



## Kantstolpars effekt på trafikantbeteendet

Sven-Olof Lundkvist  
Thomas Engen  
Riikka Rajamäki  
Gabriel Helmers  
Sara Nygårdhs





<p><b>Utgivare:</b></p>  <p>581 95 Linköping</p>	<p><b>Publikation:</b> <b>VTI rapport 795</b></p>		
<p><b>Författare:</b> Sven-Olof Lundkvist, Thomas Engen, Riikka Rajamäki, Gabriel Helmers, Sara Nygårdhs</p>	<p><b>Utgivningsår:</b> 2014</p>	<p><b>Projektnummer:</b> 40817</p>	<p><b>Dnr:</b> 2010/0158-26</p>
<p><b>Titel:</b> Effekten av kantstolpar på trafikantbeteendet</p>	<p><b>Projektnamn:</b> Kunskapsunderlag för revidering av nordiska regelverk för kantstolpar</p>		
<p><b>Referat</b></p> <p>För att förbättra den visuella ledningen i mörkertrafik är flertalet nordiska vägar utrustade med kantstolpar. Hur dessa sätts upp längs med vägen varierar emellertid mellan länderna; på tvåfältsvägar är exempelvis avståndet mellan två kantstolpar 100 meter i Danmark, medan det är 50 meter i Sverige. Syftet med föreliggande studie var att undersöka vilken konfiguration som ger det bästa trafikantbeteendet. Ytterligare ett syfte var att söka den på stolpen monterade reflektorns optimala synavstånd. Resultaten kan ligga till grund för en harmonisering av de nordiska regelverken.</p> <p>Studien har utförts i VTI:s och SINTEF:s kör simulatorer och har beträffande konfigurationen även validerats på reell väg i Finland av VTT. I VTI:s simulator har försökspersoner i mörker fått köra en vägslinga innehållande sju olika konfigurationer, medan studien på SINTEF innehöll kantstolpar vars reflexer kunde ses på 100, 200 eller 400 meter. I båda simulatorerna mättes hastigheten kontinuerligt.</p> <p>Resultaten visade att den konfiguration som idag används i Danmark är att föredra. Den ger samma eller bättre körbeteende än övriga konfigurationer, men till lägre pris. Reflexens optimala synbarhet skattades vara 100–200 meter.</p>			
<p><b>Nyckelord:</b> kantstolpar, visuell ledning, hastighet, synbarhet</p>			
<p><b>ISSN:</b> 0347-6030</p>	<p><b>Språk:</b> Svenska och norska</p>	<p><b>Antal sidor:</b> 48</p>	

<b>Publisher:</b>   SE-581 95 Linköping Sweden		<b>Publication:</b> <b>VTI rapport 795</b>			
		<b>Published:</b> 2014	<b>Projectcode:</b> 40817	<b>Dnr:</b> 2010/0158-26	
		<b>Project:</b> A knowledge base for the revision of the Nordic regulations for delineator posts			
<b>Author:</b> Sven-Olof Lundkvist, Thomas Engen, Riikka Rajamäki, Gabriel Helmers, Sara Nygårdhs		<b>Sponsor:</b> Denmark: The Danish Road Directorate Finland: The Finnish Transport Agency Norway: Norwegian Public Roads Adm. Sweden: The Swedish Transport Adm.			
<b>Title:</b> The influence of delineator posts on driving behaviour.					
<b>Abstract</b> <p>In order to improve the visual guidance in night-time traffic most Nordic roads are equipped with delineator posts. The configuration of these posts vary between the countries; as an example the distance between two delineator posts is 100 metres in Denmark, while it is 50 metres in Sweden. The aim of the present study was to investigate which delineator post configuration that gives the best driving behavior. Furthermore, the optimal visibility distance of the retro-reflector of the post was estimated. The results can be used for a harmonization of the Nordic regulations regarding delineator posts.</p> <p>The study was conducted in the VTI and SINTEF driving simulators. The study of configuration (VTI) was validated on the real road in Finland by VTT. In the VTI simulator subjects drove in the dark a loop containing seven different delineator posts configurations, while the study at SINTEF used a loop where the retro-reflectors of the posts had a night-time visibility distance of 100, 200 or 400 metres. In both simulators the speed was registered continuously.</p> <p>The results show that the configuration which today is used in Denmark is to prefer. This configuration gives equal or better driving behavior than other configurations, but to a lower price. The optimal visibility distance of the retro-reflectometer was estimated to 100–200 metres.</p>					
<b>Keywords:</b> delineator posts, visual guidance, speed, visibility					
<b>ISSN:</b> 0347-6030		<b>Language:</b> Swedish and norwegian		<b>No of pages:</b> 48	

## Förord

Föreliggande studie har genomförts inom ramen för NMF, Nordiskt Möte för Förbättrad vägutrustning. Väghållarnas projektledare har varit:

Danmark	Kenneth Kjemtrup, Vejdirektoratet
Finland	Tuomas Österman, Trafikverket
Norge	Bjørn Skaar, Vegdirektoratet
Sverige	Peter Aalto, Trafikverket

Studien har utförts av VTT, SINTEF och VTI där projektledarna var:

VTT	Riikka Rajamäki
SINTEF	Thomas Engen
VTI	Sven-Olof Lundkvist

Den sistnämnde har också fungerat som huvudprojektledare.

Ett stort tack till all personal som har utfört de två simulatorstudierna i Norge och Sverige samt fältstudien i Finland, ingen nämnd, ingen glömd.

Linköping januari 2014

*Sven-Olof Lundkvist*

## Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 16 november 2013 av Lars Eriksson. Sven-Olof Lundkvist har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus 20 november 2013. Projektledarens närmaste chef, Jan Andersson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering.

## Quality review

Internal peer review was performed on 16 November 2013 by Lars Eriksson. Sven-Olof Lundkvist has made alterations to the final manuscript of the report. The research director of the project manager, Jan Andersson, examined and approved the report for publication on 26 November 2013.

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	5
Summary .....	7
1 Bakgrund och syfte .....	9
2 Problemanalys .....	10
2.1 Problem och avgränsning .....	10
2.2 Förarens upplevelse av vägen med hjälp av kantstolpar .....	10
2.3 Vägens synbarhet i fordonsbelysning och förarens val av hastighet .....	11
2.4 Förarens bedömning av kurvors svårighetsgrad .....	12
2.5 Vägkantstolpar och den självförklarande vägen .....	12
3 Hypoteser .....	14
4 Metod .....	15
4.1 Samspel mellan kantstolpskonfiguration och spontant vald hastighet samt retardation före kurva (VTI) .....	15
4.2 Optimal synbarhet med hänsyn till hastighetsvalg (SINTEF) .....	17
4.3 Fältstudie avseende kantstolpskonfiguration och hastighet – validering av VTI:s simulatorstudie (VTT) .....	19
4.4 Påverkan av lösandet av en distraktionsuppgift (VTI) .....	20
5 Analys .....	21
5.1 Konfiguration (VTI) .....	21
5.2 Synbarhet (SINTEF) .....	21
5.3 Validering (VTT) .....	22
5.4 Distraktionsuppgift (VTI) .....	22
6 Resultat .....	23
6.1 Spontant vald hastighet som funktion av kantstolpskonfiguration (VTI) ..	24
6.2 Synbarhetens inverkan på hastigheten (SINTEF) .....	32
6.3 Validering av konfigurationens inverkan på hastigheten (VTT) .....	36
6.4 Konfigurationens inverkan på lösning av en distraktionsuppgift (VTI) ..	39
7 Diskussion .....	41
7.1 Validiteten .....	41
7.2 Kantstolpskonfigurationens inverkan på hastighetsvalet .....	41
7.3 Vilken kantstolpskonfiguration bör föredras? .....	42
7.4 Synbarhetens inverkan på hastighetsvalet .....	42
8 Slutsatser .....	44
Referenser .....	46





## Effekten av kantstolpar på trafikantbeteendet

av Sven-Olof Lundkvist, Thomas Engen, Riika Rajamäki, Gabriel Helmers och Sara Nygårdhs  
VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut  
581 95 Linköping

### Sammanfattning

För att förbättra vägens synbarhet i mörkertrafik används numer kantstolpar på de större vägarna i alla de nordiska länderna. Dessa förbättrar med stor sannolikhet komforten, men det är mer tveksamt hur hastigheten och olycksrisken påverkas. Tidigare studier har, framförallt på vägar med små kurvradier, påvisat höjda hastigheter och förhöjd olyckskvot då kantstolpar introducerades. En simulatorstudie utförd i Sverige visade på liknande resultat; kantstolparna innebar en hastighetshöjning på 2–10 km/h, beroende på vägmarkeringarnas synbarhet. Den högre siffran avser hastighetshöjningen då vägmarkeringarna hade dålig synbarhet.

Regelverken för kantstolpar har tillkommit i syfte att förbättra vägens synbarhet i fordonsbelysning. Problemet är dock att regelverken tillkommit utan att man varken tagit reda på vilken synbarhet själva kantstolpsreflektorn bör ha eller hur stolparna ska sättas upp utefter vägen för att kunna ge trafikanterna den information om vägens sträckning som de behöver. Förarens upplevelse av vägen ska främja ett trafiksäkert och väl anpassat förarbeteende. Ingenstans i regelverken refereras till bilförarens behov av att se vägen och hur kantstolparna ska vara placerade utefter vägen för att förare ska få en så korrekt upplevelse som möjligt av de krav vägen ställer. De fem nordiska ländernas regelverk är inte heller harmoniserade, exempelvis har man i Danmark 100 meter mellan kantstolparna, medan de i övriga länder sitter på avstånden 50–60 meter på raksträckor.

Kantstolparna kostar både i investering och i underhåll, varför det är viktigt att använda dem på rätt sätt och i rätt mängd. Kostnaden för kantstolparna måste kunna motiveras av nyttan, i form av framförallt förbättrad trafiksäkerhet och komfort. En central fråga är därför hur de ska sättas upp längs vägen, det vill säga vilket avstånd det ska vara mellan stolparna, dels på raksträckorna, dels i kurvorna. Ett syfte med studien är således att finna en optimal kantstolpskonfiguration.

Ett andra syfte var att studera sambandet mellan spontant vald hastighet och reflektorernas synbarhet i mörkertrafik. En hypotes är att långa synbarhetsavstånd, det vill säga god visuell ledning, ger ökad hastighet, som i sin tur kan ge en allvarlig skadeföljd.

Ett tredje syfte var att validera den studie som gjordes i VTI:s simulator, det vill säga att undersöka om resultaten från simulatoren återfås i verklig trafik.

Delstudien som avser kantstolpskonfiguration är utförd i VTI:s körsimulator III. En expertpanel valde från 26 olika konfigurationer ut sju stycken som verkade intressanta ur förarsynpunkt. Därefter fick fjorton försökspersoner i uppgift att i mörkertrafik köra en slinga sju varv med dessa sju kantstolpskonfigurationer. Under körningen registrerades hastighet, inbromsningar och retardationer kontinuerligt. Slingan hade omväxlande raksträckor, snäva kurvor och kurvor med stor radie och hastighetsbegränsningen var satt till 90 km/h. I en andra omgång om sju varv fick försökspersonerna i uppgift att lösa en distraktionsuppgift vid fyra tillfällen under körningens gång.

De konfigurationer som testades var:

- A Konfigurationen enligt det norska och svenska regelverket.
- B Konfigurationen enligt det danska regelverket.
- C Konfigurationen enligt det finländska regelverket,
- D Som A, men med kraftigare förtätning i kurvorna.
- E Som B, men med kraftigare förtätning i kurvorna.
- F Som E, men inga kantstolpar på raksträckorna.
- G Inga kantstolpar alls.

Resultaten av olika kantstolpskonfigurationer visar följande:

Förarbeteendet var i stort sett lika i betingelserna A, B, C, D och E. Försökspersonerna höll i stort sett samma hastighet i dessa betingelser och antalet inbromsningar före snäva kurvor var lika. I betingelse F körde man något långsammare, men antalet inbromsningar före snäv kurva var lika som i betingelserna A–E. Långsammast körde försökspersonerna i den betingelsen som innebar det sämsta visuella ledningen, det vill säga då vägen inte alls var försedd med kantstolpar. Här var också antalet kraftiga retardationer före snäva kurvor ungefär halverade, vilket tyder på en bättre anpassning av förarbeteendet till omständigheterna.

Sett över hela vägslangan var medelhastigheten i betingelserna A–E cirka 90 km/h, i betingelse F var den cirka 82 km/h och i G cirka 78 km/h. Således medförde kantstolpar längs hela vägen (även på raksträckor) en förhöjning av medelhastigheten på cirka 12 km/h. Detta innebär helt säkert en förvärrad skadeföljd vid en olycka, men om och hur skadekvoten kommer att förändras är svårt att säga eftersom den visuella ledningen har förbättrats.

Delstudien som syftade till att studera sambandet mellan hastighet och reflektorernas synbarhet visade att reflektorer som syns på avståndet 400 meter i fordonsbelysning ger en stor hastighetsvariation: hastigheterna på raksträckorna var höga och hastighetssänkningarna i kurvorna stora. Slutsatsen är att det inte finns någon anledning att använda reflektorer som har längre synbarhet än 100–200 m. Vidare framkom att kantstolpar endast i kurvorna ger en bättre hastighetsanpassning inför kommande kurva. Däremot ansåg försökspersonerna subjektivt att det var svårare att köra i mörker om kantstolpar fanns endast i kurvorna.

Valideringen på reell väg i Finland visade att hastigheterna skilde något mot vad som hade uppmätts i simulatorstudien. Betingelsen utan kantstolpar visade på en avvikelse: i simulatorn körde man betydligt långsammare i kurvorna än man gjorde i verkligheten. Detta skulle kunna bero på att i verkligheten har man en viss visuell ledning från vägens sidoområde.

Syftet med föreliggande studie var således att avgöra om och hur kantstolpar ska användas på vägarna och vilken synbarhet reflektorerna ska ha. En tidigare utförd simulatorstudie visade entydigt att förarna föredrar kantstolpar, så om väghållarna lyssnar på ”kunden” ska kantstolpar finnas längs våra vägar. I den simulatorstudien användes dock endast den svenska betingelsen, varför det är tveksamt om kantstolpar endast i kurvorna kan accepteras. Den norska delstudien indikerar att förarna föredrar att ha kantstolpar längs hela vägen. Sannolikt bör därför en konfiguration som liknar den danska, konfiguration B, användas och reflektorerna ska ha ett synavstånd kortare än 400 meter. Detta bör enligt de olycksmodeller som finns sänka olyckstalen i mörkertrafik. Det kan även fastslås att konfiguration B innebär lägre investerings- och underhållskostnader än de konfigurationer som har kortare avstånd mellan stolparna, men ger likartat trafikantbeteende.

## **The influence of delineator posts on driving behaviour**

by Sven-Olof Lundkvist, Thomas Engen, Riika Rajamäki, Gabriel Helmers and Sara Nygårdhs

Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)

SE-581 95 Linköping, Sweden

### **Summary**

In order to improve the visual guidance in night-time traffic, major roads in the Nordic countries are equipped with delineator posts. Those posts will probably improve the driver's comfort, but it is more uncertain how speed, and thereby accident rates are affected. A previous study has shown an increase in speed and accident rate when delineator posts were introduced in Finland. A simulator study in Sweden indicated the same results: speed increased with 2–10 km/h, dependent on the visibility of the road markings. Poor road markings meant higher increase in speed.

