed limit of 80 km/h when approaching the narrow lanes.</p> <p>The capacity limit is reduced by about 5% compared to a "standard" freeway when using the concept with the narrowest left lane as well as lateral clearance. Larger lateral clearance and wider lane width seems to increase capacity compared to the concept with the narrowest left lane as well as lateral clearance.</p> <p>Video observations are used to point out situations with conflicting behavior between road users when approaching and driving through the segment with narrow lanes. Only a few situations with conflicting behavior is observed.</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
3 Metode	15
3.1 Teststrækning.....	15
3.2 Gennemførelse af test	17
3.3 Dataindsamling og databehandling.....	17
3.3.1 Spoledata.....	18
3.3.2 Videobaseret adfærdsundersøgelse.....	22
3.3.3 Eyetrackkørsler	24
3.3.4 Sammenlignelighed mellem testopstillinger.....	24
4 Resultater.....	27
4.1 Sporbenyttelse.....	27
4.2 Hastigheder	32
4.3 Kapacitet	39
4.3.1 Det maksimalt observerede flow	42
4.3.2 Kø	42
4.3.3 Trafik tæt på kapacitetsgrænse	43
4.3.4 Speed-flowsammenhænge	46
4.3.5 Benyttelse af Van Aerde modellen	50
4.4 Situationer med konfliktende adfærd.....	54
4.5 Eyetrackkørsler	57
4.6 Tysk simulatorstudie af smalle spor	58
4.7 Opsamling.....	61
Bilag 1: Tabeller – sporbenyttelse	63
Bilag 2: Tabeller – hastigheder.....	67

Sammenfatning

Trafitec har for Vejdirektoratets Trafikdivision foretaget en evaluering af trafikantadfærd i forbindelse med anvendelse af smalle spor under vejarbejde på en 4-sporet motorvej. Disse test udgør Del 3 af et større testprogram til afprøvning af forskellige afmærkningskoncepter ved vejarbejde på 4-sporet motorvej. Del 1 bestod af test af 11 afmærkningskoncepter og er afrapporteret i notatet: *Test af afmærkningskoncepter for vejarbejde på 4-sporede motorveje* (Trafitec, 23. maj 2016). Del 2 er et supplement med test af yderligere fem afmærkningskoncepter ved vejarbejde og er afrapporteret i et andet notat: *Test af afmærkningskoncepter for vejarbejde på 4-sporede motorveje – Del 2* (Trafitec, 23. september 2016).

Hovedformålet med Del 3 er at undersøge, hvad bredden af smalle spor og den fri sidebredde betyder for motorvejens kapacitet.

Testopstillinger

Flere forhold har betydning for kapaciteten for en strækning med smalle spor gennem vejarbejde, herunder sporbredde, fri sidebredde, udformning af forsætninger, vejarbejdets intensitet, trafiksammensætning mm. I dette forsøg ændres der på bredden af kørespor og den fri sidebredde, mens alle øvrige forhold fastholdes. Den normale sporbredde er 3,50 m for begge kørespor, mens den fri sidebredde er over 1,80 m. Tre opstillinger er testet. Bredden af venstre spor samt den fri sidebredde fremgår af Tabel 1, mens en principskitse for opstillingerne kan ses i Figur 2, side 13. Højre spor er reduceret til 2,90 m i alle tre opstillinger.

Opstilling	Sporbredde venstre spor	Sporbredde højre spor	Fri sidebredde
Opstilling 1	2,45 m	2,90 m	0,00 m
Opstilling 2	2,45 m	2,90 m	0,75 m
Opstilling 3	2,75 m	2,90 m	0,00 m

Tabel 1: I de tre testopstillinger er der anvendt to forskellige sporbredder af venstre spor og to forskellige størrelser af den fri sidebredde, dvs. afstand mellem kantlinje og N42. Sporbredde af højre spor er reduceret til 2,90 m for alle tre opstillinger.

For alle opstillinger er strækningen med smalle spor 200 m lang, og indsnævringen til de smalle spor strækker sig over 100 m.

Metode

Testopstillingerne er undersøgt i forbindelse med et fingeret vejarbejde på Sydmotorvejen syd for Lellinge, hvor Vejdirektoratet har fået etableret en teststrækning med tolv spolesnit, så det er muligt at indsamle data om trafikanter frem mod og gennem den afmærkede vejarbejdszone. Der har ikke været arbejdende folk på stedet under test af opstillingerne. Data er indsamlet ved hjælp af spoletællinger. Der er suppleret med videoobservationer fra en morgenmyldretid for Opstilling 1 og 2, mens Opstilling 3 er gennemkørt af to testbilister i en bil med eyetrackudstyr.

I Del 3 er der anvendt data fra fem spolesnit. Spolesnits placering i forhold til afmærkningskoncepternes elementer fremgår af Figur 6, side 18. Tre spolesnit er placeret før strækningen med smalle spor for at vurdere trafikanternes adfærd frem mod indsnævringen. Spolesnittene er placeret henholdsvis 600 m, 300 m og 100 m før starten af de smalle spor. To spolesnit efter strækningen med smalle spor benyttes primært til at sikre, at den observerede adfærd ikke skyldes tilbagestuvning i forbindelse med kødannelser længere fremme på motorvejsstrækningen. Det har ikke været muligt at benytte spoledata på selve strækningen med smalle spor, da spolerne er placeret i forhold til de normale kørespor, og indsnævringen medfører en forskydning af sporene.

Opstillingerne er testet i maj 2017. Der er udført målinger over tre hverdage pr. opstilling, således der indgår spoledata for morgentimer fra tre hverdage samt dag-, aften- og nattetimer fra to hverdage. Det er således meningen, at forsøgene skal ligne et midlertidigt driftsarbejde. Derfor har der også været indlagt pause mellem test af de tre opstillinger, således trafikanterne ikke når at vænne sig til vejarbejde på teststrækningen. I testperioden er der desuden indsamlet referencemålinger fra hverdage med ”normalt” vejforløb.

Spoledata grupperes i intervaller på femten minutter, og på baggrund af disse data foretages der opgørelser for:

- Sporbenyttelse
- Hastigheder (gennemsnit, 85%-fraktil, spredning)
- Kapacitet

Til analyserne af kapacitet suppleres med spoledata grupperet i 5-minutters intervaller.

Køretøjerne grupperes 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

Videooptagelserne under test af Opstilling 1 og 2 dækker de sidste ca. 275 m frem mod de smalle spor samt strækningen med smalle spor. Ud fra videooptagelserne registreres situationer med konfliktende adfærd mellem trafikanter på én morgen i myldretidstrafikken.

Resultater

Sporbenyttelse og hastigheder ved test af de tre testopstillinger adskiller sig fra referencedagene, hvilket er forventeligt, da vejforløb, afmærkning og hastighedsgrænse er ændret. Til gengæld synes der kun at være små forskelle på adfærden afhængig af, hvordan de smalle spor er udformet i de tre testede opstillinger.

Sporbenyttelse:

Trafikanternes sporbenyttelse frem mod og efter de tre testopstillinger er stort set identisk for Opstilling 1, 2 og 3. Opstilling 2 med den største fri sidebredde medfører en lidt større andel af korte køretøjer i venstre spor end Opstilling 1 og 3. Dette ses imidlertid allerede 600 m før de smalle spors start, hvor det skønnes at være umuligt for trafikanterne at vurdere størrelsen af den fri sidebredde.

De smalle spor reducerer andelen af trafikanter, der placerer sig i det venstre spor i forhold til referencemålinger både i dagtimer uden for myldretiden, i spidsbelastningen og i mørke. En væsentlig undtagelse er dog i mørke og tynd trafik i målesnittet 100 m før de smalle spor, hvor andelen af trafikanter registreret i venstre spor er større end i referencen. Dette gælder alle tre køretøjskategorier, men forskellen er størst for mellem og lange køretøjer. Det er en mulighed, at trafikanterne ikke foretager et reelt vognbaneskift til venstrespor, men blot placerer sig mellem køresporene. I dagtimerne er andelen af trafikanter i venstre spor lavest 300 m og 100 m før de smalle spors start, hvor den er reduceret med ca. en fjerdedel i forhold til referencen. I spidsbelastningen er andelen af trafikanter i venstre spor stort set konstant i teststrækningens målesnit.

Hastighed:

Gennemsnitshastighederne frem mod de tre testopstillinger varierer kun en anelse afhængig af opstilling. Hastighederne reduceres generelt i takt med, at hastighedsgrænsen nedskiltes, men på delstrækningen med en grænse på 80 km/t køres der væsentligt over hastighedsgrænsen. Nedskiltningen til 80 km/t sker 400 m før de smalle spors start. I dagtimer efter morgenmyldretid kører korte køretøjer med en gennemsnitshastighed lige over 90 km/t (begge spor samlet) og en 85%-fraktilhastighed over 100 km/t i målesnittet 100 m før de smalle spors start. I mørke i aften-/nattetimer er hastighederne endnu højere. De lange køretøjer reducerer kun deres hastighed en anelse frem mod de smalle spors start, men hastighedsgrænsen for disse køretøjer er også uændret ved test af opstillingerne, da de maksimalt må køre 80 km/t på motorvej. Det er ukendt, hvorvidt trafikanternes hastighed reduceres yderligere i indsnævringen og på strækningen med smalle spor. I spidshalvtimen kører trafikanterne noget langsommere i alle tre målesnit frem mod de smalle spor.

Forskellen på gennemsnitshastighederne i højre og venstre kørespor er ca. 15 km/t i alle målesnit i dagtimer, hvilket også er tilfældet i referencen, hvor hastighedsgrænsen er 130 km/t på hele teststrækningen. I spidshalvtimen er forskellen kun ca. 5 km/t i målesnittene før de smalle spor.

Kapacitet:

De bedste data til belysning af kapacitet er opnået ved test af Opstilling 1. Data tyder på, at kapacitetsgrænsen før kø for Opstilling 1 er på 4.150-4.200 pe/t. Dette svarer til en reduktion på 5-6 % i forhold til denne type motorvej ved normal sporbredde, hvor kapaciteten er 4.400 pe/t ifølge vejreglerne. Ved test af Opstilling 1 reduceres vejens kapacitet med yderligere næsten 20 % til ca. 3.400 pe/t, når der

er opstået kø. Det bemærkes, at køsituationen ved test af Opstilling 1 er udløst som følge af trafikmængder, der ligger et stykke under den beregnede kapacitetsgrænse før kø på 4.150-4.200 pe/t. En mulig forklaring på dette kan være, at køen er opstået på den første testdag for forsøgene med smalle kørespor. Trafikanterne har muligvis haft brug for den første morgen til at vænne sig til testopstillingerne, hvilket kan have haft betydning for trafikanternes adfærd og dermed vejens kapacitetsgrænse denne morgen.

Analyserne peger på, at både Opstilling 2 og 3 som forventet har højere kapacitet end Opstilling 1. Resultaterne tyder yderligere på, at en forøgelse af sporbredden fra 2,45 m til 2,75 m har en større positiv effekt på kapaciteten end en forøgelse af den fri sidebredde fra 0 m til 0,75 m. Kapacitetsgrænsen før kø for Opstilling 2 er formentlig ca. 4.200-4.300 pe/t, svarende til en reduktion på 2-5 % i forhold til ”normal” motorvej. Opstilling 3 har formentlig en kapacitetsgrænse før kø på 4.300-4.400 pe/t svarende til en reduktion på maksimalt 2 %. Pga. manglende kø under test af Opstilling 2 og 3 er det usikkert, hvor meget trafik der vil kunne afvikles under kø, dvs. kapacitetsgrænsen ved køafvikling. Det vil formentlig være ca. 3.400 pe/t som for Opstilling 1 eller evt. lidt højere, ligesom kapacitetsgrænsen før trafiksammenbrud er en anelse højere for Opstilling 2 og 3.

Situationer med konfliktende adfærd og eyetrackkørsler:

Situationer med konfliktende adfærd er undersøgt for Opstilling 1 og 2 gennem én morgenmyldretid. I forbindelse med Opstilling 1 er der observeret fire situationer med konfliktende adfærd. De tre situationer er næsten identiske og involverer kraftige opbremsninger, hvor en trafikant i venstre spor kører for hurtigt i forhold til forholdene og formentlig ikke er opmærksom på, at forankørende kører med nedsat hastighed. I forbindelse med Opstilling 2 er der ikke observeret situationer med konfliktende adfærd. Dette er dog ikke tilstrækkeligt til at vurdere, at den ene opstilling er mere sikker end den anden.

Opstilling 3 er blevet gennemkørt med eyetrackudstyr af to testbilister uden for myldretid. Testbilisterne i eyetrackkørslerne bemærker alle skiltene i forvarslingen og begge har flere blik på afmærkningen på strækningen med smalle spor.

1 Indledning

Sammenhæng mellem køresporsbredde og kapacitet for motorveje er ringe belyst og hovedsagelig baseret på ældre undersøgelser fra udlandet. Fx viser erfaringer fra flere danske anlægsprojekter, at 4-sporede motorveje med smalle spor (2,75 m/3,00 m) har en kapacitet på skønsmæssig 4.000 personbilenheder (pe) pr. time pr. retning, dvs. ca. 2.000 pe pr. time pr. spor. Dette svarer til en reduktionsfaktor på ca. 0,9. Smalle spor i sig selv har formentlig ikke så stor kapacitetsreduktion, men smalle spor i kombination med til- og frakørselsramper, S-kurver og lign. forventes at være kapacitetsreducerende.

De forhold, som generelt set kunne tænkes at påvirke kapaciteten i forbindelse med indsnævring af sporbredden på motorvej, er listet i Tabel 2.

Parameter	Forventet påvirkning af kapaciteten
Sporbredden	Smalle spor forventes at reducere kapaciteten i et vist omfang – dog først ved sporbredde mindre end 2,85 m.
Varigheden (antal dage med smalle spor)	På strækninger med bolig-arbejdetrafik (pendlertrafik) forventes kapaciteten at være stigende jo flere dage trafikantene oplever smalle spor (og værner sig til det).
Længden	Længden af indsnævringen forventes ikke at påvirke kapaciteten markant – så længe længden er i intervallet 100-500 m.
Indsnævring fra højre eller venstre	Måske har indsnævring fra højre lidt mindre kapacitet, idet tung trafik påvirkes mest.
Udformning af indsnævring (fx kurveradius)	Kapaciteten forventes reduceret jo mindre kurveradius, der benyttes ved sporindsnævring.
Vejarbejdsaktivitet	Øget aktivitet omkring indsnævringen (fx arbejdskørsel, folk i arbejdsområdet) vil reducere kapaciteten.
Fri sidebredde (Afstand til hindringer fx N42 langs kantlinje)	Afstand til lodrette hindringer (fx N42 langs kantlinje) vil påvirke kapaciteten. Jo mindre afstand, jo mindre kapacitet.
Trafiksammensætning (andel tung trafik)	Formentlig har andel af tung trafik kun lille betydning for kapacitet målt i pe.
Vejret	Regn/mørke reducerer kapaciteten med 10-20 %.

Tabel 2: Forhold som forventes at påvirke kapaciteten i forbindelse med indsnævring af sporbredden (ikke prioriteret rækkefølge).

Vejdirektoratets Trafikdivision har ønsket at udføre et forsøg med afmærkning af 2 smalle kørespor i den ene køreretning på en 4-sporet motorvej med hastighedsbegrænsning på 130 km/t, så det afspejler en situation med midlertidigt driftsarbejde. I alt er der gennemført tre forsøg, hvor der har været fokus på betydningen af sporbredde i det venstre spor samt størrelsen af den fri sidebredde. Formålet har primært været at undersøge kapaciteten af de testede opstillinger, men også betydning for adfærd fx hastigheder og sporvalg.

Disse test udgør Del 3 af et større testprogram til afprøvning af forskellige afmærkningskoncepter i forbindelse med vejarbejde på 4-sporet motorvej. Del 1 be-

stod af test af 11 afmærkningskoncepter og er afrapporteret i notatet: *Test af afmærkningskoncepter for vejarbejde på 4-sporede motorveje* (Trafitec, 23. maj 2016). Del 2 er et supplement med test af yderligere fem afmærkningskoncepter ved vejarbejde og er afrapporteret i notatet: *Test af afmærkningskoncepter for vejarbejde på 4-sporede motorveje – Del 2* (Trafitec, 23. september 2016).

Testopstillingerne i nærværende notat er undersøgt i forbindelse med et fingeret vejarbejde, hvor der ikke har været arbejdende folk på stedet. For alle opstillinger er data indsamlet ved hjælp af spoledata, som er anvendt til at undersøge trafikanters valg af spor og hastighed. Spoledata for to af tre opstillinger er suppleret med videoobservationer for bl.a. at undersøge, hvorvidt opstillingerne giver anledning til situationer med konfliktende adfærd. For den tredje opstilling er der udført to eyetrackkørsler.

I *afsnit 2* gives en beskrivelse af de tre testopstillinger og i *afsnit 3* beskrives metoden til undersøgelse af kapacitet og adfærd. Resultaterne følger i *afsnit 4*.

2 Testopstillinger

Som beskrevet i introduktionen er der testet tre opstillinger med smalle spor i forbindelse med Del 3 for test af afmærkningskoncepter ved vejarbejde på 4-sporede motorveje. Opstillingerne indeholder to variationer af sporbredden i venstre spor og fri sidebredde, som i dette tilfælde er afstand fra yderside af kantlinje til N42-tavler. Ved alle tre opstillinger er højre spor 2,90 m bredt. Sporbredde i venstre spor samt fri sidebredde i de tre testopstillinger fremgår af Tabel 3. Den normale sporbredde i såvel højre som venstre spor på strækningen er ca. 3,5 m.

Opstilling	Sporbredde venstre spor	Sporbredde højre spor	Fri sidebredde
Opstilling 1	2,45 m	2,90 m	0,00 m
Opstilling 2	2,45 m	2,90 m	0,75 m
Opstilling 3	2,75 m	2,90 m	0,00 m

Tabel 3: I de tre testopstillinger er der anvendt to forskellige sporbredder af venstre spor og to forskellige størrelser af den fri sidebredde, dvs. afstand mellem kantlinje og N42. Sporbredden af højre spor er reduceret til 2,90 m for alle tre opstillinger.

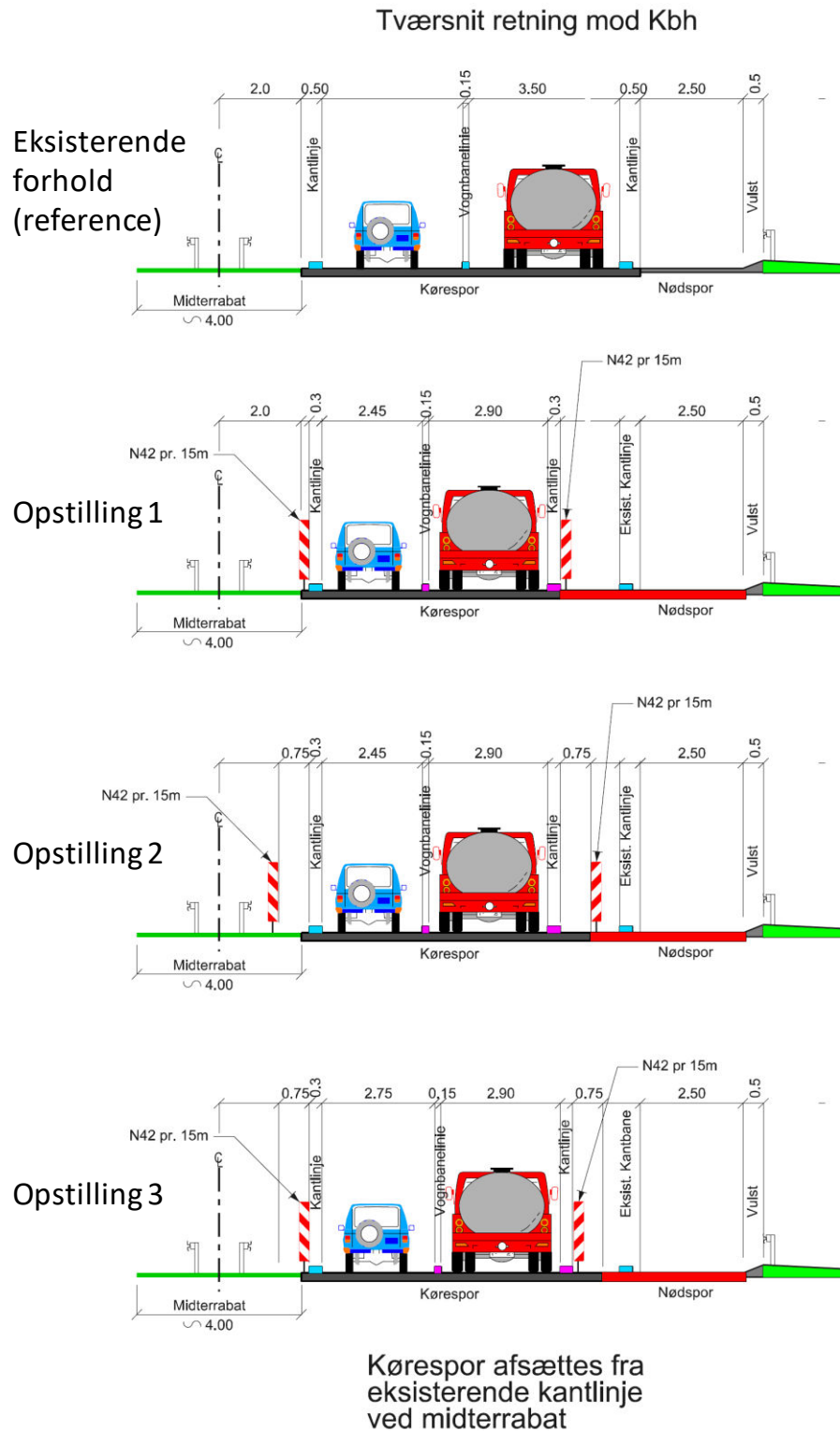
De testede opstillinger har alle indsnævring fra højre, som det også fremgår af skitseringen af tværsnittet under de tre testopstillinger (se Figur 1, side 12).

