

Brug af høj tavlevogn

Evaluering af hastighed og synlighed

Foreløbig udgave



Poul Greibe

2. juli 2012

Indhold

1 Sammenfatning og konklusion	3
2 Introduktion	5
2.1 Baggrund og formål.....	5
3 Metode	6
3.1 Opstilling	6
3.2 Dataindsamling.....	8
4 Resultater	9
4.1 Spoledata i km 114,570	9
4.2 Hastigheder målt med laserpistol	14
4.3 Foto og video dokumentation.....	15
Bilag 1	19
Bilag 2	20
Bilag 3	21

1 Sammenfatning og konklusion

Nærværende rapport sammenfatter hovedresultaterne fra en evaluering vedr. brug af en Høj tavlevogn i nødsporet på motorvej. Tavlevognen kan hæves til en højde af ca. 7 m, og har tre VMS tavler monteret, som afhængig af den konkrete opstilling, kan vise forskellige påbudstavler, advarselstavler og/eller oplysningstavler.

I evalueringen er tavlevognen benyttet alene i højre vejside til at vise 2 stk C55 tavler med 80 km/t hastighedsbegrænsning. Denne visning er sammenholdt med den traditionelle opstilling med faste C55 tavler i både højre og venstre vejside.

Formålet med undersøgelsen er at belyse tavlevognens brug set i forhold til den almindelige praksis med faste C55 tavler placeret i begge vejsider.

Dette er gjort på Østjyske motorvej nord for Vejle. Tre forskellige opstillinger er benyttet på en strækning, der leder op til et større vejarbejde med en hastighedsbegrænsning på 80 km/t. Opstillingerne indgår derfor i overgangen fra 110 km/t til 80 km/t.

De tre opstillinger er:

- Brug af fast C55 (90 km/t) i begge vejsider
- Brug af fast C55 (80 km/t) i begge vejsider
- Brug af Høj tavlevogn (kun i højre vejside) med visning af 2 stk C55 (80 km/t)

Hver opstilling har været benyttet i en periode på ca. 1 uge.

Der er målt hastigheder vha. en permanent tællestation placeret ca. 250 m efter det berørte tavlesnit. Derudover er der gennemført manuelt målte hastigheder ud for det berørte tavlesnit vha. laserpistol. Sluttelig er den høje tavlevogns synlighed forsøgt dokumenteret ud fra bl.a. videoptagelser og eye-trackregistreringer.

Resultaterne viser, at hastigheden i opstillingen med den Høje tavlevogn er på niveau med opstillingen med de faste C55 (80 km/t) tavler i begge vejsider. Flere af delresultaterne indikerer, at den Høje tavlevogn endda giver lavere hastigheder (i begge spor) sammenholdt med de faste C55 (80 km/t).

Der er ikke målt større hastighedsforskel i mellem højre og venstre spor ved brug af Høj tavlevogn, set i forhold til faste C55 tavler, på trods af at den Høje tavlevogn kun er placeret i højre vejside.

C55 tavlerne på den Høje tavlevogn vurderes at være meget synlige og at tiltrække opmærksomhed selv på lang afstand. Det skyldes bla., at der benyttes hvid baggrund med sort tekst på C55 tavlerne.

Selvom den øverste C55 tavle er hævet til 7m, kan der opstå situationer hvor tavlen, pga. af høje køretøjer i det højre kørespor, vil være helt eller delvist dækket for bilister i det venstre kørespor. I den konkrete opstilling, på den konkrete strækning (hvor der er en høj andel tung trafik), tyder hastighedsdata dog på, at bilisterne i det venstre spor reagerer på den Høje tavle, uanset at den til tider kan være dækket af andre køretøjer.

Det skal bemærkes, at den Høje tavlevogn er placeret i en venstredrejende vejkurve, hvilket gør tavlevognen ekstra synlig, også for bilister i venstre kørespor.

2 Introduktion

2.1 Baggrund og formål

Afmærkning af vejarbejder på 2-sporede motorveje foretages i dag ved at placere en A39 tavle i begge sider af vejen. Nogle gange suppleres A39 med hastighedsbegrænsningstavlen C55, som ligeledes placeres i begge vejsider med det formål at sikre, at tavleinformation er synlig for bilister i begge kørespor.

Kravet om at tavlerne skal placeres i begge vejsider kan nogle gange være vanskeligt at opfylde på grund af pladsmangel i vejmidten. Derudover vil det i situationer med mobilt vej- eller driftsarbejde være u hensigtsmæssigt med faste tavler, idet de løbende skal flyttes i forhold til vejarbejdet.

På den baggrund efterspørges der nye løsninger til brug for afmærkning i forbindelse med vejarbejde.

I relation til dette er der udviklet nyt materiel, der muliggør, at en tavle placeret i højre vejside kan hæves op til 7 m med det formål at gøre tavlen synlig for bilister i begge kørespor. Tavlen består af tre VMS tavler, som kan programmeres til forskellige visninger. (Se bilag 1 for skitse af tavlevogn med forskellige visninger). Tavlerne er placeret på en trailer, som derved nemt kan flyttes.

Vejdirektoratet har ønsket en afprøvning af den Høje tavlevogn placeret på en 2-sporet motorvej i højre vejside.

Nærværende rapport sammenfatter hovedresultaterne fra en evaluering vedr. brug af Høj tavlevogn i nødsporet motorvej, hvor tavlevognen har vist to C55 tavler med 80 km/t hastighedsbegrænsning.