The delineator post regulations are designed to improve the visibility of the road in headlight illumination. However, the regulations are not based on knowledge; it is not known which visibility the retroreflector of the post should have, neither how the posts should be arranged along the road to give the drivers the necessary information about the road ahead. The driver's perception of the road must promote a safe and correct behaviour. In today's regulations there is nothing about the driver's needs versus delineator post configuration. Furthermore, the regulations in the five Nordic countries are not harmonized. As an example the distance between two posts is 100 metres in Denmark, while it is 50–60 metres in the other countries.

Both costs for investment and maintenance are related to delineator posts. Therefore, it is of importance to use the posts in a correct way and amount; the cost must be justified by the benefits in terms of traffic safety and comfort. Therefore, an important question to answer was how the road should be equipped with the delineator posts. Which distance between two posts should it be on straight parts of the road and in curves?

Another aim of the study was to investigate the relationship between speed and visibility of the reflectors. One hypothesis is that long visibility distance, i.e. good visual guidance, will result in high speed, which will cause more serious injuries compared to lower speed.

A third aim was to evaluate the results from the VTI simulator, by measurements of real traffic. That is, this aim concerned whether the simulator results are repeated on the real road.

The study investigating configuration was carried out in VTI's driving simulator III. From 26 configurations of delineator posts, a panel of experts chose seven of special interest to be further investigated in the simulator experiment. In this experiment, 14 subjects drove seven times a road loop, each time equipped with one of seven post configurations. In a second round of the experiment, another seven loops were driven, but this time also with a distraction task. The loop had straight parts, as well as curves and the speed limit was 90 km/h. During the drive, speed, retardation and the use of brake were registered continuously.

The configurations tested were:

- A Configuration according to the Norwegian and Swedish regulations.
- B Configuration according to the Danish regulations.
- C Configuration according to the Finnish regulations.
- D As A, but with strong condensation in the curves.
- E As B, but with strong condensation in the curves.
- F As E, but with no delineator posts on the straight parts of the road.
- G No delineator posts at all.

The result shows:

The driver behaviour was almost equal in conditions A, B, C, D and E. The subject drove with the same speed in these conditions and the number of braking before tight curves was almost the same. In condition F, the speed was somewhat lower, but the number of braking was the same as in conditions A–E. The slowest speed was found in the condition with the poorest visual guidance, the condition with no delineator posts. Furthermore, in this condition the number of braking was approximately half of the braking in the other conditions.

The average speed over the entire loop was approximately 90 km/h in delineator post configurations A–E. In condition F the speed was 82 km/h and in condition G 78 km/h. Consequently, delineator posts along the road, also on straight parts, mean an increase in average speed of approximately 12 km/h. Most probably this means that the severity of injury will increase, but whether the number of accidents will be influenced is difficult to predict.

The investigation of relationship between visibility distance and speed showed that a visibility distance of 400 metres entailed a large speed variation: very high speed on straight parts of the road and considerably lower in curves. The conclusion from this study is that there is no reason using reflectors showing visibility distance higher than 100–200 metres in headlight illumination. Furthermore, with delineator posts in curves only there was better speed adaption to the curves. However, a questionnaire indicated that the drivers prefer delineator posts all along the road.

The evaluation of the simulator study at VTI showed a small deviation between the speed on the road and the speed in the simulator. A large deviation was found in the condition without delineator posts: in this condition speed was higher on the real road than in the simulator. This fact may be explained by the visual guidance from the surroundings, which may have significantly contributed to the visual guidance on the real road, but not on the simulated road.

The aim of the present study was to decide if and how delineator posts would be used along rural roads. A former simulator study clearly showed that the drivers prefer such posts, so if the road keeper listens to the “customers”, the road users, the roads would be equipped with post delineators. However, in that study only post configuration A was used, and therefore it is not known if delineator posts in curves only can be accepted. The SINTEF study indicated that the drivers prefer delineator posts, also on straight parts of the road. Therefore, it is reasonable to recommend a configuration similar to that one in Denmark, configuration B, with reflector visibility distance of 100–200 metres. This configuration results in lower investment and maintenance costs, but gives the same driver behaviour as other configurations using shorter distance between the posts.

## 1 Bakgrund och syfte

För att förbättra den visuella ledningen i mörker används numera kantstolpar på de större vägarna i alla nordiska länderna. Dessa förbättrar med stor sannolikhet komforten, men det är mer tveksamt hur hastigheten påverkas. En studie gjord i Finland av Kallberg (1993) kunde, framförallt på vägar med små kurvradier, påvisa höjda hastigheter och förhöjd olyckskvot då kantstolpar introducerades. En simulatorstudie utförd i Sverige av Ihs (2006) visade på liknande resultat; kantstolparna innebar en hastighetshöjning på 2–10 km/h, beroende på vägmarkeringarnas synbarhet. Den högre siffran avser hastighetshöjningen då vägmarkeringarna hade dålig synbarhet.

I den finländska studien monterades stolparna med avståndet 60 m, med vita reflektorer på båda sidor av vägen. I Sverige, Norge och Island är avståndet mellan kantstolparna på raksträckor 50 m och i Danmark 100 m. I kurvor används ett kortare avstånd, olika i olika länder. Reflektorerne är alltid vita, utom i Danmark där gul reflektor används till vänster. Nygårdhs (2008) redovisar mer i detalj hur kantstolpar används i de fem nordiska länderna.

Regelverken för kantstolpar har tillkommit med syfte för att förbättra vägens synbarhet i fordonsbelysning. Problemet är bara att regelverken tillkommit utan att man varken tagit reda på vilka egenskaper själva kantstolpsreflektorn bör ha eller hur stolparna ska sättas upp utefter vägen för att kunna ge trafikanterna den information om vägens sträckning, som bilföraren behöver. Förarens upplevelse av vägen ska främja ett trafiksäkert och väl anpassat förarbeteende. Ingenstans i regelverken refereras till bilförarens behov av att se vägen och hur kantstolparna ska vara placerade utefter vägen för att förare ska få en så korrekt upplevelse som möjligt av de krav vägen ställer.

Av denna anledning finns idag bristande baskunskap om hur ett väl fungerande ”system av kantstolpar” borde vara utformat. Ett väl utformat regelverk för kantstolpar måste ha som mål att ge föraren en korrekt upplevelse av vägen på ett relevant avstånd framför fordonet. Detta i sin tur är en förutsättning för ett trafiksäkert och välanpassat förarbeteende. En kritisk föraruppgift är att på lämpligt avstånd kunna bedöma kurvors svårighetsgrad för att korrekt kunna anpassa fordonets hastighet just före och genom varje kurva. Eftersom vi idag saknar nödvändig kunskap finns inte heller någon god grund att stå på för att på ett insiktsfullt sätt kunna revidera och eventuellt också harmonisera regelverken för kantstolpar i de nordiska länderna.

Med stöd av ovanstående resonemang och resultat finns anledning att försöka optimera användandet av kantstolpar. En sådan optimering skulle medföra förbättrad komfort och framkomlighet, dock inte på bekostnad av trafiksäkerheten. Syftet med föreliggande studie var således att finna en kantstolpskonfiguration och ett synavstånd som i mörkertrafik ger hög komfort med bibehållen trafiksäkerhet.

En delstudie genomfördes i VTI:s körimulator och undersökte även ett eventuellt samspel mellan distraktion och kantstolpskonfiguration.

Sambandet mellan kantstolpskonfiguration och hastighet undersöktes även i fält, vilket kan ses som en validering av ovan nämnda simulatorstudie och genomfördes i Finland av VTT.

I dagsläget används nästan uteslutande prismareflekter på kantstolparna. Dessa syns på långa avstånd (> 200 m), vilket skulle kunna innebära förhöjd hastighet. Det skulle kunna vara så att reflektorer med kortare synavstånd ger tillräckligt god komfort, men lägre hastighet och därmed förbättrad trafiksäkerhet. Detta undersöktes i SINTEF:s simulator.

## 2 Problemanalys

### 2.1 Problem och avgränsning

En förutsättning för att köra bil är, att föraren kan se vägen på ett tillräckligt långt avstånd framför fordonet. I dagsljus är detta sällan något problem, men däremot under mörker. I vägbelysning är synbarheten hos vägen tillräckligt god medan den däremot kan vara helt otillräcklig i fordonsbelysning. Att förbättra vägens synbarhet i fordonsbelysning är därför vårt huvudproblem. Föraren kan se vägen på ett avstånd av ca 60 m i halvljus och i helljus på längre avstånd, men det senare förutsätter att det inte finns någon mötande trafik. Synbarheten av vägen är speciellt dålig på våta vägbanor med en fin textur. Sådana vägbanor reflekterar ljuset som en spegel. Ljuset mot vägbanan från de egna strålkastarna speglas bort samtidigt som motsvarande ljus från mötande fordon speglas upp och bländar föraren. Resultatet är dålig synbarhet av vägen orsakad av låga vägbaneluminanser framför fordonet och små kontrastskillnader p.g.a. bländning från mötande trafik.

Stora framsteg har under senare år gjorts när det gäller vägmarkeringars synbarhet och då särskilt på våta vägbanor. Detta innebär att föraren kan se vägmarkeringarna på minst 50 m avstånd framför bilen och på så sätt också se hur fordonet är placerat i körfältet. Föraren kan se vägbanan ett antal meter framför fordonet också under ogynnsamma visuella förhållanden. Vägkantstolpar kan därför bedömas ha en stor roll att spela för vägens synbarhet på avstånd över 50 m.

Regelverken för vägkantstolpar har med stor sannolikhet tillkommit just med syfte att förbättra vägens synbarhet i fordonsbelysning och då speciellt under svåra synförhållanden. Utvärdering av vägkantstolpar har också visat att dessa förlänger det avstånd på vilket föraren kan se vägens sträckning i halvljus med flera gånger. Detta under förutsättning att reflexerna på stolparna är rena. Vägkantstolpar har dessutom visat sig ha vissa positiva effekter också i dagsljus. En möjlig förklaring kan vara, att de, genom att vara vita och ha en viss höjd och vara monterade på ett visst avstånd från varandra, ger förarna bättre förutsättningar för att bedöma avstånd och fri sikt i svackor och över krön. När detta är sagt avgränsar vi den fortsatta problemanalysen till att enbart behandla huvudproblemet, nämligen vägens synbarhet på avstånd över 50 m i fordonsbelysning.

### 2.2 Förarens upplevelse av vägen med hjälp av kantstolpar

För att en enskild vägkantstolpe ska kunna vara till hjälp för bilföraren måste dess reflex synas på ett relevant långt avstånd i mörker. Men detta är inte tillräckligt eftersom vägen inte på ett meningsfullt sätt kan representeras av ljuspunkten från en enda kantstolpe. För en god representation av vägen krävs att ett tillräckligt antal kantstolpar samtidigt är synbara och att dessa är placerade på ett sådant sätt utefter vägen, att de tillsammans bildar ett entydigt dynamiskt mönster av ljuspunkter visande vägens sträckning för de förare som närmar sig. Är mönstret entydigt får föraren en omedelbar upplevelse av vägens sträckning. Föraren har också behov av att så väl som möjligt kunna bedöma svårighetsgraden hos varje kurva han närmar sig för att på så sätt kunna anpassa fordonets hastighet till de krav kurvan ställer. Detta kräver att mönstret av ljuspunkter är så utformat att det underlättar förarens bedömningar.

Varje regelverk för vägkantstolpar måste därför innehålla båda dessa komponenter dvs. en beskrivning av vägkantstolpens utformning och funktionella egenskaper samt ett

detaljerat regelverk för hur vägkantstolpar ska sättas upp utefter väg för att skapa (entydiga) ”ljusmönster”, som ger föraren en korrekt upplevelse av vägens linjeföring.

## 2.3 Vägens synbarhet i fordonsbelysning och förarens val av hastighet

Den tidigare nämnda finländska utvärderingen har visat att vägkantsstolpar längs kurvig väg leder till avsevärt ökad olycksrisk i mörker. På väg med god geometri däremot finns en tendens till en något förbättrad säkerhet (Kallberg, 1993). Före- och eftermätningar visade att vägens förbättrade synbarhet resulterat i en stor ökning av fordons hastigheten på kurviga vägar men bara en liten ökning på de raka. Den ökade hastigheten förklarar den ökade olycksrisken på de kurviga vägarna. På vägar med god geometri däremot, tycks förarna i första hand tillgodogöra sig den förbättrade synbarheten genom en förbättrad körkomfort och en större säkerhetsmarginal och endast i liten utsträckning genom ökad hastighet.

För att vägkantstolpar ska kunna vara en effektiv trafiksäkerhetsåtgärd fordras därför att den ökade synbarheten hos vägen i första hand ska leda till ökade säkerhetsmarginaler och förbättrad körkomfort. Detta innebär att vägkantstolpar endast i liten utsträckning får resultera i ökad hastighet.

Kallbergs resultat kan förklaras enligt följande: Förare har oftast ett visst hastighetsanspråk eller en viss ”målhastighet”. (Hastighetsanspråket beror i hög grad på typ av resa.) Kör man på en väg med god väggeometri och en relativt hög högsta tillåtna hastighet är sannolikheten stor att förarens hastighetsanspråk är tillgodosett och att ”målhastigheten” är uppnådd. En förbättring av vägens synbarhet på långt avstånd i mörker (med hjälp av vägkantstolpar) resulterar då i första hand i minskad föraransträngning och ökad körkomfort och endast i liten utsträckning i ökad hastighet.

I mörker på krokig väg är sannolikheten stor för att förarens hastighetsanspråk inte är tillgodosett eftersom vägens dåliga synbarhet ställer så stora krav på föraren att han är tvingad att köra långsammare. I det fall synbarheten hos vägen på längre avstånd påtagligt förbättras (med hjälp av kantstolpar) tar föraren i första hand ut denna förbättring i ökad hastighet för att på så sätt bättre tillfredsställa sitt hastighetsanspråk. Samtidigt ser föraren inte själva vägen bättre utan bara en mer eller mindre god representation av vägens sträckning på avstånd över 50 m genom det mönster av ljuspunkter, som stolpreflexerna skapar. Det relativt stora avstånd, som stolpreflexerna syns på, tycks förleda föraren att köra fortare utan att föraren samtidigt upplever att säkerhetsmarginalen minskat.

En konsekvens av förklaringsmodellens orsakssamband skulle då vara, att det regelverk för vägkantstolpar vi har idag med fördel kan användas på vägar med god geometri där förarnas hastighetsanspråk är tillgodosett. På vägar med dålig geometri bör vägkantstolpar enligt nuvarande regelverk däremot inte komma till användning. En slutsats är, att dagens vägkantstolpar tycks ha för god synbarhet när de används på krokiga vägar. Man kan då fråga sig vilket idealt synavstånd, som vägkantstolpar borde ha, för att tillgodose förarens behov av information om vägen framför fordonet? Detta synavstånd borde då varken vara för långt eller för kort utan vara precis så långt att föraren ska få tillräcklig information för att klara den omedelbart förestående föraruppgiften. Naturligtvis måste även betingelsen ”inga kantstolpar” beaktas.

Ett idealt synavstånd är naturligtvis beroende av den högsta tillåtna hastigheten på vägen samt på de krav på anpassning av hastigheten, som vägen ställer. Det ideala intervallet inom vilket synavståndet borde ligga, skulle kunna uttryckas som ett tidsintervall i sekunder. Tiden från upptäckt till passage utgör en "pre-view-time" oberoende av hastighet (jämför COST 331). Att undersöka vad som är en lämplig "pre-view time" för vägkantstolpar vid olika väggeometrier borde vara en nödvändig del av den baskunskap, som fordras för att skapa ett bra regelverk för vägkantstolpar. Slutstasen är således att det behövs kunskap om vilken "pre-view-time", som vägkantstolpar bör ha vid olika väggeometrier för att kunna bidra till en god hastighetsanpassning. En konkret fråga som ska besvaras är inom vilket tidsintervall ("pre-view-time") framför fordonet föraren behöver få information om vägens sträckning och svårighetsgraden hos närmast liggande kurva för god körkomfort och hastighetsanpassning.

