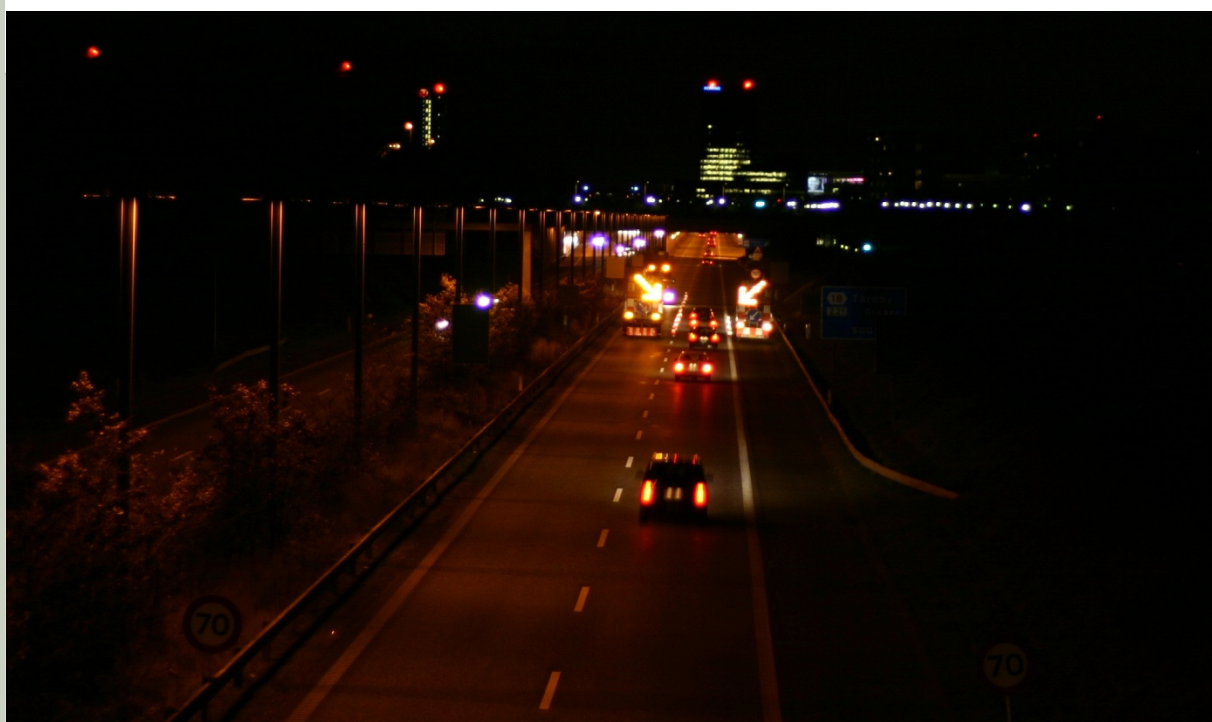


Afmærkning af vejarbejde om natten

Evaluerings af ny afmærkning ved vejarbejde i midterrabat på motorveje om natten



Per Bruun Madsen
Lene Herrstedt

Februar 2011

Indhold

1. Indledning og baggrund	3
2. Afmærkning af vejarbejde om natten.....	4
3. Evaluering af ny afmærkning.....	6
3.1 Forsøgsstrækning	7
3.2 Registrering af parametre	9
Hastighedsmålinger	9
Kapacitetsvurdering.....	9
Videoregistrering af trafikanternes køreadfærd.....	10
Interview med vejarbejdere	11
4. Analyse og resultater	13
4.1 Hastighedsanalyse.....	13
4.2 Kapacitetsanalyse	17
4.3 Adfærdsanalyse.....	21
4.4 Sammenfatning af interviews	23
5. Konklusion	26
6. Referencer	27
Bilag 1: Ny markeringskegle (N44)	28
Bilag 2: Standardafmærkning DRI 253.....	29
Bilag 3: Stedspecifik afmærkningsplan (DRI-254).....	31
Bilag 4: Stedspecifik afmærkningsplan (DRI-253).....	32
Bilag 5: Fotos fra testopstillingerne	33
Bilag 6: Programmering af HiStar plader.....	35
Bilag 7: Spørgeguide.....	36

Forsidefoto, Ulrik Winther Blindum (VD)

1. Indledning og baggrund

I 2007 fik Vejdirektoratet dispensation til anvendelse af en ny type markeringskegle (N44) i forbindelse med længdeafspærring ved vejarbejde i midterrabat på 4-sporede motorveje. Keglen ønskes anvendt i forbindelse med afmærkning af vejarbejde ved autoværnsarbejde, hvor keglen indgår som en del af den samlede afmærkning. Den nye kegletype forefindes i tre højder: 0,5 m, 0,75 m og 1,0 m. Til afmærkning på motorveje er det versionen på 0,75 m, der ønskes anvendt.

Markeringskeglen har en reduceret højde på 0,75 m i forhold til standardcylindren, som er 1,0 m (se figur 1.1). Keglen har en rød fluorescerende overflade og er forsynet med hvid refleksfolie type 3. Desuden er den fastgjort på en stabil fod. Se figur 1.2 samt en større udgave i bilag 1.

Brugen af den nye kegle er begrundet i en forventning om, dels at keglen er mere synlig for trafikanterne om natten og dels, at trafiksikkerheden bliver bedre for vejarbejderne i og med, at de ikke så ofte skal ud på kørebanen for at genrejse væltede markeringsobjekter.

Dispensationen blev givet på betingelse af, at der gennemføres en evaluering af keglen og den samlede afmærkning den indgår i, efter en prøveperiode på ca. 1 år.



Figur 1.1: Standardcylinder er 1,0 m høj.



Figur 1.2: Ny markeringskegle er 0,75 m høj.

2. Afmærkning af vejarbejde om natten

Den ny afmærkning (DRI-254), der forsøgsvis anvendes i forbindelse med auto-værnsarbejde i midterrabat på motorveje, indeholder en trinvis nedskiltning af hastighedsgrænsen til 70 km/t i en afstand af 200 m før sporreduktionen.

To tavlevogne anvendes ved sporreduktionen. De to tavlevogne er placeret i hver sin side, lige overfor hinanden i samme kilometreringspunkt, så de danner en port til arbejdsområdet (se figur 2.1). Tavlevognen i højre vejside placeres i nødsporet helt ude ved kantlinjen, mens tavlevognen i venstre side blokerer helt for det venstre kørespor, så antallet af kørespor reduceres fra 2 til 1. Dette er vist på oplysningstavler E16.2 på strækningen op mod arbejdsområdet i en afstand af 400 meter.

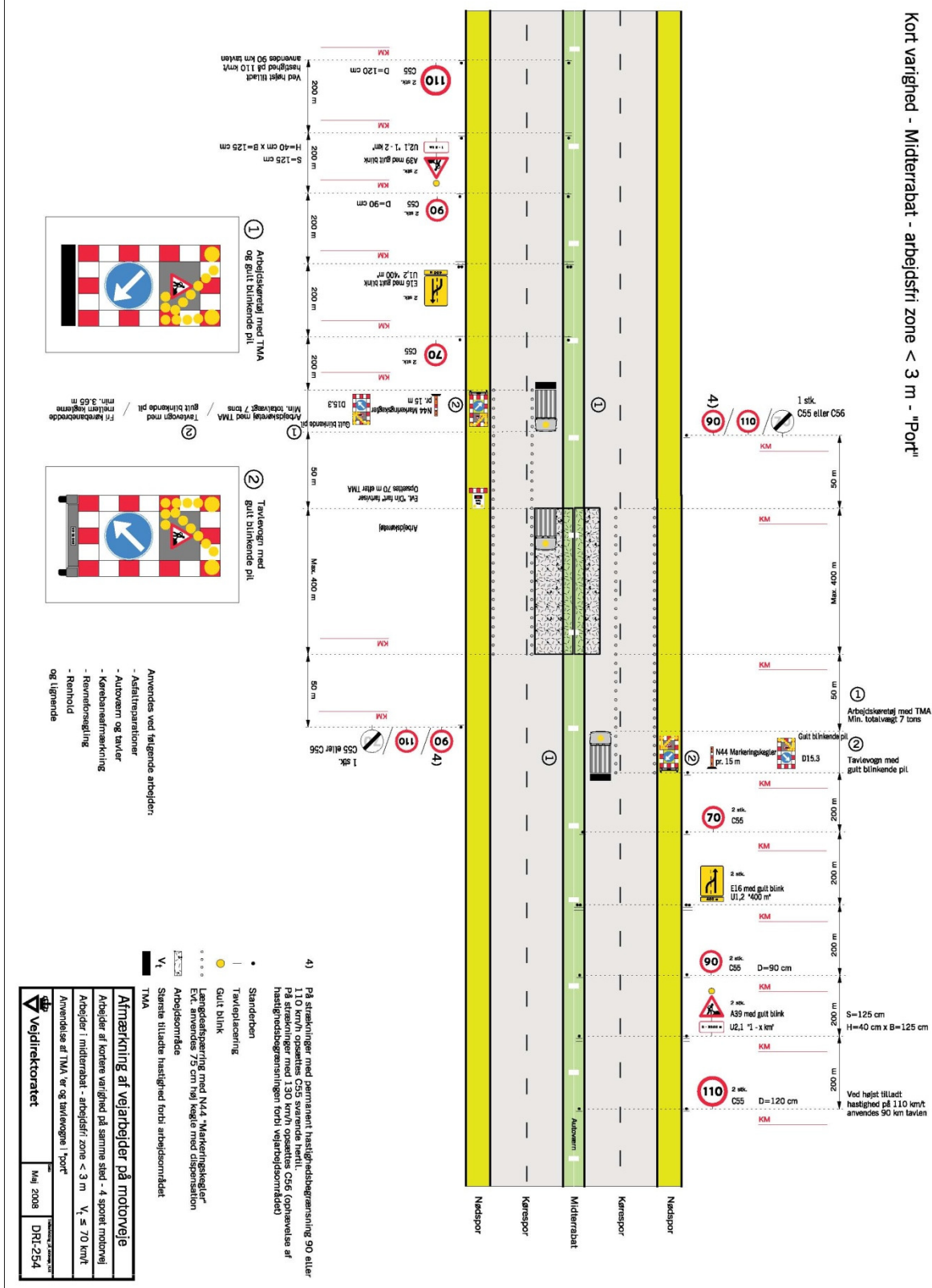
Begge tavlevogne er forsynet med blinkende pil samt to blink på bjælken og blinkfrekvenserne er synkroniserede, så det hele blinker samtidig. Det kræver bl.a., at de to anvendte tavlevogne er af samme fabrikat.

Keglerne er opstillet med 15 meters afstand langs arbejdsområdet og langs de to tavlevogne, så de afgrænser begge sider af kørebanen forbi hele arbejdsområdets længde. Dermed videreføres ”porten”, som de to tavlevogne danner ved arbejdsområdets start, forbi hele arbejdsområdet. Se afmærkningsplanen på figur 2.2.



Figur 2.1: Den ny afmærkning med ”port” dannet af de to tavlevogne og videreført i en ”landingsbane” flankeret af de to rækker N44 markeringskegler.

Kort varighed - Midterrabat - arbejdsfri zone < 3 m - "Port"



Figur 2.2: Principskitse DRI-254 for ny afmærkning med "port" dannet af to tavlevogne og to rækker af den ny kegletype forbi arbejdsområdet.