Testopstillingernes elementer er indtegnet på en principskitse (se Figur 2, side 13). De smalle spor løber over en strækning på 200 m. Derudover består testopstillingerne af følgende elementer angivet i afstand til de smalle spors start:

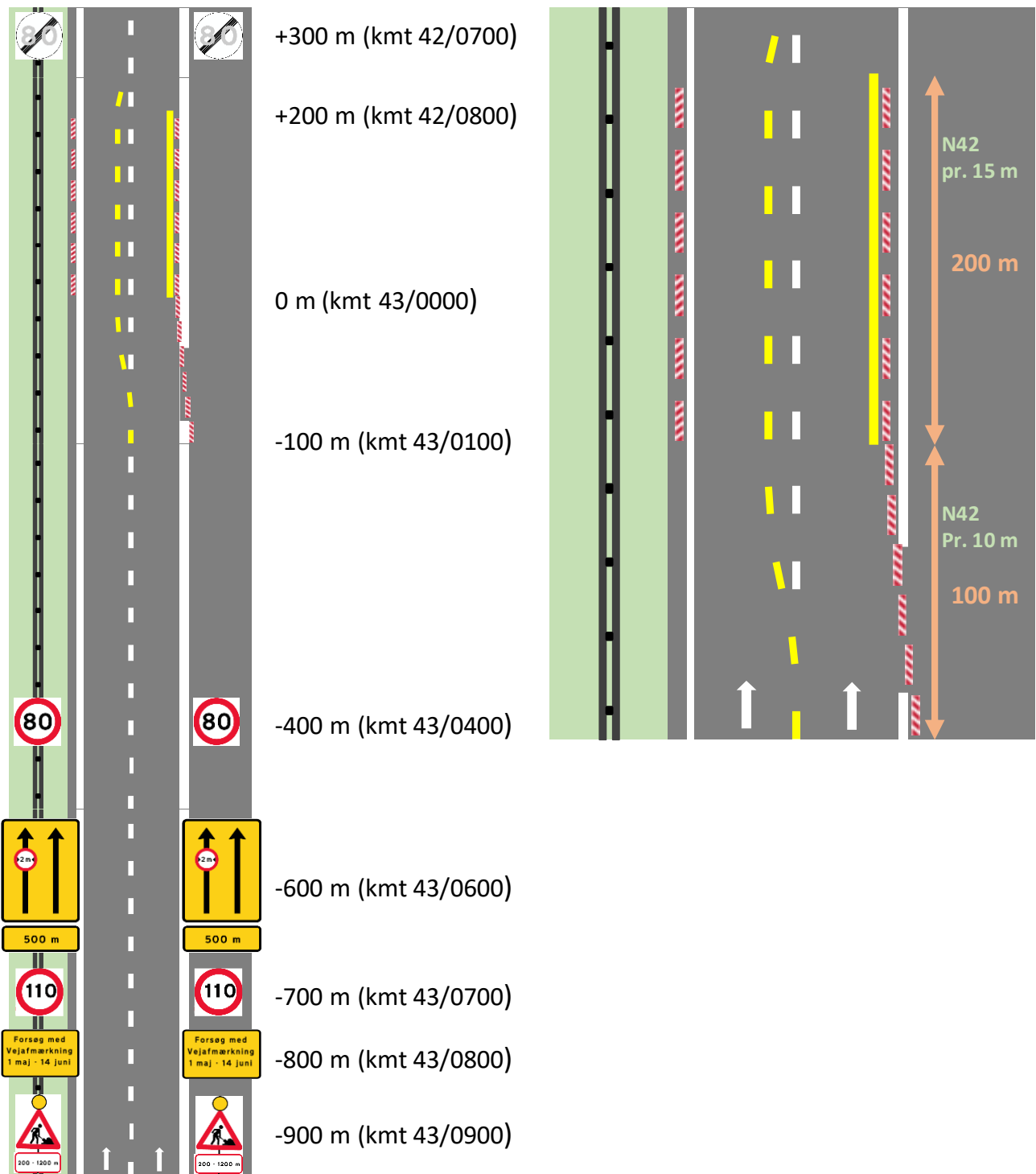
- 900 m før: Advarsel om vejarbejde på strækningen 200-1.200 m længere fremme (A39 med advarselsblink, Z93)
- 800 m før: Informationstavle om forsøg med afmærkning 1. maj-14. juni
- 700 m før: Nedskiltning af hastighedsgrænsen til 110 km/t (C55)
- 600 m før: Oplysningstavle om smalt venstre spor 500 m længere fremme, maksimal køretøjsbredde på 2 m i venstre spor (E16)
- 400 m før: Nedskiltning af hastighedsgrænsen til 80 km/t (C55)
- 100-0 m før: Indsnævring fra det eksisterende tværprofil til tværprofil med smalle spor.

100 m efter ophør af smalle spor, dvs. 300 m efter de smalle spors start, ophæves lokal hastighedsbegrænsning ved C56-tavler. I forbindelse med de tre testopstillinger er der opsat køvarslingstavler 9 km før de smalle spor.

Fotos af testopstillingerne fremgår af Figur 3, side 14.



Figur 1: Tværsnit for stykket med smalle spor i forbindelse med de tre testopstillinger og under eksisterende forhold.



Figur 2: Principskitse for de tre testopstillinger.

Opstilling 1 før indsnævring:



Opstilling 2 før indsnævring:



Opstilling 1 i indsnævring:



Opstilling 2 i indsnævring:



Opstilling 1 – smalle spor:



Opstilling 2 – smalle spor:



Figur 3: Fotos fra Opstilling 1 og 2. Som det fremgår, er opstillingerne identiske i indsnævringen, men der er forskel på størrelsen af den fri sidebredde (afstand mellem kantlinje og N42-tavler) på strækningen med smalle spor. Opstilling 3 er magen til Opstilling 1, men venstre spor er ca. 30 cm bredere på strækningen med smalle spor.

3 Metode

I det følgende beskrives teststrækningen, hvornår testene i Del 3 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

Til brug ved test af forskellige afmærkningskoncepter på 4-sporet motorvej har Vejdirektoratet fået etableret en teststrækning på M30, Sydmotorvejen (se Figur 4). Teststrækningen er nøje udvalgt ud fra kriterier om:

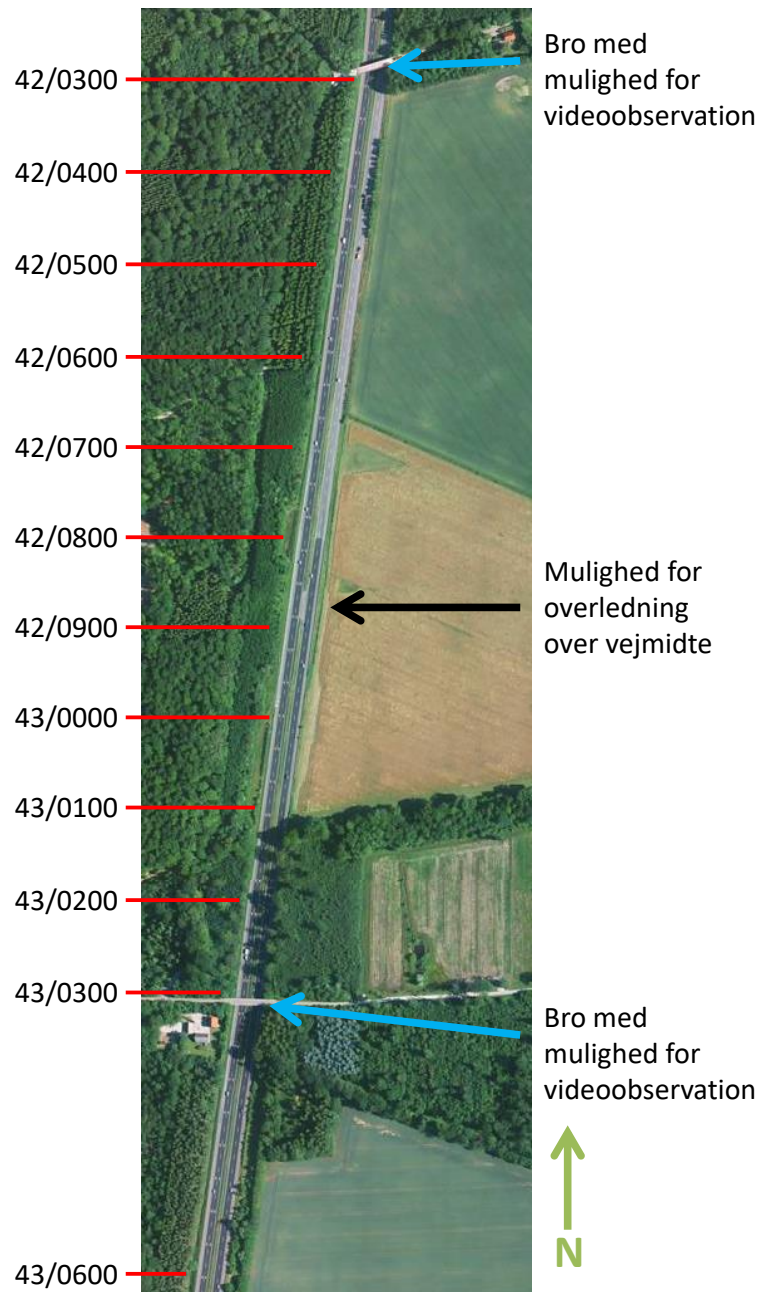
- Placering på en lige strækning af motorvejen uden vertikale og horisontale kurver.
- Motorvejen er 4-sporet, og hastighedsbegrænsningen er 130 km/t.
- Mulighed for overledning af trafik til modgående kørespor.
- Mulighed for at foretage videoobservationer på strækningen.



Figur 4: Teststrækningen omfatter de to nordgående spor på Sydmotorvejen syd for Lellingesvej.

Teststrækningen omfatter sporene i nordgående retning, 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 5. Teststrækningen er 1,3 km lang, og der er etableret tolv målesnit med mulighed for indsamling af trafik- og 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 5: Teststrækningen set fra oven med indtegning af målesnit til indsamling af spoledata for trafik i nordgående køreretning.

3.2 Gennemførelse af test

De tre opstillinger i Del 3 er testet i løbet af maj 2017. Imellem test af de tre opstillinger har der været ophold, hvor afmærkningen har været den ”normale” uden smalle spor eller hastighedsbegrænsning, så trafikanterne ikke er blevet udsat for test hver eneste dag. I tidsrummene omkring test af opstillingerne er der indsamlet data til reference.

Tidsrum for test af opstillingerne samt referencemålinger fremgår af Tabel 4. Som det fremgår af tabellen, har der været perioder mellem test af opstillingerne uden vejarbejde, således trafikanterne ikke har vænnet sig til vejarbejde på teststrækningen, og opstillingerne har repræsenteret hvert sit midlertidige driftsarbejde.

Opstilling	Starttidspunkt	Sluttidspunkt	Videobeservation?
Opstilling 1	Tirsdag 02.05.17 kl. 4	Torsdag 04.05.17 kl. 10	Ja
Opstilling 2	Tirsdag 09.05.17 kl. 4	Torsdag 11.05.17 kl. 10	Ja
Opstilling 3	Mandag 29.05.17 kl. 4	Onsdag 31.05.17 kl. 10	Nej
Reference	Tirsdag 25.04.17 kl. 22 Mandag 15.05.17 kl. 5	Torsdag 27.04.17 kl. 18 Mandag 15.05.17 kl. 9	Nej

Tabel 4: Dato og tidsrum for test af opstillinger og referencemålinger i Del 3 i foråret 2017.

De tre opstillinger er testet på hverdage, således der indgår data fra tre morgener, hvor trafikmængderne er størst, samt to døgn's dag-, aften- og nattetimer. Tre hverdagsmorgener er valgt for at sikre trafik tæt på kapacitetsgrænsen. På teststrækningen er der enkelte hverdage, hvor trafikmængderne er væsentligt under opstillingernes forventede kapacitetsgrænser. Derudover er der morgener, hvor hastighederne er reduceret pga. tilbagestuvning fra kødannelser frem mod sammenfletningen ved Køge Bugt Motorvejen. Desuden kan dårligt vejr medføre, at nogle data ikke kan benyttes.

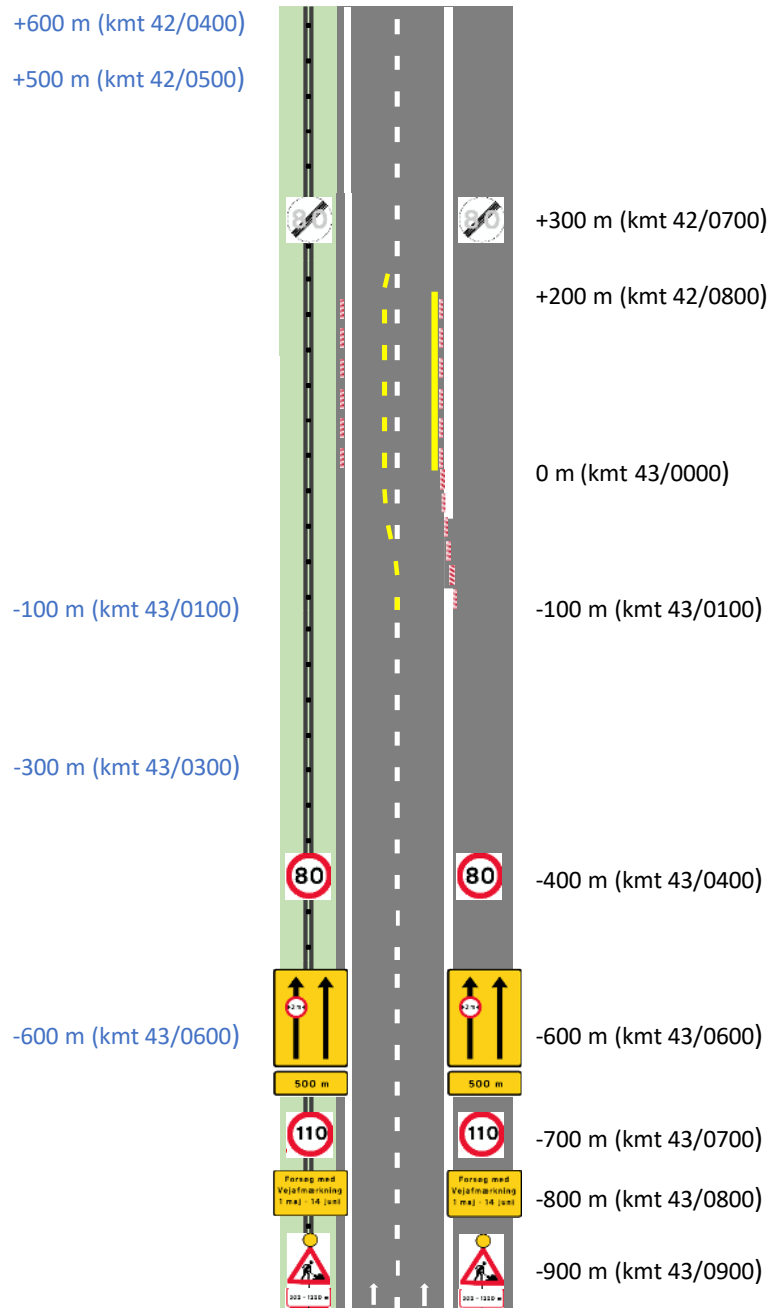
Videobeservationer er udført for Opstilling 1 og 2, dvs. de to opstillinger med de smalleste spor. Observationerne er foretaget i morgentimerne fra kl. 5.15-9.00 Opstilling 3 er ikke observeret med video. Til gengæld er der foretaget to gennemkørsler med eyetrackudstyr.

3.3 Dataindsamling og databehandling

Der er foretaget to typer af dataindsamling: Spoledata og videobeservationer. Hovedresultaterne præsenteres og beskrives i tekst og figurer i afsnit 4, mens tabeller med mere detaljerede opgørelser findes i bilagene.

3.3.1 Spoledata

Målesnits placering i forhold til testopstillingens elementer fremgår af Figur 6.



Figur 6: Målesnit (blå) angivet i forhold til placeringen af testopstillingens elementer (sort). Placering angivet i afstand til start af smalle spor samt i forhold til vejens kilometrering.

I forbindelse med testene i Del 3 er det vurderet, at det kun er nødvendigt at indsamle data fra fem af de tolv målesnit, som er vist i Figur 5 side 16. Det drejer sig om:

- 43/0600 (600 m før start af smalle spor)
- 43/0300 (300 m før start af smalle spor)
- 43/0100 (100 m før start af smalle spor, ved indsnævringens start)
- 42/0500 (500 m efter start af smalle spor)
- 42/0400 (600 m efter start af smalle spor)

Således indgår tre målesnit frem mod området med smalle spor. Dette giver mulighed for at følge hastighedsniveauet frem mod de smalle spor. Tegn på, at trafikken bevæger sig på kapacitetsgrænsen, ses ikke nødvendigvis lige ved indsnævringen, men muligvis et stykke før.

Derudover indgår to målesnit efter indsnævringen. Disse benyttes til at vurdere flow og hastigheder efter stykket med smalle spor. Formålet er primært at identificere og ekskludere data fra tidsrum, hvor der er tilbagestuvning fra kødannelser længere fremme, som påvirker trafikken på teststrækningen.

Der indgår ikke data fra delstrækningen med smalle spor, da indsnævringen medfører en forskydning af køresporene. Det er således ikke sikkert, at spolerne ligger rigtigt i forhold til de midlertidige kørespor, hvorved målinger af hastigheder og sporbenyttelse kan være fejlbehæftede.



Figur 7: Målesnittet 100 m før starten af de smalle spor er placeret ved den første gule vognbane-linje og dermed lige før de første N42-tavler i indsnævringen.

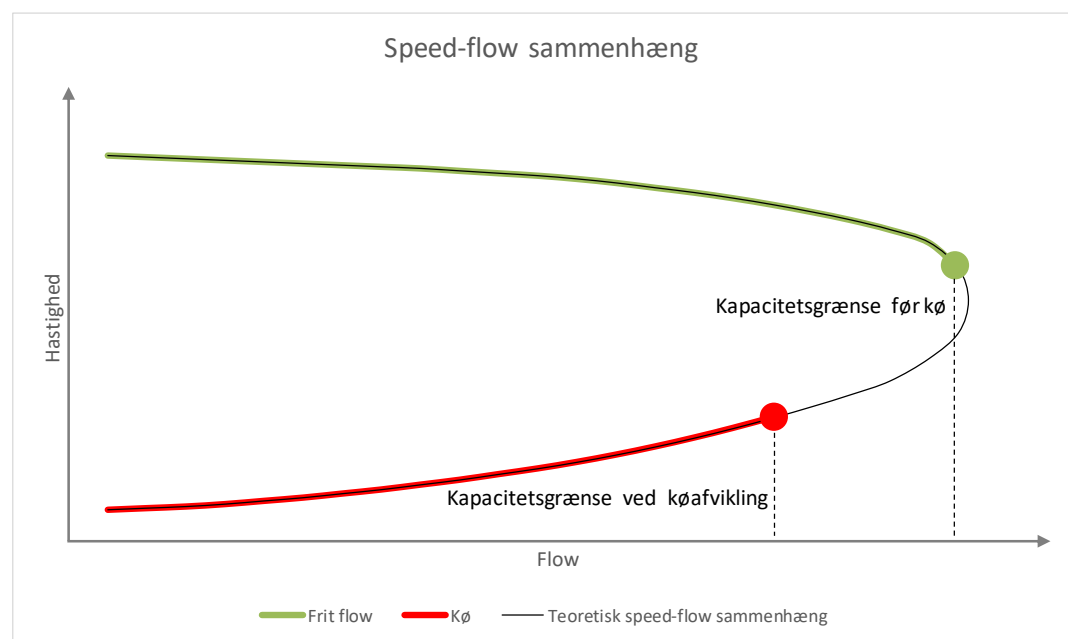
Data er leveret som enkeltkøretøjsmålinger, hvor der for hvert enkelt køretøj er angivet et kørespor, en hastighed og en længde af køretøjet. For hvert køretøj er desuden et tidsstempel. Spoledata er ret præcise, men som ved alle måledata er der usikkerhed, og der opleves af og til udfald. Variationen 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 intervaller på femten minutter, og på baggrund af disse data foretages der opgørelser for:

- Sporbenyttelse
- Hastigheder (gennemsnit, 85%-fraktil, spredning)
- Flow (køafvikling og trafik på kapacitetsgrænsen)

Kapacitetsberegninger

Da hovedformålet med testopstillingerne i denne testrunde har været at undersøge kapaciteten, er der lagt ekstra energi i analyserne af spoledata i tidsrummene med spidsbelastning. Derfor inddeles spoledata kl. 5-9 endvidere i intervaller af fem minutter. Dette gøres for at kunne analysere opstillingernes kapacitet mere indgående, idet trafikken nogle morgener kun kortvarigt befinder sig omkring kapacitetsgrænsen. I et tænkt eksempel kan analyser af 15-minutters intervaller antyde, at trafikken på en testdag ikke er tæt på kapacitetsgrænsen hverken kl. 6:00-6:15 eller kl. 6:15-6:30. En nærmere analyse af 5-minutters intervaller kan til gengæld afsløre, at gennemsnitshastighederne tyder på, at trafikken ligger tæt på kapacitetsgrænsen i intervallet kl. 6:05-6:25, hvorved der kan indgå data for disse tyve minutter i analyser af trafik tæt på kapacitetsgrænsen. Til analyser af flowet indgår imidlertid kun sammenhængende tidsintervaller med den samme trafiksituation af minimum 15 minutters varighed. Det skyldes, at det er det mindste tidsinterval, hvor der ikke skal anvendes korrektionsfaktorer ved omregning til flow pr. time. Kapacitet angives traditionelt i personbilenheder pr. time (pe/t).



Figur 8: Den teoretiske speed-flow sammenhæng for en vejstrækning. Den øverste del viser sammenhæng mellem speed og flow frem mod sammenbrud i trafikken (grøn kurve), mens den nederste del viser sammenhængen i en køsituation (rød kurve).

På en traditionel speed-flow kurve (se Figur 8) for en strækning gælder, at gennemsnitshastigheden for trafikanter er nogenlunde stabil indtil en høj trafikbelast-

ning. Herefter ses, at gennemsnitshastighederne falder mere og mere, jo mere flowet nærmer sig kapacitetsgrænsen. Når kapacitetsgrænsen nås, ses et sammenbrud i trafikken, og gennemsnitshastighederne reduceres markant, samtidig med flowet reduceres.

Som det fremgår af figuren, har en strækning to forskellige kapacitetsgrænser: Kapacitetsgrænse før kø og kapacitetsgrænse ved køafvikling. Begge kapacitetsgrænser kan være interessante afhængig af sammenhængen, men typisk er det kapacitetsgrænsen før kø, der anvendes til at definere en vejs kapacitet.

På den samme vej vil det variere fra gang til gang, hvor stort et flow, der vil blive afviklet ved sammenbrud i trafikken, og hvad hastighederne er ved sammenbrud. Det vil derfor kræve et meget stort antal observationer af trafik ved sammenbrud for grundigt at kunne analysere kapacitetsgrænsen før kø. Da der typisk opstår sammenbrud maksimalt én gang pr. dag, vil det kræve observationer over en lang periode. Dette er ikke realistisk, og derfor benyttes tre andre fremgangsmetoder:

1. Analyse af trafik tæt på kapacitetsgrænsen
2. Simpel analyse af speed-flow sammenhænge
3. Van Aerde modellen

Det er vurderet, at trafikken befinder sig tæt på kapacitetsgrænsen før kø, hvis der er tydeligere reduktioner i gennemsnitshastighederne, uden trafikken er brudt sammen. Det gode spørgsmål er imidlertid, hvad gennemsnitshastigheden på kapacitetsgrænsen er? Og kan det vurderes om trafikken er tæt på kapacitetsgrænsen, hvis der ikke ses et sammenbrud? For at nuancere analyserne benyttes derfor forskellige grænseværdier for trafikanternes gennemsnitshastigheder til udpegning af tidsrum med trafik tæt på kapacitetsgrænsen før kø. Grænseværdier er fastsat med udgangspunkt i de målte hastigheder i dagtimer, hvor der ikke er trafik på kapacitetsgrænsen, og der er set på alle tre målesnit før strækningen med smalle spor.

Kapaciteten er vurderet på baggrund af en simpel analyse af speed-flow sammenhænge i 5-minutters intervaller fra to målesnit før strækningen med smalle spor. Da disse data ikke direkte kan opregnes til timeintervaller, anvendes analysen primært til illustrativt gennem figurer at bekræfte og nuancere resultaterne af analysen af trafik tæt på kapacitetsgrænsen.

Speed-flow sammenhænge i 5-minutters intervaller for hele testperioden er analyseres ud fra Van Aerde speed-flow modellen. Modellen er udviklet af Van Aerde og Rahka (1995)¹. Van Aerde speed-flow relationen beskriver en sammenhæng mellem hastighed, flow og densitet ud fra fire parametre:

¹ Van Aerde M. og Rakha H., 1995. *Multivariate Calibration of Single Regime Speed-Flow-Density Relationships*. Proceedings of the Vehicle Navigation and Information Systems (VNIS) conference, Seattle, Washington, August 1995.

- S_f – fri hastighed (km/t)
- S_{Cap} – hastighed ved kapacitetsgrænsen (km/t)
- V_{Cap} – flow ved kapacitetsgrænsen (pe/t)
- D_j – densitet ved stillestående kø (pe/km/spor)

Ved brug af et kalibreringsprogram (SPD_CAL software) kan Van Aerde speed-flow modellen tilpasses empiriske data, og et best fit for parameterverdierne fås. For at kunne kalibrere modellen, er det imidlertid nødvendigt at have data fra både den øverste og nederste gren af speed-flow relationen (før/efter trafiksammenbrud). Der anvendes data fra målesnittet 100 m før de smalle spors start til kalibrering af speed-flow modellen.

Gruppering af køretøjer

Analysens resultater præsenteres enten på baggrund af det totale antal køretøjer, køretøjer fordelt på kategorier eller antallet af køretøjer omregnet til personbilenheder (pe). Køretøjernes målte længder er anvendt til at fordele køretøjerne på tre kategorier. Dette er sket på baggrund af den samme inddeling, som anvendes ved kapacitetsberegninger², når trafikken omregnes til personbilenheder. Kategorierne er følgende:

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

I resultatafsnittet for sporbenyttelse og hastigheder fokuseres primært på korte og i nogen grad på lange køretøjer, men resultaterne for mellem køretøjer fremgår også af tabellerne i bilagene. 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 leddelte busser og lastbiler, dvs. sættevognstog, påhængsvognstog og modulvognstog, 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 leddelte). Der er således tale om en gruppe med meget forskellig adfærd, køretøjslængde og hastighedsbegrænsning.