Formålet med undersøgelsen er at belyse tavlevognens brug set i forhold til den almindelige praksis med faste C55 tavler placeret i begge vejsider.

3 Metode

Brugen af Høj tavlevogn er testet i relation til et eksisterende vejarbejde på M60 (Østjyske motorvej), hvor hastigheden op til vejarbejdet nedskiltes fra 110 km/t til 80 km/t. Den Høje tavlevogn indgår forsøgsvis i opstillingen i en periode på 7 dage. Der er registreret hastigheder med og uden den Høje tavlevogn og synligheden af tavlevognen er forsøgt undersøgt.

3.1 Opstilling

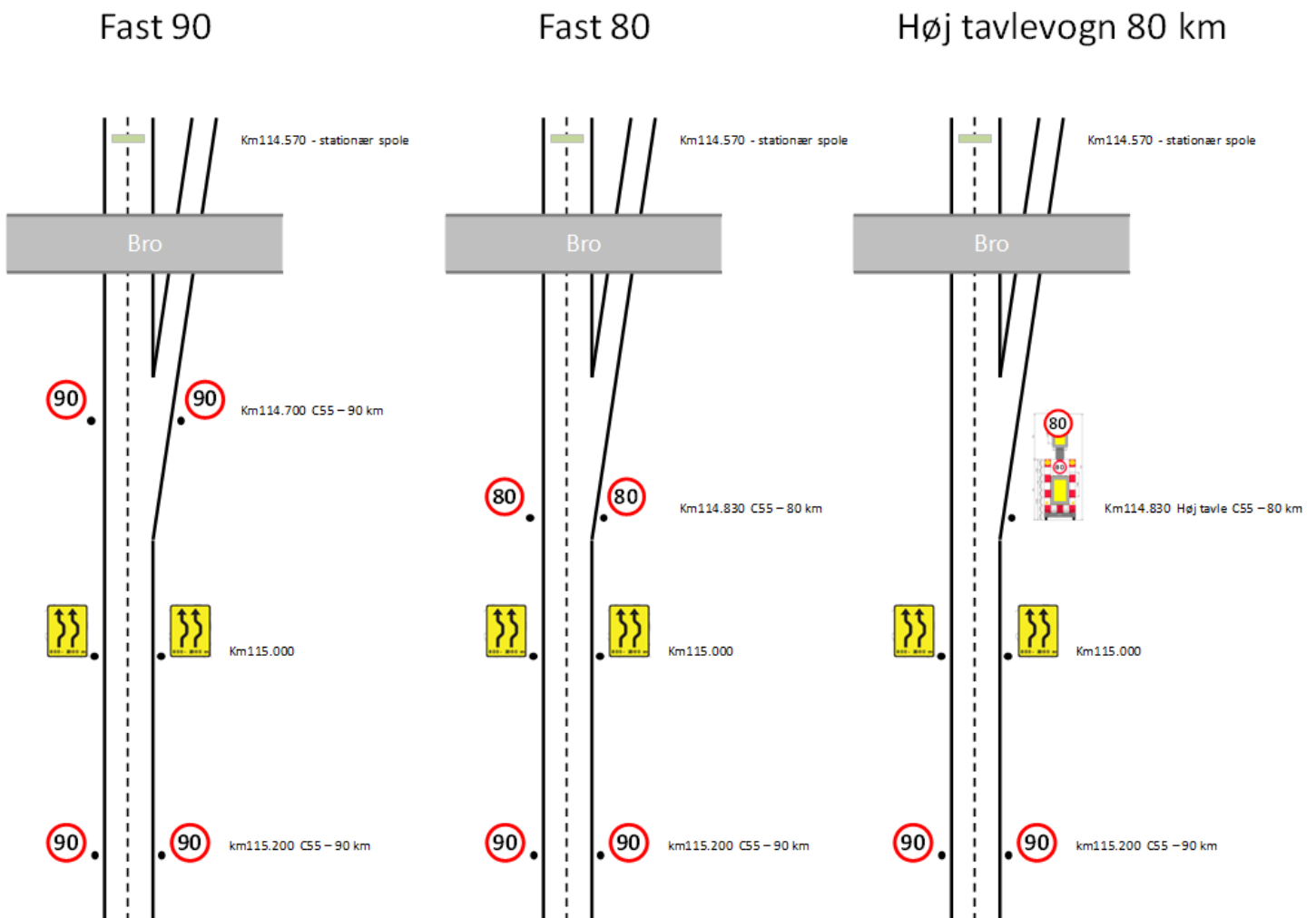
Tre forskellige opstillinger med henholdsvis faste C55 tavler og Høj tavlevogn i højre vejside er undersøgt på M60 nord for Vejle.

Opstillingerne er sket i sydgående retning umiddelbart nord for frakørsel <59> Hornstrup. Umiddelbart syd for frakørsel <59> findes en 1 km strækning, hvor der er nedskiltet til 80 km/t pga. vejarbejde. De testede opstillinger har således fundet sted i overgangen fra motorvej med 110 km/t til vejarbejdsstrækning med 80 km/t.

De tre undersøgte opstillinger er listet i tabel 1 og er skitseret i figur 1.