## 2.4 Förarens bedömning av kurvors svårighetsgrad

Föraren ser vägbanan framför fordonet och bedömer med större eller mindre säkerhet hur vägen fortsätter bortom detta avstånd. Med hjälp av vägkantstolpar kan synbarhet av vägens sträckning på detta litet längre avstånd avsevärt förbättras. Förutsatt att synbarheten hos varje stolpreflex är tillräcklig är det stora problemet vägkantstolparnas inbördes placering. Placeringen av stolparna bestämmer nämligen det mönster av ljuspunkter från stolparnas reflexer, som föraren ser. När bilen närmar sig ser föraren hur detta mönster av ljuspunkter förändras. Detta dynamiska mönster är då bärare av information om vägens geometri och fortsatta sträckning. Av denna anledning är det kritiskt att mönstret av ljuspunkter från stolpreflexerna innehåller den information som föraren behöver och att den i övrigt är av god kvalitet.

Placeringen av vägkantstolpar på rak plan väg är inte något stort problem eftersom reflexernas mönster sammanfaller med vägrummets perspektivlinjer i vägens riktning rakt fram mot en punkt vid horisonten. Däremot kan placeringen av vägkantstolpar i kurvor vara av kritisk betydelse för kvaliteten hos förarens upplevelse av vägens sträckning och kurvors svårighetsgrad.

Ljusbilden ska representera vägens geometri på ett sådant sätt att det ger föraren goda förutsättningar att göra korrekta bedömningar av svårighetsgraden hos de kurvor han närmar sig. Föraren får då goda möjligheter att anpassa sin körning efter de krav vägen kommer att ställa på honom under de närmaste sekunderna. Det är två frågor som föraren omedvetet försöker besvara före varje kurva, som han närmar sig. "Hur skarp är kurvan? Vilken hastighet ska jag välja?" Detta leder till frågan: Hur ska mönstret av ljuspunkter se ut för att hjälpa föraren på bästa sätt?

## 2.5 Vägkantstolpar och den självförklarande vägen

Idén om den självförklarande vägen innebär att vägmiljön ska utformas så att föraren omedelbart förstår vilka funktioner vägen har och omedelbart upplever hur han ska uppträda på vägen. Målet är att vägen genom sin utformning ska "tala om för" föraren vad han får göra och vad han inte får göra. Detta innebär att trafikmiljön ska utformas så att felhandlingar absolut inte belönas. Själva idén om den självförklarande vägen innebär också att sådan information i vägmiljön som varken förstås eller uppfattas av trafikanterna bör tas bort.

Enligt regelverken för vägkantstolpar ska stolparna vara utformade på litet olika sätt för att visa förarna vilken funktion vägen har. Syftet är att förarna ska uppleva vilken typ av



väg de kör på. Är det en väg med trafik i båda körriktningarna, eller är vägen enkelriktad? Den fråga, som behöver besvaras är då, om denna symboliska information hos vägkantstolparna uppfattas av trafikanterna?

På vägbanor med trafik i båda riktningarna har reflexen på vägkantstolpen på högra vägkanten en litet annorlunda utformning än reflexen på den vänstra. När avståndet till reflexerna är litet är det uppenbart för förarna genom det dynamiska mönster, som ljuspunkterna bildar, vilken reflex som står på den högra respektive den vänstra sidan av vägen. Frågan är då om syftet med regelverket är att förarna ska uppleva vilka reflexer, som står på höger och vilka som står på vänster sida av vägen när avståndet till reflexerna är stort? Den aktuella frågan är om förarna spontant ser denna skillnad hos stolparna? Om de kan göra detta måste man besvara ett par följdfrågor. ”Använder sig förarna av informationen? Hur påverkar i så fall informationen trafikantbeteendet?”

I det fall förarna inte uppfattar den symboliska information, som vägkantstolpen ska förmedla, måste man besvara följande frågor. Har bilföraren något behov av denna information? Om svaret är ”ja” måste man undersöka hur vägkantstolpen ska utformas för att göra informationen uppenbar och tydlig för trafikanten.

### 3 Hypoteser

Tidigare studier (Kallberg, 1993) har visat på förhöjda hastigheter i mörkertrafik på vägar försedda med kantstolpar jämfört med vägar utan stolpar. En rimlig hypotes är att på raksträckor lockas föraren att höja hastigheten eftersom vägens sträckning framgår tydligare med kantstolpar. Denna, kanske alltför höga hastighet, kommer i viss mån att behållas genom kurvan. Man skulle kunna uttrycka det som att föraren "luras att köra för fort".

*Hypotes 1 Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och förarens spontant valda hastighet.*

*Hypotes 2 Kantstolpar på raksträcka höjer hastigheten både på raksträckan och i följande kurva.*

*Hypotes 3 En kraftig förtätning i kurvor med liten radie innebär en bättre hastighetsanpassning, dvs. lägre hastighet före och i kurvan.*

Användandet av reflektorer med långa synavstånd skulle kunna locka förarna att köra alltför fort. Ett kortare synavstånd skulle kunna betyda bibehållen komfort, men lägre hastighet.

*Hypotes 4 Längre synavstånd till kantstolparnas reflektorer ger högre hastighet.*

En rimlig hypotes är att det finns ett samspel mellan kantstolpskonfigurationen och förarens taktik för att lösa en distraherande sidouppgift, t.ex. att byta kanal på radion. Flera alternativ finns: Om distraktionen kommer alldeles före en kurva kan han eller hon välja att lösa uppgiften före, i eller efter kurvan.

*Hypotes 5 Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och förarens taktik vid lösandet av en distraherande uppgift.*

## 4 Metod

Studien kan grovt indelas i tre delar:

1. Simulatorstudie av samspelet mellan kantstolpskonfiguration och trafikantbeteende (VTI).
2. Simulatorstudie av samspelet mellan trafikantbeteende och reflektorernas synavstånd (SINTEF)
3. Validering i fält av simulatorstudie, pkt. 1 (VTT).

Utöver dessa delstudier undersöktes även hur och om kantstolpskonfigurationen påverkade förmågan att lösa en distraktionsuppgift.

### 4.1 Samspel mellan kantstolpskonfiguration och spontant vald hastighet samt retardation före kurva (VTI)

Denna del av studien utfördes i VTI:s simulator III. En 6 km lång, 9 m bred väg innehållande sex kurvor och däremellan raksträckor skapades. Tabell 1 visar vägens geometri.

Tabell 1 Den 6 km långa vägslinga som användes i VTI:s simulatorstudie.

Avstånd från start [m]	Kurva/raksträcka	Radie [m]
0 – 1000	raksträcka	$\infty$
1000 – 1296	vänsterkurva	1000
1296 – 1796	raksträcka	$\infty$
1796 – 1993	högerkurva	250
1993 – 2493	raksträcka	$\infty$
2493 – 2789	högerkurva	1000
2789 – 3789	raksträcka	$\infty$
3789 – 4226	högerkurva	1000
4226 – 4726	raksträcka	$\infty$
4726 – 4922	vänsterkurva	250
4922 – 5422	raksträcka	$\infty$
5422 – 5858	vänsterkurva	1000
5858 – 6000	raksträcka	$\infty$

Vägen hade 10 cm breda kant- och mittlinjer – kant- och mittlinjerna intermittenta 1 m långa med 2 m lucka respektive 3 m långa med 9 m lucka. Hastighetsbegränsningen var 90 km/h.

Kantstolpar kan i princip sättas upp längs vägen på oändligt många vis. Avstånden mellan stolparna, på raksträckor, före- och efter kurvor och i kurvor kan varieras. Vägen kan förses med kantstolpar på båda sidor, ena sidan eller inte alls. Vidare kan

reflektorns reflexionsförmåga, form, färg och position varieras. I ett simulatorförsök måste emellertid antalet betingelser begränsas med tanke på att försökspersonerna inte kan köra alltför lång tid. Att köra 10 betingelser och före experimentet träna tar uppemot 1 timme, vilket kan anses vara den absolut längsta acceptabla körtiden. Därför fastslogs att reflektorernas synbarhet alltid skulle synas på avstånd upp till 200 m och vara monterade 1 m från väggkanten på höjden 0,8 m. Med dessa förutsättningar genomfördes studien i tre steg:

1. Försöksledarna gjorde med hjälp av en monitor en första bedömning av 26 betingelser. Av dessa bedömdes 15 vara av mindre intresse och sorterades därför bort. De återstående 11 betingelserna studeras vidare i steg 2.
2. En expertpanel bestående av fem personer, i huvudsak väghållare från de nordiska länderna, fick i uppgift att köra de återstående 11 betingelserna i simulatoren och bedöma vilka som skulle ingå i huvudstudien. Resultatet visade att 7 betingelser var intressantare än övriga och dessa kom att ingå i huvudexperimentet.
3. 14 försökspersoner fick köra de 7 betingelserna som hade definierats i steg 2.

De 7 betingelserna som slutligen användes i huvudförsöket presenteras i tabell 2. I samtliga betingelser var reflektorn till höger vit och rektangulär. Till vänster användes i alla betingelser utom B två vita cirkulära reflektorer. Betingelse B hade en rektangulär gul reflektor till vänster. Vid förtätning före och efter kurva började och slutade den alltid 100 m före respektive efter kurvan.

Tabell 2 Konfigurationerna som testades i huvudförsöket.

Betingelse	Avstånd mellan stolparna [m]			Förtätning före/efter kurva?
	Raksträcka	Kurva med radie 1000 m	Kurva med radie 250 m	
A	50	25	25	nej
B	100	50	33,3	nej
C	60	30	30	nej
D	50	25	10	nej
E	100	50	25	ja
F	∞	50	25	ja
G	∞	∞	∞	nej

Konfigurationerna kan beskrivas som följer:

- A Denna konfiguration används i Sverige och Norge. Avståndet mellan kantstolparna är 50 m på raksträckor och 25 m i kurvor.
- B Den danska konfigurationen, vilken innebär avståndet 100 m mellan kantstolparna på raksträckor, 50 m i kurvor med stor radie och 33,3 m i kurvor med liten radie. I Danmark används rektangulär gul reflektor till vänster.
- C Konfigurationen som används i Finland. 60 m och 30 m avstånd mellan kantstolparna på raksträckor respektive i kurvor.

- D Denna konfiguration har liksom den svenska och norska avståndet 50 m mellan kantstolparna på raksträcka, men en kraftigare förtätning i kurvorna; 25 m och 10 m i kurvor med stor respektive liten radie.
- E En konfiguration som är snarlik den danska med 100 m avstånd mellan kantstolparna på raksträckor, 50 m före, i och efter kurvor med stor radie och 25 m före, i och efter kurvor med liten radie.
- F Denna konfiguration skiljer sig från konfiguration E endast genom att raksträckorna saknar kantstolpar.
- G Detta kan anses vara en grundbetingelse; en väg helt utan kantstolpar.

I huvudförsöket körde 14 försökspersoner den väg som beskrivs i tabell 1 i mörker med endast fordonsljus. Försökspersonen fick veta att hastighetsbegränsningen var 90 km/h och att han eller hon skulle köra ”som vanligt”, dvs. säkert. Varje försöksperson körde inledningsvis vägen utan några störningar. Efter denna första körning fick försökspersonen nya instruktioner och körde åter samma väg, men nu med en distraktionsuppgift.

## 4.2 Optimal synbarhet med hensyn til hastighetsvalg (SINTEF)

Denne del av prosjektet ble gjennomført i Norge ved SINTEF simulator for personbiler og ble utført som følger:

Det ble utviklet et eget terreng og veg for denne simulatorstudien. Strekningen var 6 kilometer lang og inneholdt 3 kurver med radien 250 metere og 4 kurver med radien 1000 meter. Kurvene hadde varierende lengde. Før og etter vær kurve var det en klotoide. Kurver, klotoider og rettstrekning er vist i figur 1. Fartsgrensen på strekningen var oppgitt å være 80 km/t.



*Figur 1 Vegstrekning på 6 kilometer brukt i studien.*

Tverrprofilen er utformet på følgende måte:

- Asfaltert bredde: 7 meter
  - Asfaltert skulder: 0,25 meter
  - Feltbredde: 3,25 meter
- Grusskulder: 1,0 meter
- Fylling: 1,5 meter bred og 0,7 meter høy
- Kantlinje: Hvit heltrukken med bredde 0,15 meter
- Senterlinje: Gul varsellinje (9 + 3 meter) med bredde 0,1 meter

Langsgående avstand mellom kantstolper var 50 meter og avstand mellom kantstolpepar i tverrprofil var 8,5 meter (0,25 meter inn på grusskulder).

Vegmerkingens synbarhet var 45 meter (heltrukken kantlinjer og varsellinje i senter). Vegoppmerkingens synbarhet ble kalibrert og kontrollert opp i mot avstand i simulatoren.

Det var ingen annen trafikk i dette scenarioet.

Det ble utviklet egne objekt for reflektorer for å kontrollere synbarhet. Synbarheten ble eksakt ved bruk av "Level of detail" og kontrollert ved visuell tilpassing slik at det ikke skulle bli en unaturlig tilstand der kantstolpene plutselig dukket opp på en unaturlig måte.

7 forskjellige versjoner av oppsett for kantstolper ble utviklet. Disse er vist i tabell 3. Tre lengder for synlighet ble testet: 100 meter, 200 meter og 400 meter. I tillegg ble det

studert bruk av kantstolper kun i kurver og på hele strekningen. Versjonen med dagslys hadde ingen kantstolper.

Tabell 3 Scenario med kantstolper som ble testet.

Dagslys (Ingen kantstolper)	100 meters synlighet Kantstolper hele strekningen	100 meters synlighet Kantstolper i kurver
	200 meters synlighet Kantstolper hele strekningen	200 meters synlighet Kantstolper i kurver
	400 meters synlighet Kantstolper hele strekningen	400 meters synlighet Kantstolper i kurver

Totalt kjørte 14 forsøkspersoner, 4 kvinner og 10 menn. De var i alderen 21 til 44 år og hatt førerkort i 2 til 27 år.

Alle forsøkspersoner kjørte alle 7 scenarioene pluss et oppvarmingsscenario. Rekkefølgen på Scenarioene var randomisert.

Det ble også gjennomført en spørreundersøkelse i forbindelse med simulatoren. Hver enkelt sjåfør ble spurt før starten på forsøket og etter hver enkelt kjøring.

#### 4.3 Fältstudie avseende kantstolpskonfiguration och hastighet – validering av VTI:s simulatorstudie (VTT)

Vid körning i VTI:s simulator upplever många försökspersoner att det är svårt att bedöma hastigheten. Detta var den största anledningen till att det användes intermittenta kantlinjer i simulatorstudien; dessa ger en bättre hastighetsupplevelse än vad heldragna kantlinjer gör. Bristen på referenser längs vägen kan göra det svårt att bedöma den *absoluta* hastighetsnivån, men hur är det med den *relativa* nivån?

Med syfte att undersöka sambandet mellan resultaten i VTI:s simulator och i fält gjordes hastighetsmätningar i Finland på en väg som var lik den som användes i simulatoren, väg 167. Två typer av hastighetsmätningar gjordes:

- Mätning av punkthastighet på raksträcka och i kurvor med radien 300, 600 och 1100 meter.
- Mätning av reshastigheten genom kurvorna med radien 300 och 1100 meter samt en medelhastighet över dessa två kurvor och mellanliggande raksträcka.