3. Evaluering af ny afmærkning

Den nye afmærkning DRI-254 med port og ny kegle (figur 2.2) ønskes evalueret og vurderet i forhold til den traditionelle standardafmærkning DRI-253 med standardcylinderen, som er vist i bilag 2.

Forskellen på DRI-253 og DRI-254 er, at der i DRI-253 ikke skabes en ”portefekt”, da den kun består af én skiltevogn, som blokerer det venstre kørespor og kun én keglerekke, der afgrænser køresporets venstre side. Den øvrige afmærkning på strækningen op til sporreduktionen er ens for de to afmærkningstyper.

Før selve evalueringen blev der gennemført to indledende øvelser. Disse bestod hhv. i et pilotforsøg med videooptagelse i mørke og en synlighedstest af de to kegletyper i mørke.

Pilotforsøg med videooptagelse i mørke

Da det var noget usikkert, hvor meget det var muligt, at se på videooptagelser i mørke, gennemførtes prøveoptagelser med forskellige kameratyper under forhold med varierende grad af mørke. Pilotforsøgene blev gennemført fra den 20. til den 22. september 2010, hvor vejtrafik blev filmet på to forskellige lokaliteter. Forsøgene viste, at en vis vejbelysning var nødvendig, for at det var muligt at registrere trafikantadfærd over en strækning på 200-300 meter.

Synlighedstest på lukket bane

I uge 37 blev der foretaget en panelvurdering af, hvorvidt synligheden af den nye kegle er bedre/dårligere/uændret sammenlignet med standardcylinderen. Dette blev foretaget i mørke ud fra en prøveopstilling i 1:1 på Flyvestation Værløse.

Tre forskellige typer af kegler blev opstillet i tre rækker med 8 kegler i hver. Hver række blev belyst ensartet af billygter – både med nærlys og med fjernlys - og vurderet med hensyn til synlighed af et testpanel på 7 personer.

De tre kegletyper:

- Standardcylinderen med et enkelt refleksbånd
- Den nye kegle med refleksfolie type A = refleksfolie type 3
- Den nye kegle med refleksfolie type B = refleksfolie type 4

De nye kegletyper er begge meget mere synlige end standardcylinderen. De nye kegletyper giver begge en tydeligere visuel information af grænselinjen sammenlignet med standardcylinderen. Det gælder både ved nærlys og ved langt lys – både på kort afstand (ca. 20 m) og på lidt længere afstand (ca. 60 m).

Belyst med det lange lys på den korte afstand synes refleksfolie 3 at være lidt bedre end 4, idet refleksfolie 4 vurderes som meget kraftig, grænsende til det blændende.

De to indledende øvelser gjorde det klart, at registreringen af trafikanternes adfærd vha. video krævede en vis vejbelysning, og at det var den ny kegle med refleksfolie type 3, der skulle indgå i evalueringen.

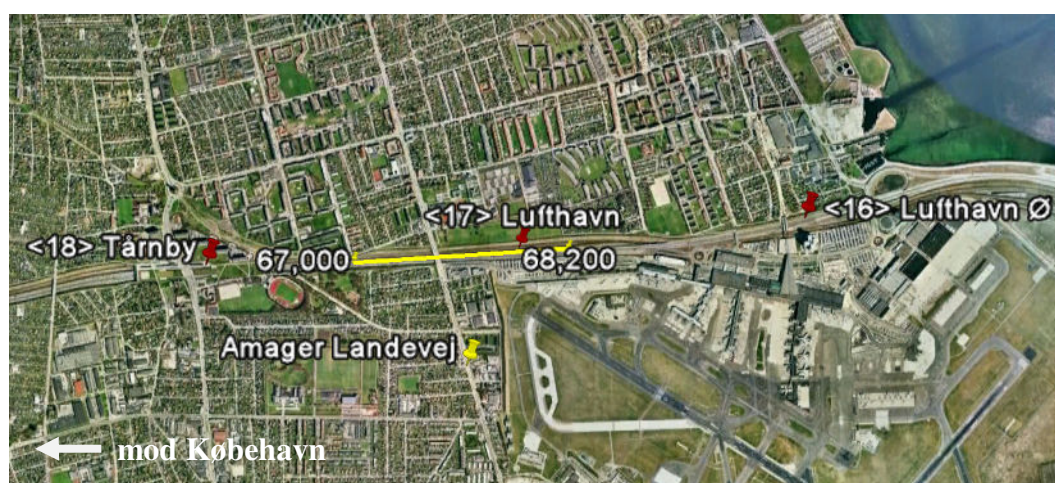
3.1 Forsøgsstrækning

Vejdirektoratet og Trafitec opstillede i fællesskab en række kriterier for valg af forsøgsstrækning:

- 4-sporet motorvejsstrækning med tilstrækkelig trafik beliggende på Fyn eller på Sjælland. En strækning på Sjælland foretrækkes, da det vil være mindre ressourcetrækkende mht. tid og transportomkostninger.
- Strækning med hastighedsgrænse på enten 110 eller 130 km/t foretrækkes.
- Forsøgsstrækningen skal være nogenlunde lige uden for meget kurve for at sikre en tilstrækkelig god observationsoversigt. Der må ikke være forstyrrende fra/tilfarer på de sidste 300 – 400 meter før ”porten” til arbejdsområdet.
- Da det er meget vanskeligt at foretage brugbare videooptagelser i total mørke er det nødvendigt, at der i et eller andet omfang er vejbelysning på den delstrækning der observeres på.
- Videooptagelserne skal foretages enten fra en bro over motorvejen eller fra en lift placeret på sideareal tæt ved motorvejen.
- De to afmærkningstyper, som skal sammenlignes, etableres på samme strækning, således at den ene afmærkning registreres på dag 1 og den anden afmærkning på dag 2.
- Afmærkningerne kan etableres helt uafhængigt af, om der faktisk foregår vejarbejde på strækningen. Dog skal lyset fra ”arbejdsområdet” svare til det, der faktisk forekommer ved igangværende autoværnsarbejder.

På baggrund af ovenstående kriterier blev 5 mulige lokaliteter udpeget og besøgt.

Den valgte forsøgsstrækning på Øresundsmotorvejen (E20) mellem tilkørsel <16> LUFTHAVN Ø og frakørsel <18> TÅRNBY opfylder ovenstående kriterier. Vejbroen Amager Landevej er valgt som observationslokalitet til opstilling af videokameraer i retning mod København (se figur 3.1).



Figur 3.1: Forsøgsstrækningen på Øresundsmotorvejen mellem tilkørsel <16> LUFTHAVN Ø og afkørsel <18> TÅRNBY. Afmærkningen er opstillet mellem km 67.000 og km 68.200 og er angivet med en gul linje.

De to typer afmærkning opstilles mellem km 67.000 og km 68.200. Tilkørsel <17> LUFTHAVN er tilsluttet Øresundsmotorvejen på forsøgsstrækningen i km 68.000. Stedsspecifikke afmærkningsplaner med kilometrerings findes i hhv. bilag 3 (DRI-254) og bilag 4 (DRI-253). Det skal her bemærkes, at begge afmærkningstyper udelukkende etableres i retning mod København, hvilket i praksis betyder, at DRI-253 etableres som en DRI-252 og kun halvdelen af DRI-254 etableres.

Evalueringen blev gennemført den 17. og 18. november 2010. DRI-254 blev etableret 17. november og DRI-253 18. november. De to afmærkningstyper kan sammenlignes ud fra tre times registreringer i tidsrummet fra 20:30 til 23:30. I bilag 5 ses en række fotos fra testopstillingerne på Øresundsmotorvejen.

Optimalt havde overgangsperioden fra lys til mørke indgået som en del af undersøgelsen, men dette var ikke muligt pga. de fastsatte spærretider på motorveje.

Med hensyn til blinkfrekvenserne på tavlevognene i DRI-254, der skal være synkron, blev den tekniske løsning for at få dette til at fungere i praksis ikke klar til denne evaluering. De to pile har således ikke blinket helt synkront.

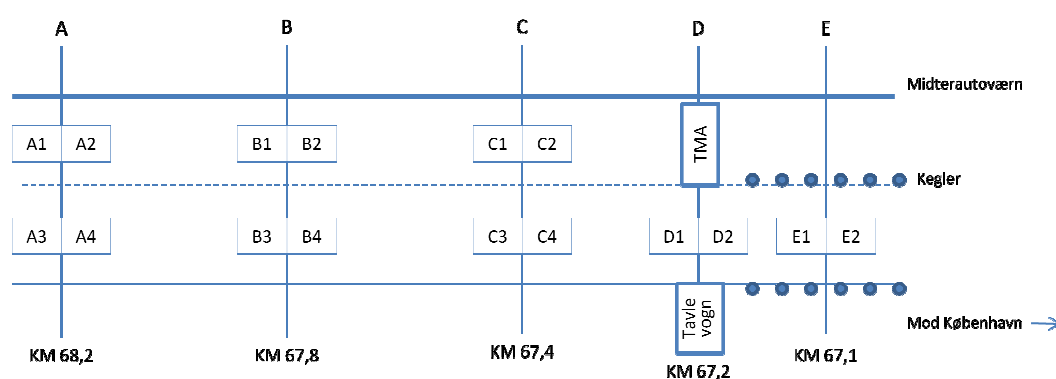
3.2 Registrering af parametre

Her beskrives hvilke parametre, der indgår i evalueringen af den nye afmærkningstype (DRI 254).

Hastighedsmålinger

Der er målt hastigheder i 5 målesnit: 1000 m før sporreduktionen, 600 m før sporreduktionen og 200 m før sporreduktionen ved porten samt midt på keglestrækningen.

Hastighedsmålingerne er foretaget med HiStar plader. Pladerne blev udlagt den 17. november fra 19.00 til 20.30 og blev fjernet den 19. november klokken 00:30. I mellemtiden foregik tællingerne. HiStar pladerne var udlagt i alle aktive kørselsspor for den valgte køreretning (se figur 3.2).



Figur 3,2: Skitse med kilometrer for placering af HiStar plader på Øresundsmotorvejen i retning mod København.

16 HiStar plader (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, E1, E2) var påkrævet, idet samtlige målesnit blev forsynet med en reserveplade for at forebygge mangel på data ved evt. udfald af plader (hvilket ikke er ualmindeligt).

Hastighedsklasser og intervalprogrammering af HiStar pladerne ses i bilag 6.

Kapacitetsvurdering

Ud fra data indsamlet vha. HiStar pladerne foretages der en vurdering af, hvor mange trafikanter, der kan komme igennem de to afmærkningstyper.

Videoregistrering af trafikanternes køreadfærd

I og med observationerne af trafikantadfærden i denne undersøgelse ønskes foretaget i mørke, er det bedst at filme bilerne bagfra set i køreretningen, så bilernes baglygter kan ses på optagelserne.