Opstilling	Beskrivelse
Fast 90	Den oprindelige opstilling med C55 (90 km) i to tavlesnit i km115,2 og km114,7
Fast 80	Opstilling med C55 (90km) i km 115,2 og C55 (80km) i km114,830.
Høj tavlevogn 80	Opstilling hvor tavlesnit i km114,830 erstattes med Høj tavlevogn i højre vejside, der viser C55 (80 km) på to VMS tavler (hvid baggrund med sorte tal)

Tabel 1. Beskrivelse af de tre opstillinger



Figur 1. Skitse af de tre opstillinger som er sammenholdt.

Tavlesnittet i Fast 80 og Høj tavlevogn 80 er flyttet 130m tilbage for at komme fri af rampeilslutningen.

De tre opstillinger har været benyttet på skift i perioden Uge 18- Uge 21 som vist i tabel 2 (dage markeret med gråt). Skiftet mellem de forskellige opstillinger har været foretaget mandag aften mellem kl. 20-22, hvorfor trafik- og hastighedsdata kun er medtaget frem til kl. 20 om mandagen.

Den Høje tavlevogn, som er opstillet i uge 20, har været helt/delvist inaktiv torsdag d. 17. maj og søndag d. 20. maj pga. strømudfald (markeret med x). Disse dage indgår derfor ikke i evalueringen.

Weekend samt helligdage/fridage er markeret med *. Trafikken på disse dage afviger typisk fra almindelige hverdage. Uge 20 er især præget af fridage og helligdage med mindre trafik sammenlignet med hverdage.

	Uge 18						Uge 19						Uge 20						Uge 21						
	30-apr	01-maj	02-maj	03-maj	04-maj	05-maj	06-maj	07-maj	08-maj	09-maj	10-maj	11-maj	12-maj	13-maj	14-maj	15-maj	16-maj	17-maj	18-maj	19-maj	20-maj	21-maj	22-maj	23-maj	24-maj
	Man	Tir	Ons	Tor	Fre *	Lør*	Søn*	Man	Tir	Ons	Tor	Fre	Lør	Søn	Man	Tir	Ons	Tor*	Fre*	Lør*	Søn*	Man	Tir	Ons	Tor
Fast 90																									
Fast 80																									
Høj tavlevogn 80																			x			x			

Tabel 2. Perioder med benyttet opstilling. (x indikerer inaktiv tavle).

3.2 Dataindsamling

For at evaluere trafikanternes adfærd i relation til de tre opstillinger, er der indsamlet trafik- og hastighedsdata fra en permanent målestation placeret i km 114,570 umiddelbart efter broen ved frakørsel <59> (se figur 1). Den permanente målestation er således placeret 260 m efter tavlesnittet med Høj Tavlevogn.

Der er indsamlet trafik- og hastighedsdata fra den permanente målestation fra alle dage i analyseperioden med de tre opstillinger. Dog er enkelte dage udeladt pga. tekniske problemer med tællestationen.

Data fra den permanente spole er sammenholdt med tilsvarende data fra målestationer placeret 5-10 km opstrøms. På den måde er det muligt at korrigere for ”dag til dag variationer” som skyldes forskellig trafiktæthed og vejrforhold.

Som supplement til data fra den permanente målestation er der målt hastigheder i et målesnit umiddelbart ud for tavlesnittet i km 114,830. Hastighederne er målt med laserpistol i en periode på 3-4 timer under opstilling ”Fast 80” og ”Høj tavlevogn 80”. Som udgangspunkt er der kun målt på fritkørende køretøjer. Der er i registreringen skelnet mellem højre og venstre spor samt mellem person/varebil og tung trafik.

Ud over trafik- og hastighedsdata er der indsamlet foto og videodokumentation til vurdering af den Høje tavlevogns synlighed. I den forbindelse er endvidere indsamlet eye-track data baseret på 4 forbikørsler med 2 testbilister.

4 Resultater

I dette afsnit gengives hovedresultaterne fra de indsamlede data, hvilket primært drejer sig om trafik- og hastighedsdata fra den permanente spole, manuelt målte hastigheder med laserpistol samt foto og videodokumentation til vurdering af synlighed.