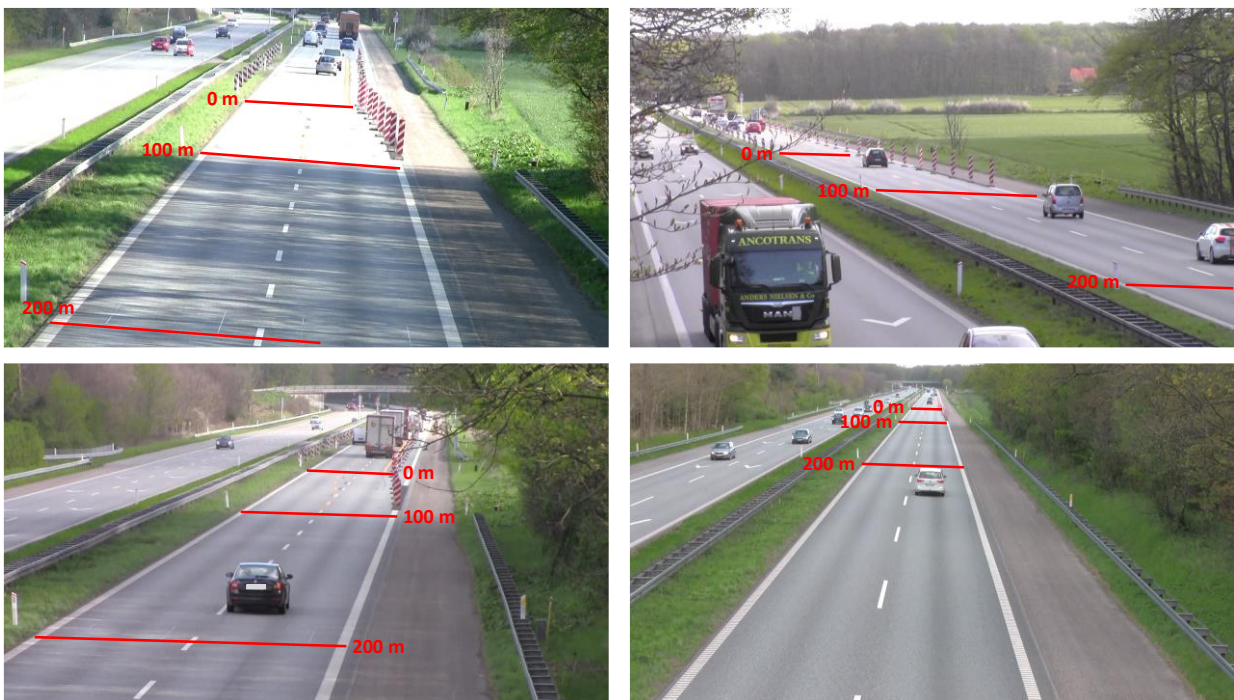
3.3.2 Videobaseret adfærdsundersøgelse

For Opstilling 1 og 2 er der foretaget videooptagelser af opstillingerne fra broen over teststrækningen ved kmt. 43/0300 (se evt. Figur 5, side 16). Optagelserne er foretaget med fire kameraer, der er opsat, så de filmer trafikanterne bagfra, med mulighed for at se trafikanternes bremselys, se Figur 9.

² Håndbog for "Kapacitet og serviceniveau", Vejregler, 2015, Tabel 3.5

Tre af kameraerne zoomer ind på de sidste knap 200 m frem til de smalle spors start. Det ene kamera filmer direkte på køretøjernes bane, dvs. parallelt med køresporene over kørebanens delelinje, og giver derfor et godt indtryk af køretøjernes ændringer i sideværtsplacering. De to øvrige kameraer fokuserer på samme område fra henholdsvis broens venstre og højre side. Vinklen i forhold til køretøjernes bane giver et bedre indtryk af den indbyrdes afstand mellem køretøjerne, som kan være svær at observere på videomateriale, hvor der zoomes kraftigt langs køretøjernes bane.

Det sidste kamera filmer direkte langs køretøjernes bane, men uden brug af zoom, og dækker primært strækningen 275-150 m før de smalle spor.



Figur 9: Udsnit af observationsfeltet fra hvert af de fire kameraer. Optagelserne i det nederste højre hjørne bruges til at observere strækningen 275-150 m før de smalle spor, mens de øvrige benyttes til strækningen 200-0 m før strækningen med smalle spor. Eksempel fra Opstilling 2.

Videoptagelserne er efterfølgende benyttet til at belyse situationer med konfliktende adfærd mellem trafikanter.

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 situationer med konfliktende adfærd, der eventuelt kan relateres til de

smalle spor, vil opstå i indsnævringen til smalle spor eller på de sidste par hundrede meter frem mod starten af indsnævringen. Det kan ikke afvises, at de smalle spor kan medvirke til situationer med konfliktende adfærd mere end de ca. 275 m før de smalle spor, som kameraerne dækker. Det er imidlertid vurderet, at andelen af situationer med konfliktende adfærd vil stige i takt med, at trafikanterne nærmer sig indsnævringen. Det er omkring indsnævringen, at det må forventes, at nogle trafikanter kan have svært ved at holde sig i deres kørespor. Ligeledes er det også først på denne strækning, at trafikanterne får et indtryk af sporbredden på strækningen med smalle spor, hvilket måske kan fremprovokere nogle pludselige vognbaneskift. Jo kortere tid til at foretage en handling desto større sandsynlighed er der for at begå fejl med situationer med konfliktende adfærd til følge.

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. Supplementet med kameraer fra broens højre og venstre side nedbringer antallet af disse situationer betragteligt. Kun situationer, hvor det med rimelighed kan vurderes, at der er tale om konfliktende adfærd, medtages i analysen.

3.3.3 Eyetrackkørsler

Der er foretaget to gennemkørsler af opstilling 3 med eyetrackudstyr monteret i Trafitecs målebil. Formålet med kørslerne var at få en idé om, hvorvidt trafikanterne orienterer sig mod den afmærkning, der er sat op i forbindelse med vejarbejdet. Kørslerne blev gennemført af to testbilister, som ikke var orienteret om formålet med kørslen. De havde blot fået at vide, at målebilens udstyr skulle testes, og at den planlagte testtur var fra Kgs. Lyngby ad M3 og M10 mod Herfølge, hvor de skulle køre fra, for herefter at køre tilbage mod Kgs. Lyngby. Køreruten blev udpeget på et kort. Begge testkørsler blev gennemført mandag d. 29. maj 2017 i tidsrummet mellem kl. 09:30 og 12:30, dvs. udenfor myldretiden. Den samlede kørerute var ca. 1 time, hvoraf kørslen på teststrækningen udgjorde mindre end 5 minutter.

3.3.4 Sammenlignelighed mellem testopstillinger

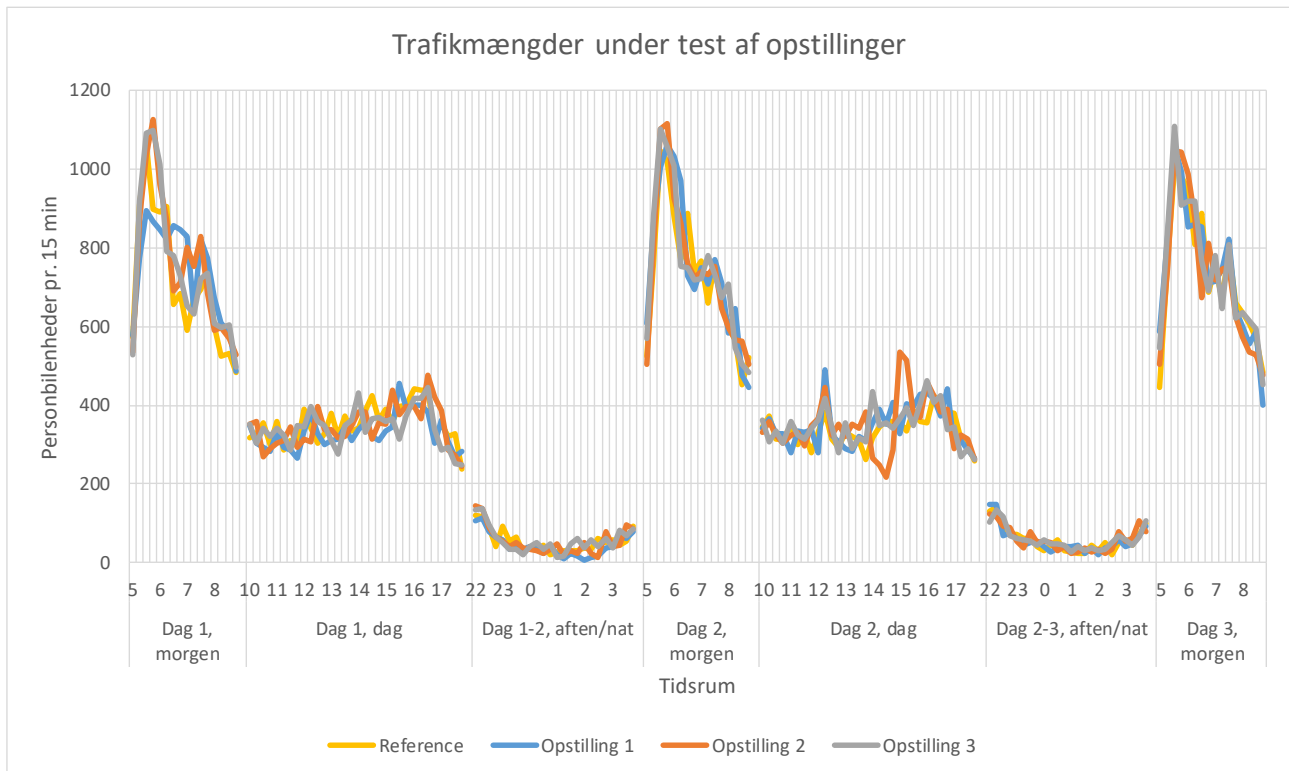
Det er undersøgt, om test af opstillingerne er sammenlignelige med hensyn til trafikmængde, således det er rimeligt at sammenholde resultaterne.

Analyserne af de tre testopstillinger er primært baseret på følgende tre tidsrum, alle på typiske hverdage mandag-torsdag:

- Morgentimer (inkl. spidsbelastning) kl. 5-9
- Dagtimer kl. 10-18

- Aften/nat (mellem solnedgang og solopgang) kl. 22-4

I Figur 10 er trafikmængderne i teststrækningens målesnit under test af de tre opstillinger sammenlignet. Analyseperioderne er inddelt i intervaller af 15 minutters varighed. Det er tydeligt, at opstillingerne er testet under meget sammenlignelige trafikmængder.



Figur 10: Sammenligning af trafikmængder i 15-minutters intervaller under test af de tre opstillinger. Gennemsnit for de fem målesnit på teststrækningen.

Kun i to tidsrum adskiller trafikmængderne for en testopstilling sig fra de to andre:

1. I den første af tre morgentidsrum, når trafikmængderne ved Opstilling 1 ikke den samme spidsbelastning som observeret ved de øvrige to testopstillinger – eller de to øvrige testdage med Opstilling 1. Den samlede trafikmængde henover de fire morgentimer er dog næsten den samme for de tre testopstillinger. Kø er årsagen til den afvigende fordeling af trafikken ved test af Opstilling 1 den første morgen.
2. I det andet af to dagstidsrum adskiller trafikmængderne ved Opstilling 2 sig noget fra de øvrige i tidsrummet ca. kl. 14:00-15:30. Spoledata tyder på, at der er en hændelse før strækningen med smalle spor, der reducerer

flowet kl. 14:00-15:00, hvorved der ophobes noget trafik. Denne trafikophobning synes afviklet i tidsrummet kl. 15:00-15:30. Bedømt ud fra spoledata på teststrækningen synes det afvigende flow ikke at have betydning for trafikanternes adfærd omkring de smalle spor.

4 Resultater

I det følgende beskrives resultaterne for testopstillingerne med hensyn til sporbenyttelse, hastigheder, kapacitet, situationer med konfliktende adfærd samt eyetrack-kørsler. Til slut sammenholdes resultaterne med en ny tysk undersøgelse af smalle spor ved vejarbejde på motorvej. Kapaciteten har haft den primære interesse i forbindelse med testopstillinger i Del 3 for test af afmærkningskoncepter på motorvej. Resultater for sporbenyttelse og hastigheder præsenteres imidlertid først, da de giver et generelt indtryk af trafikafviklingen under test af opstillingerne. De vigtigste opgørelser præsenteres i figurer i resultatafsnittet, mens samtlige opgørelser for sporbenyttelse og hastigheder findes i henholdsvis *Bilag 1* og *Bilag 2*.

Fem målesnit til spoledata er anvendt. I forhold til testopstillingerne er målesnittene placeret 600 m, 300 m og 100 m før starten af de smalle spor samt 500m og 600 m efter starten af de smalle spor. Der er ikke anvendt målesnit på selve strækningen med smalle spor, da spolerne er placeret i køresporene i forhold til motorvejens normale tværsnit. Spolerne passer derfor ikke til de midlertidige kørespor.

Analyser af sporfordeling og hastigheder er baseret på tre tidsrum: dagtimer kl. 10-18, spidsbelastningen og aften-/nattetimer kl. 22-4 i mørke og med begrænset trafik. Kapaciteten er analyseret på baggrund af morgenspidstimerne kl. 5-9.

Spidsbelastningen er her defineret som den halve time med mest trafik (spidshalvtimen kl. 5:30-6:00). Data er udeladt ved trafiksammenbrud enten på strækningen med smalle spor eller efter teststrækningen, hvis der opstår tilbagestuvning til strækningen med smalle spor. Det har ikke været muligt at supplere udeladte data med andre tidsrum fra de samme dage, da trafikken har været for lav sammenlignet med spidsbelastningen. Den samlede datamængde for spidsbelastningen er dermed 45 minutter for Opstilling 1, 90 minutter for Opstilling 2, 75 minutter for Opstilling 3 og 60 minutter for referencen.

4.1 Sporbenyttelse

I det følgende præsenteres et udsnit af resultaterne i forhold til trafikanternes sporbenyttelse på teststrækningen i forbindelse med testopstillingerne. Samtlige opgørelser i forhold til sporbenyttelse fremgår af tabeller i *Bilag 1*.

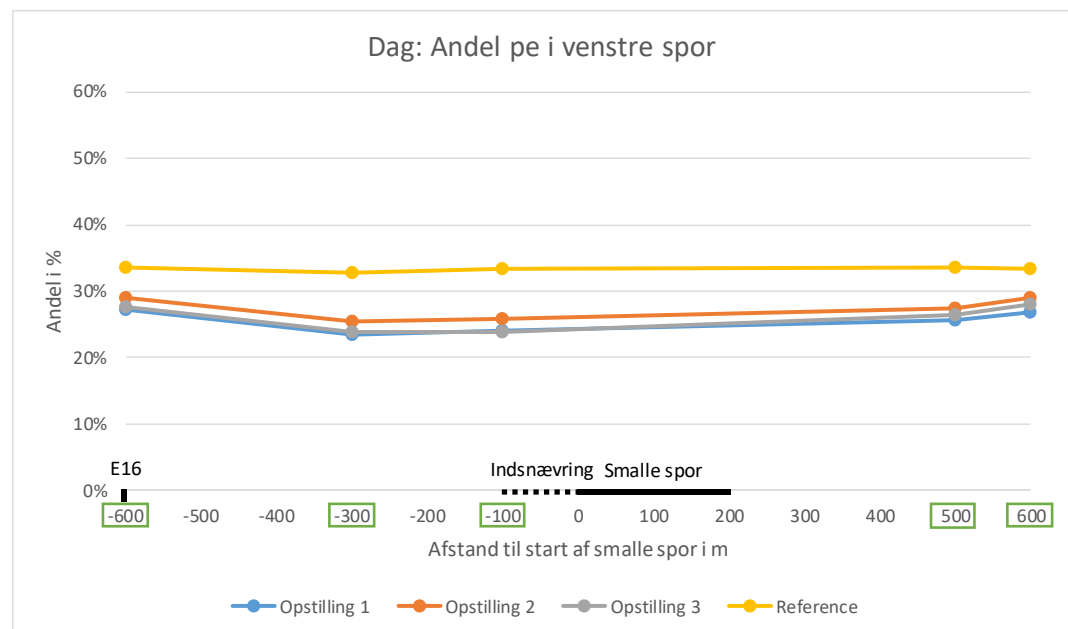
De væsentligste elementer i testopstillingerne, der forventes at have betydning for sporbenyttelsen, fremgår af listen nedenfor:

- 900 m før start af smalle spor anvendes A39-tavler til advarsel om vejarbejde længere fremme.

- 600 m før start af smalle spor anvendes E16-tavler til oplysning om reduceret sporbredde i venstre spor længere fremme
- 100-0 m før start af smalle spor indsnævres fra det eksisterende tværprofil til tværprofil med smalle spor.
- 200 m efter start af smalle spor ophører tværprofilet med smalle spor.

Dagtimer kl. 10-18

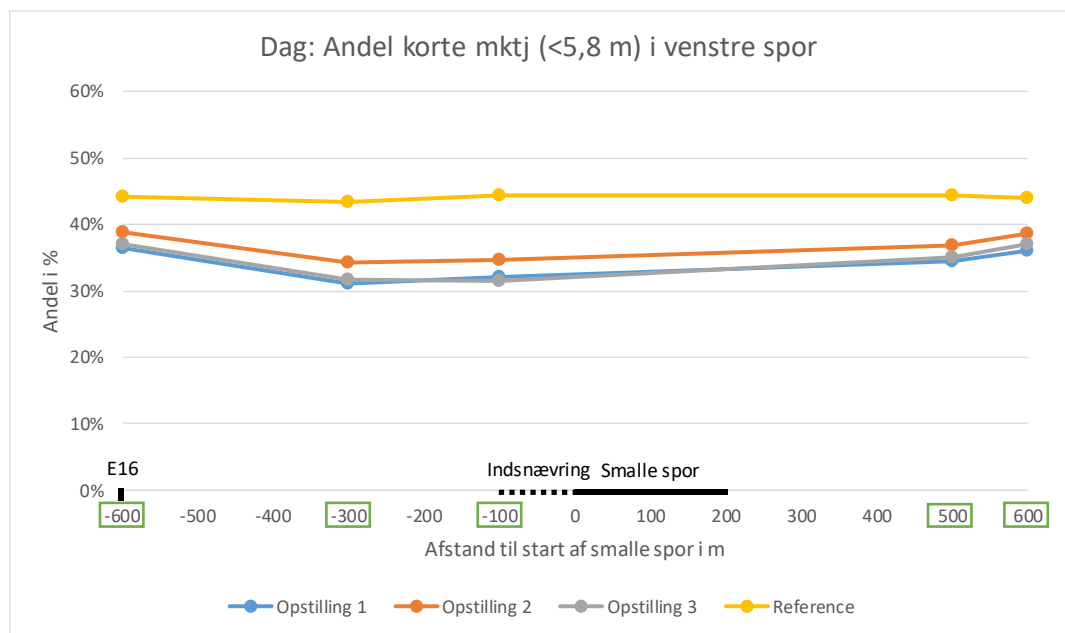
Andelen af personbilenheder (pe) i venstre spor i teststrækningens målesnit i dagtimerne fra kl. 10-18 fremgår af Figur 11. Det bemærkes, at andelen af trafik i venstre spor mellem målesnittene i Figur 11-Figur 14 ikke (nødvendigvis) følger de rette linjer. Linjerne er blot indtegnet for at lette aflæsningen af figureerne.



Figur 11: Andelen af personbilenheder der passerer teststrækningens målesnit i venstre spor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af E16-tavle, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret.

Der er umiddelbart ikke stor forskel på fordelingen af personbilenheder på køresporene for de tre opstillinger hverken frem mod eller efter de smalle kørespor. Andelen af personbilenheder i venstre spor synes dog minimalt større for Opstilling 2. Andelen af personbilenheder i venstre spor er lavere på hele teststrækningen i de tre test sammenlignet med en reference, hvor det normale tværsnit benyttes. Det ses således allerede ved oplysningstavlen om den maksimale køretøjsbredde i venstre spor (E16-tavlen), at der er en lavere andel med ca. 28 % mod 33 % i referencen. Andelen af personbilenheder i venstre spor er lavest 300 meter før de smalle spor, men er næsten den samme lige før indsnævringen. 300 m før de smalle spor er andelen af personbilenheder i venstre spor ca. 24 % ved test af de tre opstillinger mod 33 % i referencen. Efter stykket med smalle spor stiger andelen af personbilenheder i venstre spor igen.

Opdelt på køretøjstyper er det primært de korte køretøjer, der kører i venstre spor, mens stort set samtlige af de lange køretøjer kører i højre spor. For lange køretøjer er det 2-3 % i referencen, der placerer sig i venstre spor. Ved test af de tre opstillinger falder det til under 1 % i målesnittet lige før indsnævringen til smalle spor. I Figur 12 ses andelen af korte køretøjer i venstre spor i dagtimerne.



Figur 12: Andelen af korte køretøjer (<5,8 m) der passerer teststrækningens målesnit i venstre spor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af E16-tavle, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret.

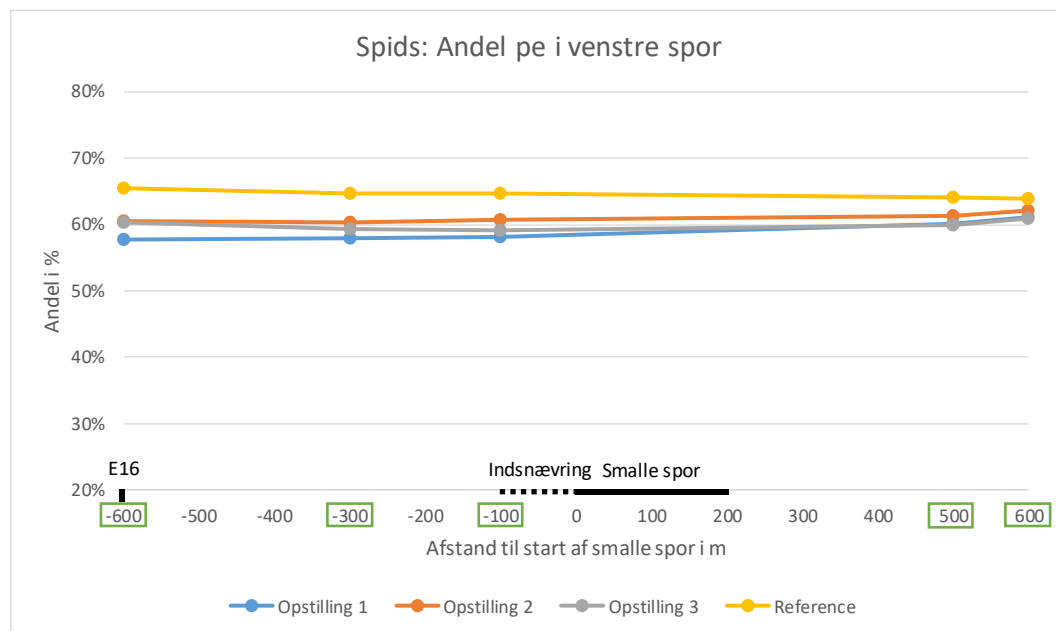
Blandt de korte køretøjer ses stort set det samme mønster som for personbilenheder, hvor trafikanterne i mindre grad vælger det venstre spor i forbindelse med testopstillingerne. Opstilling 2 med den største frie sidebredde medfører den største andel af korte køretøjer i venstre spor. Dette ses imidlertid allerede 600 m før de smalle spors start, hvor det skønnes at være umuligt for trafikanterne at vurdere størrelsen af den frie sidebredde.

Spidsbelastningen kl. 5:30-6:00

Under spidsbelastningen fordeler trafikken sig markant anderledes i køresporene sammenlignet med dagtimerne. I Figur 13 ses andelen af personbilenheder, der er registreret i venstre spor i spidshalvtimen.