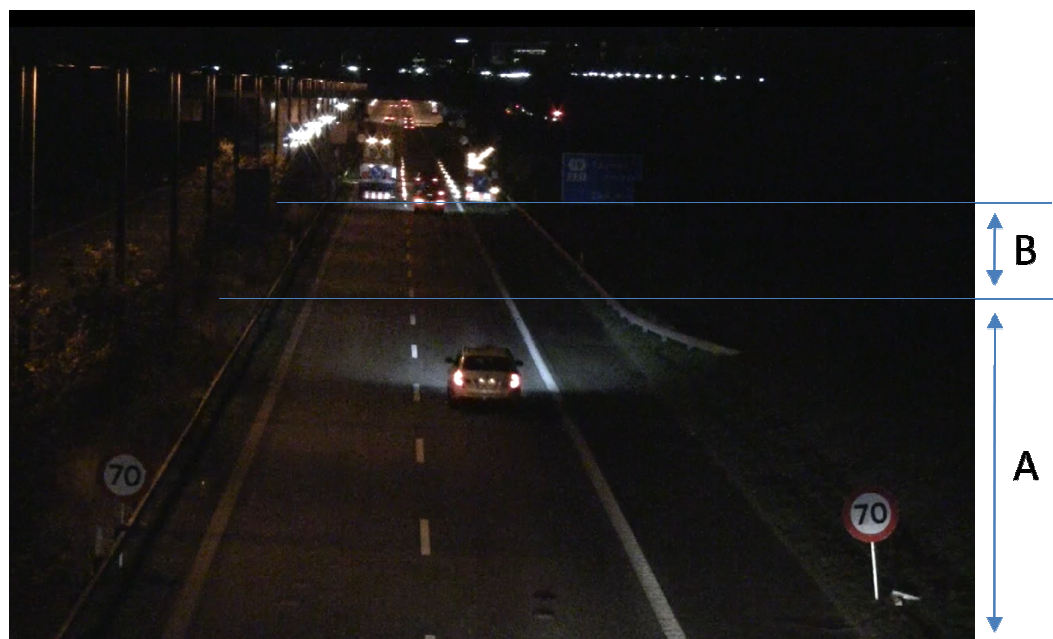
Videooptagelserne er foretaget fra vejbroen (Amager Landevej) over Øresunds-motorvejen. Herfra kunne der filmes uden sigthindringer fra omgivelserne, og samtidig er vejbroen høj nok til, at høje køretøjer ikke 'skygger' for forankørende. Der er benyttet to videokameraer med to forskellige zoomindstillinger til at dække strækningen frem mod sporreduktionen.

Ud fra videooptagelserne er der efterfølgende foretaget en registrering af trafikanternes adfærd ift. sene indfletninger samt overskridelser af kantlinjen mod nødsporet.

Sene indfletninger

En tidligere undersøgelse af trafikantadfærd i forbindelse med afmærkning af vejarbejde foretaget af Trafitec i 2007 viste, at hovedparten af konflikt- og trængningssituationer forekommer de sidste 100 m før vejarbejdet (se reference 1). Med dette resultat in mente er videoregistreringen foretaget de sidste 200 m før sporreduktionen.

For at analysere trafikanternes adfærd er observationsfeltet opdelt i 2 delstrækninger. Delstrækning B dækker de sidste 100 m før sporreduktionen (fra km 68.200 til 68.300) og delstrækning A dækker yderligere 100 m (fra km 68.300 til 68.400), hvor hastigheden er nedskiltet til 70 km/t (se figur 3.3).



Figur 3.3: Observationsfelt opdelt i to delstrækninger på hver 100 m før sporreduktionen.

Der observeres på alle trafikanter, der er i overhalingsbanen på det tidspunkt, de kører ind i observationsfeltet samt på de trafikanter, som påbegynder en overhaling efter de er kørt ind i observationsfeltet. Følgende parametre registreres:

- Hvor på observationsstrækningen forekommer indfletningen fra venstre til højre kørespor
- Køretøjstype (personbil, tunge køretøjer)
- Om den indflettende bil aktiverer blinklys og/eller bremselys
- Adfærds kategorien for det observerede vognbaneskift

Definition af adfærds kategori for de observerede vognbaneskift:

1. Konfliktfri indfletning.
Vognbaneskiftet foregår uden synlige gener for den øvrige trafik.
2. Trængt indfletning.
Den indflettende trafikant kører tæt på den foran- eller bagvedkørende, dog uden at der er tale om en egentlig konflikt.
3. Konfliktende indfletning.
Vognbaneskiftet resulterer i en konfliktlignende situation, hvor én eller flere parter må foretage en tydelig observerbar reaktion for at undgå en kollision.

Overskridelse af kantlinje

Ud fra videooptagelserne registreres ligeledes når personbiler og tunge køretøjer enten kører på eller overskrider kantlinjen mod nødsporet.

Registreringerne af sene indfletninger og overskridelse af kantlinjen er foretaget i tidsrummet 20:30-23:30 begge dage, hvilket giver et sammenligningsgrundlag for de to afmærkningstyper.

Interview med vejarbejdere

Der er gennemført interviews af 6 vejarbejdere, der har erfaring med brug af den nye kegle og afmærkningen DRI-254 om natten. Interviewene er foretaget ansigt-til-ansigt den 8. og 9. november 2010. Interviewene er ikke gennemført med et større antal vejarbejdere, da der ikke er flere med den nødvendige erfaring. Erfaringsniveauet blandt de interviewede vejarbejdere er højt. Således har flere brugt de nye kegler mere end 200 gange og etableret DRI-254 3-4 gange per nat i gennem de seneste 2 år.

Formålet med interviewene er at belyse de praktiske erfaringer med brugen af den nye kegle og den ny afmærkning, bl.a. med hensyn til vejarbejdernes sikkerhed. Spørgeguiden ses i bilag 7.

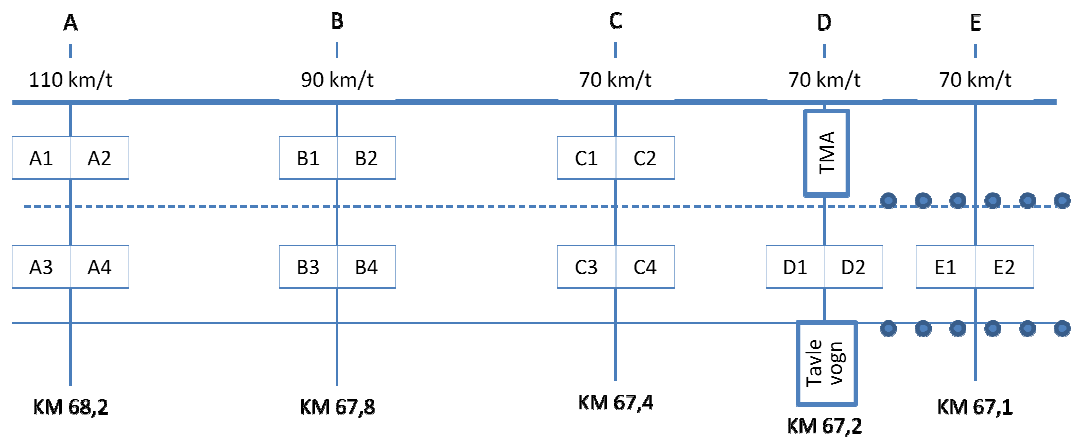
4. Analyse og resultater

I dette kapitel vil DRI-253 og DRI-254 blive analyseret og sammenlignet ud fra de ovennævnte registreringsparametre. Den ny kegle indgår i DRI-254 og analyseres derfor som en del af den afmærkningstype.

4.1 Hastighedsanalyse

Kvalitetssikringen af tælldata fra Histar pladerne viste, at data fra tre af pladerne ikke kunne anvendes i analysen. Tællingerne fra pladerne A1 og B1 var for unøjagtige i forhold til antallet af køretøjer, der passerer de to snit. E2 stoppede af uvisse årsager med at tælle kl. 15:00 den 18/11, hvilket betyder at den kun har tællinger for DRI-254.

Udfald i Histar pladernes tællinger er ikke ualmindelige. De ovennævnte problemer får dog ikke indflydelse på analysen, da der i alle nødvendige målesnit, af samme årsag, er udlagt reserveplader (se figur 4.1).



Figur 4.1: Kilometrering for placering af Histar plader på Øresundsmotorvejen samt den skilte hastighed i hvert af de 5 målesnit (A, B, C, D og E).

Værdierne benyttet i hastigheds- og kapacitetsanalyserne er for tidsrummet mellem kl. 20:40 og 23:30. I dette tidsrum er værdierne for de to afmærkningstyper sammenlignelige, og der forekommer ikke væsentlig udsving i data.

I analysen er de fem målesnit (A, B, C, D og E) benyttet. På figur 4.1 er både kilometreringen og de skilte hastigheder i de fem målesnit angivet.

	Snit	A 110 km/t		B 90 km/t		C 70 km/t		D 70 km/t Sporreduktion		E 70 km/t Vejarb. område	
		DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254
Hastighedsklasser	Afmærkning										
	< 49	10	5	30	23	34	69	210	849	139	374
	50-59	2	1	14	19	115	230	480	704	405	786
	60-64	1	4	20	24	207	241	409	226	420	384
	65-69	3	3	37	35	349	360	381	144	391	239
	70-74	7	3	85	91	395	317	322	74	345	137
	75-79	16	19	157	147	431	287	193	48	244	65
	80-84	27	29	267	218	343	194	138	16	166	52
	85-89	66	73	353	311	229	117	79	13	84	22
	90-94	121	81	499	394	153	107	62	15	80	14
	95-99	73	74	327	252	67	41	24	1	19	4
	100-104	132	97	213	177	35	19	11	4	14	5
	105-109	98	72	154	128	27	15	7	2	10	2
	110-119	120	100	140	137	16	14	14	1	10	1
	120-129	46	50	59	40	9	4	2	0	5	0
	130 >	17	11	8	3	2	3	0	0	0	0
	Sum	739	622	2363	1999	2412	2018	2332	2097	2332	2085

Tabel 4.1: Antal registrerede køretøjer fordelt på 15 hastighedsklasser og 5 snit (A-E), for hhv. DRI-253 og DRI-254.

I tabel 4.1 ses, at det summerede antal registrerede køretøjer i snit A skiller sig ud i forhold til de resterende snit for både DRI-253 og 254. Som tidligere nævnt er tilkørslen <17 LUFTHAVN> tilsluttet Øresundsmotorvejen mellem snit A og B, hvilket er grunden til forskellen. Omkring 2/3 af alle registrerede køretøjer, der passerer gennem afmærkningerne, kommer fra rampen.

Spørgsmålet er om rampe tilkørslen påvirker trafikanternes fri hastighed, hvilket ikke kan udelukkes, men påvirkningen er den samme for både DRI-253 og DRI-254, da cirka samme andel af trafikanterne kommer fra rampen.