4.1 Spoledata i km 114,570

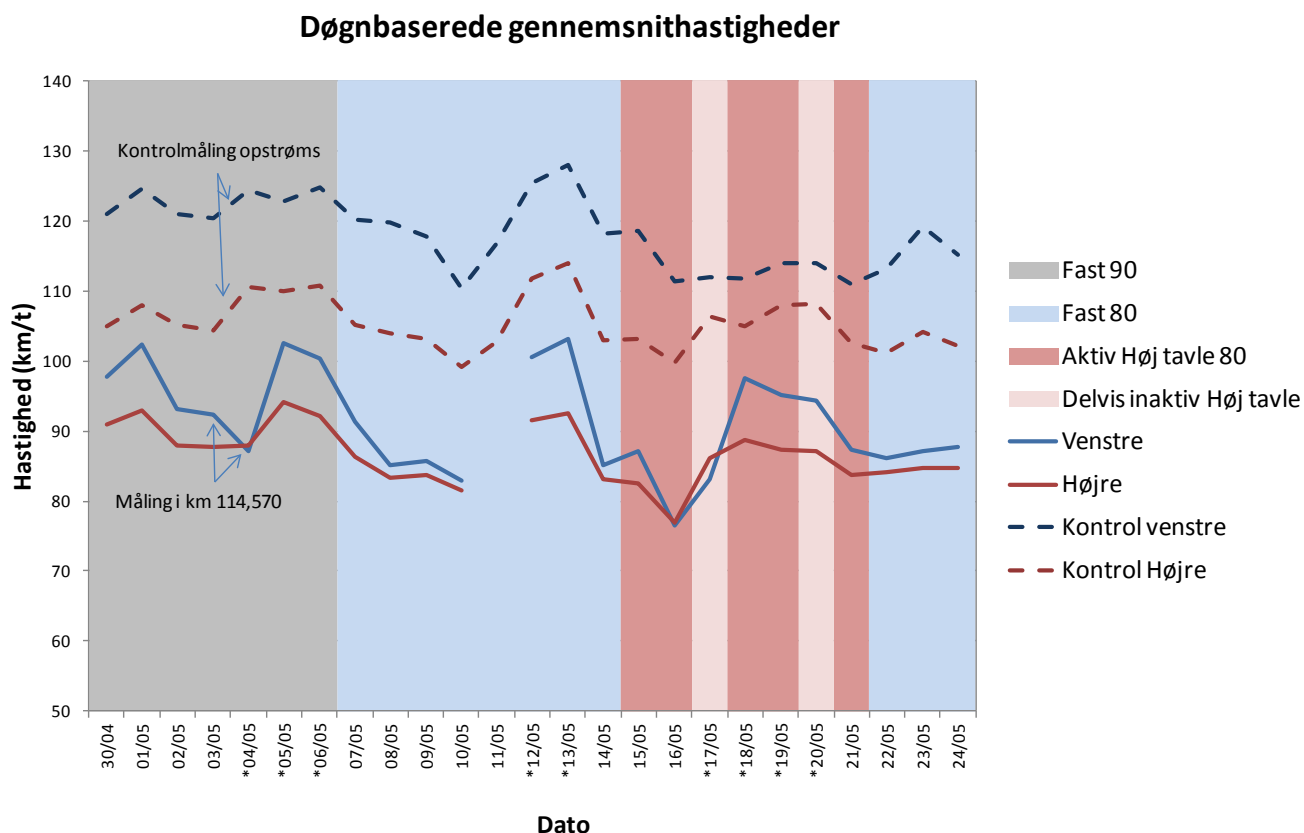
Der er indsamlet trafik- og hastighedsdata fra den permanente spole i km 114,570 i perioderne med de forskellige opstillinger. Kun trafik i sydlig retning indgår i analyserne. Målesnittet ligger lige efter broen i en afstand af ca. 260 m efter tavlesnittet med Høj Tavlevogn (se figur 1).

Døgnbaserede gennemsnitshastigheder

Figur 2 viser døgnbaserede gennemsnitshastigheder for højre og venstre spor for hele perioden. Dage hvori de forskellige opstillinger er benyttet er vist med forskellige farver. De første 7 dage er med Fast 90, efterfulgt af 8 dage med Fast 80 og 7 dage med Høj tavlevogn 80, og sluttelig 3 dage med Fast 80. Kun data fra hele dage (kl. 0-24) benyttes, vel vidende at opstillingerne er ændret om aftenen mellem kl. 20-22. Desværre har der været dataudfald d. 11/05.

Som det ses, er der stor ”dag til dag” variation i hastighederne, hvilket primært skyldes variation i trafikthed. Weekender og helligdage (markeret med *) har typisk en højere hastighed pga. af lav trafikintensitet.

Til sammenligning er de målte døgngennemsnit ved spole i km 121 (ca. 6 km opstrøms) også vist. Hastighedsgrænsen er her 130 km/t.



Figur 2. Døgnbaserede gennemsnitshastigheder i målesnit i km 114,570 sammenholdt med kontrolmåling opstrøms.

Den gennemsnitlige hastighed for hver opstillingsperiode er vist i tabel 3. De laveste hastigheder er målt i opstillingen med den Høje tavlevogn med henholdsvis 84 km/t for det højre spor og 89 km/t for det venstre spor. Data fra kontrolspolen i km 121 viser dog også lave hastigheder i samme periode. I kolonnerne til højre i tabel 3 er vist den gennemsnitlige hastighedsreduktion beregnet som forskellen mellem kontrolspolen og spolen i km 114,570.

Størst reduktion for venstre spor ses i opstilling med Fast 80 (29 km/t) efterfulgt af Fast 90 (26km/t). Reduktionen i venstre spor med Høj tavlevogn er målt til 24 km/t.

For højre spor er den største hastighedsreduktion målt ved Høj tavlevogn (20 km/t) efterfulgt af Fast 80 (19 km/t) og Fast 90 (17 km/t).