Mätningarna av punkthastighet gjordes med mikrovågsdetektorer som hade placerats i träd eller på stolpar. Reshastigheten mättes mellan två sådana detektorer med nummer-skrivning för att man skulle försäkra sig om att det var samma fordon som passerade de två detektorerna.

Två av kurvradierna kan således jämföras med de radier som användes i simulatoren: 250 och 1 000 meter.

Av de sju kantstolpskonfigurationerna i tabell 2 valdes 4 stycken som testades i fält, nämligen:

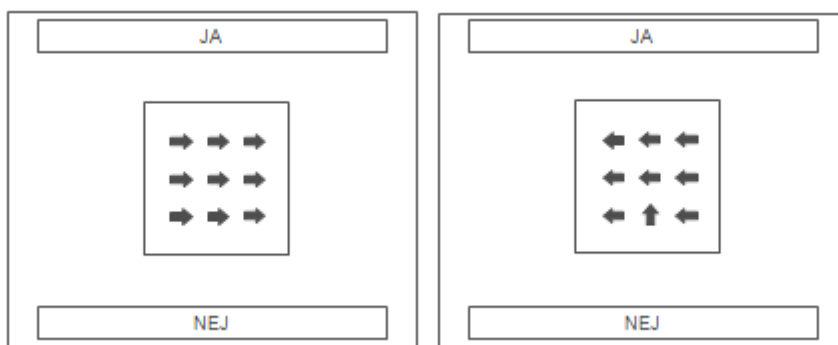
- A Den konfiguration som används i Norge och Sverige: 50 meter på raksträckor och 25 meter i kurvor.

- E 100 meter mellan kantstolparna på raksträckor, 50 eller 25 meter före, i och efter kurvor.
- F Inga kantstolpar på raksträckor, 50 eller 25 meter före, i och efter kurvor.
- G Inga kantstolpar.

Betingelserna testades i ordningen G, A, E och F. Vid mätningarna av punkthastighet i kurvan med radien 1 100 meter i betingelse A kom av misstag stolpavståndet att bli 50 m. Detta gäller inte övriga betingelser (E och F), inte heller de andra två kurvorna eller mätningen av reshastighet.

#### 4.4 Påverkan av lösandet av en distraktionsuppgift (VTI)

En distraktionsuppgift gavs vid samma fyra punkter utefter vägen för alla kantstolpskonfigurationer. Tre av dessa gavs 200 m före kurvor och den fjärde 100 m in i en kurva. Distraktionsuppgiften visades på en pekskärm placerad upptill på bilens mittkonsol. Försökspersonernas uppgift var att titta på skärmen och avgöra om någon pil på skärmen pekade uppåt. Om så var fallet skulle försökspersonen trycka på rutan för ”JA” och annars på rutan för ”NEJ”. Principen för distraktionsuppgiften visas i figur 2.



Figur 2 Exempel på distraktionsuppgift. Till vänster är rätt svar NEJ, eftersom ingen pil pekar uppåt. Till höger är svaret JA, eftersom en av pilarna pekar uppåt.

Distraktionsuppgiften startade med en akustisk signal. När försökspersonerna svarat försvann uppgiften från skärmen och svaret registrerades. Om försökspersonerna inte svarade inom 20 sekunder, försvann också uppgiften från skärmen och ”inget svar” registrerades. Tidsgränsen 20 sekunder valdes för att undvika att en uppgift inkräktade på nästa uppgift men att den samtidigt skulle vara så lång att föraren skulle kunna välja om han eller hon ville svara direkt eller vänta till ett bättre tillfälle.



## 5 Analys

### 5.1 Konfigurasjon (VTI)

Experimentet er designat så at data kan analyseras med variansanalyse. Eftersom samtlige forsøkspersoner har måttet i samtlige betingelser kan inomgruppsmodeller anvendes, dvs. F-kvoten i analysene kan bereknas som

$$F = \frac{MS_A}{MS_{A \times fp}}$$

där  $MS_A$  er medelkvadratsummen for den beroende variabeln  $A$  og  $MS_{A \times fp}$  er interaksjonseffekten mellom  $A$  og forsøksperson.

For at testa hypotesene 1–5 i kapittel 3 analyserades følgende beroende variabler:

- Fårdhastigheten på hela sträckan
- Fårdhastigheten strax före og i kurvor
- Fårdhastigheten på hela sträckan med og utan distraktionsoppgift
- Strategi vid lösandet av distraktionsoppgift

Oberoende variabler i forsøket er:

- Kantstolpskonfigurasjon (7 betingelser enligt tabell 2)-
- Kurvradie
- Distraksjon (med/utan)

I samband med varje analyse av kantstolpskonfigurasjon har også ett post-hoc-test gjorts for at se hvilken eller hvilke konfigurasjoner som har gitt signifikant avvikende hastighet mot øvrige.

Kørningen med distraksjon har *alltid* gjorts etter kørningen utan distraksjon. Vid en jmførelse mellom de delstrøcker der ingen distraksjon forekom i vare sig kørning 1 (utan) eller i kørning 2 (med), så var hastigheten 0,9 km/h lgre i kørning 2. Denne lgre hastighet forklaras sannolikt av en kombinasjon av inlarningseffekt (vilket borde gora at de korde med samme hastighet som innan eller nsgot hgre) og av at forarna hade beredskap for distraksjonsoppgiften även vid strøcker der ingen sådan oppgift forekom (vilket borde gora at de korde med lgre hastighet). For at kunna jmføre hastigheter med og utan distraksjon har derfor en harmonisering gjorts, hvilket innebær at hastighetene i kørning 1 har justerats ner 0,9 km/h.

Slutligen har atgangen på kantstolpar/km vlg bereknats for varje konfigurasjon. Dette for at ge underlag for beslut om hvilken konfigurasjon som er at foredra.

### 5.2 Synbarhet (SINTEF)

Forsøksoppsett gir mulighet for utvidede statistiske analyser med blant annet variansanalyse, men det er ikke fokusert på dette. Validitet og overforbarheten til den totale befolkningen og alle trafikksituasjoner setter større begrensing på anvendelse av resultatene enn konfidensintervallet. Resultatene må uansett tolkes som indikasjoner og ikke absolute resultatet. Det er fokusert på forskjellige fremstillinger av resultatene og tolkning av disse.

### 5.3 Validering (VTT)

Betingelserna i fältstudien i Finland skiljer något från studien i simulator. Därför har i denna sammanfattande rapport utförts en deskriptiv analys, dvs. tendenserna mellan olika betingelser har jämförts på väg 167 och på vägen i simulatorn. För statistiska analyser av fältmätningarna hänvisas till VTT Rapport.

### 5.4 Distraktionsuppgift (VTI)

Inverkan av distraktionsuppgiften har analyserats dels med avseende på inverkan på hastigheten, dels med avseende på strategi vid lösandet av densamma: Löste försökspersonen uppgiften före kurvan eller i/efter kurvan?

## 6 Resultat

Samtliga hastigheter som visas i figurerna 2–8 avser medelvärden över samtliga 14 försökspersoner. Signifikanstest är alltid gjorda på risknivån 5 %.

*Hypotes 1* accepteras om den spontant valda hastigheten påverkas av kantstolpskonfigurationen, dvs. om det finns en signifikant effekt av denna.

Betingelserna E och F är lika, förutom att F inte har några kantstolpar på raksträckorna. En jämförelse mellan dessa betingelser testar således *hypotes 2*.

Betingelserna A och D är lika, förutom det att D har en kraftigare förtätning i kurvorna med liten radie, vilket möjliggör test av *hypotes 3*.

Dessa tre hypoteser testas i avsnitt 6.1.

Sambandet mellan hastighet och reflektorernas synavstånd studerades av SINTEF, *hypotes 4*, redovisas i avsnitt 6.2.

*Hypotes 5* studerades i körningarna med distraktionsuppgift på VTI, och redovisas i avsnitt 6.4.

Förutom ovan nämnda fem hypoteser studerades även simulatorns validitet genom att jämföra uppmätta hastigheter på reell väg och på en liknande väg i simulatorn. Detta redovisas i avsnitt 6.3.

För att underlätta läsandet av resultatdelen beskrivs åter betingelserna:

- A *Konfigurationen som används i Norge och Sverige*
- B *Konfigurationen som används i Danmark*
- C *Konfigurationen som används i Finland*
- D *Som A, men med kraftigare förtätning i kurvor med liten radie*
- E *Som B, men med kraftigare förtätning i kurvor med liten radie och förtätning även före och efter kurvor*
- F *Som E, men inga kantstolpar på raksträckor*
- G *Inga kantstolpar på vare sig raksträckor eller i kurvor*

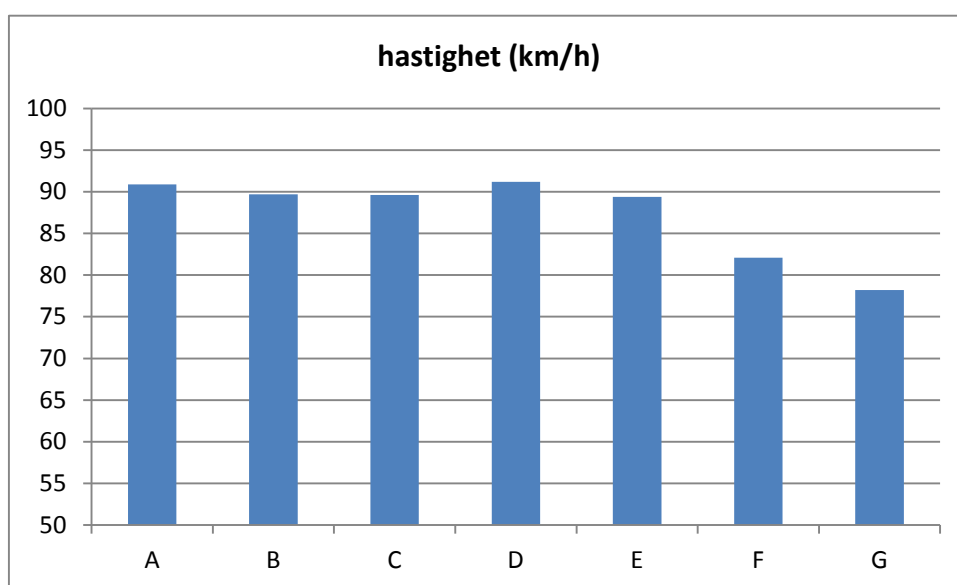
## 6.1 Spontant vald hastighet som funktion av kantstolpskonfiguration (VTI)

Observera att hastighetsskalan i figurerna 3–9 alltid börjar på 50 km/h. Samtliga resultat som redovisas i 6.1 avser körning utan distraktionsuppgift.

### 6.1.1 Medelhastigheten över hela sträckan

*Test av hypotes 1: Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och den spontant valda hastigheten.*

Figur 3 visar den spontant valda hastigheten medelvärdesbildad över hela sträckan.



Figur 3 Spontant vald hastighet medelvärdesbildad över hela sträckan för kantstolpskonfigurationerna A, B, C, D, E, F och G enligt tabell 2.

Variansanalysen med tillhörande post-hoc-test visar att hastigheten är beroende av betingelse,  $F(6,78) = 10,54$ ,  $p < .001$ . Scheffé's post-hoc-test visar att hastigheten i betingelse G är signifikant lägre än i betingelserna A – E. En grov indelning av hastighet vs. betingelse är:

Betingelse A, B, C, D och E	90 km/h
Betingelse F	82 km/h
Betingelse G	78 km/h

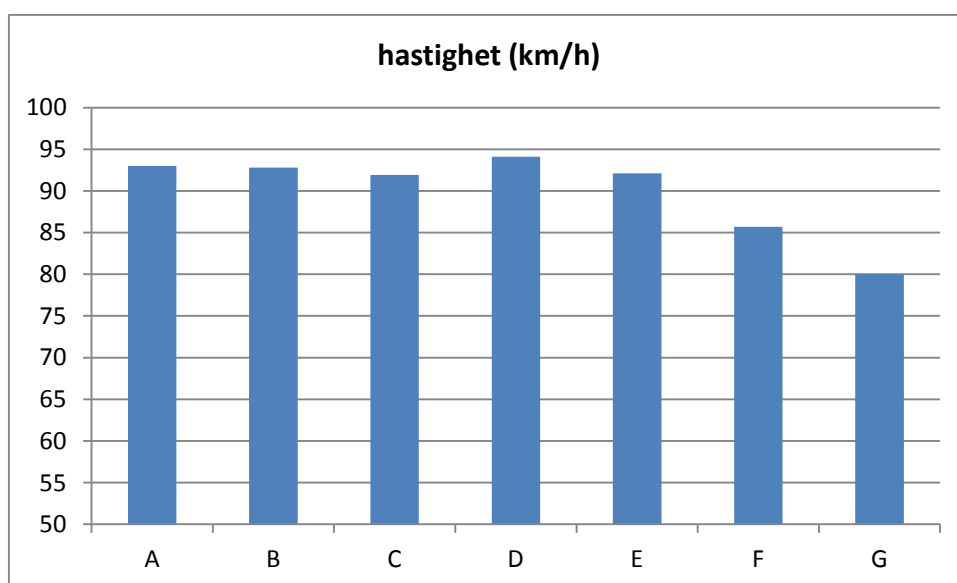
*Hypotes 1 får stöd: kantstolpskonfigurationen påverkar den spontant valda hastigheten.*

### 6.1.2 Hastigheten strax före kurvor med stor radie

*Test av hypotes 1: Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och den spontant valda hastigheten.*

*Test av hypotes 2: Kantstolpar på raksträcka höjer hastigheten både på raksträckan och i följande kurva (betingelse E/med på raksträcka mot F/utan på raksträcka).*

Figur 4 visar hastigheterna strax före (200 – 0 meter) kurvorna med radien 1000 meter.



*Figur 4 Spontant vald hastighet medelvärdesbildad för samtliga sträckor 200–0 meter före kurvor med radien 1 000 m för kantstolpskonfigurationerna A, B, C, D, E, F och G enligt tabell 2.*

Variationsanalysen med tillhörande post-hoc-test visar på en signifikant effekt av betingelse,  $F(6,78) = 8,32$ ,  $p < .001$  och att ingångshastigheten i kurvorna var signifikant lägre i betingelse F än A – E. Betingelse G innebar i sin tur lägre hastighet än F. Övriga betingelser innebar i stort sett samma ingångshastighet. Hastigheterna på raksträcka, strax före kurva kan sammanfattas:

Betingelse A, B, C, D, E	92 km/h
Betingelse F	85 km/h
Betingelse G	80 km/h

*Hypotes 1 accepteras: Hastigheten före kurva med stor radie har påverkats av kantstolpskonfigurationen.*

*Hypotes 2 får stöd: Hastigheten före kurva med stor radie är högre om raksträckan före denna kurva har kantstolpar.*

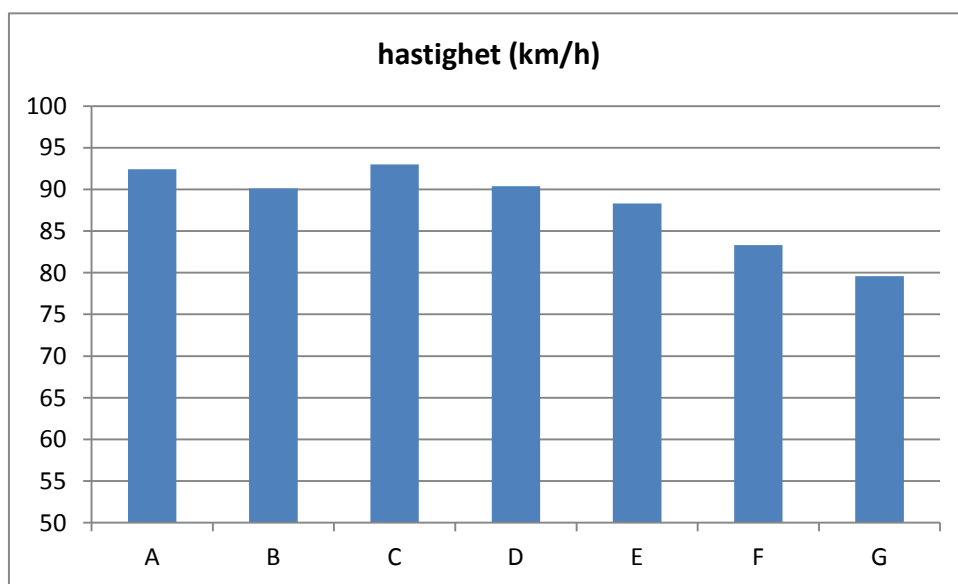
### 6.1.3 Hastigheten strax före kurvor med liten radie

*Test av hypotes 1: Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och den spontant valda hastigheten.*

*Test av hypotes 2: Kantstolpar på raksträcka höjer hastigheten både på raksträckan och i följande kurva (betingelse E/med på raksträcka mot F/utan på raksträcka).*

*Test av hypotes 3: En kraftig förtätning i kurvor med liten radie innebär en bättre hastighetsanpassning före och i kurvan (betingelse D/kraftig förtätning mot betingelse A/förtätning).*

Figur 5 visar hastigheterna strax före (200 – 0 meter) kurvorna med radien 250 meter.