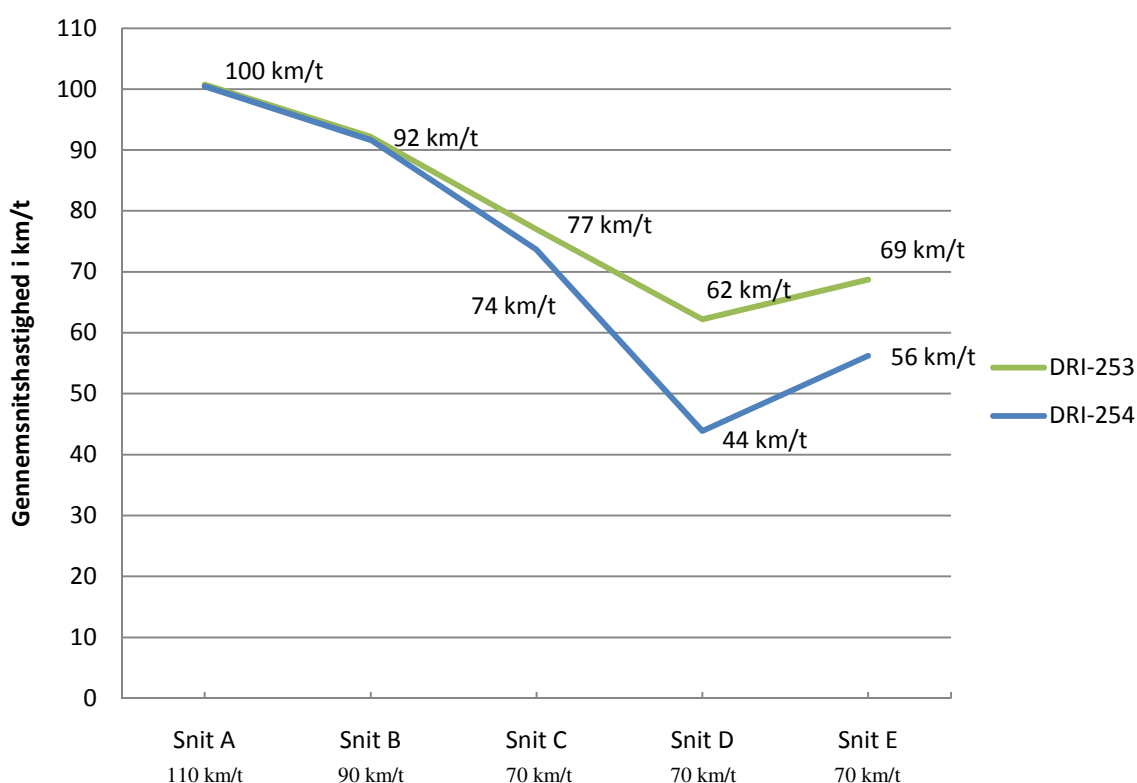
Der er forskel på de registrerede trafikmængder de to dage undersøgelserne er blevet gennemført. Den registrerede trafikmængde er lidt lavere den 17. november, hvor DRI-254 var opstillet (se tabel 4.1). Forskellen i trafikmængde varierer mellem 10-20% for de enkelte målesnit, hvilket ikke er unormalt for målinger foretaget med Histar plader.

Den procentvise andel af registrerede køretøjer, der overskrider den skilte hastighed i de enkelte snit, er markant forskellig i snit D og E (se tabel 4.2). I DRI-253 er andelen, der overskrider den skilte hastighed hhv. 4 gange så stor i snit D

og ca. 3 gange så stor i snit E, sammenlignet med DRI-254. De registrerede gennemsnitshastigheder, for de der overskrider de skiltede hastigheder, ligger ca. 10 km/t over den skiltede hastighed i alle fem målesnit for begge afmærkningstyper.

Snit	A 110 km/t		B 90 km/t		C 70 km/t		D 70 km/t Sporreduktion		E 70 km/t Vejarb. område	
	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning	Afmærkning
	DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254	DRI-253	DRI-254
%-andel	24 %	26 %	59 %	57 %	69 %	56 %	36 %	9 %	41 %	14 %
Gns. Hast.	119 km/t	119 km/t	101 km/t	101 km/t	82 km/t	81 km/t	80 km/t	78 km/t	80 km/t	78 km/t

Tabel 4.2: Gennemsnitshastighederne og %-andelen af registrerede køretøjer, som overskrider den skiltede hastighed i de 5 snit (A-E) for hhv. DRI-253 og DRI-254.



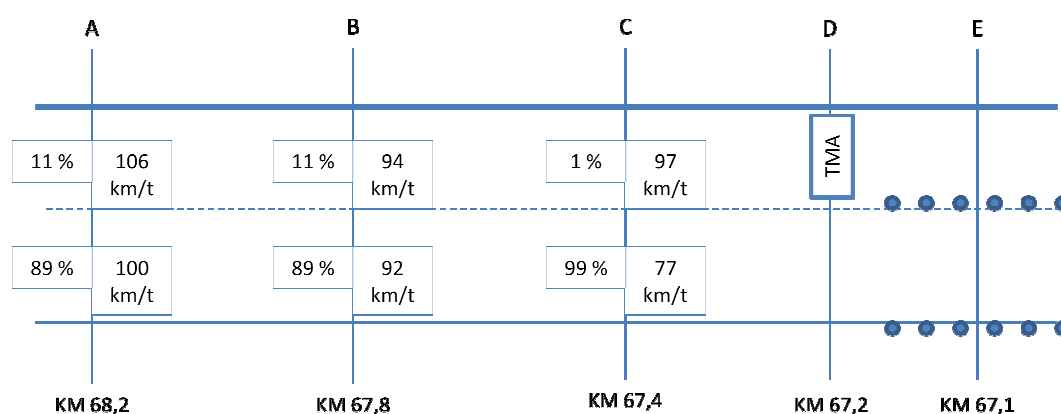
Figur 4.2: Gennemsnitshastigheder for snit A, B, C, D og E for hhv. DRI-253 og DRI-254.

Gennemsnitshastighederne i de enkelte snit for alle registrerede køretøjer ses på figur 4.2. Fra snit B frem mod vejarbejdsområdet er trafikanternes gennemsnitshastighed lavest i DRI-254. I snit C er forskellen 3 km/t, mens det blot 200 m længe-

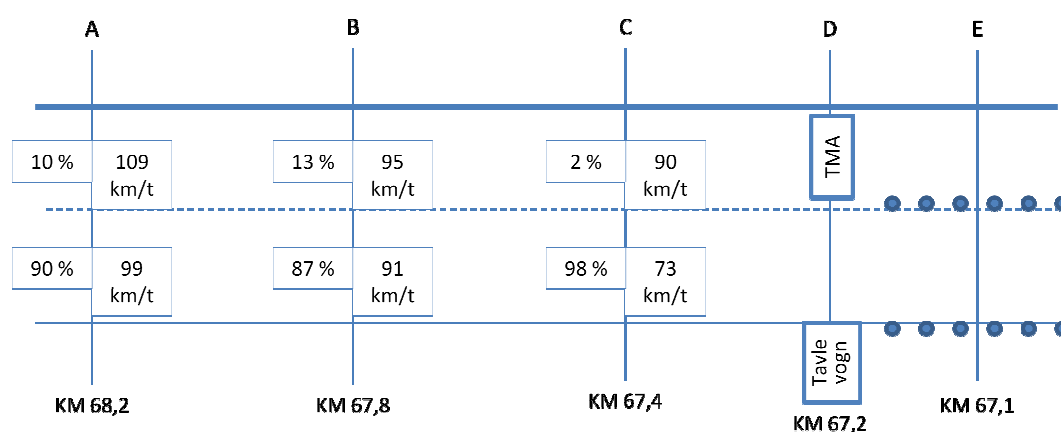
re fremme i snit D er 18 km/t. I snit D reduceres antallet af spor fra 2 til 1 i både DRI-253 og DRI-254. I snit E er forskellen reduceret til 13 km/t.

I DRI-253 reduceres gennemsnitshastigheden de sidste 200 m før sporreduktionen fra 77 km/t til 62 km/t (15 km/t), mens den på samme distance reduceres fra 74 km/t til 44 km/t (30 km/t) i DRI-254. Det tyder på, at den ønskede ”porteffekt” i DRI-254 påvirker hastigheden i overensstemmelse med hensigten.

I snit A og B er gennemsnitshastigheden lidt højere i venstre (hurtige) kørespor for begge afmærkninger (se figur 4.3 og 4.4). I snit C er der markant forskel på gennemsnitshastigheden i de to spor hhv. 17 km/t i DRI-254 og 20 km/t i DRI-253 (dette er dog kun baseret på hhv. 32 og 26 PE i det venstre spor).



Figur 4.3: Gennemsnitshastighed og procentvis fordeling af registrerede køretøjer i de to kørespor i snit A, B og C i DRI-253.



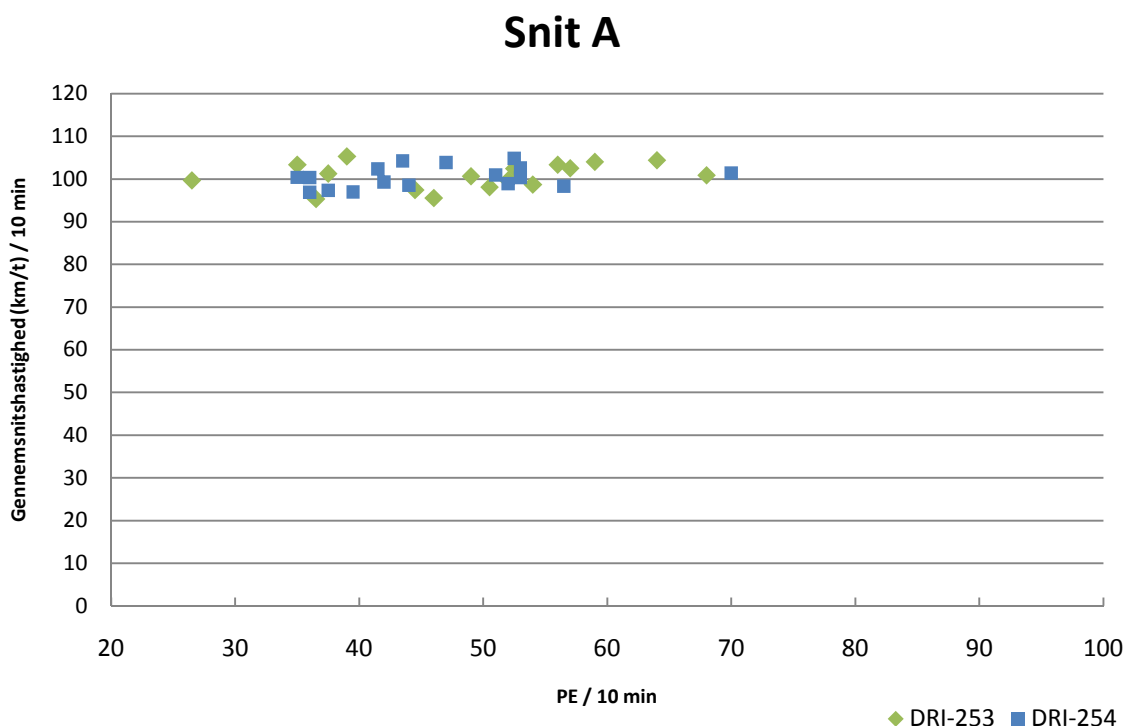
Figur 4.4: Gennemsnitshastighed og procentvis fordeling af registrerede køretøjer i de to kørespor i snit A, B og C i DRI-254.

4.2 Kapacitetsanalyse

Andelen af trafik der består af store køretøjer, køretøjer med en længde over 5,80 m, har betydning for de to afmærkninger kapacitet. Store køretøjers indflydelse på kapaciteten øges endvidere i forbindelse med stigninger i vejens længdeprofil.