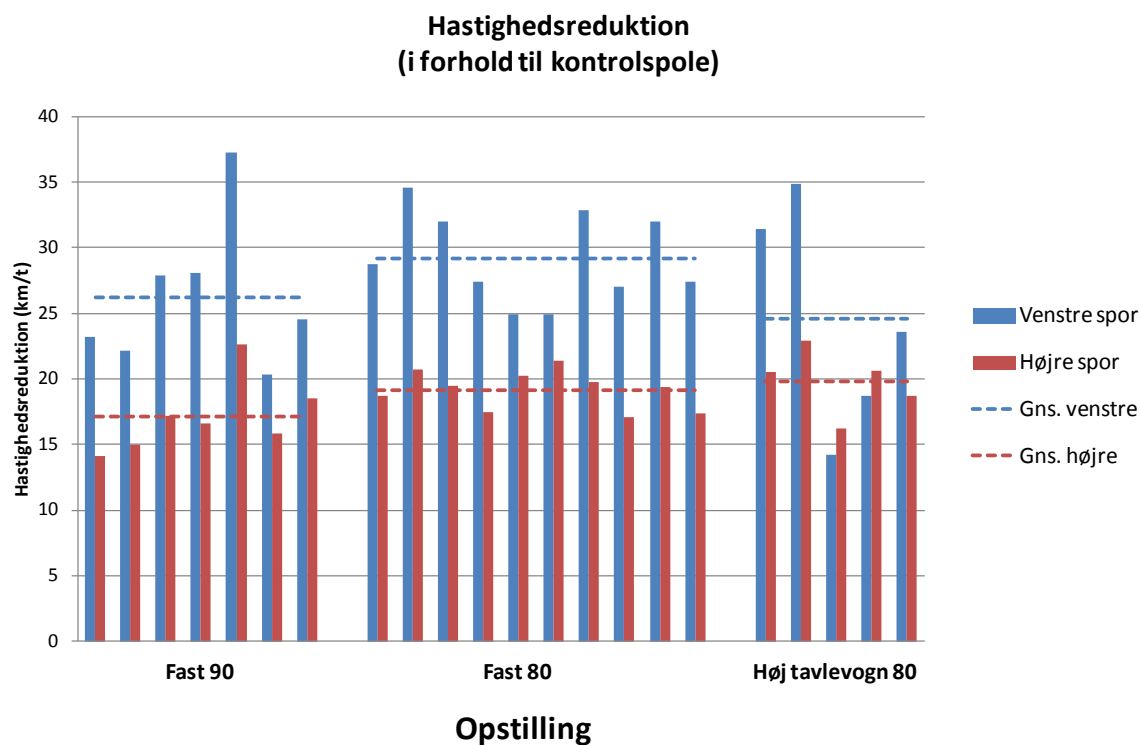
Opstilling	Spole km 114,570 (km/t)		Kontrolspole (km/t)		Hastighedsreduktion (km/t)	
	Venstre	Højre	Venstre	Højre	Venstre	Højre
Fast 90	97	91	123	108	26	17
Fast 80	90	86	119	105	29	19
Høj Tavlevogn 80	89	84	113	104	24	20

Tabel 3. Målte gennemsnitshastigheder (i km 114,570) ved de forskellige opstillinger sammenholdt med kontrolspole.

Den beregnede hastighedsreduktion i tabel 3 dækker over store dag til dag variationer. I figur 3 ses de døgnbaserede hastighedsreduktioner for hver opstilling. Hvert søjlepar repræsenterer en dag i opstillingsperioden, og de vandrette linier er gennemsnittet for hele opstillingsperioden. Som det fremgår, er der dage med stor hastighedsreduktion, og dage hvor effekten er væsentlig mindre. Især ved Høj tavlevogn ses nogen variation. Dette i kombination med få måledage kan give usikkerhed på de beregnede gennemsnitlige hastighedsreduktioner.

Tallene viser dog, at Høj tavlevogn giver en gennemsnitlig hastighedsreduktion i højre spor, som er på niveau med Fast 80, og at reduktionen i venstre spor er lidt mindre end ved Fast 80, dog præget af stor variation.

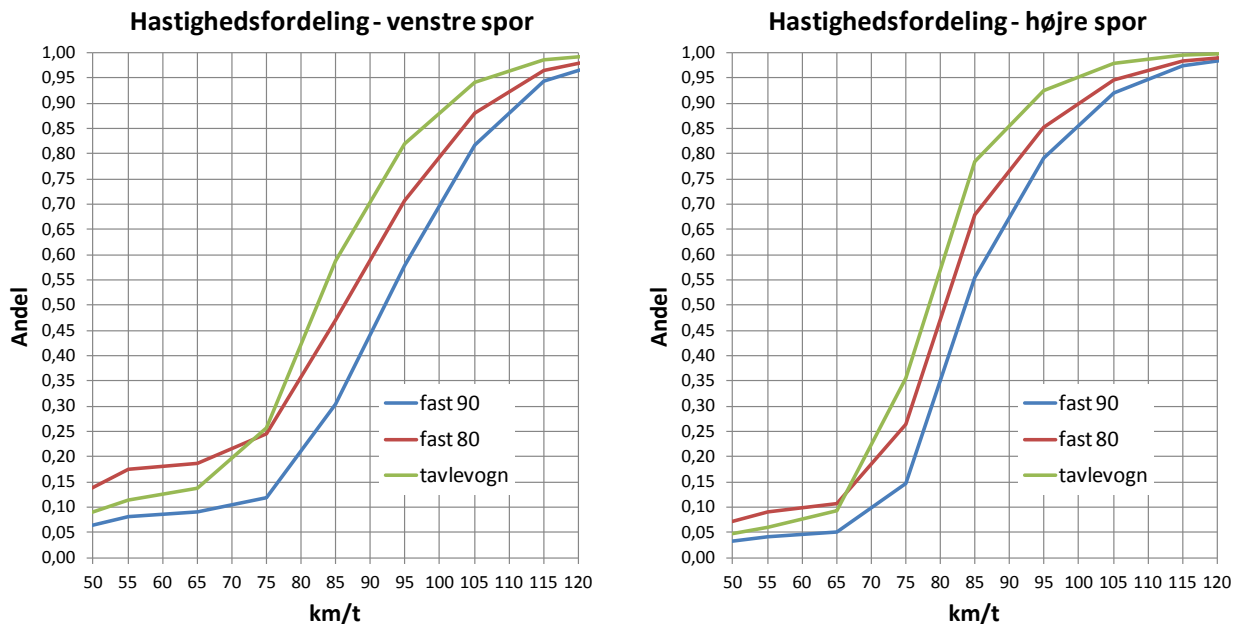
Hastighedsforskellen mellem højre og venstre spor i de tre opstillinger er på samme niveau (6, 4 og 5 km/t). Umiddelbart er der således ikke noget der tyder på, at brugen af Høj tavlevogn (alene i højre vejside) giver en større hastighedsforskel mellem højre og venstre spor.