*Figur 5 Spontant vald hastighet medelvärdesbildad för samtliga sträckor 200–0 meter före kurvor med radien 250 m för kantstolpskonfigurationerna A, B, C, D, E, F och G enligt tabell 2.*

För kurvor med radien 250 m visar variansanalysen med tillhörande post-hoc test i stort sett samma signifikanta skillnader som analysen för kurvor med radien 1 000 m,  $F(6,78) = 7,46$ ,  $p < .001$ . Hastigheten var lägre i betingelserna F och G jämfört med övriga betingelser. Övriga betingelser innebär i stort sett samma ingångshastighet. Hastigheterna på raksträcka, strax före de snäva kurvorna kan sammanfattas:

Betingelse A, B, C, D, E	90 km/h
Betingelse F och G	81 km/h

*Hypotes 1 accepteras: Hastigheten före kurva med liten radie har påverkats av kantstolpskonfigurationen.*

*Hypotes 2 får stöd: Hastigheten före kurva med liten radie är högre om raksträckan före denna kurva har kantstolpar.*

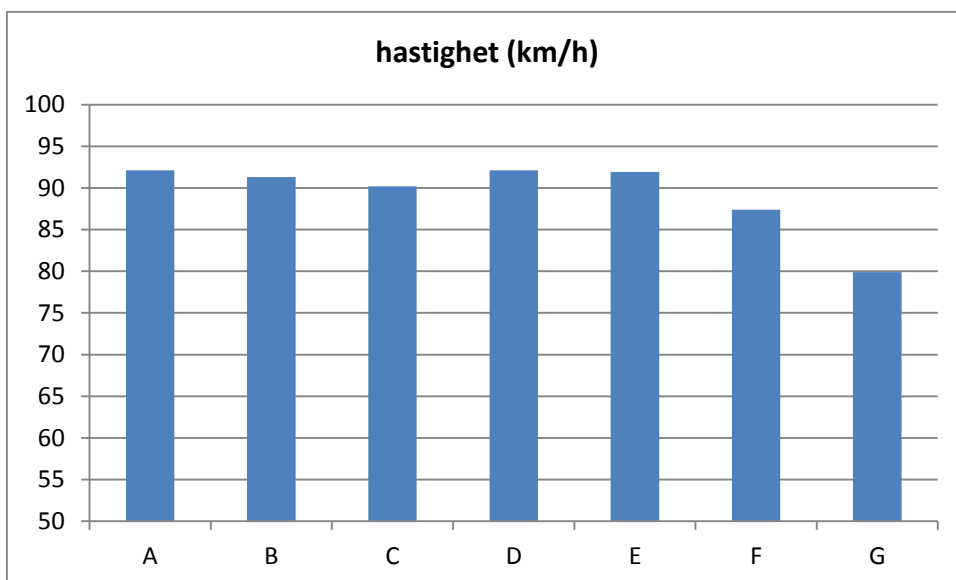
*Hypotes 3 får ej stöd: Det har inte kunnat påvisas någon skillnad i hastighet före kurva med liten radie som beror på graden av förtätning av kantstolpar i kurvan.*

#### 6.1.4 Hastigheten i kurvor med stor radie

*Test av hypotes 1: Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och den spontant valda hastigheten.*

*Test av hypotes 2: Kantstolpar på raksträcka höjer hastigheten både på raksträckan och i följande kurva (betingelse E/med på raksträcka mot F/utan på raksträcka).*

Figur 6 visar ett medelvärde av hastigheten i kurvor med radien 1 000 meter.



*Figur 6 Spontant vald hastighet medelvärdesbildad över samtliga kurvor med radien 1 000 meter för kantstolpskonfigurationerna A, B, C, D, E, F och G enligt tabell 2.*

Variansanalysen visar på en signifikant effekt av kantstolpskonfiguration,  $F(6,78) = 7,66$ ,  $p < .001$ ). I kurvor med stor radie körde man långsammast i betingelse G. Övriga hastighetsskillnader är små, men hastigheten i betingelse F avviker signifikant från A, B, D och E. Hastigheterna i kurvor med stor radie kan sammanfattas:

Betingelse A, B, C, D, E	91 km/h
Betingelse F	87 km/h
Betingelse G	80 km/h

*Hypotes 1 får stöd: Hastigheten i kurva med stor radie har påverkats av kantstolpskonfigurationen.*

*Hypotes 2 får stöd: Hastigheten i kurva med stor radie är högre om raksträckan före denna kurva har kantstolpar.*

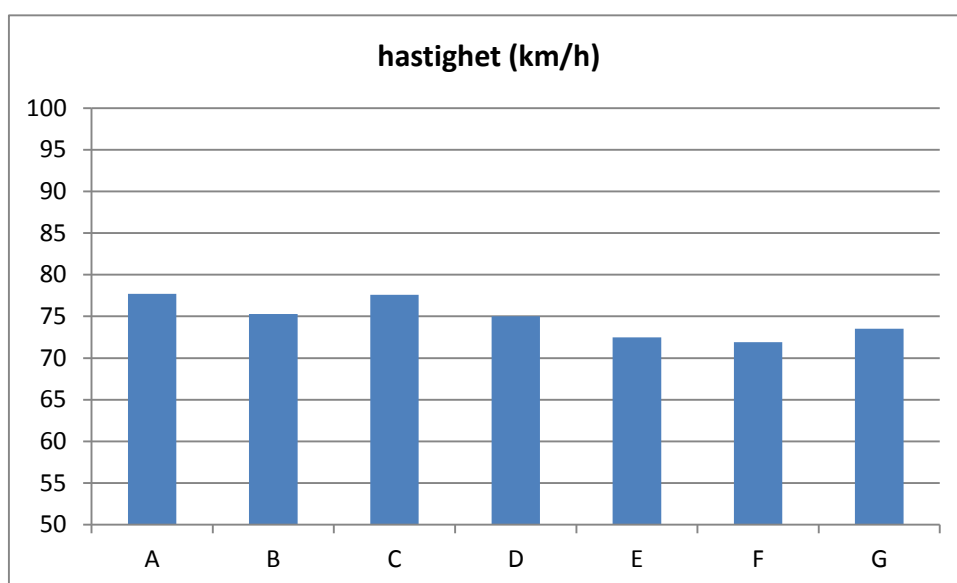
### 6.1.5 Hastigheten i kurvor med liten radie

*Test av hypotes 1: Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och den spontant valda hastigheten.*

*Test av hypotes 2: Kantstolpar på raksträcka höjer hastigheten både på raksträckan och i följande kurva (betingelse E/med på raksträcka mot F/utan på raksträcka).*

*Test av hypotes 3: En kraftig förtätning av i kurvor med liten radie innebär en bättre hastighetsanpassning före och i kurvan (betingelse D/kraftig förtätning mot betingelse A/förtätning).*

Figur 7 visar motsvarande figur för kurvor med radien 250 meter.



Figur 7 Spontant vald hastighet medelvärdesbildad över samtliga kurvor med radien 250 meter för kantstolpskonfigurationerna A, B, C, D, E, F och G enligt tabell 2.

Generellt är hastigheterna i de snäva kurvorna låg. Emellertid kan inte någon effekt av kantstolpskonfigurationen påvisas,  $F(6,78) = 2,15$ ,  $p > .05$ ). Hastighetens medelvärde över samtliga betingelser är 75 km/h.

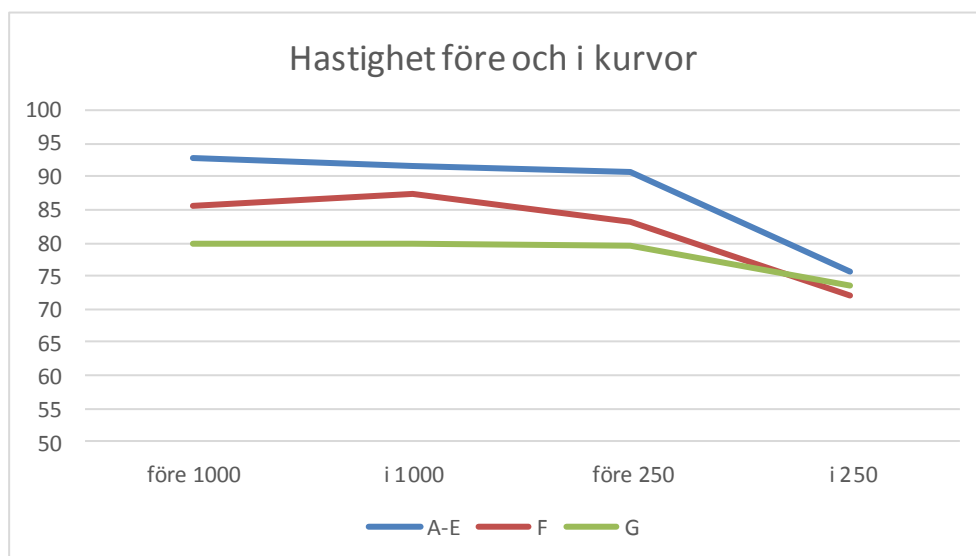
*Hypotes 1 får ej stöd: Hastigheten i kurva med liten radie har inte påverkats av kantstolpskonfigurationen.*

*Hypotes 2 får ej stöd: Hastigheten i kurva med liten radie är densamma oavsett om raksträckan före denna kurva har kantstolpar eller ej.*

*Hypotes 3 får ej stöd: Det har inte kunnat påvisas någon skillnad i hastighet i kurva med liten radie som beror på graden av förtätning av kantstolpar i kurvan.*



Figur 8 visar hastigheterna före och i kurvorna för samtliga 7 betingelser. Betingelserna A–E har slagits samman eftersom analysen inte kunde påvisa någon hastighetsskillnad mellan dessa.



Figur 8 Hastigheten före kurvorna med radien 1 000 m, i dessa kurvor, före kurvorna med radien 250 m och i dessa kurvor. Den blå kurvan visar ett medelvärde för betingelserna A, B, C, D och E.

Figur 8 visar att före kurvor och i kurvor med stor radie är den spontant valda hastigheten i betingelserna A, B, C, D och E drygt 90 km/h. I kurvor med liten radie kör man i dessa betingelser ca 75 km/h. I betingelserna F och G kör man långsammare än så både före och i kurvor, dock är hastighetsskillnaden mellan de sju betingelserna liten i kurvor med liten radie.

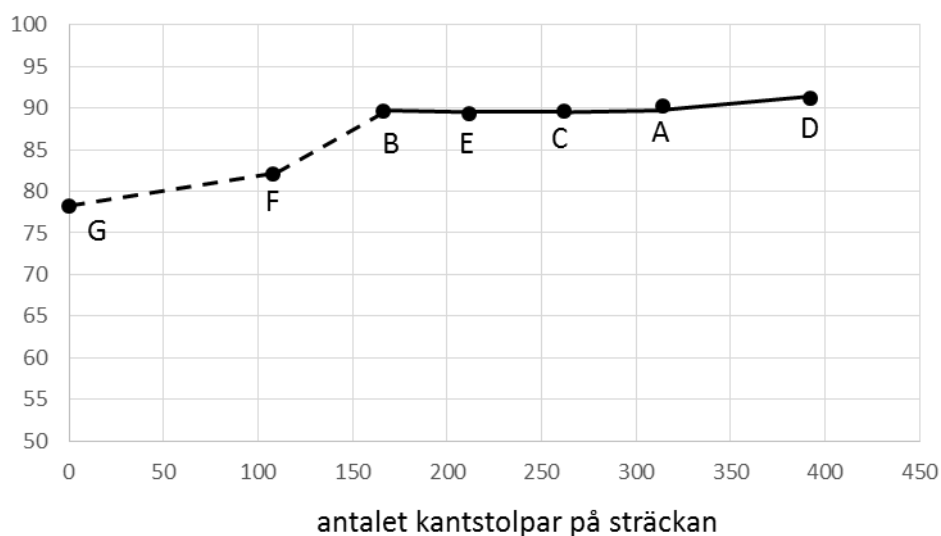
#### 6.1.6 Retardation och inbromsning strax före kurvor

Enligt Bagdadi och Várhelyi (2009) definieras en kraftig retardation till  $5 \text{ m/s}^2$  eller mer. Sådana retardationer förekom endast i de två kurvorna med radien 250 meter och uppnåddes alltid genom en inbromsning. Resultaten visar att den tid som kraftiga retardationer förekom inför de snäva kurvorna är ungefär lika för samtliga betingelser utom G. I denna betingelse, utan kantstolpar, var tiden med kraftig retardation ungefär hälften mot övriga betingelser. Detta förklaras sannolikt av den lägre hastigheten på raksträckorna. Detsamma gäller för antalet inbromsningar före de snäva kurvorna; de var lika många i betingelserna A – F, men endast hälften i betingelse G.

#### 6.1.7 Hastigheten som funktion av antalet kantstolpar på sträckan

Av intresse kan också vara att studera sambandet mellan antalet kantstolpar på den 6 km långa sträckan och medelhastigheten över samma sträcka. Figur 9 visar detta samband.

hastighet

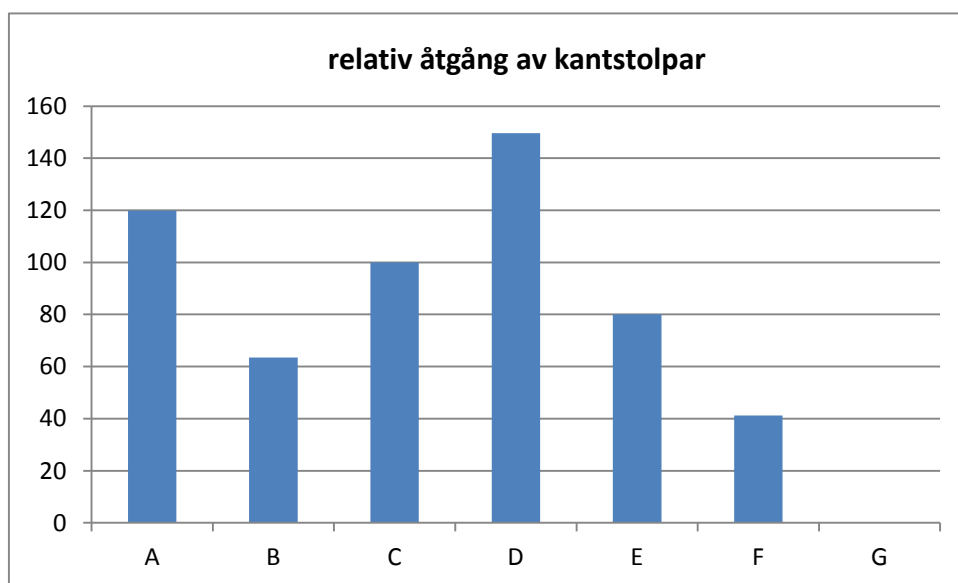


*Figur 9 Medelhastigheten (km/h) över hela sträckan som funktion av antalet kantstolpar på sträckan. Bokstäverna A–G avser betingelserna enligt tabell 2. Ingen signifikant hastighetsskillnad har påvisats mellan betingelserna som är sammanbundna med heldragen linje.*

I figur 9 kan noteras att betingelserna A, B, C, D och E i stort sett gav samma medelhastighet över sträckan, men betingelse B till lägsta kostnad. Betingelserna F och G ger lägre hastighet till lägre kostnad.