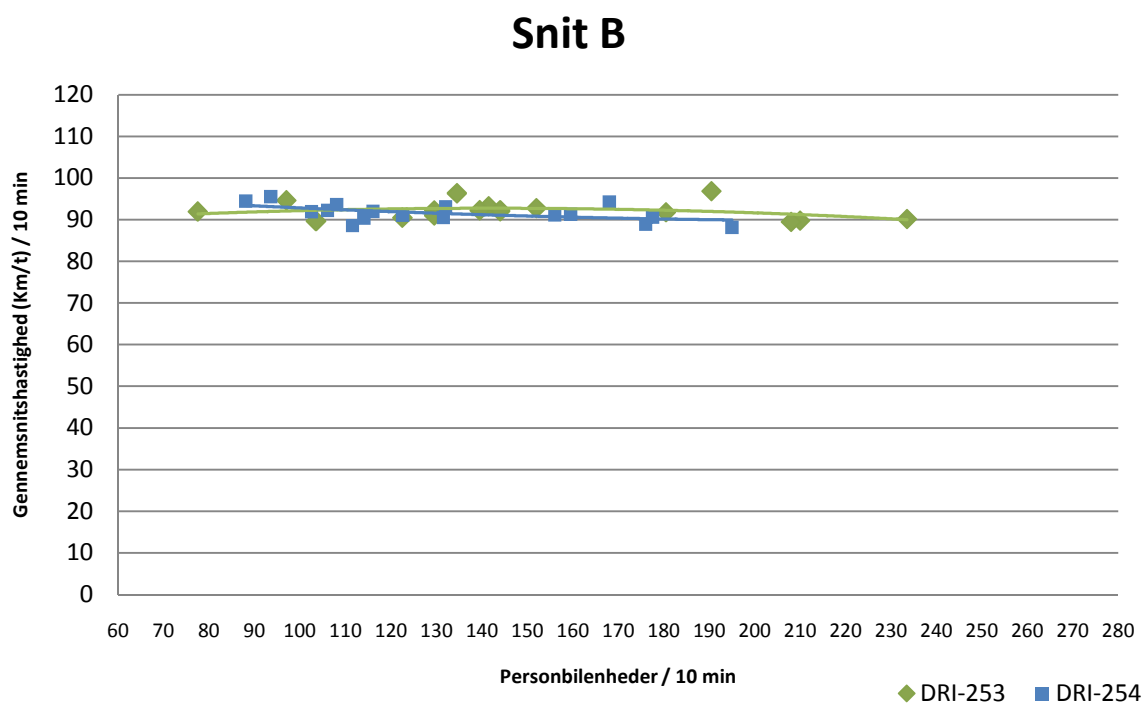
Ifølge Vejdirektoratet (2010) er personbilsækvivalenterne for vejstrækninger med stigningsgrad under 20‰ hhv. 2,5 for køretøjer mellem 5,8 og 12,5 m og 3,0 for køretøjer større end 12,5 m. Ud fra de angivne værdier er antallet af registrerede køretøjer i nærværende undersøgelse omregnet til personbilenheder (PE).

Da trafikmængden har stor indflydelse på hastighed og da trafikken er forskellig for DRI-253 og 254 vurderes hastighed ud fra speed-flow diagrammer. I figur 4.5-4.9 ses speed-flow diagrammer for hvert af de fem målesnit (A-E).

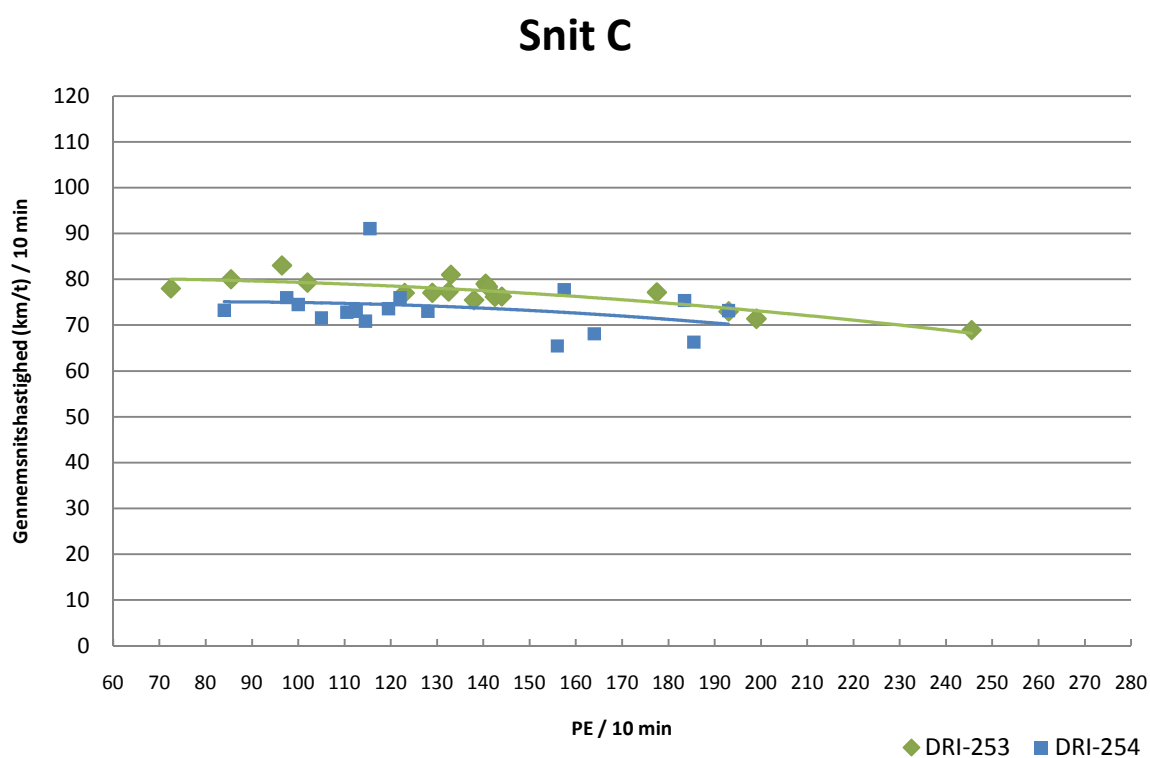


Figur 4.5: Speed-flow diagram for snit A.

Snit A er placeret 1 km før sporreduktionen og den skilte hastighed er her 110 km/t. Speed-flow diagrammet viser, at gennemsnitshastigheden i snittet er ens for de to afmærkninger, uanset antal PE. I snit B, 600 m før sporreduktionen, er hastigheden nedskiltet til 90 km/t. I snit B er gennemsnitshastigheden ligeledes ens for DRI-253 og DRI-254 uanset antallet af personbilenheder.



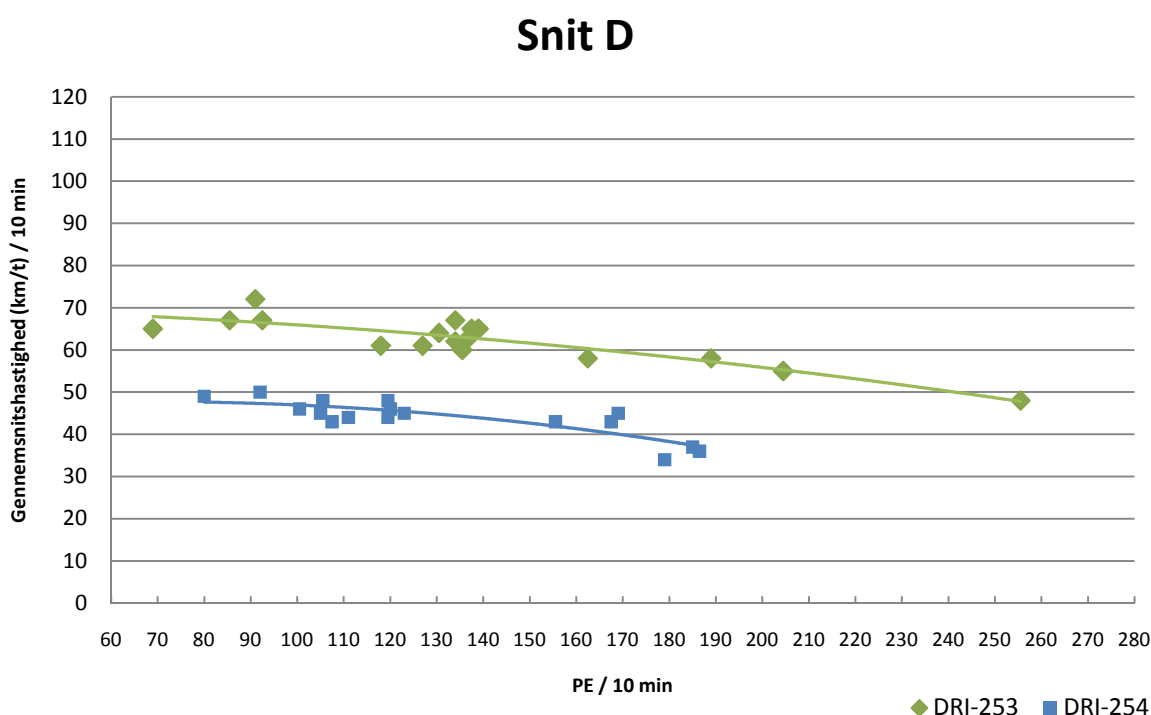
Figur 4.6: Speed-flow diagram for snit B med best fit linjer for DRI-253 og DRI-254.



Figur 4.7: Speed-flow diagram for snit C med best fit linjer for DRI-253 og DRI-254.

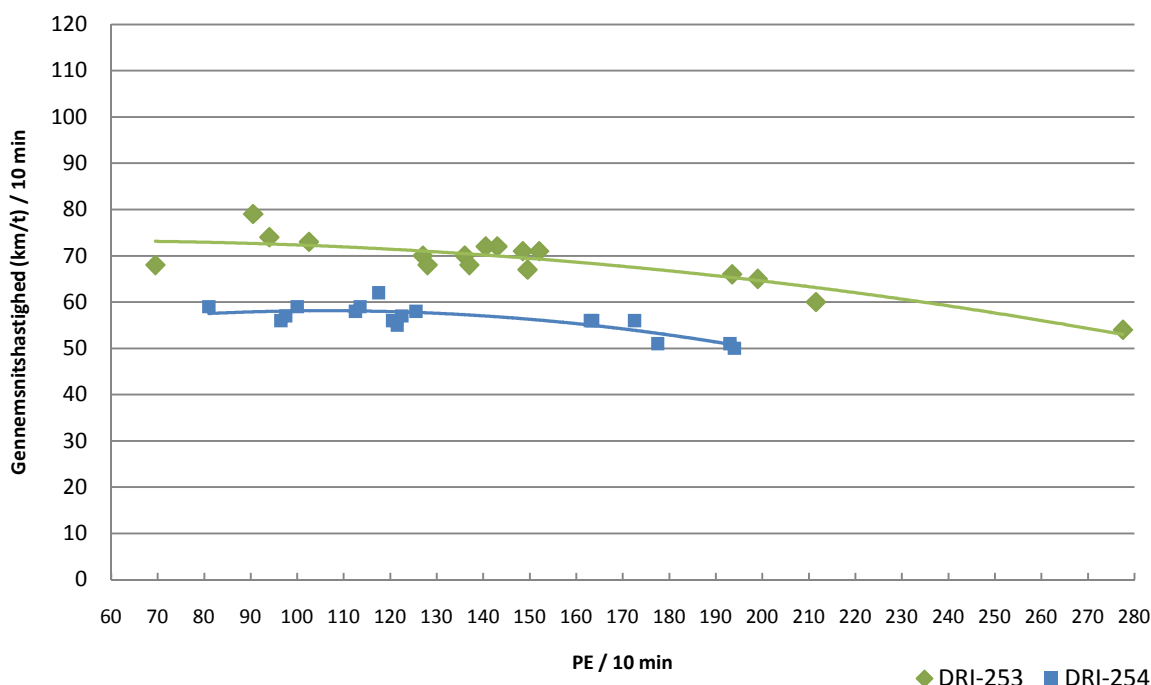
200 m før sporreduktionen i snit C ses en svag tendens til, at gennemsnitshastigheden falder i både DRI-253 og DRI-254, jo større antal PE. Derudover er der forskel i gennemsnitshastigheden mellem de to afmærkninger, forskellen er ens uanset antal PE.