Figur 3. Beregnede hastighedsreduktioner pr. dag i de forskellige opstillinger.

Hastighedsfordeling

Den kumulerede hastighedsfordelingen for venstre og højre kørespor er vist i figur 4 for de tre opstillinger. Fordelingerne er baseret på samtlige køretøjer i de undersøgte perioder. Høj tavlevogn giver en reduktion i 85%-fraktilen på ca. 5 km/t i forhold til Fast 80. Dette gælder for både højre og venstre spor. 85%-fraktilen reduceres således en smule mere end gennemsnitshastigheden.



Figur 4. Hastighedsfordeling for venstre og højre kørespor.

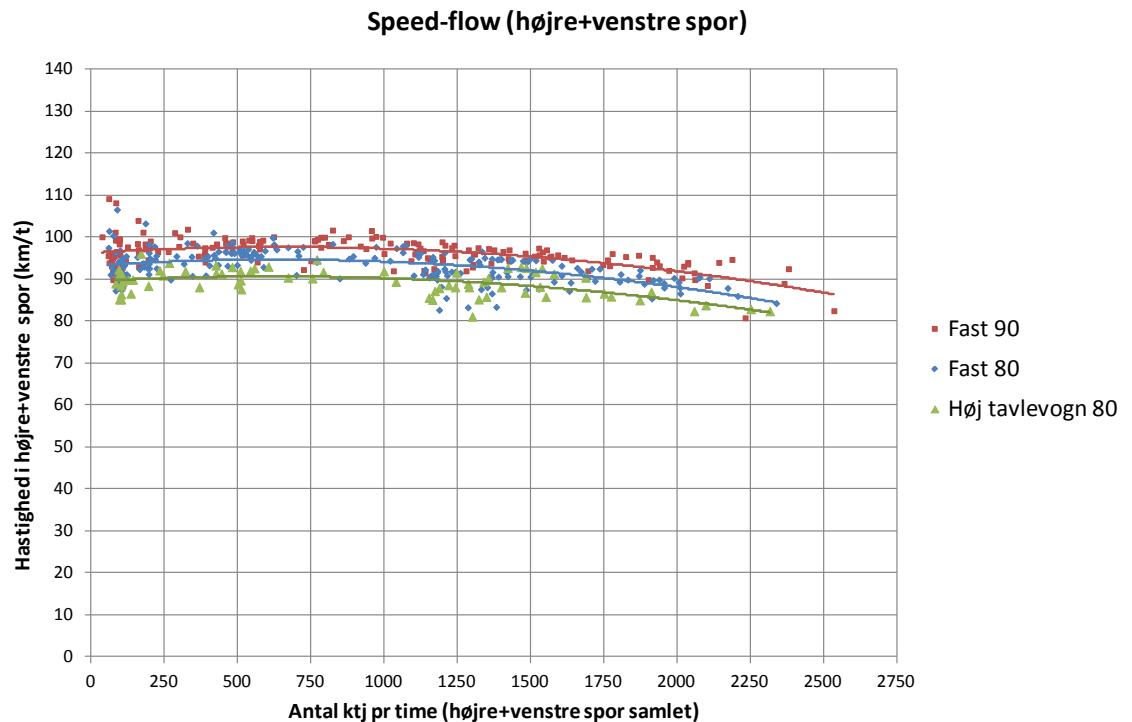
Speed-flow sammenhæng

Da trafikmængden kan have betydning for de målte hastigheder, er sammenhæng mellem trafik og hastighed undersøgt for de forskellige opstillingsperioder. Dermed fås et mere ensartet sammenligningsgrundlag, da hastigheden i de forskellige opstillinger derved kan sammenlignes i situationer med ensartet trafikmængde.

Figur 5 viser speed-flow sammenhæng baseret på trafik- og hastighedsdata fra tællestation i km 114,570. Hver prik er 1 times data fra de respektive opstillingsperioder. Kun måledata ved frit flow (øverste gren af speed-flow kurven) er medtaget i figuren. Som det ses, har Høj tavlevogn lidt lavere hastighed end Fast 80 ved alle trafikintensiteter. Forskellen er 3-5 km/t. Opstilling Fast 90 har generelt den højeste hastighed. Ses alene på data fra højre eller venstre spor fås samme tendens. Speed-flow figurer for højre og venstre spor kan ses i bilag 2.

Det skal dog nævnes, at det generelle hastighedsniveau i perioden med Høj tavlevogn har været en smule lavere end ved de andre opstillinger, uanset trafikmængden. Forskellen skønnes ud fra kontrolmålingerne at være ca. 2-3 km/t.