Det er mere end halvdelen af personbilenhederne, der passerer teststrækningens målesnit i venstre spor, og der afvikles således væsentligt mere trafik i venstre spor end i højre under spidsbelastningen. Sammenlignet med dagtimerne er andelen mere konstant i de fem målesnit ved test af de tre opstillinger. Det tyder på, at trafikanterne i mindre grad søger mod højre spor, når de nærmer sig strækningen med smalle spor. Der ses dog stadig en mindre andel i venstre spor sammenlignet

med referencemålingerne. Andelen i venstre spor er mindst ved Opstilling 1 sammenlignet med Opstilling 2 og 3, men forskellen er størst 600 m før de smalle spors start, hvor trafikanterne ikke kan vurdere bredden af det venstre spor.



Figur 13: Andelen af personbilenheder der passerer teststrækningens målesnit i venstre spor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af E16-tavle, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret.

Tages udelukkende de korte køretøjer i betragtning ses det samme overordnede mønster. Andelen af korte køretøjer i venstre spor er ca. 70 % ved test af de tre opstillinger mod lidt under 80 % i referencen.

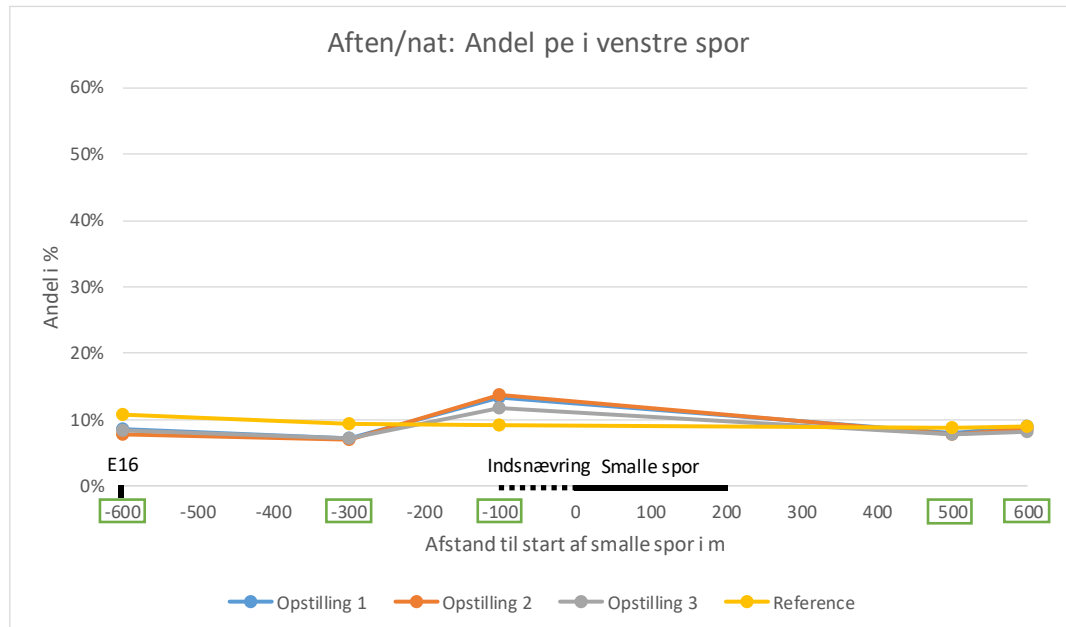
Aften-/nattetimer kl. 22-04

I aften- og nattimerne mellem solopgang og solnedgang er trafikmængden væsentligt mindre end i dagtimerne, og derfor er det en væsentligt mindre andel af trafikken, der passerer målesnittene i venstre spor. I Figur 14 ses andelen af personbilenheder i venstre spor.

Mønsteret for sporbenyttelsen henover teststrækningens målesnit er noget anderledes i aften/nattimerne end i dagtimerne under test af opstillingerne. Den højeste andel af personbilenheder i venstre spor ses 100 m før de smalle spor ved starten af indsnævringen. Samtidig er andelen ved test af alle tre opstillinger højere end i referencen. Både 600 m og 300 m før de smalle spor er andelen i venstre spor lavere end i referencen ligesom i dagtimerne. Dette mønster for sporbenyttelsen ses for såvel korte, mellem og lange køretøjer, men er mindst udtalt for de korte.

Hvordan trafikanterne nøjagtigt placerer sig ved gennemkørsel af testopstillingerne i aften/nattimer vides ikke. Den begrænsede trafikmængde betyder, at en stor del af trafikken gennemkører strækningen med stor afstand til andre trafikanter. Det

er en mulighed, at en del trafikanter blot lægger sig midt på kørebanen frem mod indsnævringen, men bliver registreret i venstre spor, selvom de ikke afslutter vognbaneskiftet fra højre til venstre spor.



Figur 14: Andelen af personbilenheder der passerer teststrækningens målesnit i venstre spor i aften- og nattimer mellem solopgang og solnedgang kl. 22-04. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af E16-tavle, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret.



Figur 15: Videoobservationerne er foretaget i morgentimerne, hvor trafikken er mest intensiv, og de fleste trafikanter holder deres vognbane, mens nogle foretager et reelt vognbaneskiift. Her ses dog et eksempel på en lastbil, der vælger at placere sig midt mellem køresporene, under test af Opstilling 1.

Både for Opstilling 1 og 2 synes andelen af særligt de korte køretøjer, der vælger venstre spor frem mod opstillingen, at være højere i det andet testdøgn end i det

første. Det er mest udtalt i dagtimer, hvor forskellen er på 2-3 %. Det kan muligvis være et udtryk for en tilvænnning til opstillingerne. Det samme mønster ses ikke for Opstilling 3.

4.2 Hastigheder

Resultater i forhold til trafikanternes hastigheder præsenteres i det følgende. Samtlige opgørelser findes i tabeller i *Bilag 2*.

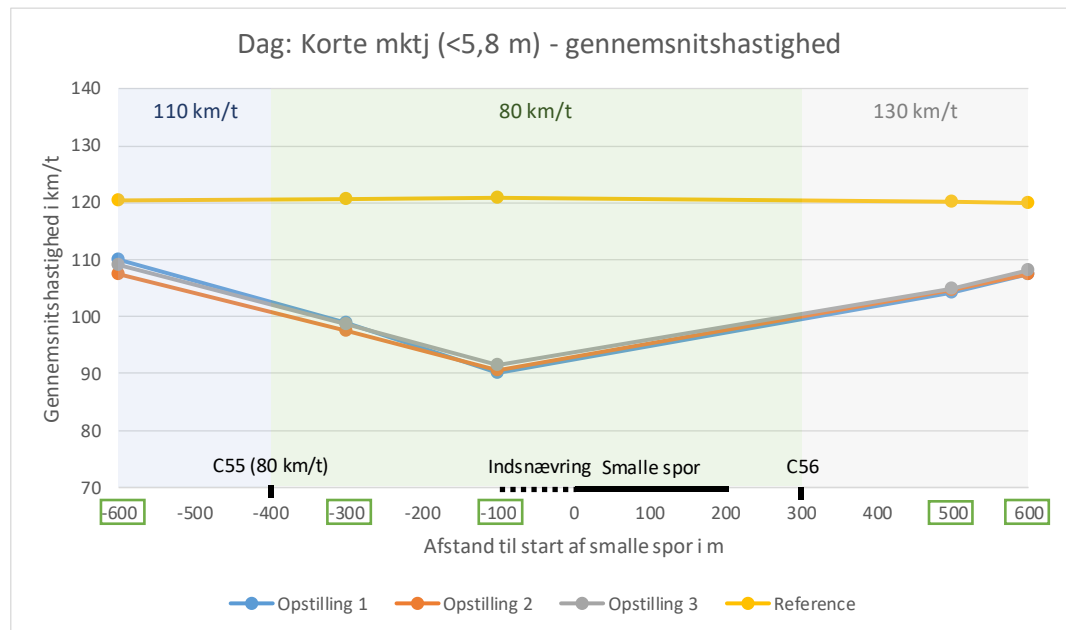
De væsentligste elementer i testopstillingerne i forhold til trafikanternes valg af hastigheder fremgår af nedenstående liste:

- 900 m før start af smalle spor anvendes A39-tavler til advarsel om vejarbejde længere fremme.
- 700 m før start af smalle spor anvendes C55-tavler til nedskiltning af hastighedsgrænsen fra 130 km/t til 110 km/t.
- 400 m før start af smalle spor anvendes C55-tavler til nedskiltning af hastighedsgrænsen fra 110 km/t til 80 km/t.
- 100-0 m før start af smalle spor indsnævres fra det eksisterende tværprofil til tværprofil med smalle spor.
- 200 m efter start af smalle spor ophører tværprofilet med smalle spor.
- 300 m efter start af smalle spor anvendes C56-tavler til ophævelse af den lokale hastighedsbegrænsning på 80 km/t, hvorefter den generelle hastighedsgrænse på 130 km/t igen er gældende.

Dagtimer kl. 10-18

Gennemsnitshastighed samlet for højre og venstre spor for korte køretøjer på teststrækningen i dagtimer kl. 10-18 fremgår af Figur 16. Det bemærkes, at hastighederne mellem målesnittene i Figur 16-Figur 23 ikke (nødvendigvis) følger de rette linjer. Linjerne er blot indtegnede for at lette aflæsningen af figurene. Figurene er desuden inddelt efter de gældende hastighedsgrænser på teststrækningen i forbindelse med de tre testopstillinger.

De målte gennemsnitshastigheder ved test af de tre opstillinger er stort set identiske, og forskellene med hensyn til sporbredde og fri siddebredde har umiddelbart ikke betydning for målte hastigheder blandt korte køretøjer i de forskellige målesnit.

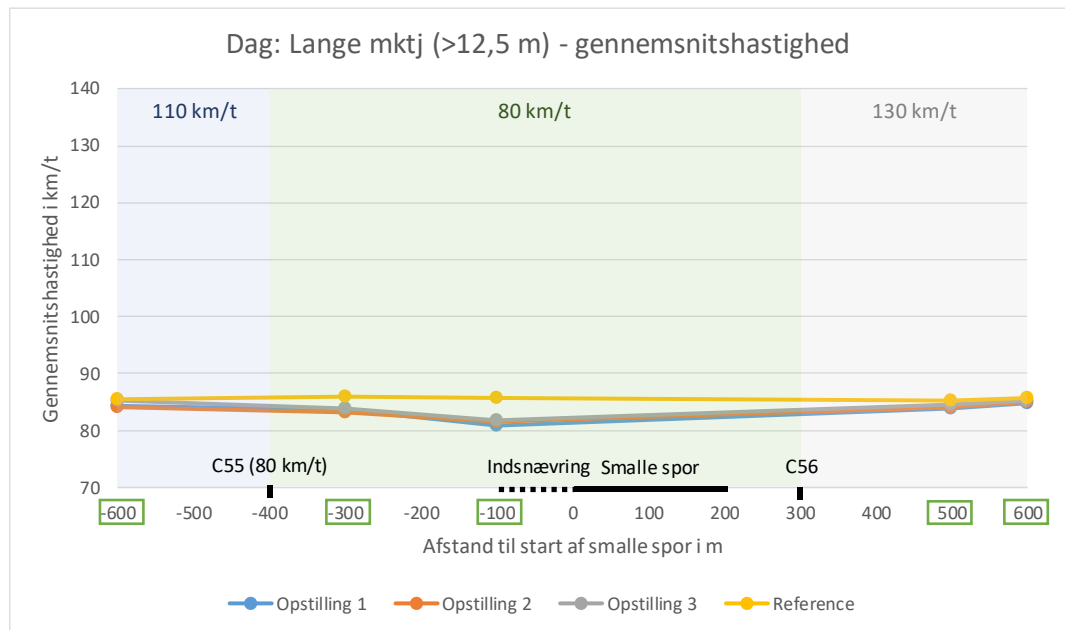


Figur 16: Gennemsnitshastigheder for korte køretøjer (<5,8 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltningen fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

Gennemsnitshastighederne for de korte køretøjer reduceres henover teststrækningen, hvor hastighedsgrænsen ændres to gange. I referencen kører de korte køretøjer på teststrækningen i gennemsnit ca. 120 km/t og dermed et stykke under den ”normale” hastighedsgrænse på teststrækningen, som er 130 km/t. 600 m før de smalle spor er gennemsnitshastighederne under test af de tre opstillinger lige under hastighedsgrænsen på 110 km/t. I de følgende målesnit er hastighedsbegrænsningen 80 km/t, men de korte køretøjer kører markant hurtigere. Lige før indsnævringen til de smalle spor er gennemsnitshastigheden lidt over 90 km/t.

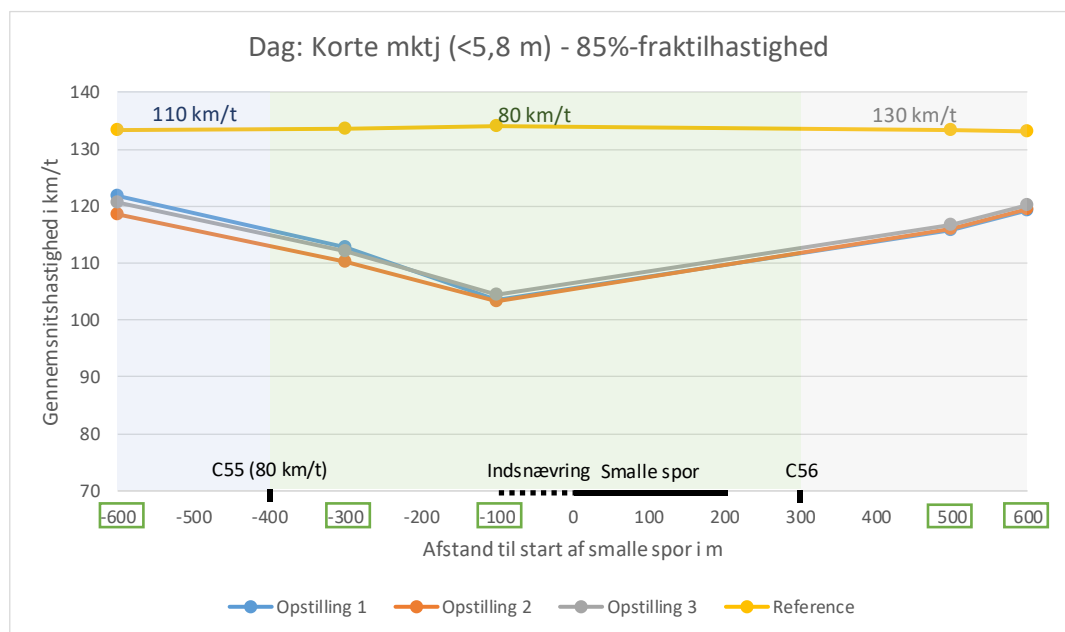
Tilsvarende ses gennemsnitshastighederne for de lange køretøjer i Figur 17.

Ved test af de tre opstillinger ses kun en begrænset ændring af gennemsnitshastighederne blandt de lange køretøjer. 100 m før de smalle spor er hastighederne lavest og ca. 4-5 km/t lavere end i referencen. Det skal ses i lyset af, at hastighedsgrænsen for denne trafikantgruppe reelt ikke ændres, idet den også er 80 km/t, når den generelle hastighedsbegrænsning på 130 km/t er gældende.



Figur 17: Gennemsnitshastigheder for lange køretøjer (>12,5 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltningen fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

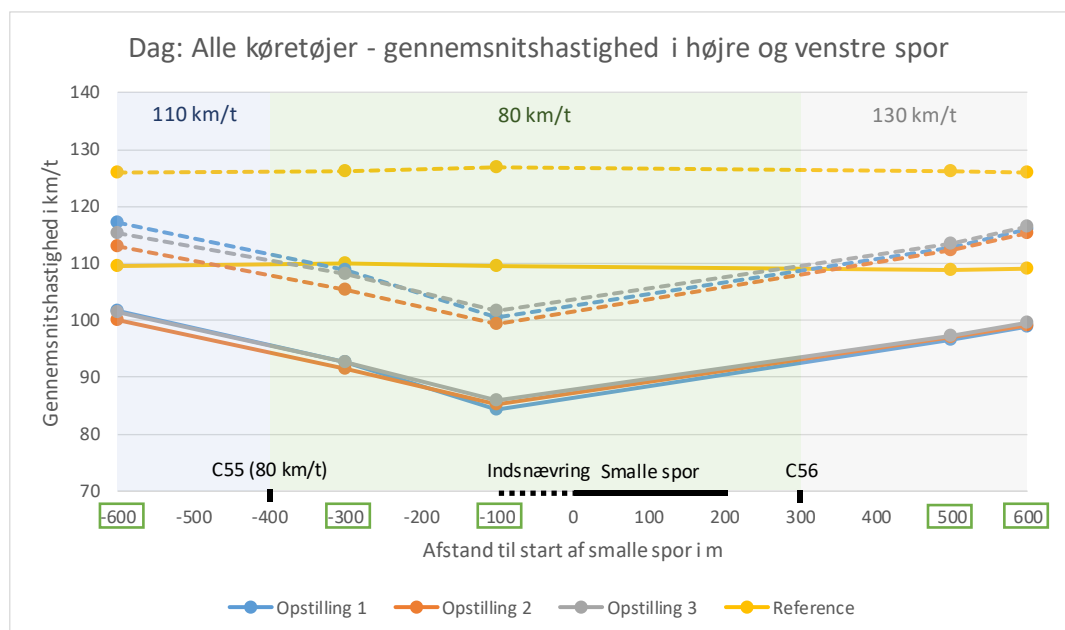
85%-fraktilhastighederne for de korte køretøjer fremgår af Figur 18.



Figur 18: 85%-fraktilhastigheder for korte køretøjer (<5,8 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltningen fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

85%-fraktilhastighederne følger samme mønster som gennemsnitshastighederne hen over teststrækningen. Dette hænger sammen med, at hastighedsspredningen er stort set ens i alle fem målesnit for testopstillingerne. 85%-fraktilhastighederne for de korte køretøjer ligger langt over hastighedsgrænsen i de tre målesnit frem mod de smalle spor. 300 m før de smalle spor er den mere end 30 km/t over hastighedsgrænsen, mens den er mere end 20 km/t over hastighedsgrænsen lige før indsnævringen. I referencen er 85%-fraktilhastigheden lidt højere end hastighedsbegrænsningen på 130 km/t.

Gennemsnitshastighederne i de to kørespor på tværs af køretøjstyper fremgår af Figur 19.



Figur 19: Gennemsnitshastigheder for alle køretøjer uanset køretøjstype i højre spor med ubrudt linje og i venstre spor med stiplede linje i dagtimer kl. 10-18. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltningen fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

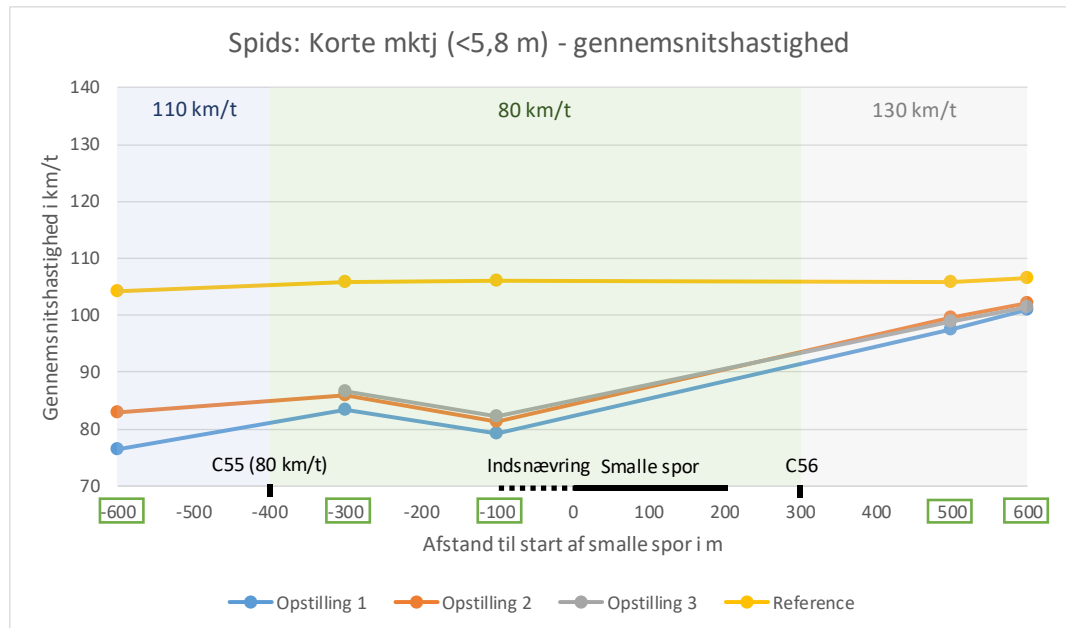
Både ved test af de tre opstillinger og i referencen er forskellen på gennemsnitshastighederne i de to kørespor på ca. 15 km/t i hvert af teststrækningens målesnit. For korte køretøjer ses ligeledes en hastighedsforskel mellem de to spor på ca. 15 km/t både 300 m og 100 m før starten af de smalle spor ved de tre opstillinger. I de øvrige målesnit er forskellen lidt mindre.

Spidsbelastningen kl. 5:30-6:00

Under spidsbelastningen er trafikanternes gennemsnitshastigheder reduceret sammenlignet med dagtimerne. For hver af testopstillingerne er der nogen variation mellem de målte hastigheder i de i alt op til seks 15-minutters intervaller. Forskellene skyldes formentlig, at trafikmængderne er så tæt på opstillingernes kapacitetsgrænse, at selv små forskelle på trafikmængderne kan have stor betydning for

de målte hastigheder. Derfor skal sammenligning på tværs af opstillingerne foretages med en vis forsigtighed. For Opstilling 3 er der ikke data for målesnittet 600 m før de smalle spors start pga. dataudfald den første morgen.

De korte køretøjers gennemsnitshastigheder under spidsbelastningen fremgår af Figur 20.



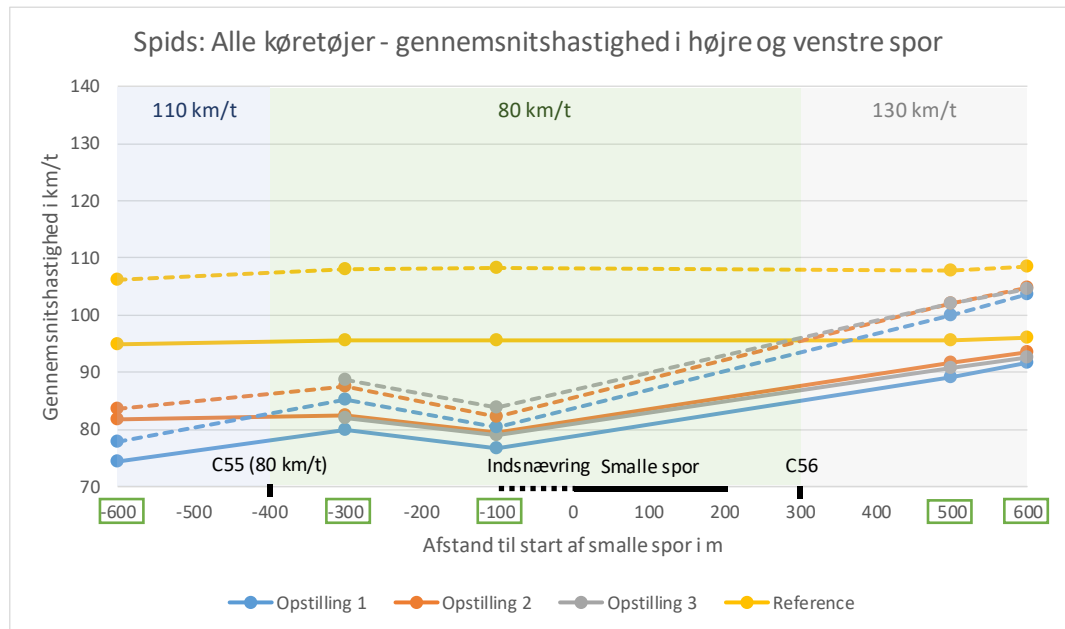
Figur 20: Gennemsnitshastigheder for korte køretøjer (<5,8 m) i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltningen fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

Sammenlignet med referencemålingerne ses lavere hastigheder ved test af de tre opstillinger i spidsbelastningen. Der ses kun mindre forskelle på de tre opstillinger, men umiddelbart synes gennemsnitshastighederne ved test af Opstilling 1 at være lavere end ved Opstilling 2 og 3 i spidshalvtimen. Trafikmængden i spidshalvtiden er lidt mindre ved test af Opstilling 1 end ved test af de to øvrige opstillinger. De lavere hastigheder kan således være et tegn på, at denne opstilling har den laveste kapacitet.