I snit D falder gennemsnitshastigheden for DRI-253 og DRI-254 med ca. 10 km/t fra et flow på hhv. 80 og til 180 PE per 10 min, hvilket svarer til hhv. 480 PE per time og 1080 PE per time. I DRI-253 falder gennemsnitshastigheden fra 68 til 58 km/t og i DRI-254 falder den fra 48 til 38 km/t. Figur 4.8 viser endvidere, at gennemsnitshastigheden reduceres yderligere 10 km/t i DRI-253, når antallet af PE når ca. 250. I snit E ses et lignende fald for de to afmærkninger.



Figur 4.8: Speed-flow diagram for snit D med best fit linjer for DRI-253 og DRI-254.

Snit E



Figur 4.9: Speed-flow diagram for snit E med best fit linjer for DRI-253 og DRI-254.

Den højeste registrerede gennemstrømning i snit D for de to afmærkningstyper er hhv. 256 PE per 10 min og 187 PE per 10 min svarende til 1533 PE per time i DRI-253 og 1119 PE per time i DRI-254. Kapacitetsgrænsen er ikke nået for de to afmærkningstyper, da der i de observerede 10-minutters intervaller ikke var permanent kø optil snit D.

For at være i stand til at give et bud på kapacitetsgrænsen for de to afmærkningstyper, er det samlede tidsrum, hvor der ikke er en konstant trafikgennemstrømning målt. Det er sket ved at tælle antallet af sekunder mellem køretøjerne i snit D, når hullerne i trafikstrømmen er større end 5 sek., for de to 10-minutters intervaller, hvor trafikmængden var højst.

Buddet på kapacitetsgrænsen for de to afmærkningstyper er fremkommet ved at udregne kapaciteten som om trafikgennemstrømningen var konstant, og dermed korrigere for den samlede tid uden trafik. Resultaterne ses i tabel 4.3.

Et forsigtigt bud på kapacitetsgrænsen er ca. 2000 PE per time for begge afmærkningstyper.

	DRI-253	DRI-254
Størst registrerede trafikintensitet (per 10 min)	256 PE	187 PE
Størst registrerede trafikintensitet (per time)	1533 PE	1119 PE
Samlet tid uden trafik (i et 10 min interval)	2,5 min	4 min
Tilnærmet beregning af kapacitetsgrænse (per time)	2044 PE	1937 PE

Tabel 4.3: Tilnærmet beregning af kapacitetsgrænse for DRI-253 og DRI-254.

Ifølge Vejreglerne (reference 2) er den største forventede kapacitet, inden trafiksammenbrud forekommer, 2000 PE. Hvilket gælder for et kort vejarbejde (under 2 km), hvor der sker en sporreduktion fra 2 til 1 spor.

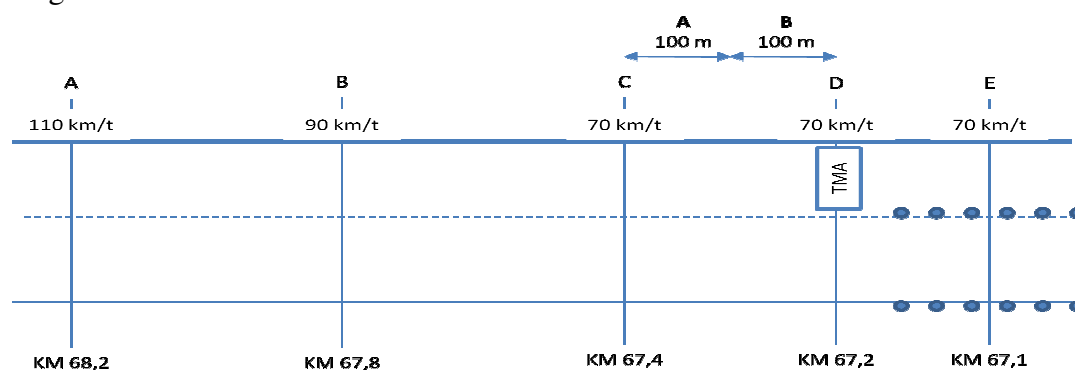
Ved spidsbelastning vil kapaciteten i forbindelse med sporreduktion afhænge af trafikanternes fordeling på de to kørespor i kombination med deres hastighed. Flere undersøgelser peger på, at sen indfletning i kombination med passende afstand og hastighed kan give den største kapacitet. Da kapacitetsgrænsen ikke er nået, vil dette ikke blive undersøgt nærmere i denne undersøgelse.

4.3 Adfærdsanalyse

Nedenfor følger resultaterne af adfærdsanalysen opdelt på de to afmærkningstyper; DRI-253 og DRI-254. Først analyseres de sene indfletninger og derefter overskridelser af kantlinje mod nødspor.

Sene indfletninger

Samtlige registrerede sene indfletninger er foretaget af personbiler. Alle indflettende trafikanter bremsede i forbindelse med deres indfletning og langt størstedelen aktiverede deres blinklys i forbindelse med trængte og konfliktende indfletning.



Figur 4.10: Placering af delstrækning A og B mellem snit C og D, de sidste 200 m før sporreduktionen.

Nedenstående tabel 4.4 og 4.5 viser en oversigt over antallet af sene indfletninger, der er foregået på hhv. delstrækning A og B i begge afmærkningstyper (se figur 4.10). De sene indfletninger er kategoriseret som enten; konfliktfri, trængt eller konfliktende, svarende til i hvilken grad de er til observerbar gene for andre trafikanters adfærd.

Der er forskel på det samlede antal indfletninger på delstrækningen 100-200 m før afspærringen, men ses der på trængte og konfliktende indfletninger er tallene næsten ens. Forskellen findes i antallet af konfliktfri indfletninger, hvor indfletningen foregår uden synlig gene for øvrige trafikanter (se tabel 4.4).

Opgøres indfletningstyperne procentuelt ud af det samlede antal sene indfletninger på delstrækning A, udgør trængte indfletninger 50% af indfletningerne i DRI-253 afmærkningen og 26% af indfletningerne i DRI-254 afmærkningen.

	Indfletningstype, delstrækning A			
	Konfliktfri	Trængt	Konfliktende	Samlet
DRI-253	10 (50%)	10 (50%)	0	20 (100%)
DRI-254	25 (71%)	9 (26%)	1 (3%)	35 (100%)

Tabel 4.4: Antal indfletninger foretaget på delstrækning A for hhv. DRI-253 og DRI-254 - 100-200 meter før afspærringen.

Antallet af indfletninger på delstrækningen 0-100 m før sporreduktionen for hhv. DRI-253 og 254, ses i tabel 4.5. Den betydende forskel på de to afmærkningstyper findes her i antallet af konfliktende indfletninger, der er tre i DRI-253 og ingen i DRI-254. De sidste 100 m før sporreduktionen udgør trængte og konfliktende situationer 67% af alle sene indfletninger i DRI-253 og 50% i DRI-254.

	Indfletningstype, delstrækning B			
	Konfliktfri	Trængt	Konfliktende	Samlet
DRI-253	6 (33%)	9 (50%)	3 (17%)	18 (100%)
DRI-254	11 (50%)	11 (50%)	0	22 (100%)

Tabel 4.5: Antal indfletninger foretaget på delstrækning B for hhv. DRI-253 og DRI-254 - 0-100 meter før afspærringen.

Samlet er der registreret 38 sene indfletninger i DRI-253 og 57 i DRI-254 de sidste 200 m før sporreduktionen (hele observationsstrækningen), hvoraf de trængte og konfliktende situationer udgør 58% for DRI-253 og 37% for DRI-254.

Overskridelse af kantlinje mod nødspor

I tabel 4.6 ses en opgørelse over antallet af hhv. personbiler og tunge køretøjer, der enten kører på eller overskrider kantlinjen mod nødsporet, gennem de sidste 200 m før afspærring, hvilket gælder uanset afmærkningstype.

Der er ingen trafikanter, der *kører på* eller *overskrider* kantlinjen mod nødsporet i DRI-254, mens der samlet er registreret 160 situationer i DRI-253. 55% af de registrerede situationer er med tunge køretøjer og godt 1/3 heraf overskrider kantlinjen.

Kantlinje mod nødspor				
		Kører på kantlinje	Overskrider kantlinje	Samlet
DRI-253	Personbiler	66 (92%)	6 (8%)	72 (100%)
	Tunge køretøjer	56 (64%)	32 (36%)	88 (100%)
DRI-254	Personbiler	0	0	0
	Tunge køretøjer	0	0	0

Tabel 4.6: Antallet af hhv. personbiler og tunge køretøjer, der enten kører på kantlinjen mod nødsporet eller overskrider den, de sidste 200 m før afspærring.

Langt størstedelen af de trafikanter, der overskrider kantlinjen holder deres placering gennem afspærringsområdet.

4.4 Sammenfatning af interviews

Herunder er interviews af vejarbejdere, der har praktisk erfaring med brug af den ny kegle og afmærkningen DRI-254 om natten, sammenfattet.

Markeringskegle

Samtlige vejarbejdere vurderer, at den ny kegle er bedre end standardcylinderen. Dette begrundes vejarbejderne med:

- At den ny kegle er mere synlig for trafikanterne end standardcylinderen pga. større refleksområder. Dette gør vejarbejderne mere trygge, når de befinder sig på motorvejen. Flere gav udtryk for, at jo mere synlige keglerne er, desto bedre.
- At den ny kegle er mere stabil end standardcylinderen. Bliver standardcylinderen påkørt, har flere vejarbejdere oplevet, at keglen flyver gennem luften med risiko for, at personer eller materiel bliver ramt. Påkøres den ny kegle, så krøller den i de fleste tilfælde sammen og rammer dermed ikke personer eller materiel.

- At højden på den ny kegle gør, at den ikke skal flyttes, når transporter med bred last skal passere afmærkningsområder. Dette er tilfældet med standardcylinderen.
- At de nye kegler er mindre pladskrævende på lastbilerne, da de kan stables.
- At vægtfordelingen i standardcylinderen gør den svær at håndtere, da de er let i toppen og tung i foden. Den ny kegle har en mere ligelig vægtfordeling, hvilket gør den behageligere at arbejde med.
- At standardcylinderen er svær at håndtere når den skal tages ned af lastbilerne pga. dens højde.
- At den ny kegle bevarer sin blødhed i frostvejr. Standardcylinderen bliver stiv og revner derfor lettere ved stød eller slag.

Vejarbejderne har endvidere et par kommentarer ift:

- *Genrejsning:* Der er ikke stor forskel på de to typer. De 2 kegletyper vælter generelt sjældent som følge af lufttryk fra forbipasserende trafik.
- *Keglefoden på ny kegle:* Vejarbejderne har ikke oplevet problemer med den nye keglefod, men flere nævner, at keglefoden ville være bedre, hvis den havde en skrå kant i stedet for en lige. Dette ville sandsynligvis gøre keglen endnu mere stabil ved påkørsel.