Baseret på de fundne speed-flow sammenhænge må det konkluderes, at opstilling Høj tavlevogn giver hastigheder, der ligger på niveau med opstilling Fast 80 eller en smule lavere. Dette gælder ved både lav og høj trafikmængde og effekten findes både for højre og venstre spor.



Figur 5. Speed-flow sammenhæng for de 3 opstillinger (højre og venstre spor samlet)

4.2 Hastigheder målt med laserpistol

Der er målt hastigheder vha. laserpistol i et målesnit umiddelbart ud for tavlesnittet i km 114,380. Målingerne er kun gennemført i opstilling Fast 80 og Høj tavlevogn 80. Målingerne er gennemført onsdag d. 9. maj og onsdag d. 16. maj, begge dage mellem kl. 10:00 og 14:30.

Der er kun målt på fritkørende køretøjer, hvilket dog pga. trafiktætheden til tider har været vanskelig. Især i opstilling med Høj tavlevogn var trafikken i perioder meget tæt. Data fra den permanente spole viser, at for de timer hvor der er målt hastigheder, er trafikmængden 20% større i opstilling med Høj tavlevogn end ved Fast 80.

Antal hastighedsmålinger for de to opstillinger er vist i nedenstående tabel 4, opdelt på højre og venstre spor samt personbil/varebil og lastbil/sættevogn. I alt er der målt 821 køretøjer nogenlunde ligeligt fordelt på højre og venstre spor. I venstre spor er der kun målt på person/varebiler.

Opstilling	Venstre spor	Højre spor		Hovedtotal
	Person/varebil	Person/varebil	Tungt ktj	
Fast 80	199	127	72	398
Høj tavlevogn 80	230	141	52	423
Hovedtotal	429	268	124	821

Tabel 4. Antal måleobservationer.

Tabel 5 viser de målte gennemsnitshastigheder.

Opstilling	Venstre spor	Højre spor		Højre spor Total	Begge spor samlet
	Person/varebil	Person/varebil	Tungt ktj		
Fast 80	101	93	83	89	95
Høj tavlevogn 80	94	84	82	84	89

Tabel 5. Målte gennemsnitshastigheder (km/t)

I opstilling med Høj tavlevogn er den målte hastighed 7 km/t lavere for det venstre spor, sammenholdt med opstilling Fast 80. For det højre spor er forskellen 5 km/t. Ses alene på person/varebil i det højre spor er hastigheden 9 km/t lavere med Høj tavlevogn sammenholdt med faste tavler. Effekten på tunge køretøjer er kun 1km/t.

Som før nævnt er trafikintensiteten ikke ensartet ved målingerne på de to opstillinger. Nedbrydes data til kun at indeholde hastighedsdata for 1 times perioder hvor trafikmængden er nogenlunde ens, ses stadig en lavere hastighed ved Høj tavlevogn. Forskellen mellem Høj tavlevogn og Fast 80 bliver dog lidt mindre.

Ved registrering af hastigheder for køretøjer i venstre spor er der i situationen med Høj tavlevogn forsøgt skelnet imellem, hvorvidt der samtidig er et tungt køretøj i højre spor som eventuelt kunne risikere at skygge for udsyn til tavlen. I praksis viste det sig svært at lave denne skelnen, og hastighedsdata viser da heller ingen forskel imellem køretøjer som havde et tungt køretøj ved siden af, og køretøjer som havde frit udsyn til tavlevognen.

Ud fra de målte hastigheder (med laserpistol), kan det samlet siges, at hastigheden med Høj tavlevogn synes at være på niveau med Fast 80, eller måske en smule lavere.

4.3 Foto og video dokumentation

For at dokumentere tavlevognes synlighed under forskellige forhold er der gennemført videooptagelser samt nogle få eye-track kørsler forbi tavlevognen med testbilister.

Figur 6 viser den Høje tavlevogn set fra en bilist i venstre spor i en situation med et tungt køretøj i højre spor. I den konkrete forbikørsel er den øverste C55 tavle fuldt synlig i samlet ca. 1,5 sek ud af de sidste 6,0 sek op til tavlesnittet. Den resterende del af tiden er den helt/delvist dækket af de tunge køretøjer.



Figur 6. Foto af Høj tavlevogn set fra bilist i venstre spor med samtidig tungt køretøj i højre spor.

I bilag 3 er der vist flere fotos fra forbikørsler af tavlevognen. De viste fotos er alle taget fra et køretøj i venstre spor med forskellig afstand til tavlevognen.

Den Høje tavlevogn er placeret i en venstredrejende kurve (beliggende i en konkav vertikal kurve) hvilket betyder, at tavlen er synlig i god afstand for bilister i venstre spor. Det gælder også i tilfælde med tunge køretøjer i det højre spor, hvor tavlen dog vil være delvist dækket på kort afstand (<150m), se figur 7 og bilag 3.



Figur 7. Synlighed af Høj tavlevogn set i ca. 500m afstand. Pga. af den venstredrejende vejkurve ses tavlevognen i god afstand fra venstre spor.

Havde tavlevognen været placeret i en højredrejende kurve vurderes det, at den havde været langt mindre synlig for bilister i venstre spor.

Det vurderes til gengæld, at den hvide baggrund på C55 tavlerne lyser så meget op, at tavlerne tiltrækker stor opmærksomhed (selv på lang afstand), hvilket til dels kompenserer for, at den kun er placeret i højre vejside.