De korte køretøjer har en gennemsnitshastighed på 80-85 km/t i de tre målesnit frem mod de smalle spor. Det bemærkes, at de målte gennemsnitshastigheder reduceres i større omfang sammenlignet med dagtimerne i målesnittene 600 m og 300 m før de smalle spors start end 100 m før. Det er således ikke kun ved indsnævringen til de smalle spor, at der ses lavere hastigheder, når trafikken nærmer sig kapacitetsgrænsen. I de tre målesnit før de smalle spor er der kun små forskelle på de målte hastigheder for korte, mellem og lange køretøjer i spidshalvtimen. Forskellen på gennemsnitshastigheder og 85%-fraktilhastigheder er mindre i

spidshalvtimen end i dagtimer, da trafikanterne i langt mindre grad frit kan vælge deres hastighed i den tætte trafik.

Ved tæt trafik ses små hastighedsforskelle mellem de to kørespor (se Figur 21).



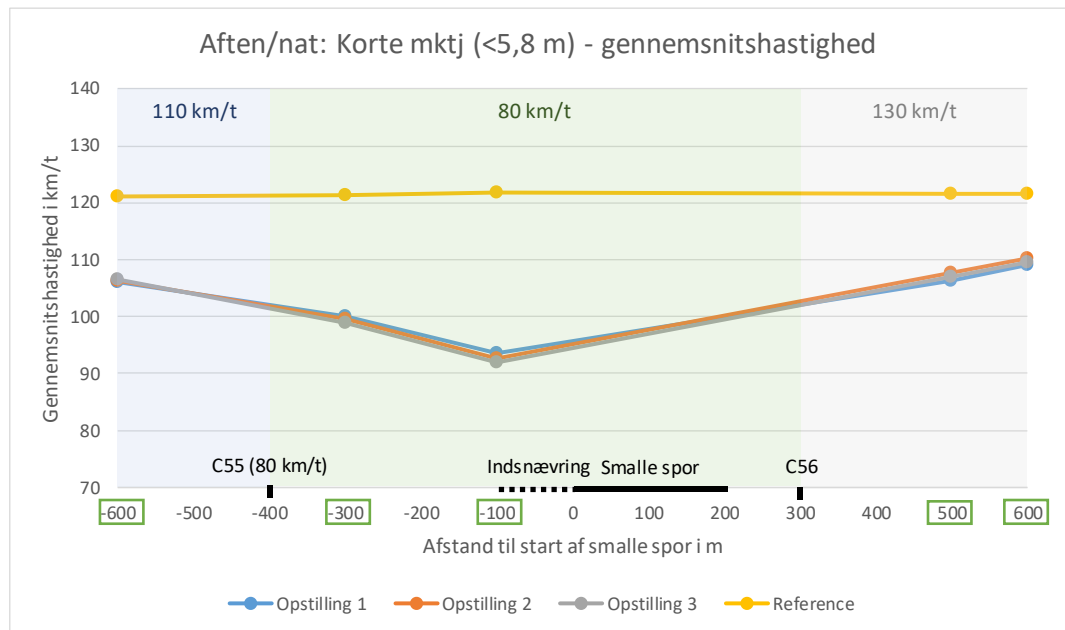
Figur 21: Gennemsnitshastigheder for alle køretøjer uanset køretøjstype i højre spor med ubrudt linje og i venstre spor med stiplede linje i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltingen fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

Sammenlignet med referencemålingerne er forskellene på gennemsnitshastighederne i de to kørespor markant mindre. Frem mod indsnævringen til de smalle spor er hastighedsforskellen ca. 5 km/t mellem de to kørespor. Dette er markant lavere end hastighedsforskellen på godt 15 km/t i dagtimer. Gennemsnitshastigheder for korte køretøjer varierer ikke fra gennemsnitshastighederne på tværs af køretøjstype, når der opgøres særskilt for højre og venstre spor.

Aften-/nattetimer kl. 22-04

I aften- og nattetimerne afviger hastighederne kun i mindre grad fra de målte i dagtimerne. Hastighedsspredningen er lidt større end i dagtimerne. Desuden har det formentlig en betydning for det overordnede hastighedsbillede, at trafikmængden er mindre og trafiksammensætningen er anderledes med en andel af lange køretøjer på omkring 25 % i nattetimerne (<10 % i dagtimer).

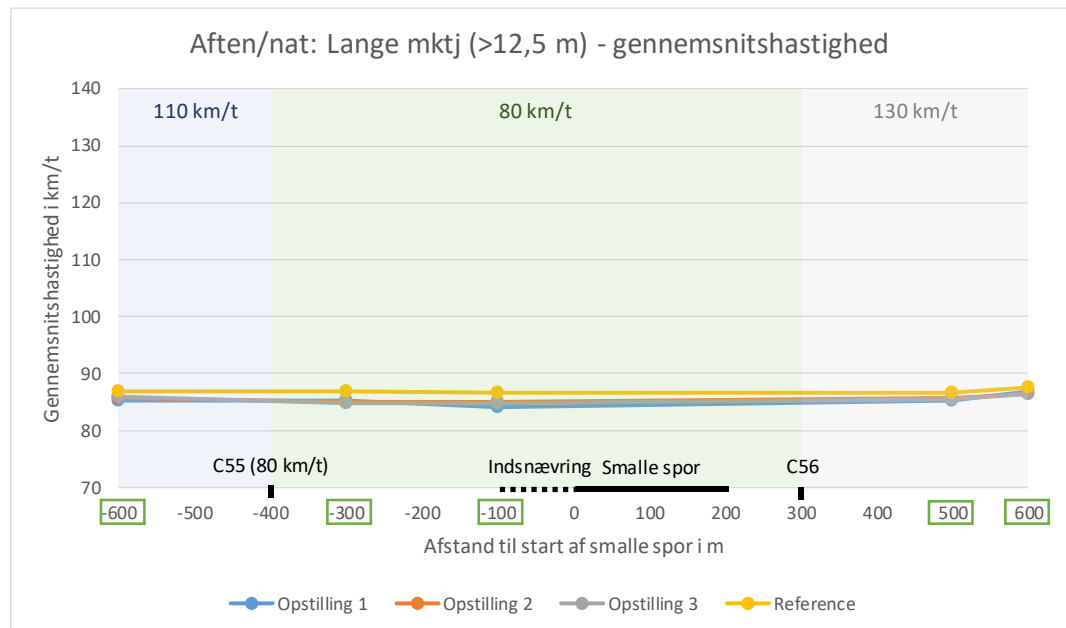
Gennemsnitshastigheder for korte køretøjer i aften- og nattetimer fremgår af Figur 22.



Figur 22: Gennemsnitshastigheder for korte køretøjer (<5,8 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltningen fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

600 m før de smalle spors start kører de korte køretøjer marginalt langsommere i aften- og nattetimerne sammenlignet med dagtimerne. Tættere på de smalle spor, 300 m og 100 m før de smalle spors start, kører de korte køretøjer marginalt hurtigere end i dagtimerne.

Forskellen mellem de målte hastigheder for de lange køretøjer i referencen og ved test af de tre opstillinger er endnu mindre i aften- og nattetimer end i dagtimerne. Dette fremgår af Figur 23. 100 m før starten af de smalle spor er forskellen mindre end 3 km/t.



Figur 23: Gennemsnitshastigheder for lange køretøjer (>12,5 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit angivet med grøn firkant. På x-aksen er testopstillingernes placering af C55/C56-tavler, indsnævring samt strækning med smalle spor markeret. Nedskiltning fra 130 km/t til 110 km/t sker 700 m før start af smalle spor.

4.3 Kapacitet

I forbindelse med kapacitetsvurderingerne er data som tidligere nævnt inddelt i 5-minutters intervaller, og det er data i morgentimerne mellem kl. 5 og 9, der anvendes. Det maksimalt observerede flow (max-flow) er baseret på 15-minutters intervaller, dvs. tre sammenhængende 5-minutters intervaller.

Trafikken i de enkelte 5-minutters intervaller er inddelt i fire trafiksituationer på baggrund af de målte hastigheder. Analyserne af kø og trafik tæt på kapacitetsgrænsen før kø er kun foretaget ud fra sammenhængende tidsintervaller med samme trafiksituation af minimum 15 minutters varighed. De fire forskellige trafiksituationer er følgende:

- **Minimalt påvirket flow:** Ingen eller kun mindre hastighedsreduktioner frem mod smalle spor
- **Flow tæt på kapacitetsgrænse:** Nogen hastighedsreduktioner frem mod smalle spor, store trafikmængder, men stadig flow
- **Kø:** Store hastighedsreduktioner frem mod smalle spor
- **Tilbagestuvning:** Hastighedsreduktioner efter strækning med smalle spor er større end hastighedsreduktioner frem mod smalle spor

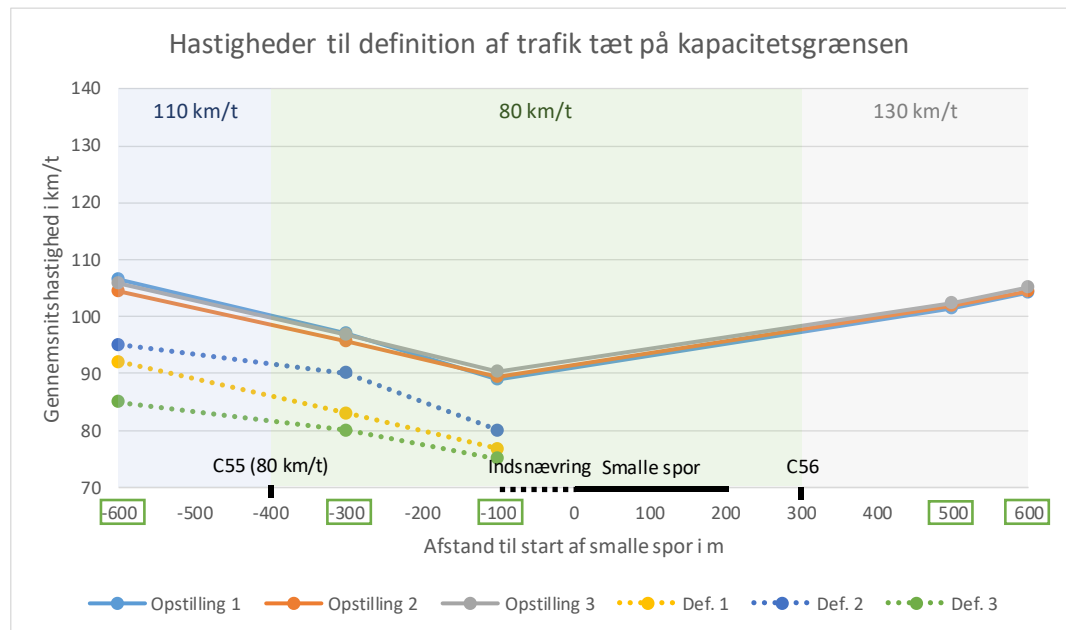
I analysen af testopstillingernes kapacitet anvendes kun intervaller med minimalt påvirket flow, flow tæt på kapacitetsgrænsen eller kø. Tidsrum med tilbagestuvning pilles ud, idet hastighedsreduktioner i disse tidsrum skyldes trafikale problemer længere fremme, dvs. efter strækningen med smalle spor.



Figur 24: Eksempel på tilbagestuvning, hvor det er tydeligt, at det ikke er strækningen med smalle spor, der giver opbremsninger i trafikken, men en flaskehals længere fremme på strækningen.

Trafiksituationen er vurderet som værende kø, hvis gennemsnitshastigheden er under 50 km/t i målesnittet ved starten af indsnævringen. De første fem minutter efter en periode med tilbagestuvning indgår ikke i disse kødata.

Til udvælgelse af tidsintervaller med en trafiksituation tæt på kapacitetsgrænsen er der taget udgangspunkt i de målte hastigheder ved test af opstillingerne i dagtimer kl. 10-18. Det er flere gange observeret, at gennemsnitshastighederne er lavere i målesnittene 300 m og 600 m før de smalle spor end i snittet 100 m før, når flowet er stort. Derfor anvendes alle tre målesnit frem mod de smalle spor til udpegning af tidsrum med trafik tæt på kapacitetsgrænsen. Hvis gennemsnitshastigheden i ét af de tre målesnit er lavere end en grænseværdi, vurderes det, at trafikken er tæt på kapacitetsgrænsen. Grænseværdier er fastsat ud fra tre forskellige definitioner. Gennemsnitshastighederne på tværs af køretøjstyper i dagtimer for de tre opstillinger samt de tre definitioner for grænseværdier ses af Figur 25.



Figur 25: Gennemsnitshastigheder for alle køretøjer uanset køretøjstype i dagtimer kl. 10-18 under test af de tre opstillinger samt tre forskellige definitioner af grænseværdier for udvælgelse af tidsintervaller med flow tæt på kapacitetsgrænsen.

Da hastighederne er stort set ens for de tre opstillinger, er de samme grænseværdier valgt for alle tre opstillinger. Definition 1 er fastsat som trafikanternes gennemsnitshastighed i dagtimer kl. 10-18 fratrukket standardafvigelsen i samme tidsrum. Det betyder, at trafikken er vurderet som værende tæt på kapacitetsgrænsen før kø, hvis trafikanternes gennemsnitshastighed i ét af de tre målepunkter er mindre end 15%-fraktilhastigheden i dagtimerne i samme målepunkt. Definition 2 og 3 er henholdsvis lidt højere og lidt lavere grænseværdier, så de kan anvendes til en form for følsomhedsanalyse af resultaterne. Værdierne fremgår af Tabel 5.

	-600 m (km/t)	-300 m (km/t)	-100 m (km/t)
Definition 1	92,05	82,95	76,71
Definition 2	95,00	90,00	80,00
Definition 3	85,00	80,00	75,00

Tabel 5: Tre forskellige definitioner af grænseværdier for gennemsnitshastigheder i de tre målesnit frem mod smalle spor. Anvendes til udvælgelse af tidsintervaller med flow tæt på kapacitetsgrænse.

En ulempe ved udelukkende at benytte hastigheder til kategorisering af tidsintervallerne i de forskellige trafiksituationer er, at andre forhold end selve trafikmængden kan have betydning for de målte gennemsnitshastigheder. Det kan fx være passage af særtransport, køretøjshavari etc.

I analyserne af flow tæt på kapacitetsgrænsen indgår det første 5-minuttersinterval efter en periode med kø eller tilbagestuvning ikke.

I analyserne af kapacitetsgrænsen før kø ved Van Aerde modellen anvendes 5-minutters intervaller fra hele døgnet uanset trafiksituation. Tidsrum med tilbagestuvning samt de efterfølgende fem minutter udelades dog også fra disse analyser.

4.3.1 Det maksimalt observerede flow

Max-flow i 15-minutters intervaller for de tre testopstillinger fremgår af Tabel 6. Max-flow er både opgjort baseret på de 15 sammenhængende minutter med det allerstørste observerede flow og et gennemsnit af de fem 15-minutters intervaller med størst observeret flow.

	Max-flow 15 min. (pe/t)	Max-flow gennemsnit 5•15 min. (pe/t)	Trafiksituation
Opstilling 1	4.262	4.181	Tæt på kapacitetsgrænse og i ét tilfælde med begyndende kødannelse.
Opstilling 2	4.504	4.367	Tæt på kapacitetsgrænse
Opstilling 3	4.503	4.418	Tæt på kapacitetsgrænse

Tabel 6: Det maksimalt observerede flow (max-flow) under test af de tre opstillinger – henholdsvis 15 minutter med størst flow og gennemsnit for de fem 15-minutters intervaller med størst flow.

Max-flow under test af de tre opstillinger er højt også set i lyset af, at strækningen ved normalt tværprofil forventes at have en kapacitetsgrænse før kø på ca. 4.400 pe/t baseret på den grundlæggende kapacitet for en vej med fire eller flere spor³. Der er observeret større trafikmængder under test af Opstilling 2 og 3 end under test af Opstilling 1. Ved test af alle tre opstillinger er max-flow observeret i trafiksituationer, der synes at være tæt på kapacitetsgrænsen. Ved test af Opstilling 1 synes der at være begyndende kødannelse i ét af de fem 15-minutters intervaller.

4.3.2 Kø

Der er kun observeret kø som følge af de smalle spor under test af Opstilling 1. Køen er opstået på den første testdag. Der er anvendelige data for en samlet tid på 1 time og 55 minutter baseret på to perioder. I mellemtiden er der først kortvarig opblødning i trafikken, hvorefter der ses tilbagestuvning til teststrækningen fra kødannelse længere fremme. Trafikken er på intet tidspunkt stillestående i længere tid, men gennemsnitshastighederne ligger på 30-45 km/t 100 m før starten af de smalle spor. 600 m før de smalle spor når gennemsnitshastighederne kortvarigt under 30 km/t.

I perioden med kø afvikles der i gennemsnit 3.422 pe/t, varierende mellem 3.097 pe/t og 3.718 pe/t i 5-minutters intervaller. Køen udløses af en relativt beskedne trafikmængde. I de fem forudgående minutter afvikles en trafikmængde svarende

³ Håndbog for "Kapacitet og serviceniveau", Vejregler, 2015, Tabel 3.1

til 3.441 pe/t, og i de fem minutter, hvor køen opstår, er der registreret en trafikmængde svarende til 3.901 pe/t i de tre målesnit før de smalle spor, mens der registreres 3.718 pe/t i de to målesnit efter de smalle spor. For denne dag er der videomateriale, og der er intet i dette, der tyder på en unormal hændelse eller lignende, som er med til at starte køen. Videomaterialet kan ikke forklare, hvorfor køen opstår denne dag og ikke de følgende, hvor der er registreret større trafikmængder i tilsvarende tidsintervaller. Det kan ikke afvises, at det har betydning for køens opståen, at det er den første dag med test af opstillinger med smalle kørespor. I den efterfølgende testperiode har trafikanterne muligvis vænnet sig til afmærkningskonceptet.

På den anden dag under test af Opstilling 1 er der observeret fem minutter med begyndende kødannelse i en periode med en trafikmængde tæt på den forventede kapacitetsgrænse før kø. Kødannelse udløses, efter der i de forudgående fem minutter har været en trafikmængde svarende til 4.175 pe/t, hvilket er noget mere end på den første testdag. Trafikmængden begynder dog at falde, da køen er ved at opstå, hvilket nok er den primære årsag til, at der ikke opstår længere tids kødannelse.



Figur 26: Tidsrum med kø under test af Opstilling 1, som det ses i billedets baggrund, er der god plads mellem bilerne efter strækningen med smalle spor, og i dette tidsrum er de smalle spor således strækningens flaskehals.

4.3.3 Trafik tæt på kapacitetsgrænse

Flowet, hvor trafikken på baggrund af gennemsnitshastighederne er vurderet som værende tæt på kapacitetsgrænsen, er analyseret. Dette kan give et indtryk af niveauet for testopstillingernes kapacitetsgrænse før kø. I Tabel 7 er gennemsnitsflowet ved trafik tæt på kapacitetsgrænsen før kø opgjort efter brug af Definition 1

for grænseværdier. Det svarer til, at trafikken er vurderet at være tæt på kapacitetsgrænsen, hvis gennemsnitshastighederne i ét af de tre målesnit frem mod de smalle spor er lavere end gennemsnitshastigheden fratrukket standardafvigelsen i dagtimer, dvs. ca. 15%-fraktilhastigheden. Minimum- og maksimumværdier er angivet for intervaller af kun fem minutters varighed. Det bemærkes, at i korte tidsintervaller kan der observeres større trafikmængder, end man vil kunne observere over en længere periode (≥ 15 minutter).

Definition 1	Flow ved trafik tæt på kapacitetsgrænse før kø					Minimalt påvirket flow
	Datagrundlag	Gennemsnit (pe/t)	Korrektionsfaktor	Maksimum (pe/t)	Minimum (pe/t)	Maksimum (pe/t)
Opstilling 1	1 t 20 min	4.162	0,95	4.417	3.867	3.276
Opstilling 2	2 t 25 min	4.143	0,94	4.819	3.356	3.832
Opstilling 3	1 t 20 min	4.306	0,98	4.774	3.734	3.900

Tabel 7: Det observerede gennemsnitsflow for de tre testopstillinger ved trafik kategoriseret som værende tæt på kapacitetsgrænsen på baggrund af Definition 1 for grænseværdier for gennemsnitshastigheder, svarende til 15%-fraktilhastigheden i dagtimer. Korrektionsfaktor beregnes således, at 1,00 svarer til "normal" kapacitet på 4.400 pe/t. Minimum- og maksimumflow er baseret på 5-minutters intervaller.

Opstilling 1 med det smalleste venstre spor og den mindste fri sidebredde kan umiddelbart afvikle 4.162 pe/t, uden trafikken bryder sammen. Dette svarer til, at Opstilling 1 reducerer strækningens kapacitet med 5 %. Flowet i datagrundlaget er relativt ensartet med en forskel på 550 pe/t mellem minimum- og maksimumflow. Beregningerne er baseret på to morgener, idet den første morgen var præget af kø.

Til sammenligning er flowet langt mere uensartet i datagrundlaget for Opstilling 2, hvor der er 1.463 pe/t i forskel mellem minimum- og maksimumflow. Det gennemsnitlige flow for trafik tæt på kapacitetsgrænsen er dog forholdsvis ens de tre morgener i testen. Umiddelbart giver en gennemsnitlig afvikling af 4.143 pe/t under trafik tæt på kapacitetsgrænsen ikke et indtryk af, at en større fri sidebredde er til gavn for kapaciteten, når flowet for Opstilling 2 sammenlignes med Opstilling 1. Noget tyder alligevel på, at større fri sidebredde giver en bedre trafikafvikling. Dels er der som nævnt observeret kø under test af Opstilling 1, og køen udløses af mindre trafikmængder end det fundne flow tæt på kapacitetsgrænsen. Dels er det maksimalt observerede flow i tidsrum, hvor der ikke er kø, tilbagestuvning eller tegn på trafik tæt på kapacitetsgrænsen, væsentligt højere for Opstilling 2 (3.832 pe/t) end for Opstilling 1 (3.276 pe/t).

Den øgede sporbredde for venstre spor i Opstilling 3 sammenlignet med Opstilling 1 medfører tilsyneladende en større kapacitet. Gennemsnitkapaciteten for trafik tæt på kapacitetsgrænsen er således 4.306 pe/t eller blot 2 % mindre end "normalt". Datagrundlaget er noget uensartet med en forskel mellem minimum- og maksimumflow på 1.040 pe/t, men der er begrænset forskel på gennemsnittet

på de tre testdage. Testresultaterne tyder på, at når smalle spor anvendes, øges kapaciteten mere, hvis sporbredden i venstre spor øges frem for en forøgelse af den fri sidebredde.

Tilsvarende er det gennemsnitlige flow ved trafik tæt på kapacitetsgrænsen før kø opgjort, når grænseværdierne er fastsat ud fra Definition 2 (Tabel 8) og Definition 3 (Tabel 9). Definition 2 medtager flere tidsrum end Definition 1 som følge af højere grænseværdier, mens Definition 3 medtager færrest tidsrum pga. de laveste grænseværdier for gennemsnitshastigheder.

Definition 2	Flow ved trafik tæt på kapacitetsgrænse før kø					Minimalt påvirket flow
	Datagrundlag	Gennemsnit (pe/t)	Korrektionsfaktor	Maksimum (pe/t)	Minimum (pe/t)	Maksimum (pe/t)
Opstilling 1	1 t 25 min	4.132	0,94	4.417	3.649	3.147
Opstilling 2	3 t 05 min	3.978	0,90	4.819	2.787	3.310
Opstilling 3	1 t 50 min	4.285	0,97	4.798	3.412	3.793

Tabel 8: Det observerede gennemsnitsflow for de tre testopstillinger ved trafik kategoriseret som værende tæt på kapacitetsgrænsen på baggrund af Definition 2 for grænseværdier for gennemsnitshastigheder, dvs. højere grænseværdier end ved Definition 1. Korrektionsfaktor beregnes således, at 1,00 svarer til "normal" kapacitet på 4.400 pe/t. Minimum- og maksimumflow er baseret på 5-minutters intervaller.