Afmærkning

Alle vejarbejderne anser DRI-254 som bedre end DRI-253, hvilket de begrundes med:

- At trafikanterne kører langsommere gennem DRI-254 end DRI-253. De har erfaring med, at jo smallere en port, der bliver etableret, desto mere sænker trafikanterne hastigheden. Dette øger vejarbejdernes tryghed og trafikanternes sikkerhed.
- At specielt tunge køretøjer kører ud i nødsporet med det ene hjulsæt ved afmærkning DRI-253, hvilket giver mulighed for, at køre gennem afmærkningen med højere hastighed.

Vejarbejderne nævner andre forskelle mellem DRI-253 og DRI-254 ift:

- *Tidsforbrug:* Tidsforbruget er højere ved etablering af DRI-254 sammenlignet med DRI-253. Vejarbejderne vurderer, at det tager 10-20 minutter mere, at opstille DRI-254 end DRI-253. Dette skyldes primært, at der skal opstilles to rækker i stedet for én.
- *Bemanding:* DRI-253 kan opstilles med 2 mand mens DRI-254 kræver 3 mand. Da der altid er 3 på natholdet, er der ingen bemandingsmæssig forskel på at opstille DRI-253 og DRI-254.
- *Materiel:* DRI-254 kræver dobbelt så mange kegler som DRI-253.

Slutteligt nævner en del af vejarbejderne, at hvis lyspilene på TMA og skiltevogn (der danner porten) i DRI-254 ikke blinker synkront, oplever vejarbejderne, at visse trafikanter skifter til det kørespor, der ikke fortsætter gennem porten, hvilket kan give hårde opbremsninger.

Overordnet foretrækker vejarbejderne den ny kegle frem for standardcylinderen og DRI-254 frem for DRI-253. I begrundelserne for ”hvorfør” vægter sikkerhedsaspektet højt, ikke kun ift. deres egen sikkerhed, men også ift. trafikanternes.

5. Konklusion

Det nye afmærkningskoncept DRI-254 med den ny kegle (N44) synes at fungere bedre end dets modstykke DRI-253 med standardcylinderen til længdeafspærring ved vejarbejde på 4-sporede motorvej om natten.

Hastigheden er generelt lavere for DRI-254 sammenlignet med DRI-253. Ved sporreduktionen er andelen af de trafikanter, der overskrider den skilte hastighed, 4 gange så stor for DRI-253 (36%) sammenlignet med DRI-254 (9%). Forskellen i gennemsnitshastigheden ved sporreduktionen er 18 km/t, som er hhv. 62 km/t for DRI-253 og 44 km/t for DRI-254. Hastighedsreduktionen de sidste 200 m før sporreduktionen er 15 km/t for DRI-253 og 30 km/t for DRI-254. Det tyder på, at den ønskede "porteffekt" påvirker hastigheden i overensstemmelse med hensigten.

I DRI-253 er andelen af "trængte/konfliktende" indfletninger på de sidste 200 m lidt større (58%) sammenlignet med DRI-254 (37%). Der er ikke registreret overskridelser af kantlinjen mod nødsporet i DRI-254, mens der er registreret 38 regulære overskridelser af kantlinjen, hvor der køres med det ene hjulsæt i nødsporet, i DRI-253.

Interviews af vejarbejdere viste, at de klart foretrækker den ny kegle frem for standardcylinderen og DRI-254 frem for DRI-253. Dette begrundes af vejarbejderne hovedsagelig ud fra et sikkerhedsperspektiv, både i relation til deres egen sikkerhed og trafikanternes. Resultatet af nærværende undersøgelse understøtter vejarbejdernes forklaringer.

Kapacitetsgrænsen er ikke nået for hverken DRI-253 eller DRI-254. De højest registrerede antal personbilenheder per 10 min ved sporreduktionen er 256 for DRI-253 og 187 for DRI-254 svarende til hhv. 1533 PE per time og 1119 PE per time. Et forsigtigt bud på kapacitetsgrænsen er ca. 2000 PE per time for begge afmærkningstyper.

Evalueringen viser samlet set, at hastighedsniveauet er lavere i DRI-254 end i DRI-253 samtidig med, at omfanget af registrerede adfærdsproblemer er mindre. Kapaciteten virker endvidere ikke til at være et problem, da afmærkningstyperne skal opstilles om natten udenfor spærretiderne, hvorfor kapacitetsgrænsen ikke nås for hverken DRI-254 eller DRI-253.

6. Referencer

1)

Herrstedt, L; Greibe, P.; Lund, B. (2007): *Afmærkning af vejarbejde, vognbanskiift, adfærdsundersøgelse*. Trafitec.

2)

Vejdirektoratet (2010): *Trafikteknik, kapacitet og serviceniveau*. Vejregelrådet.

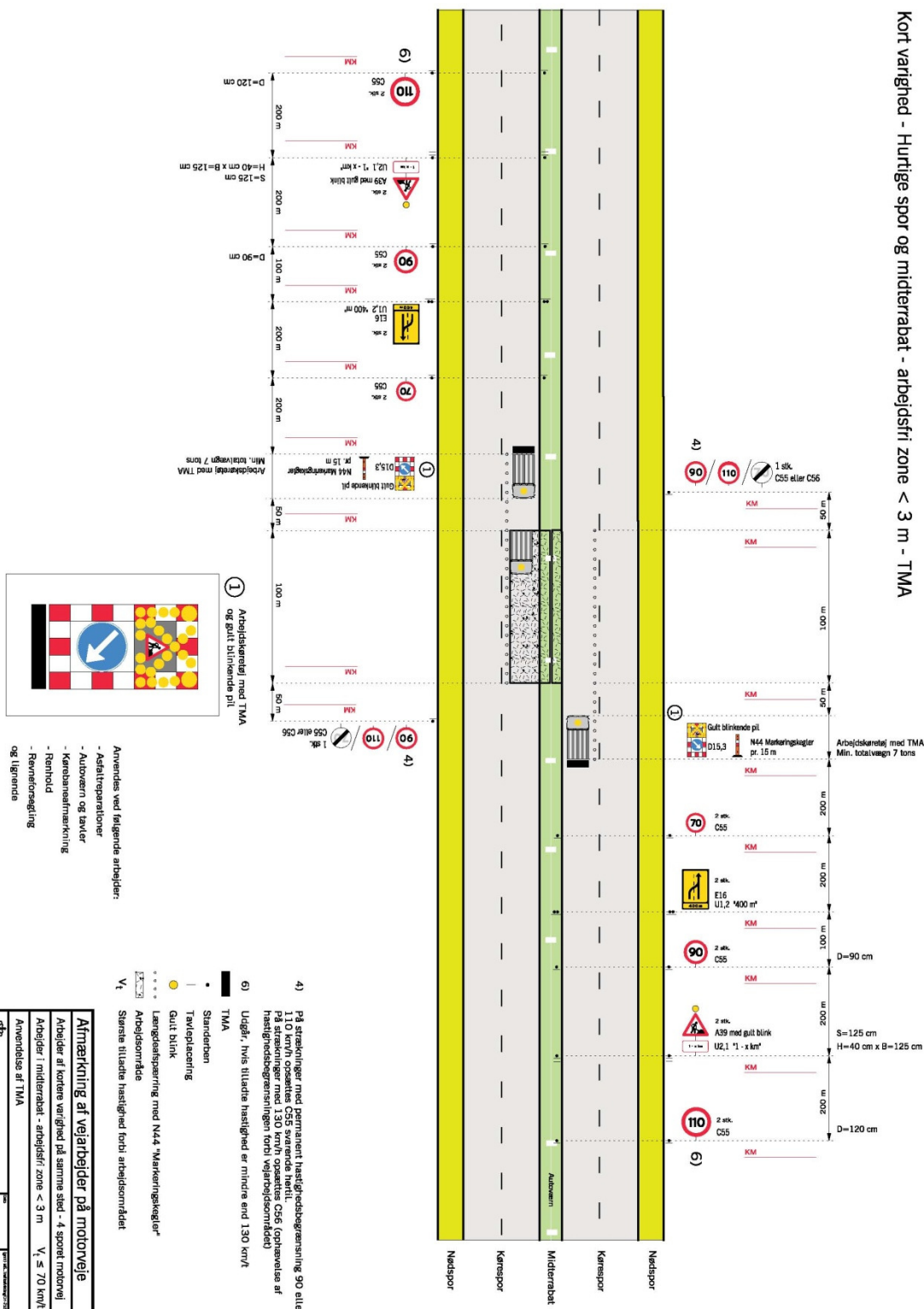
Bilag 1: Ny markeringskegle (N44)



Keglen er 0,75 m høj og står på en stabil fod. Det hvide refleksfolie type 3 har et areal på 360 cm². Den røde overflade er fluorescerende.