### 6.1.8 Uppskattning av relativa kostnader för de sju betingelserna

Figur 10 visar relativa antalet kantstolpar som krävs i de olika betingelserna. Åtgången kommer att vara avhängig av vägens linjeföring och gäller för den väg som beskrivs i tabell 1. Den betingelse som används i Finland, betingelse C, har åsatts värdet 100.



Figur 10 Relativa åtgången av kantstolpar i de sju betingelserna. Betingelse C har åsatts värdet 100.

Figur 10 visar att kostnaden för kantstolpar är 50 % högre i betingelse D jämfört med den finländska betingelsen, C. Kostnaderna för den norsk/svenska betingelsen är 20 % högre och för den danska, B, nästan 40 % lägre än betingelse C.

### 6.1.9 Subjektiva omdömen om de olika konfigurationerna

I intervjuerna efter simulatorkörningen fick försökspersonerna besvara ett antal frågor, varav en fråga avsåg ”påverkan av den yttre miljön”, i klartext hur de ansåg att vägen och vägmiljöns utformning påverkade körningen.

Av de 14 försökspersonerna ansåg nio att kantstolparna på något sätt hade påverkat körningen:

- Tre försökspersoner angav att konfigurationen påverkar körningen, men inte hur.
- En försöksperson angav att konfigurationen på raksträckor påverkar körningen, men inte hur.
- En försöksperson angav att avståndet mellan kantstolparna påverkade körningen, men inte hur.
- Två försökspersoner angav att man körde långsammare utan kantstolpar.
- En försöksperson angav att körningen var lättare om kantstolpar fanns endast i kurvorna och om gul reflektor användes till vänster.
- En försöksperson angav att bredare reflexer och förtätning var bra, men att betingelsen utan kantstolpar på raksträckorna upplevdes som osäker.
- Fem försökspersoner ansåg att kantstolparna inte alls påverkade körningen.

Om svaren ovan matchas med hastigheterna som uppmättes inses att ”kantstolparna påverkar” i svaren ovan, alltid innebär ”kantstolparna ger högre hastighet”. Därför skulle svaren kunna generaliseras till:

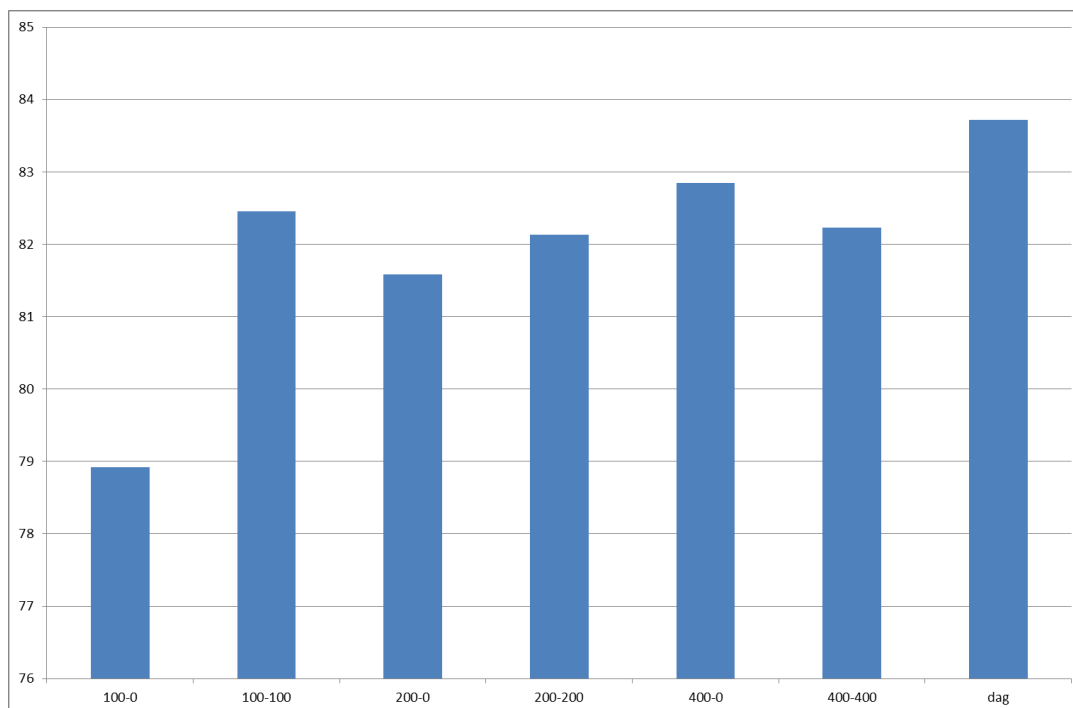
- Åtta försökspersoner ansåg att ju fler kantstolpar som fanns, desto fortare körde man.
- En försöksperson föredrog kantstolpar endast i kurvor och gul reflektor.
- Fem försökspersoner ansåg att kantstolparna inte alls påverkade körningen.

Åtta försökspersoner gjorde sannolikt en korrekt bedömning: det finns ett samband mellan antalet kantstolpar och körhastigheten, vilket figur 9 visar.

## 6.2 Synbarhetens innverkning på hastigheten (SINTEF)

*Test av hypotes 4: Längre synavstånd till kantstolparnas reflektorer ger högre hastighet.*

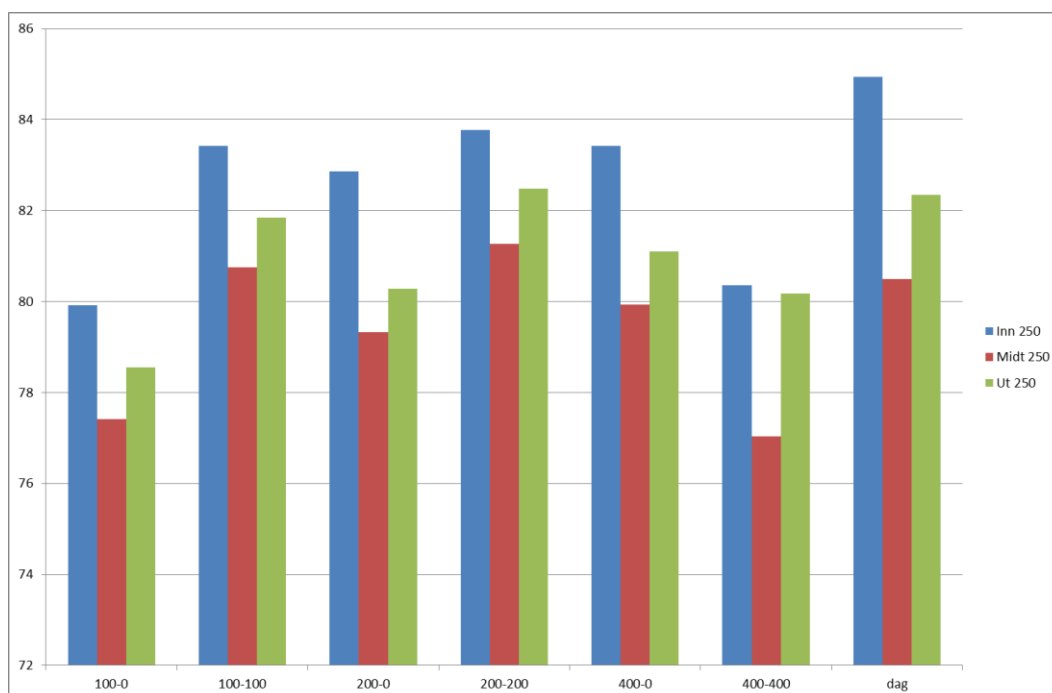
### 6.2.1 Snitthastighet



*Figur 11 Streckningshastighet på hele strekning.*

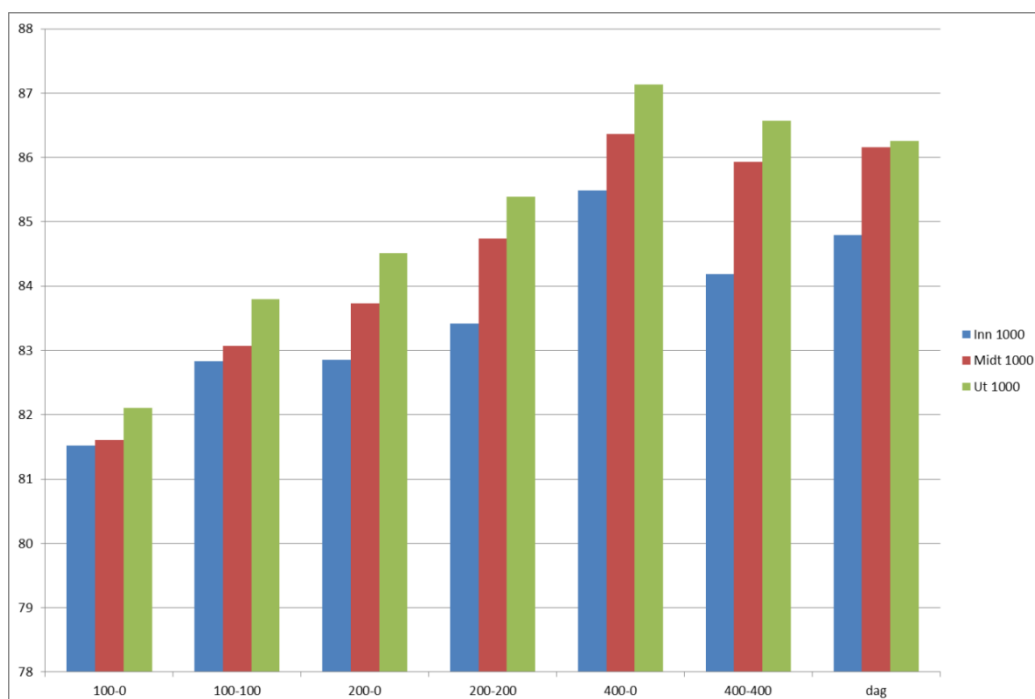
Streckningshastigheten på strekningen ser ut til å være påvirket av synbarheten til kantstolper. Synbarhet på kun 100 meter og kun kantstolper i kurver medfører klart lavest hastighet.

## 6.2.2 Hastighet gjennom kurver



Figur 12 Fart gjennom kurve med radie 250 meter.

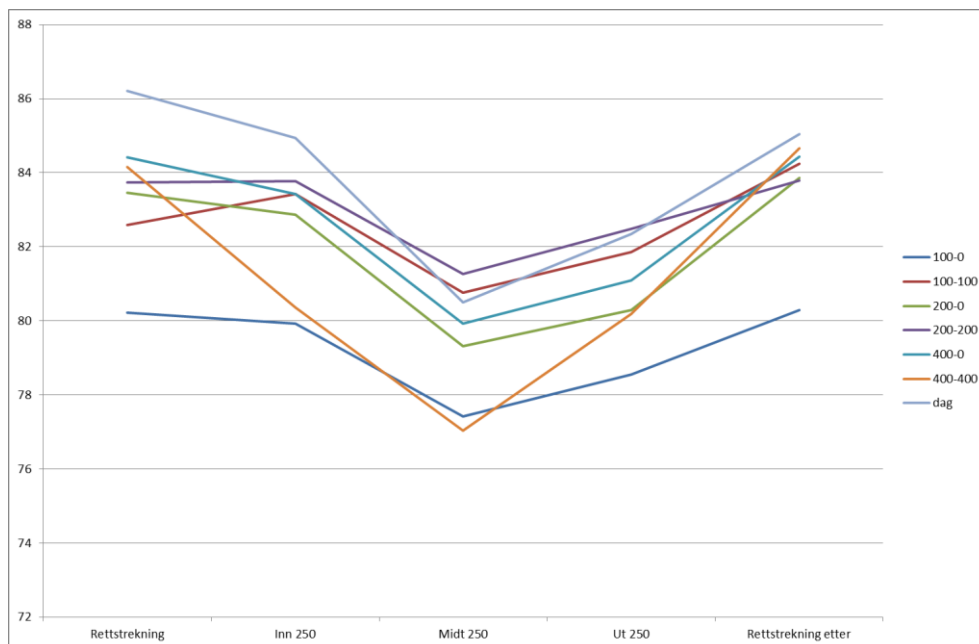
Alle scenario medførte at fart inn i kurven var høyere enn i kurven. Farten ut økte deretter, men var ikke så høy som inn i kurven. Størst korrigering av fart gjennom kurven var det i scenario med kantstolper hele strekningen med synlighet på 400 meter.



Figur 13 Fart gjennom kurve med radie 1 000 meter.

For alle scenarioene økte farten for kjøretøyene gjennom hele kurven. Minst var endringen for scenarioet med kantstolper kun i kurver med synlighet på 100 meter. Scenarioet med kantstolper kun i kurven med synlighet på 400 meter hadde størst hastighet gjennom hele kurven, også større enn for dagscenarioet. Økningen i hastighet var likevel størst når det var kantstolper hele strekningen med synbarhet på 400 meter.

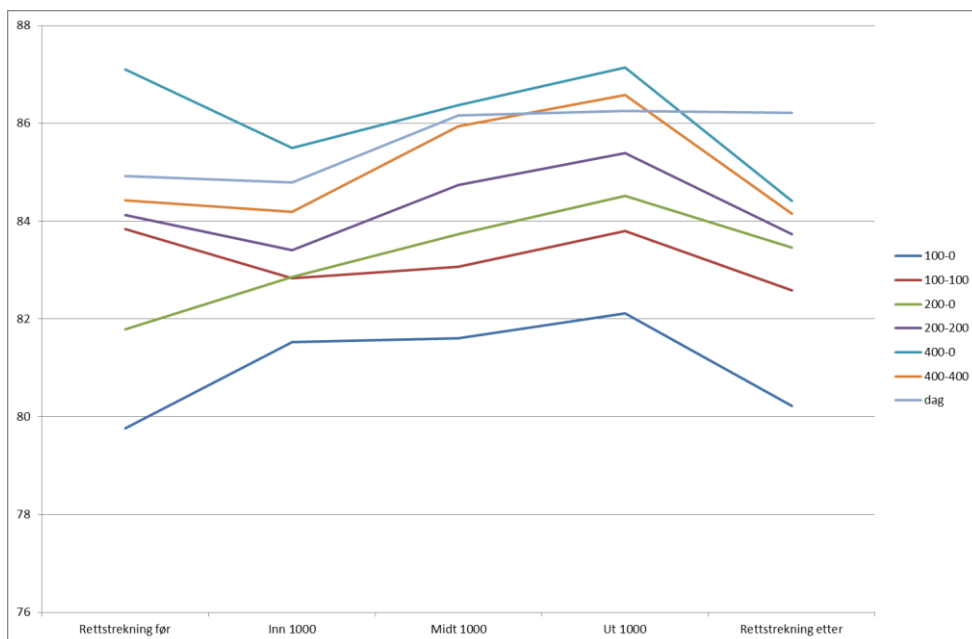
### 6.2.3 Fart på rettstrekning og kurver



Figur 14 Fart på strekning med kurve 250 meter.