Definition 3	Flow ved trafik tæt på kapacitetsgrænse før kø					Minimalt påvirket flow
	Datagrundlag	Gennemsnit (pe/t)	Korrektionsfaktor	Maksimum (pe/t)	Minimum (pe/t)	Maksimum (pe/t)
Opstilling 1	0 t 40 min	4.165	0,95	4.417	4.059	3.871
Opstilling 2	1 t 05 min	4.218	0,96	4.523	3.749	4.268
Opstilling 3	0 t 40 min	4.304	0,98	4.593	3.734	4.387

Tabel 9: Det observerede gennemsnitsflow for de tre testopstillinger ved trafik kategoriseret som værende tæt på kapacitetsgrænsen på baggrund af Definition 3 for grænseværdier for gennemsnitshastigheder, dvs. lavere grænseværdier end ved Definition 1. Korrektionsfaktor beregnes således, at 1,00 svarer til "normal" kapacitet på 4.400 pe/t. Minimum- og maksimumflow er baseret på 5-minutters intervaller.

Brug af Definition 2 medfører et større antal tidsintervaller kategoriseret som trafik tæt på kapacitetsgrænsen, men også noget mere uensartede trafikmængder i disse tidsrum. Trafikmængderne ved trafik tæt på kapacitetsgrænsen er noget mere ensartet ved brug af Definition 3 til grænseværdier, men datagrundlaget er beskedent. Samtidig er maksimumflow ved minimalt påvirket trafik noget større for både Opstilling 2 og 3 end minimumflow ved trafik tæt på kapacitetsgrænsen. For Opstilling 1 og 3 har brug af de forskellige definitioner minimal betydning for gennemsnitsværdien. For Opstilling 2 har definitionen af grænseværdier nogen betydning, og afhængig af valgte definition viser beregningerne, at testopstillingen reducerer strækningens kapacitet med mellem 4 % og 10 % i forhold til "nor-

malt”. Samtidig er den beregnede gennemsnitsværdi for flow tæt på kapacitetsgrænsen noget varierende mellem testdagene for Opstilling 2 ved brug af de to alternative definitioner. Overordnet synes Definition 2 at have for høje grænseværdier. Forskellen mellem resultaterne ved brug af Definition 1 og Definition 3 er mindre, men Definition 3 reducerer datagrundlaget betragteligt, og både 5-minutters intervaller med stort og lille flow frasorteres i forhold til brug af Definition 1.

På baggrund af analyserne vurderes det, at kapacitetsgrænsen før kø for de tre testopstillinger må være tæt på følgende:

- Opstilling 1: ca. 4.150 pe/t (kø er observeret ved mindre trafik)
- Opstilling 2: ca. 4.100-4.250 pe/t
- Opstilling 3: ca. 4.300 pe/t

Det medfører følgende korrektionsfaktorer i forhold til den forventede kapacitetsgrænse før kø på 4.400 pe/t ved ”normalt” vejforløb:

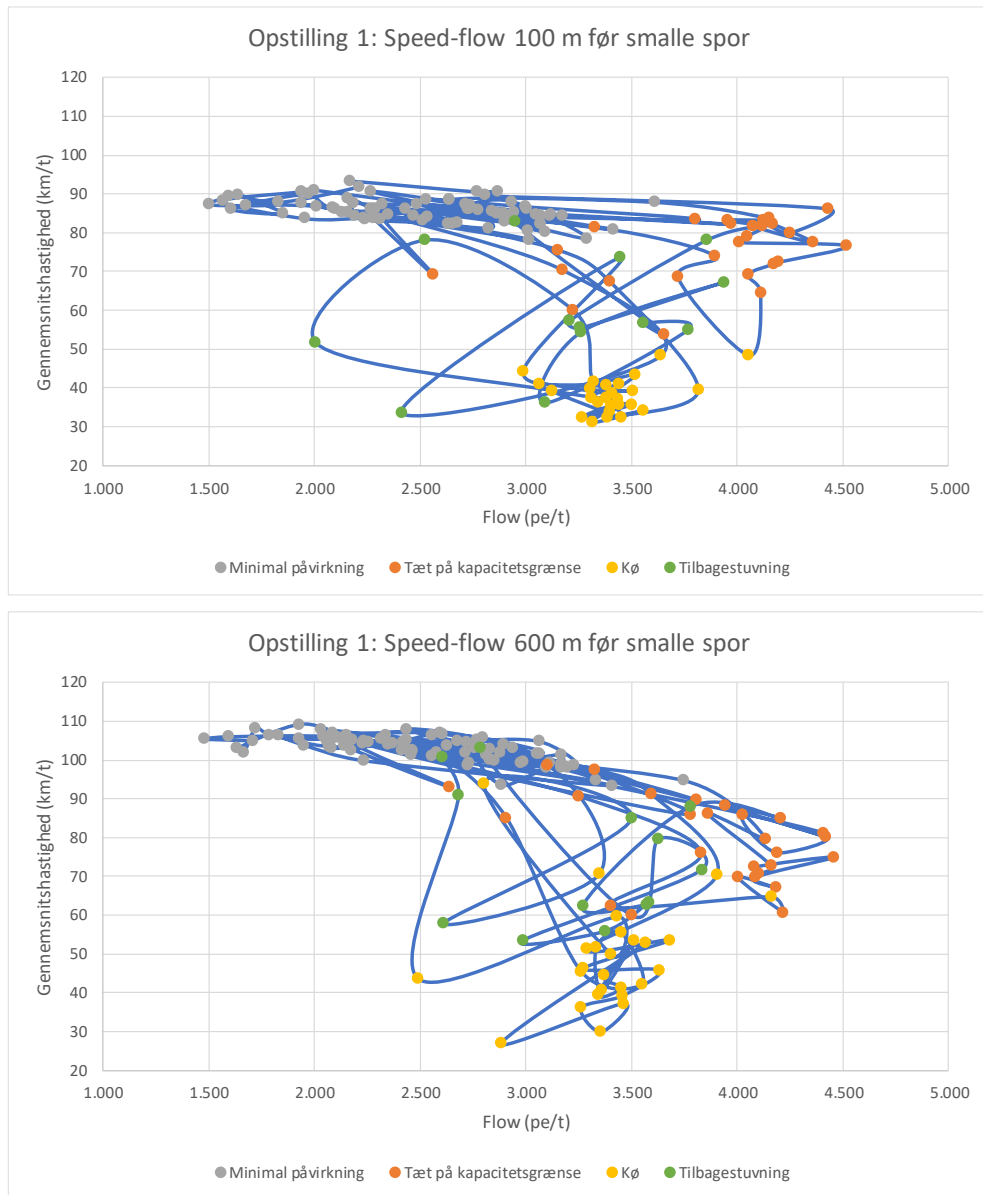
- Opstilling 1: 0,94
- Opstilling 2: 0,93-0,97
- Opstilling 3: 0,98

4.3.4 Speed-flowsammenhænge

I det følgende præsenteres speed-flowsammenhænge i morgentimerne kl. 5-9 for de tre testopstillinger. For hver opstilling er sammenhænge præsenteret både 100 m og 600 m før starten af de smalle spor. For hvert interval af fem minutters varighed er trafiksituationen angivet, og intervallerne er forbundet kronologisk. Overordnet er det tydeligt, at trafikmængden synes at have større betydning for gennemsnitshastighederne 600 m før de smalle spor end 100 m før, hvor indsnævringen starter.

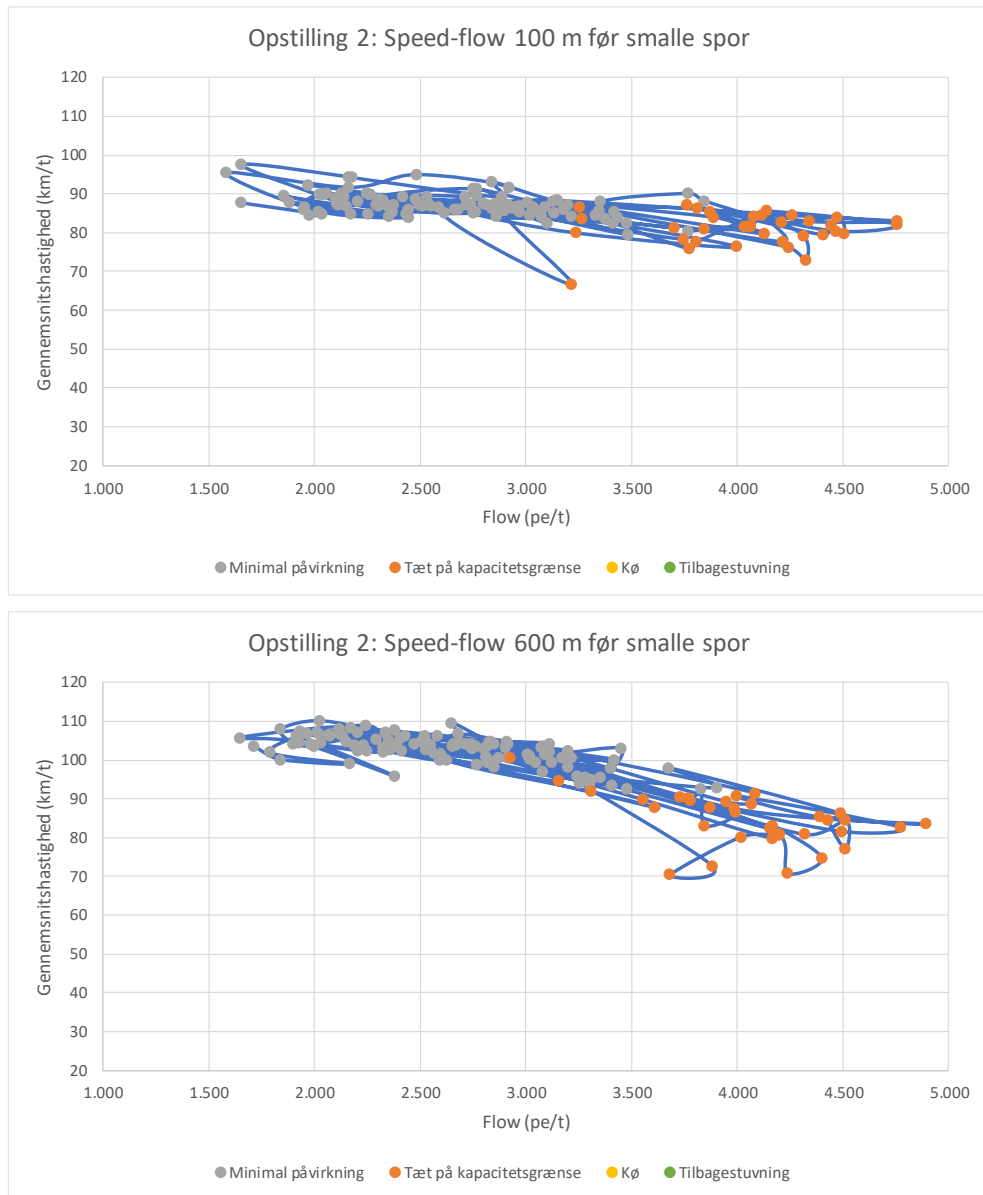
Det skal bemærkes, at ved at kigge på så korte intervaller kan hastigheden i nogle tidsrum være reduceret, uden det skyldes trafikmængderne. Dette kan fx være forårsaget af særtransport, havari, mm.

Speed-flow sammenhænge for Opstilling 1 fremgår af Figur 27, Opstilling 2 fremgår af Figur 28, og Opstilling 3 fremgår af Figur 29.



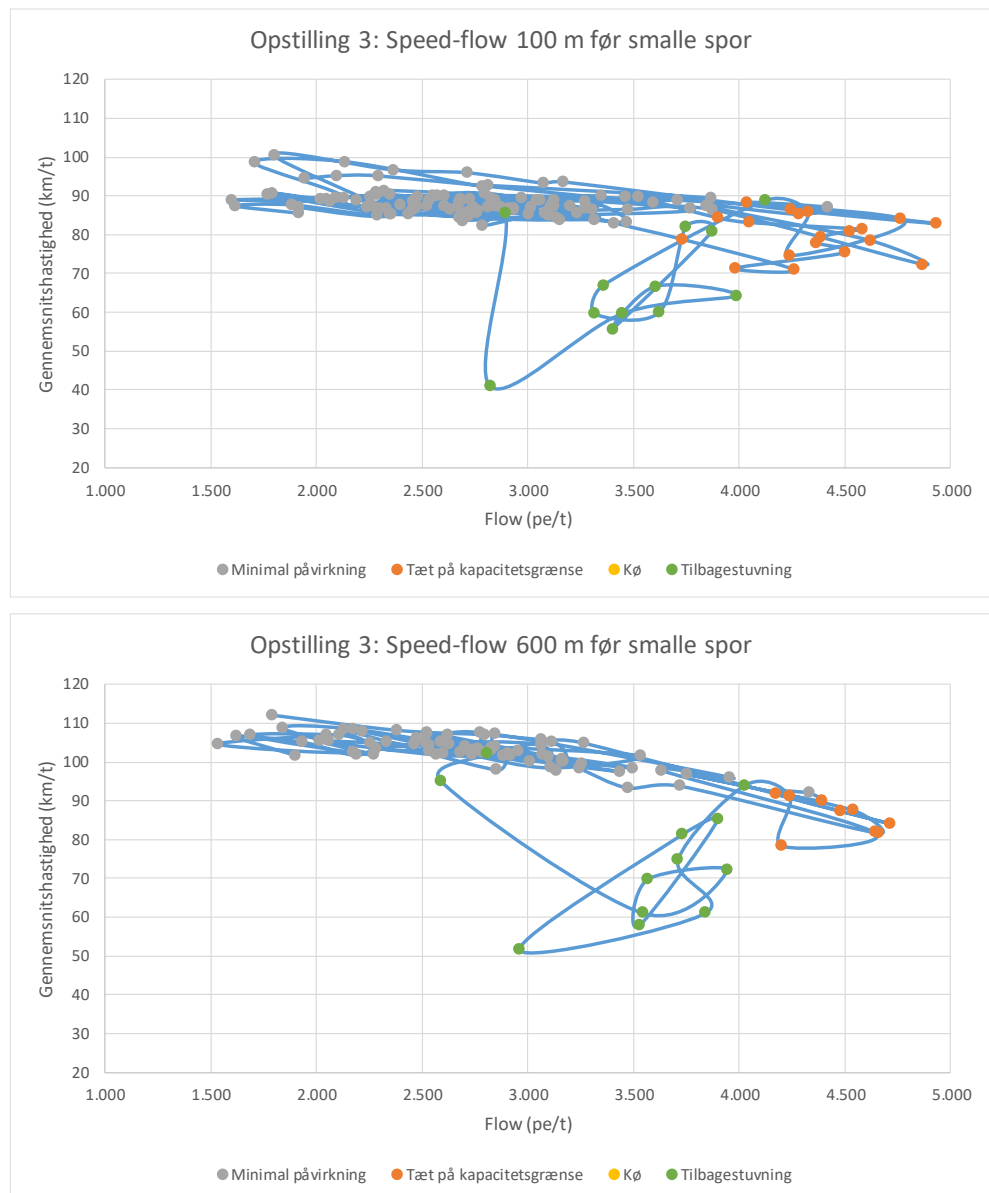
Figur 27: Speed-flow sammenhænge i 5-minutters intervaller i morgentimer kl. 5-9 under test af Opstilling 1. Inddelt efter trafiksituation ud fra Definition 1. Øverst: 100 m før start af smalle spor (begrænsning: 80 km/t). Nederst: 600 m før start af smalle spor (begrænsning: 110 km/t).

Der synes overordnet at være en fin overensstemmelse mellem speed-flowsammenhængene og kategoriseringen af trafiksituationen for Opstilling 1. Hastighederne falder tydeligt ved trafikmængder i 5-minutters intervaller svarende til mellem 4.000 pe/t og 4.500 pe/t, men det fremgår også, at køsituationerne ikke udløses efter intervaller med allerstørst belastning.



Figur 28: Speed-flow sammenhænge i 5-minutters intervaller i morgentimer kl. 5-9 under test af Opstilling 2. Inddelt efter trafiksituation ud fra Definition 1. Øverst: 100 m før start af smalle spor (begrænsning: 80 km/t). Nederst: 600 m før start af smalle spor (begrænsning: 110 km/t).

Intervallerne under test af Opstilling 2 fordeler sig kun på to af de fire trafiksituationer, minimalt påvirket trafik og trafik tæt på kapacitetsgrænsen. Hastighederne synes at falde ved trafikmængder i 5-minutters intervaller svarende til lidt under 4.500 pe/t. Dette ses primært i målesnittet 600 m før starten af de smalle spor, og det er ikke så tydeligt som ved test af Opstilling 1.



Figur 29: Speed-flow sammenhænge i 5-minutters intervaller i morgentimer kl. 5-9 under test af Opstilling 3. Inddelt efter trafiksituation ud fra Definition 1. Øverst: 100 m før start af smalle spor (begrænsning: 80 km/t). Nederst: 600 m før start af smalle spor (begrænsning: 110 km/t). Bemærk: 600 m før start af smalle spor mangler flow data fra første morgen.

For Opstilling 3 er det forholdsvis tydeligt, at gennemsnitshastighederne reduceres ved trafikmængder i 5-minutters intervaller svarende til 4.500 pe/t.

Det er ikke muligt direkte at vurdere kapacitetsgrænsen før kø på baggrund af speed-flowsammenhænge, da flowet i 5-minutters intervallerne ikke direkte kan opgøres til trafik i én time. Speed-flowsammenhænge kan dog supplere konklusionerne i forrige afsnit. Det synes tydeligt, at hastighedsreduktionerne ved

højt flow er markant mindre under test af Opstilling 2 og 3 end under test af Opstilling 1. Dette tyder på, at Opstilling 1 har en lavere kapacitetsgrænse før kø end de to øvrige opstillinger. Af speed-flowsammenhængene kan det ikke vurderes, om en forøgelse af den fri sidebredde eller en forøgelse af bredden af det venstre spor har størst betydning for strækningens kapacitet.

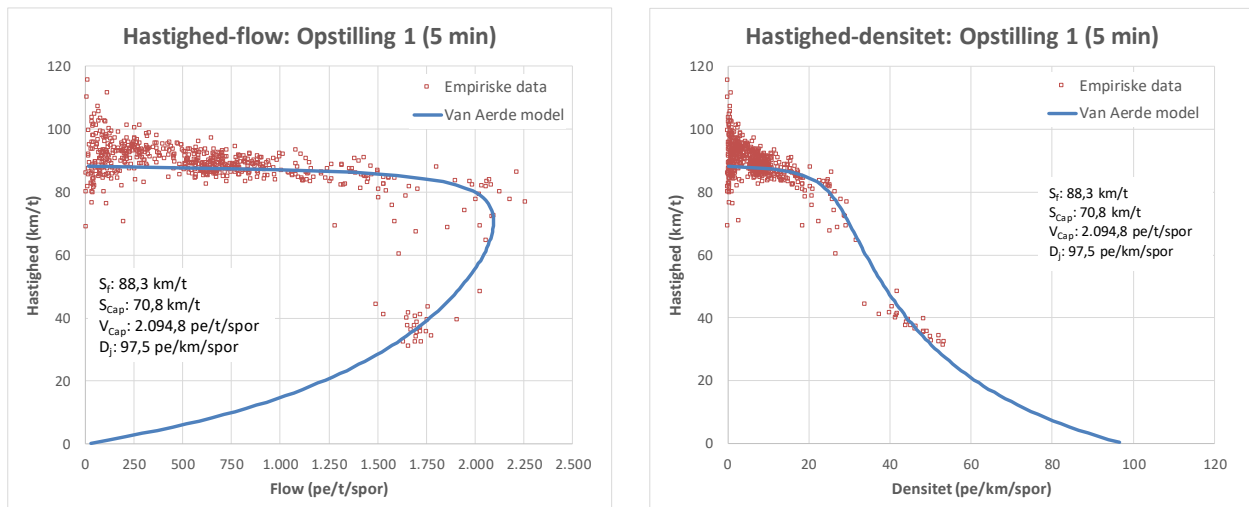
4.3.5 Benyttelse af Van Aerde modellen

Kapacitet ved de tre testopstillinger er endvidere belyst ved brug af Van Aerde modellen.

Til modellen er der anvendt speed-flow data fra målesnittet 100 m før de smalle spors start. Der indgår speed-flow data baseret på 5-minutters intervaller fra hele testperioden, dvs. både dag, aften og nat. Data er imidlertid udeladt for tidsrum med tilbagestuvning på samme måde som ved analyse af trafik tæt på kapacitetsgrænsen. Som tidligere nævnt kalibreres Van Aerde modellen ud fra fire parametre: S_f (fri hastighed), S_{Cap} (hastighed ved kapacitetsgrænsen), V_{Cap} (flow ved kapacitetsgrænsen) og D_j (densitet ved stillestående kø). V_{Cap} er således den estimerede kapacitet, målt i en situation før kø.

For at modellen kan kalibreres korrekt kræves data for både den øverste gren af speed-flow kurven (før trafiksammenbrud) og fra den nederste gren af speed-flow kurven (efter trafiksammenbrud). Kun Opstilling 1 opfylder disse krav, hvorfor Van Aerde modellen reelt kun kan kalibreres for denne testopstilling. For Opstilling 2 og 3 er der kun foretaget en manuel tilpasning af speed-flow modellen, hvor parametrene S_f (fri hastighed), S_{Cap} (hastighed ved kapacitetsgrænsen) og D_j (densitet ved stillestående kø) er fastholdt på samme værdier som for Opstilling 1, men hvor V_{Cap} (flow ved kapacitetsgrænsen) er skønnet ud fra de målte data.

I Figur 30 ses sammenhængene mellem hastighed og flow samt hastighed og densitet ved test af Opstilling 1.

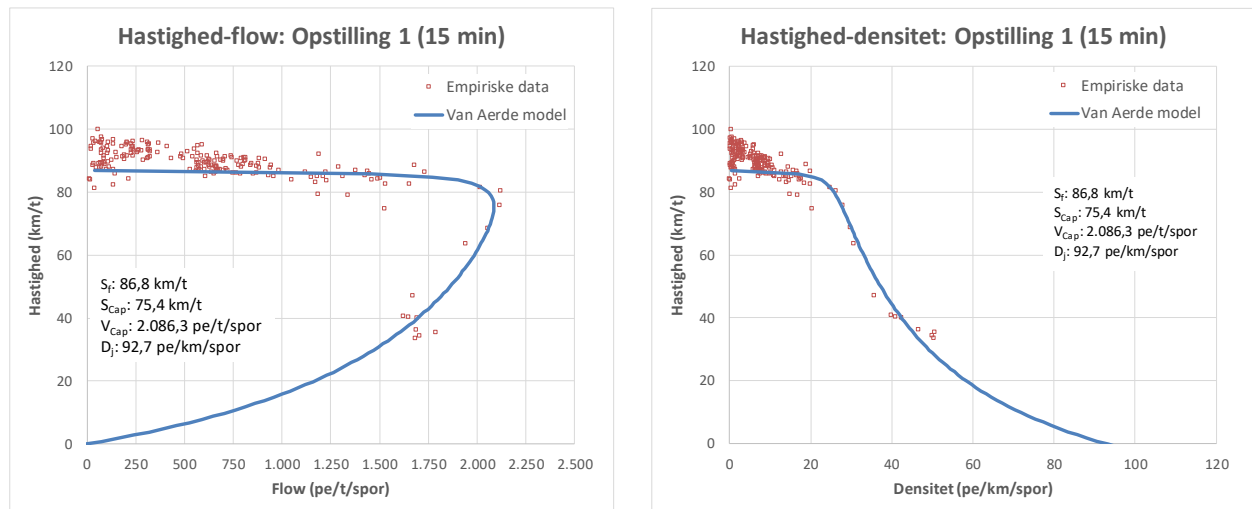


Figur 30: Sammenholdning af de observerede data i 5-minutters intervaller og den estimerede Van Aerde model for test af Opstilling 1. Til venstre sammenhængen mellem hastighed og flow og til højre sammenhængen mellem hastighed og densitet. Modellens output i form af hastighed ved frit flow (S_f), hastighed ved kapacitetsgrænse før kø (S_{cap}), flow ved kapacitetsgrænse før kø (V_{cap}) og densitet ved stillestående kø (D_j) er angivet.