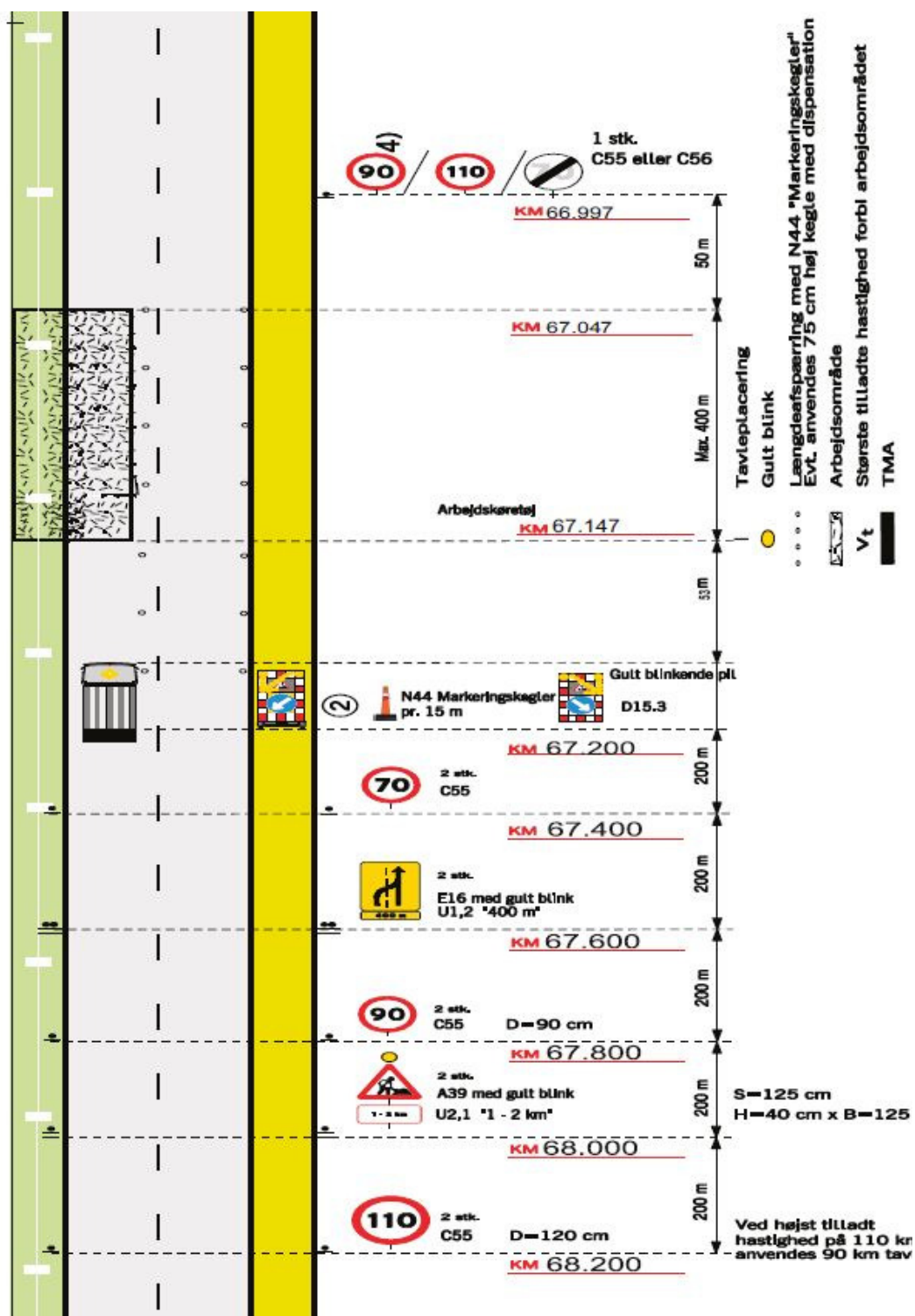
Bilag 2: Standardafmærkning DRI 253

Kort varighed - Hurtige spor og midterrabat - arbejdsfri zone < 3 m - TMA

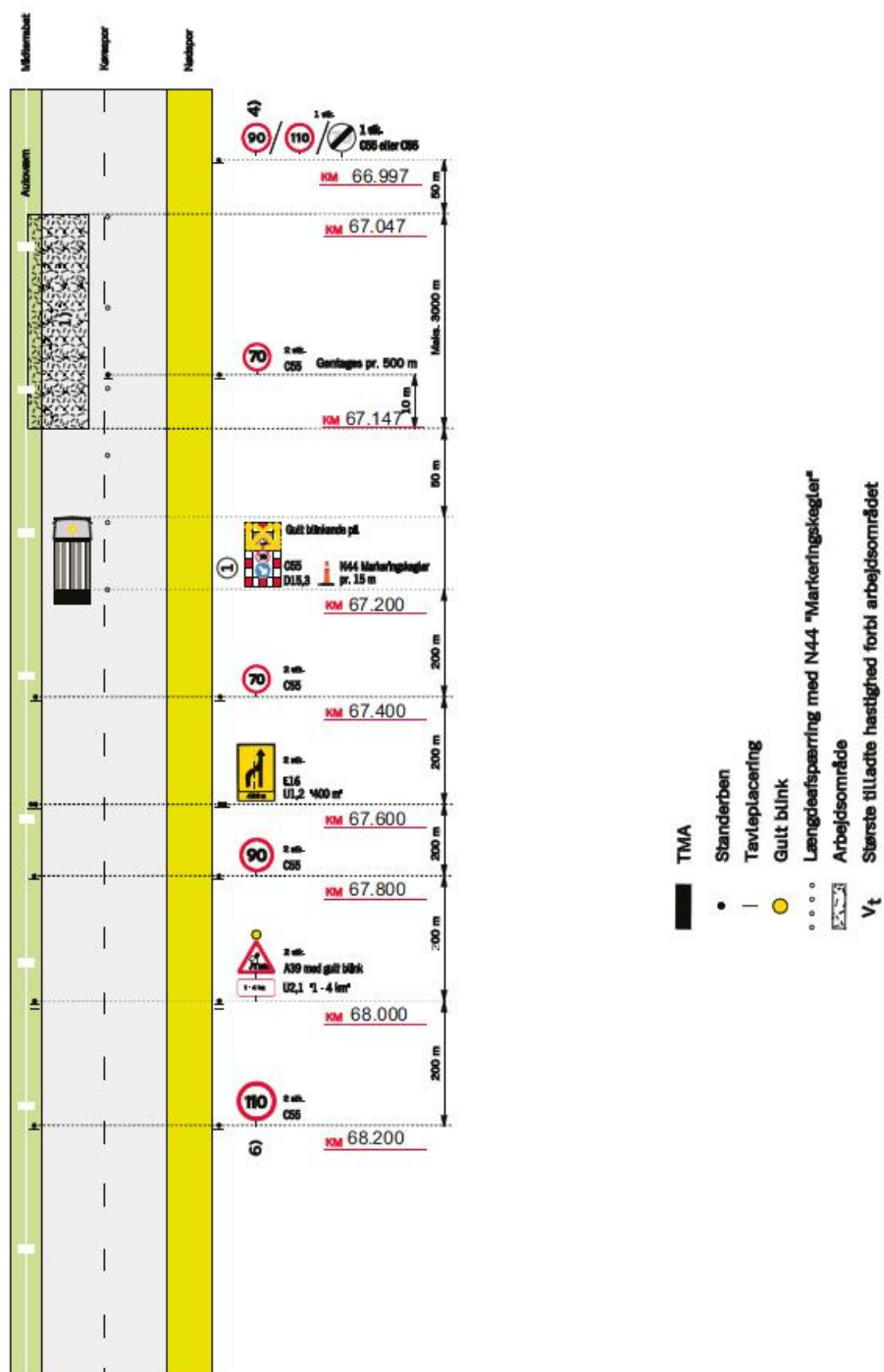




Bilag 3: Stedspecifik afmærkningsplan (DRI-254)



Bilag 4: Stedspecifik afmærkningsplan (DRI-253)

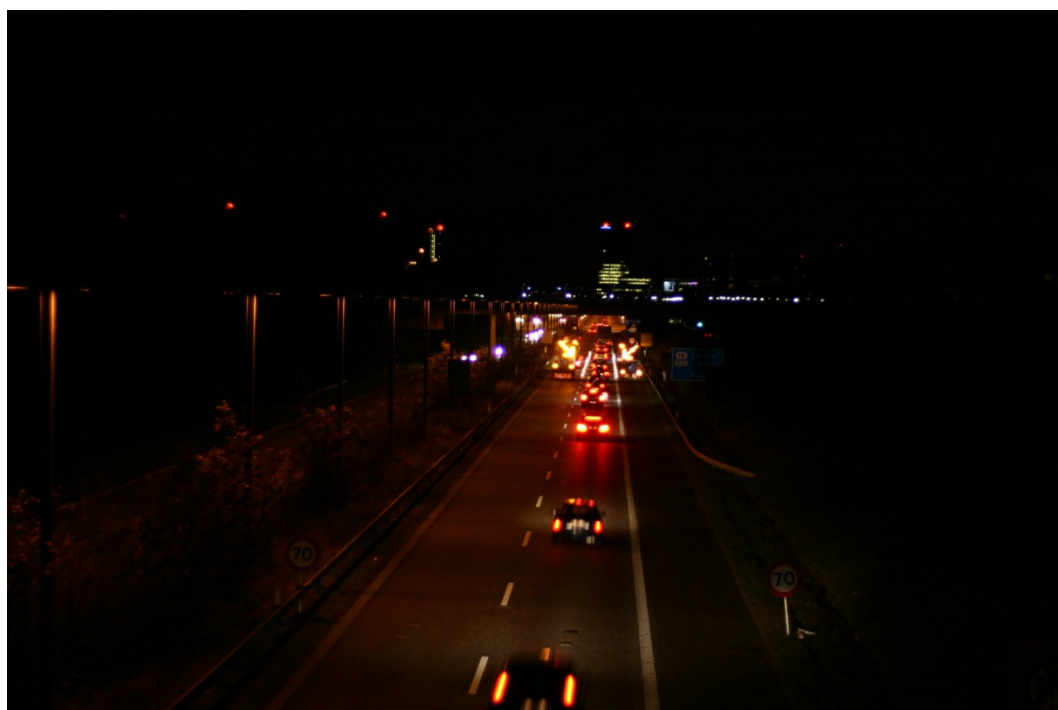


Bilag 5: Fotos fra testopstillingerne

DRI-253 (fotos: Ulrik Winther Blindum)



DRI-254 (fotos: Ulrik Winther Blindum)



Bilag 6: Programmering af HiStar plader

Alle 16 Hi-Star plader blev programmeret til intervalmåling, her anvendtes 10 minutters intervaller.

De ønskede hastighedsklasser, var ikke at finde i MASTRA, hvorfor klasserne blev defineret som det fremgår af nedenstående tabel. Alle 16 Hi-Star plader blev programmeret med samme hastighedsklasser.

Hastighedsklasser	Km/t
1	0-49
2	50-59
3	60-64
4	65-69
5	70-74
6	75-79
7	80-84
8	85-89
9	90-94
10	95-99
11	100-104
12	105-109
13	110-119
14	120-129
15	130-180

Tabel: Hastighedsklasser for 16 HiStar plader.

Bilag 7: Spørgeguide

MARKERINGSKEGLER

Spørgsmål 1:

Kender du den ny kegle? JA NEJ

Spørgsmål 2:

Har du brugt den ny kegle?

- ☐ Ja, mange gange
- ☐ Ja, nogle få gange
- ☐ Ja, en enkelt gang
- ☐ Nej

Hvis ja, hvor i landet har du brugt den nye kegle? _____

Spørgsmål 3:

Hvad er din erfaring med stabiliteten af den ny kegle sammenlignet med standardkeglen?

- ☐ De to typer er lige stabile
- ☐ Ny kegletype er mere stabil
- ☐ Ny kegletype er mindre stabil
- ☐ Ved ikke

Spørgsmål 4:

Hvad er din erfaring med hensyn til, at skulle genrejse væltede kegler?

- ☐ Ny kegle vælter oftere end standardkegle
- ☐ Ny kegle vælter sjældnere end standardkegle
- ☐ De to kegler vælter lige meget

Spørgsmål 5:

Hvilken keglefod synes du bedst om?

- ☐ Den nye
- ☐ Den gamle

Hvorfor? _____

Spørgsmål 6:

Har du oplevet problemer med den nye keglefod?

- ☐ Ja
☐ Nej

Hvis ja, hvilke problemer? _____

Spørgsmål 7:

Hvilken kegletype synes du er *bedst*?

- ☐ Ny kegle
☐ Standardkeglen
☐ Lige gode

Hvorfor? _____

Spørgsmål 8:

Hvilken kegletype oplever du som *mest sikker*?

- ☐ Ny kegle
☐ Standardkeglen
☐ Lige gode

Hvorfor? _____

Spørgsmål 9:

Hvad er din erfaring med hensyn til *synligheden* af de to kegletyper i mørke?

- ☐ De er lige synlige
☐ Ny kegle er mest synlig
☐ Standardkeglen er mest synlig
☐ Ved ikke

AFMÆRKNINGER**Spørgsmål 10:**

Hvilke *fordele/ulemper* er der ved opsætning af DRI-254 i forhold til DRI-253?

Fordele: _____

Ulemper: _____

Spørgsmål 11:

Hvilke *fordele/ulemper* er der ved nedtagning af DRI-254 i forhold til DRI-253?

Fordele: _____

Ulemper: _____

Spørgsmål 12:

Hvad kræver det af ressourcer at etablere DRI-253 ift.:

Tid: _____

Mandskab: _____

Spørgsmål 13:

Hvad kræver det af ressourcer at etablere DRI-254 ift.:

Tid: _____

Mandskab: _____

Spørgsmål 14:

Hvilken af de to afmærkninger synes du fungerer bedst for trafikanterne?

- ☐ DRI-254
- ☐ DRI-253
- ☐ Lige gode

Hvorfor? _____

Spørgsmål 15:

Hvis du skal vælge, hvilken af de to afmærkninger foretrækker du så?

- ☐ DRI-254
- ☐ DRI-253
- ☐ Ved ikke

Hvorfor? _____