Figur 14 viser de samme resultatene som kun for kurve, men her er det tatt med også fra rettstrekningen på hver side. På rettstrekning er det for scenario med synlighet på 400 meter nesten samme fart, mens der en har større kompensasjon for scenarioet med kantstolper hele strekningen.

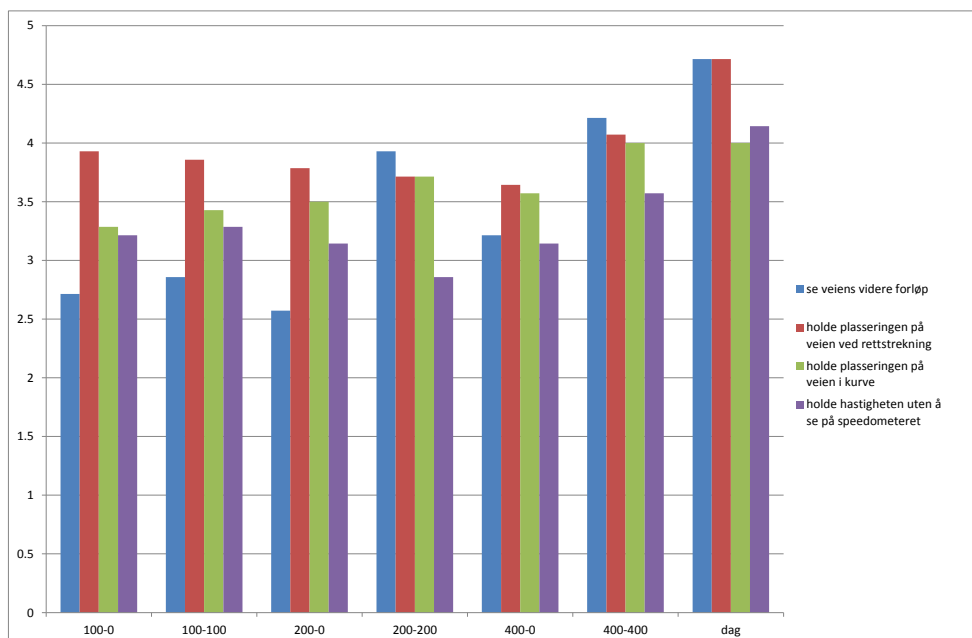
I scenarioet med kantstolper med synlighet 100 og 200 meter og kantstolper hele strekningen øker hastigheten inn mot kurven.



Figur 15 Fart på strekning med kurve 1 000 meter.

I motsetning til kurve med radie 250 meter er det scenarioet med kantstolper med synlighet 100 og 200 meter og kantstolper kun i kurve som øker hastigheten inn mot kurven.

#### 6.2.4 Spørreundersøkelse



Figur 16 Respons på spørreundersøkelsen på en skala 1 (dålig) – 5 (god).

Trafikantene mente de kunne lese vegen videre forløp best i dagslys. De mente at det var vanskeligere å lese det videre forløpet når det kun var kantstolper i kurver, spesielt når synligheten var kun 100 og 200 meterer.

*Utan att genomföra någon statistisk analys visar resultaten att hypotes 4 kan antas för raksträckor och kurvor med stor radie. Däremot måste den förkastas för kurvor med liten radie.*

### 6.3 Validering av konfigurationens inverkan på hastigheten (VTT)

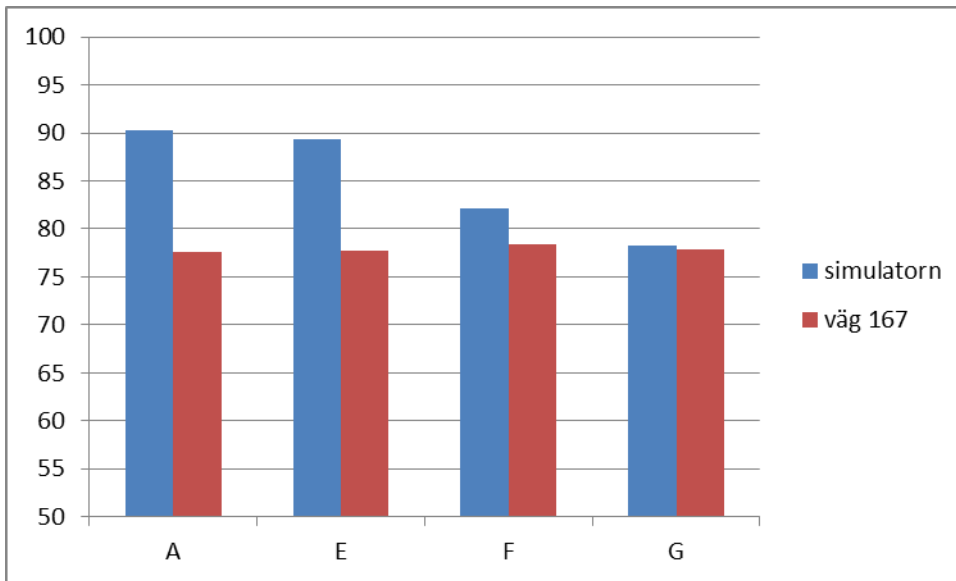
I simulatormätningarna mäts alltid hastigheten mellan två punkter, varför det är lämpligt att primärt göra en jämförelse med de mätningar av reshastighet i mörker som gjordes på väg 167 i Finland. Figur 17–19 visar uppmätta hastigheter i simulatormätningarna och på väg i Finland. Då man betraktar dessa resultat är det viktigt att minnas att hastighetsbegränsningen på väg 167 är 80 km/h, medan den i simulatormätningarna var 90 km/h. Man kan inte förvänta sig att de absoluta hastigheterna ska vara lika i simulatormätningarna som på väg, däremot bör de relativa skillnaderna mellan hastigheten i de fyra betingelserna vara lika. För att underlätta tolkningen av figurerna 17–19 redovisas vad som ligger bakom resultaten:

*Tabell 4 Bakgrundsdata för figurerna 17–19.*

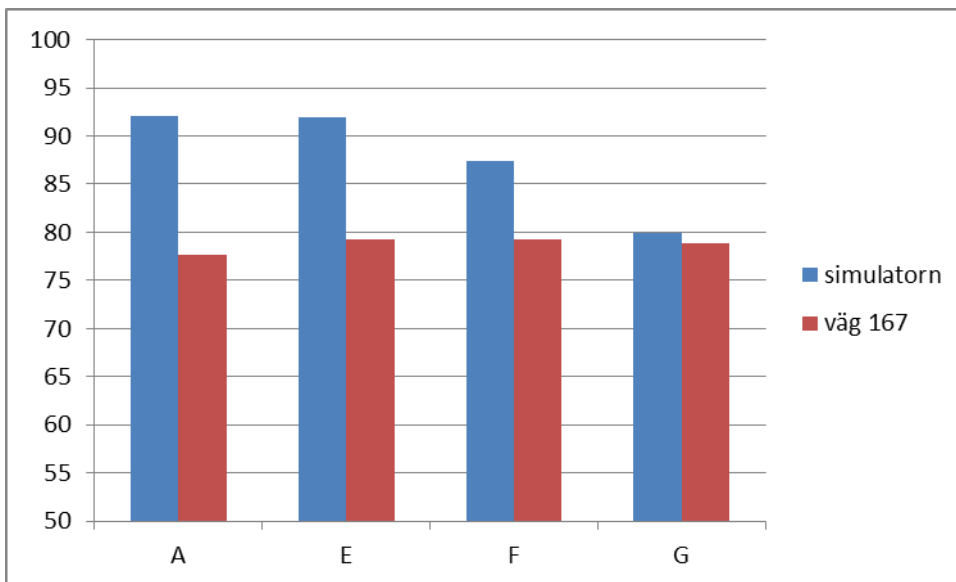
Figur 17	Simulatormätning Väg 167	Hastighetens medelvärde över hela den 6 km långa sträckan. Hastighetens medelvärde över 600 meter väg innehållande både kurvor och raksträckor. Medelvärde över två körriktningar.
Figur 18	Simulatormätning Väg 167	Hastighetens medelvärde i två ytterkurvor med radien 1000 m. Hastighetens medelvärde i en ytterkurva med radien 1100 m.
Figur 19	Simulatormätning Väg 167	Hastighetens medelvärde i en ytterkurva med radien 250 m. Hastighetens medelvärde i en ytterkurva med radien 300 m.

Till tabell 4 kan läggas att resultaten från simulatormätningarna alltid är baserade på 14 försökspersoners körning. Antalet fordon som har mätts på väg 167 har varierat kraftigt: medelvärdet baseras på 150–500 fordon (figur 17), i kurva med stor radie (figur 18) 20–100 fordon och i kurva med liten radie (figur 19) 60–100 fordon. För exakta uppgifter hänvisas till VTT Rapport.

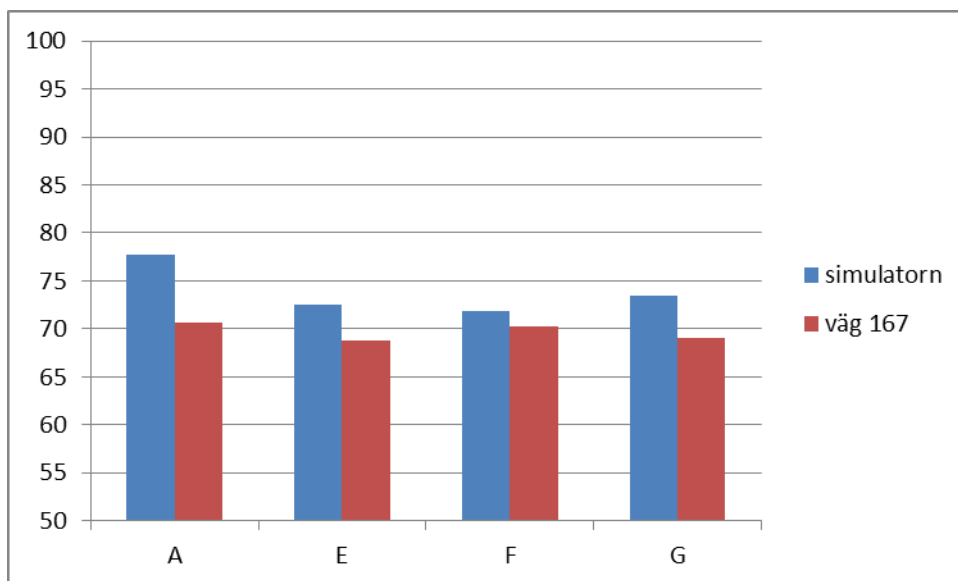




Figur 17 Reshastigheten i mörker, beräknad som ett medelvärde över kurvor och raksträckor.



Figur 18 Reshastigheten i mörker genom ytterkurva med stor radie, 1 000 – 1 100 m.



Figur 19 Reshastigheten i mörker genom ytterkurva med liten radie, 250 – 300 m.

En skillnad i resultaten från simulatorm och jämfört med väg 167 är tydlig: I simulatorm erhöills en hastighetsskillnad mellan betingelserna, medan man på reell väg fick i stort sett samma hastighet, oavsett kantstolpskonfiguration. Detta medför att man inte kan säga att resultaten från reell väg vare sig visar på god eller dålig validitet hos simulatorm. Generellt är hastigheterna på väg 167 lägre än i simulatorm, men detta förklaras sannolikt av hastighetsbegränsningen som är 80 km/h i Finland, men satt till 90 km/h i simulatorm.

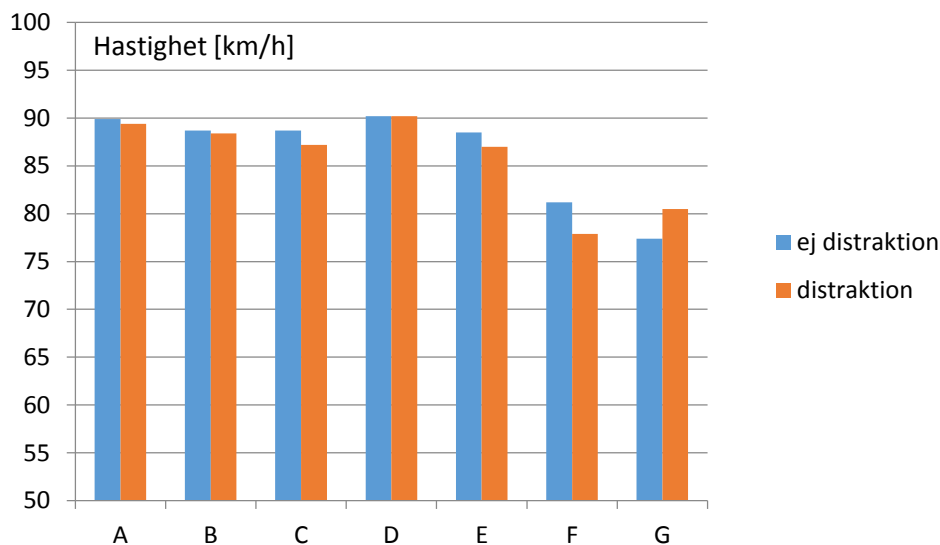
När man värderar resultaten kan det vara viktigt att ha i minnet några avvikelser mellan vägen i simulatorm och den i Finland:

- I simulatorm hade hela den använda sträckan fyra kurvor med radien 1 000 m och två kurvor med radien 250 m. Däremellan var det raksträckor. På väg 167 gjordes mätningar på en väg, som förutom raksträckor hade en kurva med radien 300 m, en med radien 600 m och en med radien 1 100 m.
- I simulatorm var i betingelse A stolpavståndet 25 m i kurvorna. På väg 167 var däremot avståndet 50 m.

Om och i så fall hur dessa skillnader mellan simulatorms väg och den reella vägen har påverkat resultatet är svårt att veta. Möjligen skulle hastigheten i kurvan med liten radie ha blivit något högre med bättre visuell ledning. Det förklarar definitivt inte den förhållandevis låga hastigheten i betingelse G på väg 167: Här går ”felet” till och med åt fel håll eftersom radien 300 m borde ge högre hastighet än radien 250 m.

## 6.4 Konfigurationens inverkan på lösning av en distraktionsuppgift (VTI)

Figur 20 visar en jämförelse av medelhastigheterna över hela sträckan med och utan distraktionsuppgift.