Som det fremgår, er der en pæn tilpasning mellem de empiriske data og den estimerede model. Dette gælder både den del af speed-flow kurven, hvor hastighederne er nogenlunde på niveau med hastigheden ved frit flow, og den del af kurven, hvor der er sket sammenbrud i trafikken, og der er opstået kø. Det samme gælder for kurven med sammenhængen mellem hastighed og densitet. Modellen angiver en kapacitetsgrænse før kø på 2.095 pe/t/spor svarende til en samlet kapacitet i køretningen på lige under 4.200 pe/t ved brug af Opstilling 1. Dette er i fin overensstemmelse med de ca. 4.150 pe/t, som var resultatet af analysen af trafik tæt på kapacitetsgrænsen.

Modellen giver ikke et output, der beskriver kapaciteten af vejen, når der er opstået kø. Dette kan derfor kun aflæses manuelt ud fra de empiriske data. Som det fremgår ligger disse data stort set i samme område på speed-flow kurven, og køafvikling synes ved aflæsning på grafen at foregå med ca. 1.700 pe/t/spor svarende til ca. 3.400 pe/t og således i samme størrelsesorden som fundet i analysen af tidsrum med kø. Det betyder, at vejens kapacitet reduceres med omkring 20 %, når trafikken går fra at være lige under kapacitetsgrænsen til et sammenbrud i trafikken.

For at vurdere rimeligheden i at benytte 5-minutters intervaller til disse undersøgelser er Van Aerde modellen for Opstilling 1 også benyttet på 15-minutters intervaller (se Figur 31). Ved brug af 15-minutters intervaller opnås færre datapunkter. Dette har i særdeleshed betydning for datamængder for intervaller med stort flow, som er af væsentlig betydning for estimeringen af modellen.

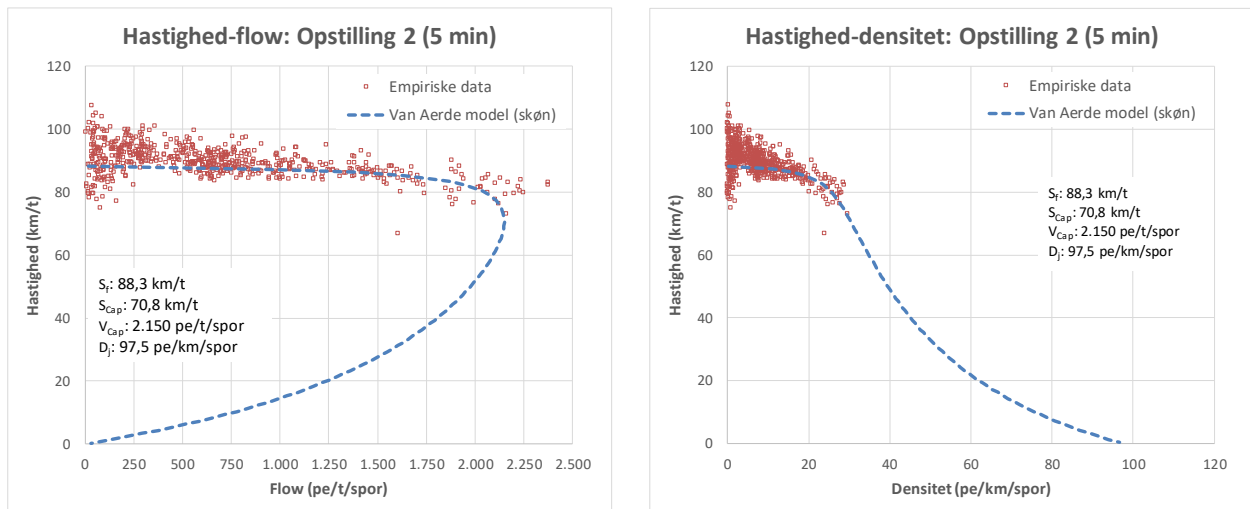


Figur 31: Sammenholdning af de observerede data i 15-minutters intervaller og den estimerede Van Aerde model for test af Opstilling 1. Til venstre sammenhængen mellem hastighed og flow og til højre sammenhængen mellem hastighed og densitet. Modellens output i form af hastighed ved frit flow (S_f), hastighed ved kapacitetsgrænse før kø (S_{cap}), flow ved kapacitetsgrænse før kø (V_{cap}) og densitet ved stillestående kø (D_j) er angivet.

Brug af 15-minutters intervaller i stedet for intervaller på fem minutter har dog begrænset betydning for de fundne værdier for flow ved kapacitetsgrænse og hastighed ved frit flow, mens det synes at have lidt større betydning for de fundne værdier for hastighed ved kapacitetsgrænse og densitet ved stillestående kø. Dette kan tyde på, at det har begrænset betydning, om der anvendes 5-minutters intervaller eller 15-minutters intervaller til denne type modelberegning. Modellen korrigerer for ekstreme værdier, når der både er ekstremt store og små.

Som nævnt kan Van Aerde modellen ikke kalibreres uden empiriske data fra den nedre del af speed-flow kurven, dvs. efter trafiksammenbrud. Det er alligevel forsøgt at vurdere flow ved kapacitetsgrænse før kø for Opstilling 2 og 3. Vurderingen er sket ved en manuel tilpasning af kurverne for sammenhængene mellem hastighed, flow og densitet. I den forbindelse er det antaget, at værdierne for hastighed ved frit flow, hastighed ved kapacitetsgrænse og densitet ved stillestående kø er identisk for de tre testopstillinger. Denne antagelse er muligvis ikke helt rimelig. Fx kan det tænkes, at sporbredderne har en betydning for hastighederne særligt omkring kapacitetsgrænsen før kø, til trods for at hastighedsmålingerne ikke tyder på forskel mellem opstillingerne i tidsrum uden for spidsbelastning. Flow ved kapacitetsgrænsen før kø er til gengæld manuelt justeret for at opnå den visuelt set bedste tilpasning mellem den skønnede model og de empiriske data.

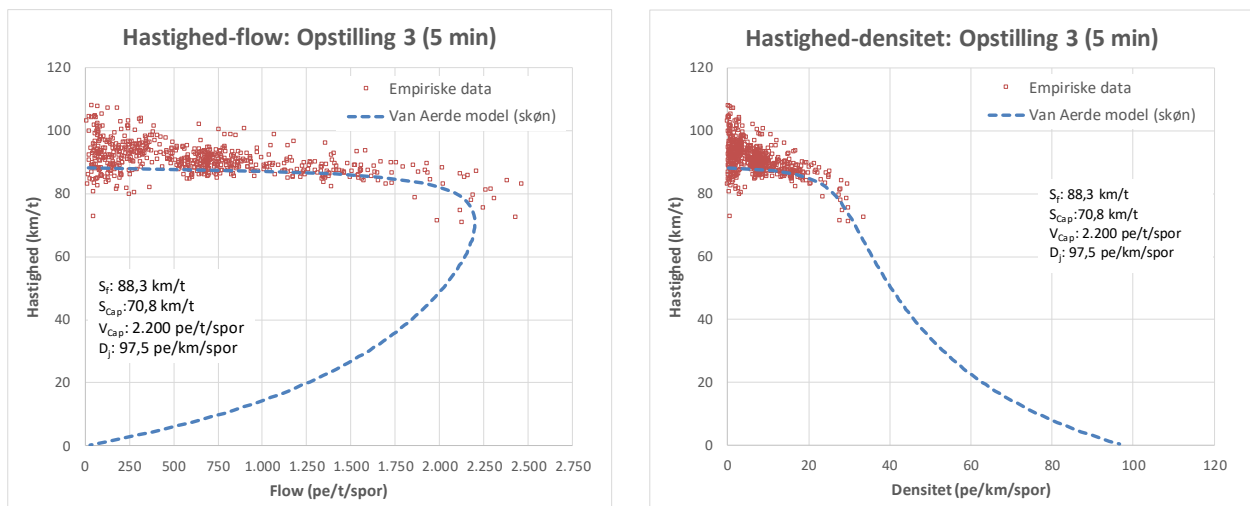
I Figur 32 ses sammenhængene mellem hastighed og flow samt hastighed og densitet ved test af Opstilling 2.



Figur 32: Sammenholdning af de observerede data i 5-minutters intervaller og en skønnet Van Aerde model for test af Opstilling 2. Til venstre sammenhængen mellem hastighed og flow og til højre sammenhængen mellem hastighed og densitet. Hastighed ved frit flow (S_f), hastighed ved kapacitetsgrænse før kø (S_{Cap}) og densitet ved stillestående kø (D_j) er fastholdt fra Opstilling 1, mens flow ved kapacitetsgrænse før kø (V_{Cap}) er justeret for at tilpasse den skønnede model til data.

Det bedste fit mellem den skønnede Van Aerde model og de empiriske data for test af Opstilling 2 fås umiddelbart ved et flow ved kapacitetsgrænse før kø på ca. 2.150 pe/t/spor svarende til 4.300 pe/t, men hele intervallet 2.100-2.200 pe/t/spor synes at fungere. Graferne kunne tyde på, at den anvendte hastighed ved frit flow er lidt for lav.

På tilsvarende vis ses grafer for Opstilling 3 af Figur 33.



Figur 33: Sammenholdning af de observerede data i 5-minutters intervaller og en skønnet Van Aerde model for test af Opstilling 3. Til venstre sammenhængen mellem hastighed og flow og til højre sammenhængen mellem hastighed og densitet. Hastighed ved frit flow (S_f), hastighed ved kapacitetsgrænse før kø (S_{Cap}) og densitet ved stillestående kø (D_j) er fastholdt fra Opstilling 1, mens flow ved kapacitetsgrænse før kø (V_{Cap}) er justeret for at tilpasse den skønnede model til data.

Umiddelbart synes flow på kapacitetsgrænse før kø at være ca. 2.200 pe/t/spor svarende til 4.400 pe/t, hvilket svarer til den forventede kapacitet pr. køreretning for en 4-sporet motorvej med normale sporbredder. Værdier på 2.150-2.250 pe/t/spor synes at medføre en rimelig tilpasning mellem den skønnede Van Aerde model og de empiriske data. Også for Opstilling 3 kunne graferne tyde på, at hastighed ved frit flow er højere end de anvendte 88,3 km/t.

På baggrund af Van Aerde modellen for Opstilling 1 og den skønnede Van Aerde model for Opstilling 2 og 3 opnås følgende estimerer for kapacitetsgrænsen før kø for de tre testopstillinger:

- Opstilling 1: ca. 4.200 pe/t (kø afvikles med ca. 3.400 pe/t)
- Opstilling 2: ca. 4.300 pe/t
- Opstilling 3: ca. 4.400 pe/t

Det medfører følgende korrektionsfaktorer i forhold til den forventede kapacitetsgrænse før kø på 4.400 pe/t ved "normalt" vejforløb:

- Opstilling 1: 0,95
- Opstilling 2: 0,98
- Opstilling 3: 1,00

I særdeleshed værdierne for Opstilling 2 og 3 skal tages med visse forbehold, men det synes rimeligt at antage, at kapaciteten for begge opstillinger er større end for Opstilling 1. Opstilling 3 har formentlig den største kapacitet af alle tre testopstillinger.

4.4 Situationer med konfliktende adfærd

For Opstilling 1 og Opstilling 2, er der foretaget videooptagelser af trafikken over en periode på knap 4 timer i tidsrummet kl. 5.15-9.00. Da der kun er foretaget videooptagelser i myldretiden, er det ikke muligt at vurdere trafikanternes samspilsadfærd udenfor myldretiden, hvor trafikken er mere sporadisk.

Ud fra videooptagelserne er det generelle indtryk, for begge opstillinger, at trafikanterne generelt kører meget tæt frem mod og igennem vejarbejdszonen. I højre kørespor, er der indimellem observeret tunge køretøjer, der ved begyndelsen af indsnævringen svinger forholdsvis skarpt mod venstre. Den tætte trafik kombineret med, at nogle trafikanter synes at køre med for høj hastighed i forhold til forholdene, medfører indimellem u hensigtsmæssige opbremsninger, der breder sig ned gennem køen. Til trods for ovenstående, er der kun registreret relativt få situationer med konfliktende adfærd. Ved Opstilling 1 er registreret i alt 4 situationer med konfliktende adfærd, mens der ikke er registreret nogen ved Opstilling 2.

Tre af de fire situationer med konfliktende adfærd, ved Opstilling 1, opstår mellem to køretøjer i venstre spor, hvor den bageste bremser kraftigt, for at undgå kollision med forankørende, der nedsætter hastigheden frem mod vejarbejdszonen, se Figur 34-Figur 36.



Figur 34: PB1, (markeret med rød ring), kommer kørende med høj hastighed i det venstre kørspe. Da forankørende PB2 (markeret med blå ring) bremser pga. vejarbejdet, bremser PB1 og trækker lidt mod venstre for at undgå kollision med forankørende.

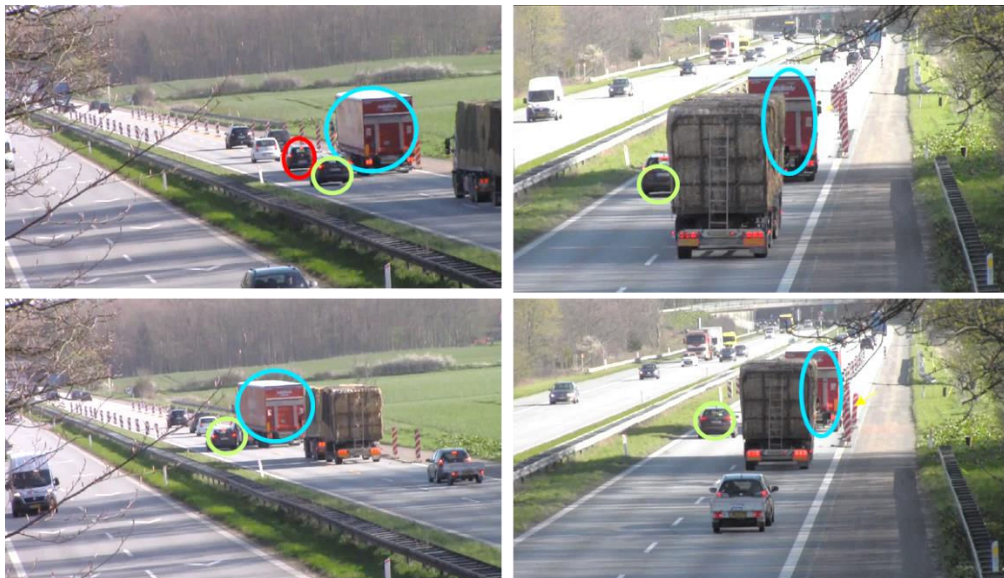


Figur 35: Biler i venstre spor kører meget tæt på hinanden frem mod og igennem vejarbejdszonen. Da PB (markeret med blå ring) bremser pga. kø, bremser bagvedkørende VB forholdsvis kraftigt for at undgå kollision. Også efterfølgende biler må bremse kraftigt.



Figur 36: Tæt trafik/kø frem mod og gennem vejarbejdet. Da der bremses foran i køen, må orange kassevogn i venstre spor (markeret med rød ring), bremse kraftigt for at undgå kollision med forankørende VB (markeret med blå ring). Sort vb bag kassevogn bremser også kraftigt.

Den fjerde situation opstår, da en personbil påbegynder vognbaneskift mod højre ind foran en lastbil. Lastbilen reagerer ved at bremse og ændre sideværtsplacering, først mod højre og herefter mod venstre. Som følge heraf rammer sættevognet to N42 kantpæle, som bliver rykket ud i nødsporet, se Figur 37.



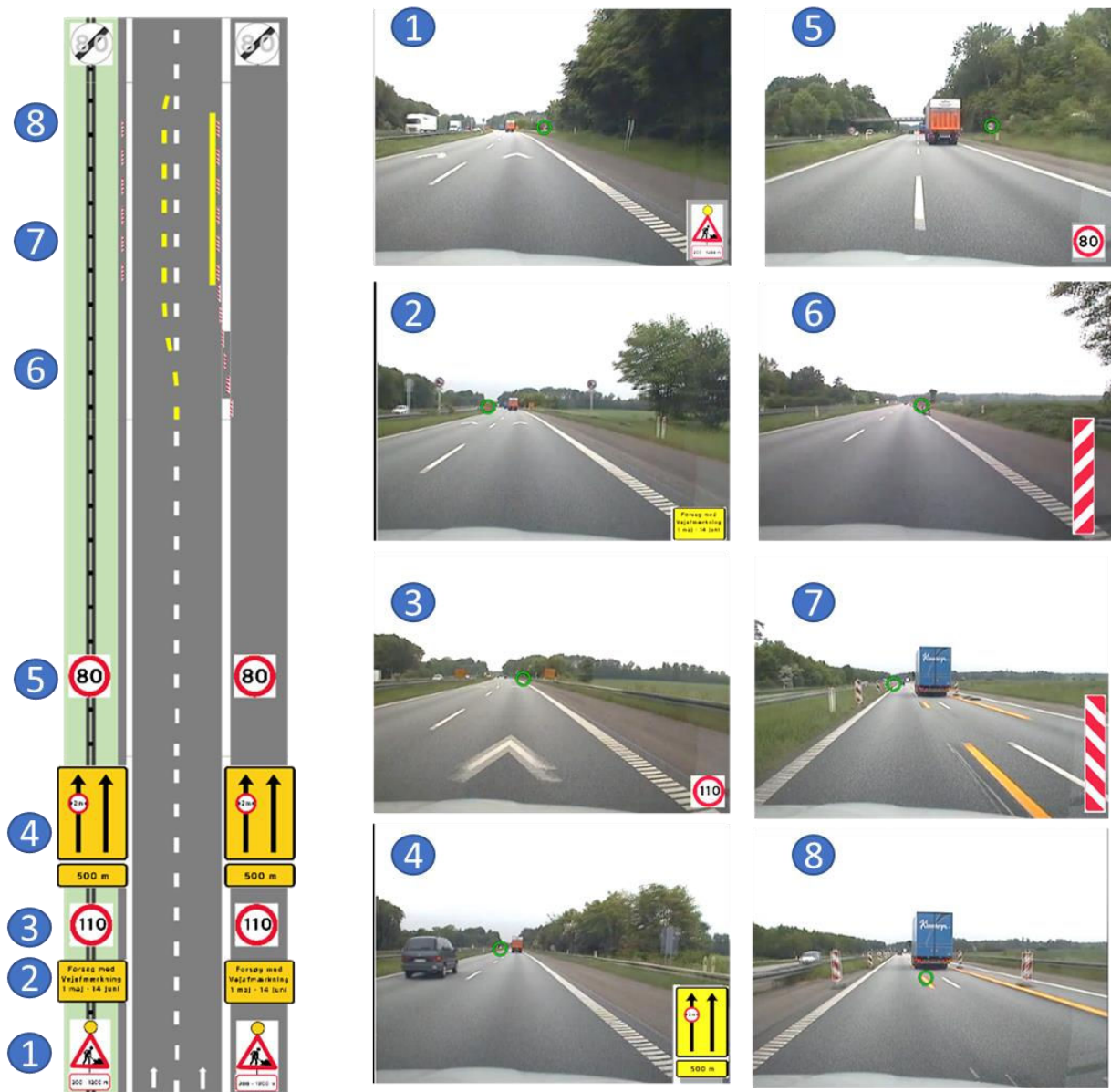
Figur 37: Situation med konfliktende adfærd set fra to forskellige kameravinkler. Sort pb1 (markeret med rød ring) foretager vognbaneskift mod højre ind foran lastbil (markeret med blå ring). Lastbil reagerer ved både at bremse og ændre retning. I forbindelse med retningsændringen rammer lastbilen to N42 kantpæle (gul pil), der rykkes ud i nødsporet. Bagvedkørende pb2 i venstre spor (markeret med grøn ring) bremses og trækker mod venstre, da lastbil ændrer sideværtsplacering.

4.5 Eyetrackkørsler

To testbilister har kørt gennem Opstilling 3 i en målebil med eyetrackudstyr. På strækningen med smalle spor kørte Testbilist 1 i højre kørespor gennem selve vejarbejdsstrækningen. Inden strækningen med de smalle spor påbegyndte Testbilist 2 en overhaling, som først blev afsluttet, efter bilisten kørte ud af vejarbejdszonen.

Begge testbilister har mindst ét blik mod alle tavler i afmærkningskonceptet, se Figur 38. Gennem strækningen med smalle spor fokuserer testbilist 1 skiftevis på N42 i højre veside og den gule vognbanelinje. Testbilist 2, er i gang med en overhaling i selve vejarbejdszonen, hvilket kan være en forklaring på, at der kun er ét registrerbart blik mod hhv. N42 (i venstre side) og 2-3 blik på den gule kørebaneafmærkning.

Det skal pointeres, at de to testbilister har kørt gennem strækningen udenfor myldretiden. Hvorvidt trafikanterne ved kørsel i myldretiden vil have samme blikmønster mod vejarbejdstavler og vejarbejdsrelateret afmærkning vides ikke.



Figur 38: Screenshots fra eyetrackkørsler, den grønne cirkel angiver blikkets retning. Nummeret i den blå cirkel angiver hvilken tavle/afmærkning testbilisten ser mod. Begge testbilister har minimum ét blik mod hver af de 6 tavler. Igennem selve vejarbejdet har Testbilist 1 flere blik mod N42 kanttavler og den gule kørebaneafmærkning end Testbilist 2. Det kan forklares ved, at Testbilist 2 ved kørsel gennem selve vejarbejdszonen kører i venstre spor og har sin fokus rettet mod den forankørende lastbil, som testbilisten er ved at overhale.

4.6 Tysk simulatorstudie af smalle spor

Resumé af tysk studie

Smalle spor i vejarbejdszone er blevet undersøgt i Tyskland ved et simulatorstudie⁴. I studiet indgik 72 deltagere fordelt på to aldersgrupper: yngre (20-45 år) og ældre (55-80 år). Hver deltager har på "ruten" i simulatoren gennemkørt tre vejarbejdsstrækninger af en længde på 3 km på en motorvej med to spor i køreretningen. Eneste forskel på de tre vejarbejdsstrækninger var bredden af venstre spor, hhv. 2,5 m, 2,75 m og 3,0 m. Øvrige parametre var ens herunder en bredde af højre spor på 3,5 m, fri siddebredde på 0 m og hastighedsbegrænsning på 80 km/t. Forskerne angiver, at en kombination af sporbredder på 2,5 m og 3,5 m er urealistisk, men kombinationen er anvendt i studiet af metodiske årsager, således sporbredden af venstre spor var eneste varierende faktor mellem de tre vejarbejdszoner.

Under kørsel i simulatoren måtte trafikanterne gerne overhale andre køretøjer, men de var instruerede i at holde til højre, i overensstemmelse med tyske færdselsregler. I vejarbejdszonen mødte testdeltagerne to kolonner af fem køretøjer i højre spor, først fem personbiler og derefter fem lastbiler, der alle kørte 65 km/t. Mellem de to kolonner var der plads til at flette ind i højre spor, så testdeltagerne kunne vælge ikke at overhale, kun at overhale de fem personbiler eller både at overhale de fem personbiler og de fem lastbiler. Bredden af venstre spor havde ikke betydning for testdeltagernes villighed til at overhale, og de fleste deltagere valgte både at overhale personbilerne og lastbilerne.

Deltagernes gennemsnitshastighed under kørsel i venstre spor i vejarbejdszonen afhang signifikant af sporbredden, og de yngre kørte signifikant hurtigere end de ældre. Blandt de yngre var gennemsnitshastigheden kun under hastighedsgrænsen ved sporbredden på 2,5 m, mens det var tilfældet ved både 2,5 m og 2,75 m blandt de ældre.