Eye-track registreringer

Der er registreret øjenbevægelser for to testbilister der hver har lavet to forbikørsler af den Høje tavlevogn. Desværre er data fra den ene testbilist af en lav kvalitet, hvorfor øjenbevægelserne er svære at bestemme.

For begge bilister kan der dog konstateres blik mod tavlevognen ved forbikørslerne. Det skal nævnes, at ved alle fire forbikørsler var testbilisten placeret i højre spor. Sporbenyttelsen har været valgfri for testbilisterne.

Figur 8 herunder viser blik mod den øverste C55 tavle i forbindelse med en af testbilisternes første forbikørsel. Ved den anden forbikørsel ses kun et kortvarigt blik på tavlevognen.

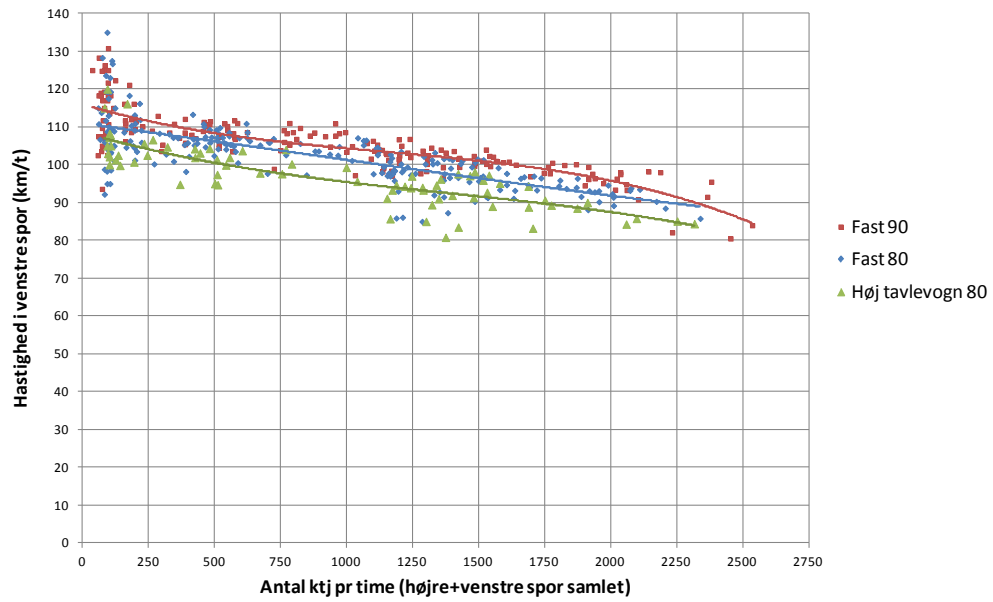


Figur 8. Screenshot fra eye-track registreringer. Det grønne kryds indikerer testbilistens blikretning.

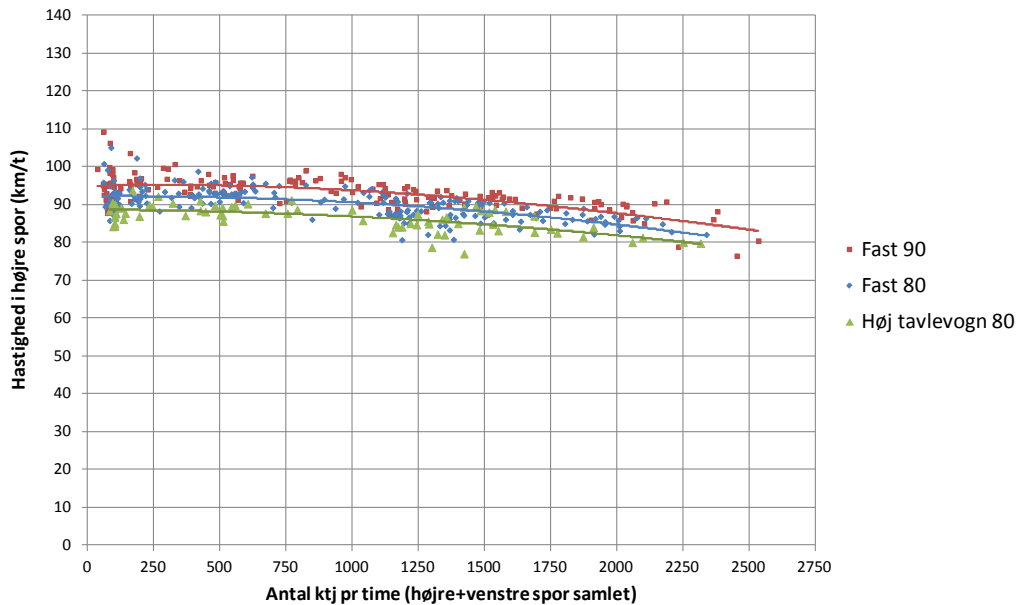
Bilag 2

Speed-flow sammenhæng

Speed-flow (venstre spor)



Speed-flow (højre spor)



Bilag 3

Video - forbikørsel 1



600m før tavle



500m før tavle



400m før tavle



300m før tavle



200m før tavle



150m før tavle



100 m før tavle



50 m før tavle

Video - forbikørsel 2



600 før tavle



500 m før tavle



400 m før tavle



300 m før tavle



200 m før tavle



100 m før tavle



50 m før tavle