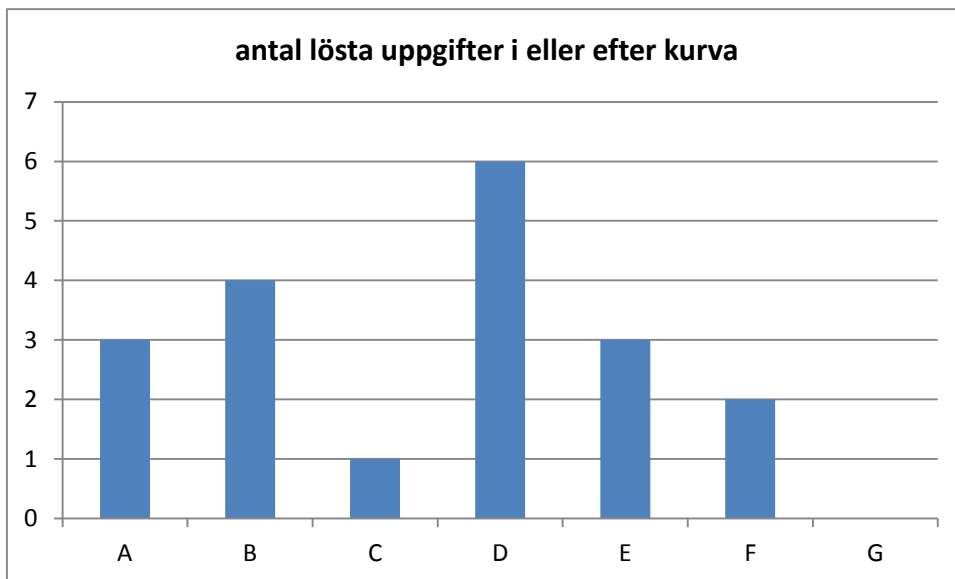
Figur 20 Spontan vald hastighet medelvärdesbildad över hela sträckan för kantstolpskonfigurationerna A, B, C, D, E, F och G enligt tabell 2. Harmoniserade hastigheter med och utan distraktion. Observera att hastighetsskalan börjar på 50 km/h.

Analysen visar ingen hastighetsskillnad mellan med och utan distraktionsuppgift,  $F(1,13) = 0,31$ ,  $p > .05$ .

Vid lösandet av distraktionsuppgiften som initierades före kurvor fanns två taktiker:

- Uppgiften löses före nästa kurva
- Uppgiften löses i eller efter nästa kurva

Inför kurvor med liten radie fick de 14 försökspersonerna vardera två distraktioner i varje betingelse—sammanlagt skulle således 196 uppgifter lösas. I 19 fall löste man uppgiften i eller efter kurvan, dvs. en och samma betingelse hade i medeltal 2,7 lösta uppgifter i eller efter kurvan. Figur 21 visar fördelningen.



*Figur 21 Antalet distraktionsuppgifter som för varje betingelse löstes först i eller efter kurvan.*

Antalet observationer i figur 12 är för vardera betingelsen binomialfördelad  $Bi(n;p) = (28; 0,096)$ . För signifikant ( $p < .05$ ) avvikelse från medelvärdet 2,7 krävs minst 6 lösta uppgifter i eller efter kurva. Detta uppfyller endast betingelse D.

*Hypotes 4 kan således verifieras. Förmågan att lösa en distraherande uppgift är avhängig av kantstolpskonfigurationen.*

Resultaten i figur 12 är delvis svåra att förklara eftersom det sannolikt finns ett samspel mellan hastighet och den taktik man väljer. Detta förklarar säkert varför samtliga försökspersoner valde att lösa uppgiften före kurvan i betingelse G. Åt andra hållet avviker betingelse D, vilken har en kraftig förtätning i kurvorna.

## 7 Diskussion

### 7.1 Validiteten

Inledningsvis kan konstateras att de hastigheter som har uppmätts i simulatören och på väg 167 i Finland inte är samstämmiga. Några skillnader kan noteras:

- Hastighetsnivån är generellt högre i simulatören än på väg 167.
- Skillnaderna i hastighet mellan de fyra betingelserna är betydligt större i simulatören än på väg 167.
- I ytterkurva med liten radie kör man i simulatören fortare utan kantstolpar än i två av betingelserna med stolpar. På väg 167 kör man långsammast utan kantstolpar.

Hastighetsbegränsningen på väg 167 är 80 km/h, medan den var 90 km/h i simulatören. Detta bidrar med största sannolikhet till den nivåskillnad i hastighet som har påvisats och skulle delvis också kunna förklara de större hastighetskillnaderna mellan betingelserna som uppmätts i simulatören. Vid en lägre hastighet minskar kravet på visuell ledning och därmed inverkan av kantstolpskonfigurationen. Exempelvis skulle man sannolikt på en 50-väg knappast erhålla någon effekt av förekomsten av kantstolpar eftersom vägmarkeringarna ger tillräcklig visuell ledning i denna låga hastighet.

Att man i simulatören körde fortare i kurvan med liten radie utan kantstolpar än med stolpar, är svårt att förklara. Enda rimliga förklaringen är att förarna har missbedömt kurvans radie beroende på den alltför dåliga visuella ledningen. Så har inte skett i verkligheten, möjligen beroende på att omgivningen kan bidra till att se vägens sträckning framöver.

Det bör påpekas att resultaten från väg 167 avviker från resultaten i den tidigare refererade studien av Kallberg (1993). I den sistnämnda studien uppmättes lägre hastighet på väg utan kantstolpar (G) än med kantstolpar (C). Detta stämmer bättre med hastigheterna i simulatorstudien.

### 7.2 Kantstolpskonfigurationens inverkan på hastighetsvalet

Resultaten visar ganska entydigt att det är förekomsten av kantstolpar eller ej som påverkar förarnas hastighetsval. Betingelserna A, B, C, D och E har inneburit i stort sett samma hastigheter, knappt 90 km/h, både på raksträckor och i kurvor. Om det finns ett önskemål från trafikanter eller vägghållare att ha kantstolpar längs hela vägen, bör därför betingelse B, den kantstolpskonfiguration som idag används i Danmark, föredras. Övriga betingelser, A, C, D och E ger ungefär samma hastighet och retardation men till en högre kostnad.

Väljer vägghållaren att använda kantstolpar endast i kurvor, sänks hastigheten, framförallt på raksträckorna. Däremot är hastigheten i själva kurvan obetydligt lägre, jämfört med om det finns kantstolpar på föregående raksträcka. Således innebär denna betingelse en sämre framkomlighet, men kostnaden för kantstolpar är endast 65 % av kostnaden för betingelse B.

Vägen utan kantstolpar ger lägst hastighet, utom i kurvor med liten radie. I dessa kurvor är hastigheten oberoende av kantstolpskonfigurationen, vilket således inte stämmer överens med valideringen på väg 167 och inte heller med resultaten som Kallberg (1993) redovisade. Enda rimliga förklaringen till resultatet i simulatören är att föraren inte kunde bedöma kurvradien beroende på en alltför dålig visuell ledning och därmed

körde alltför fort i den snäva kurvan. I verkligheten kan föraren ha en viss hjälp av vägens dosering och även av siluetteffekter från omgivning som hjälper till att avgöra kurvradien framöver.

### 7.3 Vilken kantstolpskonfiguration bör föredras?

I den tidigare refererade simulatorstudien av Ihs (2006) visade en enkät efter körningarna att samtliga försökspersoner föredrog att köra på en väg med kantstolpar. Med detta avsågs då kantstolpar längs hela vägen, även på raksträckor, eftersom betingelsen med stolpar endast i kurvor inte fanns med i denna studie. Det råder således knappast något tvivel om att trafikanterna föredrar att ha kantstolpar längs vägen. Från väghållarens synpunkt är det viktigt med god trafiksäkerhet, komfort och framkomlighet till en rimlig kostnad. Hur dessa viktas kan bero på trafikpolitiska beslut och budgetramar. Tabell 5 visar ett försök att sammanställa eventuella effekter av de olika kantstolpskonfigurationerna. Ett ”+” anger en förmodad positiv effekt, ett ”-” en förmodad negativ effekt och ”0” ingen eller obetydlig effekt.

*Tabell 5 Bedömning av kantstolpskonfigurationens påverkan på några relevanta faktorer. ”+” anger bedömd förbättring jämfört med betingelse A, ”-” bedömd försämring och ”0” att effekten är obetydlig jämfört med betingelse A.*

Effekt	A	B	C	D	E	F	G
Skadekvot	0	0	0	0	0	0	0
Skadeföljd	0	0	0	0	0	+	+
Framkomlighet	0	0	0	0	0	-	-
Komfort	0	0	0	0	0	-	-
Kostnad för väghållare	0	+	+	-	+	+	+
Acceptans hos trafikant	0	0	0	0	0	-	-

Ur tabell 5 utläses att betingelserna A–E förväntas ge ungefär samma effekter för trafikanterna. Endast kostnaden varierar eftersom den står i proportion till antalet kantstolpar. Betingelserna B, C och E ger lägre kostnad än A och allra lägst kostnad innebär betingelse B (framgår inte av tabellen), den som i dagsläget används i Danmark. Om det är önskvärt med kantstolpar längs hela vägen, så bör därför betingelse B väljas. Kan kantstolpar undvaras på raksträckor bör betingelse F väljas. Denna betingelse ger lägre hastighet än betingelserna A–E, men sannolikt ungefär samma visuella ledning. Detta talar för minskade olyckstal till en låg kostnad. Om andra skäl väger tungt, t.ex. samhällskostnaden, bör betingelse G föredras.

### 7.4 Synbarhetens innverkning på hastighetsvalet

Ikke overraskende er det synbarhet på 100 meter og kun kantstolper i kurver som gir den laveste hastigheten. Dette gjelder i alle analyser.

I dagsscenarioet øker farten i kurve med radius 1000 meter noe og senkes i kurve med radius 250 meter. I nattscenario ser en den samme tendensen. I scenario med kantstolper kun i kurver ser det ut til at førerne på et tidligere tidspunkt og allerede ved innkjøring i kurve gjør denne tilpassingen. Samtidig bør en ta hensyn til at lyskjeglen fra bilen i kurver ikke treffer så mange kantstolper som synbarheten i simulatoren skulle tilsi. I

virkeligheten vil derfor den visuelle ledingen i kurver ikke være så god og den tidlige kompensasjonen før kurver kan være mindre.

Scenariet med synbarhet på 400 meter og kun kantstolper i kurve har en uforholdsmessig høy fart på rettstrekning før kurve med radius 1000 meter. Dette kan være fordi trafikanten får en visuell leding tidligere på strekningen som forteller at det kun er en slak kurve og det er nok derfor de har høyere fart også på rettstrekning. Når kantstolpene blir brukt på hele strekningen og synbarheten var 400 meter var fartsendringen størst i kurven. Dette gjelder både senkning av fart ved radius 250 meter og øking i fart ved radius 1000 meter. Når synbarheten er 400 meter er det mulig at kantstolpene visuelt glir litt inn i hverandre på rettstrekning, mens en i kurver kan se hver enkelt kantstolpe i mye større grad og dermed få bedre visuell leding.

Det ser ikke ut til å være noen spesiell grunn til å sette krav til synbarhet på 400 meter for kantstolper. Det vil være tilstrekkelig med en synbarhet på 100-200 meter. Når en benytter kantstolper kun i kurver, kan dette medfører en tidligere hastighetstilpasning enn når en har kantstolper på hele strekningen.

Basert på dette bør en fokusere på visuell leding i kurver og om en skal ha kantstolper også på strekning kan en ha lenger avstand mellom disse. Det er tilstrekkelig med en synbarhet på 100 – 200 meter.

## 8 Slutsatser

I kapitel 3 formulerades fem hypoteser, vilka får stöd eller ej:

- 1) *Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och förarens spontant valda hastighet.*  
I de två konfigurationer som saknar kantstolpar på raksträckorna har den spontant valda hastigheten varit lägre, medelvärdesbildat över hela den körda sträckan. Det finns en tendens till ett samband mellan antalet kantstolpar på sträckan och den spontant valda hastigheten. Hypotesen får stöd.
- 2) *Kantstolpar på raksträcka höjer hastigheten både på raksträckan och i efterföljande kurva.*  
Denna hypotes förkastas i kurvorna med liten radie. I dessa kurvor var i stort sett hastigheten oberoende av eventuella kantstolpar på raksträckan före kurvan. Däremot var hastigheten högre före kurvor, oavsett radie, och i kurvor med stor radie, då kantstolpar fanns på föregående raksträcka. Hypotesen får således delvis stöd.
- 3) *En kraftig förtätning i kurvor med liten radie innebär en bättre hastighetsanpassning, dvs. lägre hastighet i kurvan.*  
Hastigheten i kurvor med liten radie är oberoende av förtätningen. Hypotesen får ej stöd.
- 4) *Längre synavstånd till kantstolparnas reflektorer ger högre hastighet.*  
Synbarhetsavståndet 400 meter ger högre hastighet och hastighetsvarians längs vägen än kortare synavstånd, varför hypotesen får stöd.
- 5) *Det finns ett samband mellan kantstolpskonfigurationen och förarens taktik vid lösandet av en distraherande uppgift.*  
Fler förare löste distraktionsuppgiften i eller efter kurvan i betingelsen med kraftig förtätning. Hypotesen får således stöd.

Valideringen på reell väg i Finland visar att resultaten från simulatormen inte helt överensstämmer med resultaten på väg. Till viss del kan detta bero på att betingelserna inte var exakt lika i simulatormen som på vägen, exempelvis var varningslinjen på vägen i Finland gul. Vidare kan väder och väglag på väg 167 ha påverkat förarna på ett sådant sätt som inte förekommer i simulatormen. En lärdom som kan dras av valideringen är att den reella vägen (i detta fall väg 167 i Finland) bör letas upp först. Därefter lägger man in denna väg i simulatormen. På så sätt kommer åtminstone vägutformningen bli exakt lika i de två försöken.

Generellt kan fastslås att kantstolpskonfigurationen har påverkat den spontant valda hastigheten på så sätt att kantstolpar på raksträckorna har inneburit högre hastighet. Däremot har avståndet mellan kantstolparna på raksträckorna och i kurvorna knappast haft någon påverkan på hastigheten, vilket också bekräftas av de subjektiva omdömen som avgavs. Likaså har långt synavstånd till reflektorerna inneburit hög hastighet och hög hastighetsvarians längs vägen.

I betingelse D i VTI:s simulatorstudie väntade fler förare med att lösa en distraherande uppgift till i eller efter kurvan än i övriga betingelser. Denna avvikande taktik är svår att förklara.



Eftersom konfigurationerna A, B, C, D och E inte i något fall har inneburit en påverkan på den valda hastigheten eller retardationen, bör betingelse B, den som idag används i Danmark, föredras av dessa, eftersom kostnaden för denna betingelse är lägst. Vad gäller reflektorerna, bör dessa inte ha synavstånd längre än 200 meter.

## Referenser

Bagdadi, O., Várhelyi, A., *Utveckling av mätinstrument för registrering av säkerhetskritiska händelser i motorfordon*, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2009.

COST 331, *Requirements for horizontal road marking – final report of the action*, European Commission, Directorate General Transport, Brussels, 1999.

Ihs, A., *Vägutrustningars effekt på trafiksäkerhet, tillgänglighet och komfort: en körstudie rörande effekten av mittlinje respektive kantstolpar*, VTI Rapport 551, Linköping, 2006.

Kallberg, V-P., *Reflector posts – signs of danger?*, Transport Research Record No. 1403, Washington, D.C., 1993.

Nygårdhs, S., *Kantstolpar: En litteraturstudie utförd på uppdrag av NMF*, VTI Notat 18-2008, Linköping, 2008.



VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE  
LINKÖPING  
POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING  
TEL +46(0)13 20 40 00  
www.vti.se

BORLÄNGE  
POST/MAIL BOX 92  
SE-721 29 BORLÄNGE  
TEL +46(0)243 446 860  
www.vti.se

STOCKHOLM  
POST/MAIL BOX 55685  
SE-102 15 STOCKHOLM  
TEL +46(0)8 555 770 20  
www.vti.se

GÖTEBORG  
POST/MAIL BOX 8072  
SE-402 78 GÖTEBORG  
TEL +46(0)31 750 26 00  
www.vti.se

LUND  
POST/MAIL Medicon Village  
SE-223 81 LUND  
TEL +46(0)46 540 75 00  
www.vti.se