Under kørsel i venstre spor placerede deltagere sig mere til højre for midten af køresporet, jo smallere køresporet var. Der var signifikant forskel på placeringen ved sporbredder på 2,5 m og 3,0 m. Desuden placerede de ældre deltagere sig signifikant mere til højre end de yngre (12 cm). Flere af deltagere placerede sig så langt til højre, at de overskred delelinjen mellem højre og venstre spor og rent faktisk påkørte nogle af de køretøjer, de overhalede. Antallet af påkørsler steg i takt med reduktion af sporbredden. Forskerne påpegede, at antallet af påkørsler kunne hænge sammen med, at deltagere ikke var vant til simulatorbilens "fysiske dimensioner på vejen", ligesom deltagere ikke oplevede konsekvenser af påkørslerne.

⁴ Petzoldt, T., Rossner, P., Mair, C., Bullinger, A.C., & Krems, J.F. (2016). How does left lane width in motorway work zones affect driver behaviour and perception? *Advances in Transportation Studies an international Journal, Special Issue 1*, 51-58.

Opsamling og perspektivering til nærværende undersøgelse

Med de begrænsninger, der ligger i et simulatorstudie er det ikke muligt at overføre deltagerens adfærd direkte til ”den virkelige verden”. Fra undersøgelsen er det muligt at konkludere, at reduktion af venstre spors bredde vil medføre, at trafikanterne i venstre spor vælger en lavere hastighed og placerer sig længere mod højre i forhold til midten af køresporet. Undersøgelsen tyder ikke på, at sporbredden har betydning for villigheden til at overhale. Det er ikke muligt at konkludere, om trafikanterne vil placere sig så langt til højre i det venstre spor, at de vil overskride delelinjen, og der vil opstå et øget antal trægningsuheld.



Figur 39: Den grå personbil er et eksempel på en trafikant, der kører på delelinjen på strækningen med smalle spor. Trafikanten kører tæt bag en forankørende, der har en sideværtsplacering mere til venstre i køresporet. Den grå bil passerer ingen trafikanter i højre spor på de 200 m.

Det er umiddelbart ikke så ligetil at sammenholde det tyske simulatorstudie med nærværende undersøgelse af Opstilling 1-3. Det tyske studie fokuserer på de 3 km med smalle spor, mens der i nærværende studie kun er indsamlet data frem mod og efter strækningen med smalle spor, der med en længde på 200 m er væsentligt kortere. Det er ikke muligt at vurdere, om der er overensstemmelse med hensyn til hastighedsvalg og sideværtsplacering. At sporbredden (i intervallet 2,5-3,0 m) ikke har betydning for trafikanternes villighed til at overhale stemmer fint overens med nærværende studie. Nærværende studie viser dog, at andelen af trafikanter i venstre spor frem mod testopstillingerne er væsentligt lavere end ved referencemålingerne med sporbredder på 3,5 m. Der er ikke registreret konflikter med trængning på selve strækningen med smalle spor, og i forbindelse med de generelle videoobservationer i myldretiden, er der heller ikke bemærket et generelt problem med trafikanter, der ligger så langt til højre i det venstre spor, at de overskrider delelinjen.

4.7 Opsamling

Sporbenyttelse og hastigheder ved test af de tre testopstillinger adskiller sig fra referencedagene, hvilket er forventeligt, da vejforløb, afmærkning og hastighedsgrænse er ændret. Til gengæld synes der kun at være små forskelle på adfærden afhængig af, hvordan de smalle spor er udformet i de tre testede opstillinger.

Sporbenyttelse

Trafikanternes sporbenyttelse frem mod og efter de tre testopstillinger er stort set identisk for Opstilling 1, 2 og 3. Opstilling 2 med den største fri sidebredde medfører en lidt større andel af korte køretøjer i venstre spor end Opstilling 1 og 3. Dette ses imidlertid allerede 600 m før de smalle spors start, hvor det skønnes at være umuligt for trafikanterne at vurdere størrelsen af den fri sidebredde.

De smalle spor reducerer andelen af trafikanter, der placerer sig i det venstre spor i forhold til referencemålinger både i dagtimer uden for myldretiden, i spidsbelastningen og i mørke. En væsentlig undtagelse er dog i mørke og tynd trafik i målesnittet 100 m før de smalle spor, hvor andelen af trafikanter registreret i venstre spor er større end i referencen. Dette gælder alle tre køretøjskategorier, men forskellen er størst for mellem og lange køretøjer. Det er en mulighed, at trafikanterne ikke foretager et reelt vognbaneskift til venstrespor, men blot placerer sig mellem køresporene. I dagtimerne er andelen af trafikanter i venstre spor lavest 300 m og 100 m før de smalle spors start, hvor den er reduceret med ca. en fjerdedel i forhold til referencen. I spidsbelastningen er andelen af trafikanter i venstre spor stort set konstant i teststrækningens målesnit.

Hastighed

Gennemsnitshastighederne frem mod de tre testopstillinger varierer kun en anelse afhængig af opstilling. Hastighederne reduceres generelt i takt med, at hastighedsgrænsen nedskiltes, men på delstrækningen med en grænse på 80 km/t køres der væsentligt over hastighedsgrænsen. Nedskiltningen til 80 km/t sker 400 m før de smalle spors start. I dagtimer efter morgenmyldretid kører korte køretøjer med en gennemsnitshastighed lige over 90 km/t (begge spor samlet) og en 85%-fraktilhastighed over 100 km/t i målesnittet 100 m før de smalle spors start. I mørke i aften-/nattetimer er hastighederne endnu højere. De lange køretøjer reducerer kun deres hastighed en anelse frem mod de smalle spors start, men hastighedsgrænsen for disse køretøjer er også uændret ved test af opstillingerne, da de maksimalt må køre 80 km/t på motorvej. Det er ukendt, hvorvidt trafikanternes hastighed reduceres yderligere i indsnævringen og på strækningen med smalle spor. I spidshalvtimen kører trafikanterne noget langsommere i alle tre målesnit frem mod de smalle spor.

Forskellen på gennemsnitshastighederne i højre og venstre kørespor er ca. 15 km/t i alle målesnit i dagtimer, hvilket også er tilfældet i referencen, hvor hastighedsgrænsen er 130 km/t på hele teststrækningen. I spidshalvtimen er forskellen kun ca. 5 km/t i målesnittene før de smalle spor.

Kapacitet

De bedste data til belysning af kapacitet er opnået ved test af Opstilling 1. Data tyder på, at kapacitetsgrænsen før kø for Opstilling 1 er på 4.150-4.200 pe/t. Dette svarer til en reduktion på 5-6 % i forhold til denne type motorvej ved normal sporbrede, hvor kapaciteten er 4.400 pe/t ifølge vejreglerne. Ved test af Opstilling 1 reduceres vejens kapacitet med yderligere næsten 20 % til ca. 3.400 pe/t, når der er opstået kø. Det bemærkes, at køsituationen ved test af Opstilling 1 er udløst som følge af trafikmængder, der ligger et stykke under den beregnede kapacitetsgrænse før kø på 4.150-4.200 pe/t. En mulig forklaring på dette kan være, at køen er opstået på den første testdag for forsøgene med smalle kørespor. Trafikanterne har muligvis haft brug for den første morgen til at vænne sig til testopstillingerne, hvilket kan have haft betydning for trafikanternes adfærd og dermed vejens kapacitetsgrænse denne morgen.

Analyserne peger på, at både Opstilling 2 og 3 som forventet har højere kapacitet end Opstilling 1. Resultaterne tyder yderligere på, at en forøgelse af sporbredden fra 2,45 m til 2,75 m har en større positiv effekt på kapaciteten end en forøgelse af den fri sidebrede fra 0 m til 0,75 m. Kapacitetsgrænsen før kø for Opstilling 2 er formentlig ca. 4.200-4.300 pe/t, svarende til en reduktion på 2-5 % i forhold til "normal" motorvej. Opstilling 3 har formentlig en kapacitetsgrænse før kø på 4.300-4.400 pe/t svarende til en reduktion på maksimalt 2 %. Pga. manglende kø under test af Opstilling 2 og 3 er det usikkert, hvor meget trafik der vil kunne afvikles under kø, dvs. kapacitetsgrænsen ved køafvikling. Det vil formentlig være ca. 3.400 pe/t som for Opstilling 1 eller evt. lidt højere, ligesom kapacitetsgrænsen før trafiksammenbrud er en anelse højere for Opstilling 2 og 3.

Situationer med konfliktende adfærd og eyetrackkørsler

Situationer med konfliktende adfærd er undersøgt for Opstilling 1 og 2 gennem én morgenmyldretid. I forbindelse med Opstilling 1 er der observeret fire situationer med konfliktende adfærd. De tre situationer er næsten identiske og involverer kraftige opbremsninger, hvor en trafikant i venstre spor kører for hurtigt i forhold til forholdene og formentlig ikke er opmærksom på, at forankørende kører med nedsat hastighed. I forbindelse med Opstilling 2 er der ikke observeret situationer med konfliktende adfærd. Dette er dog ikke tilstrækkeligt til at vurdere, at den ene opstilling er mere sikker end den anden.

Opstilling 3 er blevet gennemkørt med eyetrackudstyr af to testbilister uden for myldretid. Testbilisterne i eyetrackkørslerne bemærker alle skiltene i forvarslingen og har flere blik på afmærkningen på strækningen med smalle spor.

Bilag 1: Tabeller – sporbenyttelse

De væsentligste elementer i testopstillingerne, der forventes at have betydning for sporbenyttelsen, fremgår af listen nedenfor:

- 900 m før start af smalle spor anvendes A39-tavler til advarsel om vejarbejde længere fremme.
- 600 m før start af smalle spor anvendes E16-tavle til oplysning om reduceret sporbredde i venstre spor længere fremme
- 100-0 m før start af smalle spor indsnævres fra det eksisterende tværprofil til tværprofil med smalle spor.
- 200 m efter start af smalle spor ophører tværprofilet med smalle spor.

Den samlede datamængde for spidsbelastningen (5:30-6:00) er 45 minutter for Opstilling 1, 90 minutter for Opstilling 2, 75 minutter for Opstilling 3 og 60 minutter for referencen.

Andel personbilenheder i venstre spor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	27%	23%	24%	26%	27%
Opstilling 2	29%	25%	26%	27%	29%
Opstilling 3	28%	24%	24%	26%	28%
Reference	33%	33%	33%	34%	33%

Tabel 10: Andel af personbilenheder der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel korte køretøjer (<5,8 m) i venstre spor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	36%	31%	32%	34%	36%
Opstilling 2	39%	34%	35%	37%	39%
Opstilling 3	37%	32%	32%	35%	37%
Reference	44%	43%	44%	44%	44%

Tabel 11: Andel af korte køretøjer (<5,8 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel mellem køretøjer (5,8-12 m) i venstre spor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	16%	14%	15%	13%	14%
Opstilling 2	16%	14%	16%	16%	18%
Opstilling 3	17%	15%	15%	17%	17%
Reference	21%	20%	21%	22%	21%

Table 12: Andel af mellem køretøjer (5,8-12,5 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel lange køretøjer (>12,5 m) i venstre spor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	1%	<1%	1%	1%	1%
Opstilling 2	1%	<1%	<1%	<1%	2%
Opstilling 3	1%	<1%	<1%	1%	2%
Reference	3%	2%	2%	2%	3%

Table 13: Andel af lange køretøjer (>12,5 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel personbilenheder i venstre spor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	58%	58%	58%	60%	61%
Opstilling 2	61%	60%	61%	61%	62%
Opstilling 3	60%	59%	59%	60%	61%
Reference	65%	65%	65%	64%	64%

Table 14: Andel af personbilenheder der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel korte køretøjer (<5,8 m) i venstre spor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	68%	69%	69%	72%	73%
Opstilling 2	71%	71%	70%	71%	72%
Opstilling 3	71%	69%	69%	70%	71%
Reference	78%	78%	78%	77%	77%

Table 15: Andel af korte køretøjer (<5,8 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel mellem køretøjer (5,8-12 m) i venstre spor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	47%	48%	49%	48%	51%
Opstilling 2	48%	49%	50%	50%	52%
Opstilling 3	49%	50%	49%	50%	52%
Reference	55%	53%	55%	53%	53%

Tabel 16: Andel af mellem køretøjer (5,8-12,5 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel lange køretøjer (>12,5 m) i venstre spor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	2%	2%	2%	<1%	2%
Opstilling 2	<1%	<1%	1%	1%	1%
Opstilling 3	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
Reference	2%	3%	2%	2%	3%

Tabel 17: Andel af lange køretøjer (>12,5 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel personbilenheder i venstre spor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	9%	7%	13%	8%	9%
Opstilling 2	8%	7%	14%	8%	8%
Opstilling 3	8%	7%	12%	8%	8%
Reference	11%	9%	9%	9%	9%

Tabel 18: Andel af personbilenheder der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i aften- og nattimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel korte køretøjer (<5,8 m) i venstre spor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	14%	12%	17%	13%	15%
Opstilling 2	12%	11%	18%	12%	14%
Opstilling 3	14%	12%	17%	13%	14%
Reference	17%	15%	15%	15%	15%

Tabel 19: Andel af korte køretøjer (<5,8 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i aften- og nattimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel mellem køretøjer (5,8-12 m) i venstre spor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	6%	5%	14%	5%	6%
Opstilling 2	8%	7%	16%	6%	7%
Opstilling 3	6%	6%	13%	5%	5%
Reference	10%	9%	6%	6%	7%

Tabel 20: Andel af mellem køretøjer (5,8-12,5 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i aften- og nattetimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Andel lange køretøjer (>12,5 m) i venstre spor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	<1%	<1%	7%	<1%	1%
Opstilling 2	1%	1%	6%	1%	1%
Opstilling 3	<1%	<1%	3%	1%	1%
Reference	1%	1%	2%	2%	2%

Tabel 21: Andel af lange køretøjer (>12,5 m) der passerer teststrækningens fem målesnit i venstre spor i aften- og nattetimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Bilag 2: Tabeller – hastigheder

De væsentligste elementer i testopstillingerne, der forventes at have betydning for trafikanternes hastighedsvalg, fremgår af listen nedenfor:

- 900 m før start af smalle spor anvendes A39-tavler til advarsel om vejarbejde længere fremme.
- 700 m før start af smalle spor anvendes C55-tavler til nedskiltning af hastighedsgrænsen fra 130 km/t til 110 km/t.
- 400 m før start af smalle spor anvendes C55-tavler til nedskiltning af hastighedsgrænsen fra 110 km/t til 80 km/t.
- 100-0 m før start af smalle spor indsnævres fra det eksisterende tværprofil til tværprofil med smalle spor.
- 200 m efter start af smalle spor ophører tværprofilet med smalle spor.
- 300 m efter start af smalle spor anvendes C56-tavler til ophævelse af den lokale hastighedsbegrænsning på 80 km/t, hvorefter den generelle hastighedsgrænse på 130 km/t igen er gældende.

Den samlede datamængde for spidsbelastningen (5:30-6:00) er 45 minutter for Opstilling 1, 90 minutter for Opstilling 2, 75 minutter for Opstilling 3 og 60 minutter for referencen.

Gennemsnitshastighed for alle køretøjer i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	107	97	89	101	104
Opstilling 2	104	96	89	102	105
Opstilling 3	106	97	90	102	105
Reference	116	116	116	116	115

Tabel 22: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	110	99	90	104	107
Opstilling 2	107	97	91	105	108
Opstilling 3	109	99	91	105	108
Reference	120	121	121	120	120

Tabel 23: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	98	92	86	93	95
Opstilling 2	97	92	87	95	96
Opstilling 3	98	92	87	95	96
Reference	104	104	104	104	103

Tabel 24: Gennemsnitshastigheder i km/t for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for lange køretøjer (>12,5 m) i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	84	84	81	84	85
Opstilling 2	84	83	81	84	85
Opstilling 3	85	84	82	85	85
Reference	85	86	86	85	86

Tabel 25: Gennemsnitshastigheder i km/t for lange køretøjer (>12,5 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85% -fraktilhastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	122	113	103	116	119
Opstilling 2	119	110	103	116	119
Opstilling 3	121	112	105	117	120
Reference	133	134	134	133	133

Tabel 26: 85%-fraktilhastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85% -fraktilhastighed for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	112	106	98	105	109
Opstilling 2	111	105	99	107	110
Opstilling 3	112	106	100	108	110
Reference	122	121	122	122	121

Tabel 27: 85%-fraktilhastigheder i km/t for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85% -fraktilhastighed for lange køretøjer (>12,5 m) i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	90	89	87	89	90
Opstilling 2	90	89	87	89	90
Opstilling 3	91	90	88	90	90
Reference	91	92	91	91	91

Tabel 28: 85%-fraktilhastigheder i km/t for lange køretøjer (>12,5 m) i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed i højre kørespor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	102	93	84	97	99
Opstilling 2	100	91	85	97	99
Opstilling 3	101	93	86	97	100
Reference	109	110	109	109	109

Tabel 29: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i højre kørespor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed i venstre kørespor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	117	109	101	113	116
Opstilling 2	113	105	99	112	115
Opstilling 3	115	108	102	113	116
Reference	126	126	127	126	126

Tabel 30: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i venstre kørespor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i højre kørespor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	106	94	85	100	102
Opstilling 2	104	93	86	100	102
Opstilling 3	105	94	87	100	103
Reference	116	116	115	115	115

Tabel 31: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i højre kørespor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i venstre kørespor i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	117	109	101	113	116
Opstilling 2	113	105	99	113	116
Opstilling 3	116	108	102	114	117
Reference	126	127	127	127	126

Tabel 32: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i venstre kørespor i dagtimer kl. 10-18. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Standardafvigelse for hastigheder for alle køretøjer i dagtimer kl. 10-18:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	14	14	13	13	14
Opstilling 2	13	13	12	13	14
Opstilling 3	13	14	13	13	14
Reference	17	17	17	17	17

Tabel 33: Standardafvigelse for hastigheder i km/t for alle køretøjer i dagtimer kl. 10-18 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for alle køretøjer i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	76	83	79	96	100
Opstilling 2	83	86	81	99	101
Opstilling 3	-	86	82	98	100
Reference	103	104	105	104	105

Tabel 34: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	77	83	79	98	101
Opstilling 2	83	86	81	100	102
Opstilling 3	-	87	82	99	101
Reference	104	106	106	106	106

Tabel 35: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	77	83	79	93	97
Opstilling 2	83	85	81	96	98
Opstilling 3	-	85	81	96	98
Reference	101	102	102	101	102

Tabel 36: Gennemsnitshastigheder i km/t for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for lange køretøjer (>12,5 m) i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	73	78	75	82	85
Opstilling 2	81	81	79	85	86
Opstilling 3	-	80	78	85	86
Reference	86	87	87	86	87

Tabel 37: Gennemsnitshastigheder i km/t for lange køretøjer (>12,5 m) i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85%-fraktilhastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	87	90	86	105	108
Opstilling 2	93	93	89	107	110
Opstilling 3	-	95	91	107	110
Reference	116	118	118	118	118

Tabel 38: 85%-fraktilhastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85%-fraktilhastighed for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	87	90	86	101	106
Opstilling 2	93	93	89	105	108
Opstilling 3	-	93	89	105	108
Reference	113	114	114	114	114

Tabel 39: 85%-fraktilhastigheder i km/t for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85%-fraktilhastighed for lange køretøjer (>12,5 m) i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	80	84	82	87	90
Opstilling 2	89	86	86	91	91
Opstilling 3	-	85	84	88	89
Reference	92	95	96	94	95

Tabel 40: 85%-fraktilhastigheder i km/t for lange køretøjer (>12,5 m) i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed i højre kørespor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	74	80	77	89	92
Opstilling 2	82	82	80	92	94
Opstilling 3	-	82	79	91	93
Reference	95	96	96	96	96

Tabel 41: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i højre kørespor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed i venstre kørespor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	78	85	80	100	104
Opstilling 2	84	87	82	102	105
Opstilling 3	-	89	84	102	104
Reference	106	108	108	108	109

Tabel 42: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i venstre kørespor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i højre kørespor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	74	80	77	91	94
Opstilling 2	82	83	80	93	95
Opstilling 3	-	82	79	92	94
Reference	98	98	98	99	99

Tabel 43: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i højre kørespor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i venstre kørespor i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	78	85	80	100	104
Opstilling 2	84	87	82	102	105
Opstilling 3	-	89	84	102	104
Reference	106	108	108	108	109

Table 44: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i venstre kørespor i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Standardafvigelse for hastigheder for alle køretøjer i spidsbelastningen kl. 5:30-6:00:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	10	7	7	8	9
Opstilling 2	10	8	7	8	9
Opstilling 3	-	8	8	9	9
Reference	12	13	13	13	13

Table 45: Standardafvigelse for hastigheder i km/t for alle køretøjer i spidshalvtimen kl. 5:30-6:00 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for alle køretøjer i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	101	97	91	101	104
Opstilling 2	101	96	91	103	105
Opstilling 3	102	96	91	102	104
Reference	113	113	113	113	114

Table 46: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i aften- og nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	106	100	93	106	109
Opstilling 2	106	100	93	108	110
Opstilling 3	107	99	92	107	109
Reference	121	121	122	122	122

Table 47: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i aften- og nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	97	94	89	96	98
Opstilling 2	98	95	91	99	100
Opstilling 3	99	95	92	100	101
Reference	107	107	107	107	108

Tabel 48: Gennemsnitshastigheder i km/t for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i aften- og nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for lange køretøjer (>12,5 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	85	85	84	85	87
Opstilling 2	86	85	85	86	86
Opstilling 3	86	85	85	85	86
Reference	87	87	87	87	87

Tabel 49: Gennemsnitshastigheder i km/t for lange køretøjer (>12,5 m) i aften- og nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85%-fraktilhastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	119	115	109	119	123
Opstilling 2	120	115	109	121	124
Opstilling 3	120	114	108	120	124
Reference	137	137	138	137	137

Tabel 50: 85%-fraktilhastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i aften- og nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85%-fraktilhastighed for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	109	106	103	106	109
Opstilling 2	113	109	107	113	114
Opstilling 3	113	110	106	114	115
Reference	124	123	123	123	124

Tabel 51: 85%-fraktilhastigheder i km/t for mellem køretøjer (5,8-12,5 m) i aften- og nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

85%-fraktilhastighed for lange køretøjer (>12,5 m) i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	91	91	91	90	93
Opstilling 2	91	90	91	90	92
Opstilling 3	91	90	91	90	91
Reference	92	92	93	92	93

Tabel 52: 85%-fraktilhastigheder i km/t for lange køretøjer (>12,5 m) i aften- og natetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed i højre kørespor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	100	95	90	100	102
Opstilling 2	100	95	90	101	103
Opstilling 3	100	94	89	100	102
Reference	110	111	111	111	111

Tabel 53: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i højre kørespor i aften- og natetimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed i venstre kørespor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	115	111	100	116	118
Opstilling 2	114	109	97	116	118
Opstilling 3	119	113	101	119	121
Reference	131	130	132	131	131

Tabel 54: Gennemsnitshastigheder i km/t for alle køretøjer i venstre kørespor i aften- og natetimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i højre kørespor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	104	99	91	105	107
Opstilling 2	105	98	92	106	109
Opstilling 3	105	97	90	105	108
Reference	119	119	120	120	120

Tabel 55: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i højre kørespor i aften- og natetimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Gennemsnitshastighed for korte køretøjer (<5,8 m) i venstre kørespor i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	115	111	103	116	119
Opstilling 2	116	110	98	117	119
Opstilling 3	119	113	102	120	122
Reference	133	133	134	133	133

Tablet 56: Gennemsnitshastigheder i km/t for korte køretøjer (<5,8 m) i venstre kørespor i aften- og nattetimer kl. 22-4. Målesnit i afstand til start af smalle spor.

Standardafvigelse for hastigheder for alle køretøjer i aften-/nattetimer kl. 22-4:

Opstilling	-600 m	-300 m	-100 m	500 m	600 m
Opstilling 1	15	15	15	15	15
Opstilling 2	15	15	15	15	16
Opstilling 3	15	15	15	15	16
Reference	19	19	20	19	19

Tablet 57: Standardafvigelse for hastigheder i km/t for alle køretøjer i aften- og nattetimer kl. 22-4 samlet for højre og venstre spor. Målesnit i afstand til start af smalle spor.