

Objekthøjder og sigtlængder

Gennemførelse af måleprogram

April 2005



Poul Greibe
Belinda la Cour Lund

Trafitec Aps
Forskerparken SCION DTU
Diplomvej, bygning 376
2800 Kgs. Lyngby
www.trafitec.dk

Indhold

1 Indledning.....	3
1.1 Baggrund	3
1.2 Formål.....	4
2 Måleprogram	6
2.1 Teststrækning.....	6
2.2 Målebil.....	8
2.3 Forsøgspersoner.....	10
2.4 Objekter	11
2.5 Forsøgs-setup.....	12
2.6 Registrerede data	13
3 Resultater	14
3.1 Detekteringslængde	14
3.2 Genkendelse af objekt	21
3.3 Adfærd	23
4 Diskussion og konklusion.....	26
5 Referencer	29
Bilag 1 - Litteratur review	30
Bilag 2 - Objektoversigt	37
Bilag 3 - Objekter på forsøgsstrækning.....	38
Bilag 4 - Information til bilister inden start	42
Bilag 5 - Eksempel på måleprogram.....	44
Bilag 6 – Hastighedsprofil for A-Nord.....	45
Bilag 7 – Hastighedsprofil for 1. objektetektering	47

1 Indledning

Vejdirektoratet har igangsat et projekt der skal vurdere de vej- og trafiktekniske grundværdier i forbindelse med objekthøjder og sigtlængder.

Nærværende rapport indeholder resultaterne fra et forsøg som har til formål, at undersøge på hvor lang afstand bilister kan se objekter med forskellige højder ved forskellige hastighedsniveauer.

Rapporten indeholder udover en beskrivelse af forsøget en opsummering af en tilsvarende udenlandsk undersøgelse.

Undersøgelsen er planlagt og gennemført af Trafitec som også har skrevet nærværende rapport.

1.1 Baggrund

Bilisters synsegenskaber relateret til stopsigt er vigtig, da det generelt kan være den begrænsende faktor ved objekt detektering og genkendelse i f.eks. mørke eller ved meget lange stopsigter.

Den nuværende procedure for beregning af standselængden (stopsigtlængde) i Danmark er summen af reaktionslængde og bremselængde. Standselængden skal i princippet altid være til stede i et hvert snit af vejen. Standselængden beregnes ud fra hastighed, øjenhøjde, genstandshøjde, friktionsværdi og køretøjshøjde. Til grundlag for beregning af standselængden benyttes i Danmark en genstandshøjde på 0,15 m. Det betyder, at en bilist til enhver tid skal kunne se og nå at stoppe overfor en 0,15 m høj genstand på vejen, uanset hastighedsniveau og genstandens udformning.

Spørgsmålet er nu hvorvidt det rent faktisk er muligt at se en 0,15 m høj genstand indenfor standselængden. Da standselængden stiger med hastigheden er spørgsmålet specielt interessant for strækninger, hvor hastighedsniveauet er 80 km/t eller højere.

Udenlandske undersøgelser

I et amerikansk studie [1] blev der bl.a. lavet en undersøgelse af bilisters synsmæssige formåen mht. at se objekter med forskellig højde og kontrastfarve på vejen. Undersøgelsen refererer også andre udenlandske studier og et kortfattet resumé kan ses i bilag 1.

Den amerikanske undersøgelse viste, at bilister der kører med en hastighed på 90 km/t i dagslys, kan detektere objekter med høj kontrast og en højde på 0,15 m i en minimumsafstand på 213 m fra genstanden, og genkende genstanden, når den er

min. 30 m fra bilen. Undersøgelsen viste endvidere, at objekter med en højde på 0,3 m kan detekteres inden for stopsigteafstand på 131 m uanset kontrastegenskaber (stopsigt for objekt på vejbane ved 90 km/t er i Danmark 219 m).

Bilister formår ikke at genkende objekter med højde mindre end 30 cm ved afstande svarende til stopsigtlængden eller ved større afstande. I mørke var en overvejende del af bilisterne ikke i stand til at detektere eller genkende farlige objekter indenfor stopsigtlængden på 131m. Eneste undtagelse var objekter som havde lys på, eller var retro reflective (baglygter eller sidereflekser). Detektering, og specielt genkendelse af potentielle farlige objekter ved afstande på 131 m var mere usandsynlige ved nærllys end ved fjernlys. I undersøgelsen indgik objekthøjder på hhv. 0,1 m; 0,15 m; 0,3 m og 0,45 m, med forskellige kontrastforhold og udformning.

I bilag 1, er vedlagt et mindre litteraturstudie der refererer udvalgte resultater fra den amerikanske undersøgelse [1].

1.2 Formål

Formålet med denne undersøgelse er, at studere i hvor stor en afstand en bilist kan se og genkende en genstand ved en given hastighed. Der er i vejreglerne ikke krav om, at man som bilist skal kunne genkende et objekt, men bilistens vurdering af om et objekt er farligt at påkøre er vigtig for bilistens beslutning om, hvordan der reageres mest hensigtsmæssigt, når der observeres et objekt på kørebanen.

Resultaterne fra forsøget, skal danne grundlag for en eventuel revurdering af vejreglernes grundværdi for genstandshøjde som i dag er sat til 0,15 m, samt indgå i en samlet vurdering af hvorvidt gældende regler for krav til stopsigt, mødesigt mv. efterfølgende bør ændres.

Standselængder i henhold til gældende danske vejregler

Standselængden bestemmes som summen af reaktionslængden og bremselængden. Reaktionslængden og bremselængden beregnes som angivet nedenfor.

$$l_{\text{reaktionstid}} = \frac{V \cdot t_r}{3,6}$$

$$l_{\text{bremse}} = \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot (\mu_{\text{brems}} + s) \cdot 3,6^2}$$

hvor

t_r er reaktionstiden som normalt sættes til 2 sek.

μ_{brems} er bremsefriktionskoefficienten

s er stigningsgradienten
 V er hastigheden
 g er gravitationskoefficienten

I de danske vejregler tillægges 20 km/t til den ønskede hastighed (V_0) som sikkerhedstillæg, dvs. at standselængden for en ønsket hastighed på 80 km/t fremkommer ved at bruge 80+20 km/t til beregning af reaktionslængde og bremselængde. Den benyttede bremsefriktionskoefficient gælder for våd vej.

I tabellen nedenfor er angivet de standselængder som optræder i Vejreglerne med og uden sikkerhedstillæg på 20 km/t. Til sammenligningen er endvidere vist standselængden for tør vej, hvor friktionskoefficienten er sat til 0,4. Stigningsgradienten er for alle værdier sat til 0.

Hastighed	Standselængder DK vejregler		Tør vej med $\mu_{\text{brems}} = 0,4$
	Uden tillæg på 20 km/t	Med tillæg på 20 km/t	Uden tillæg på 20 km/t
80	119	181	107
90	148	219	130
110	219	311	154
120	262	353	180
130	311	411	208

Tabel 1. Angivelse af standselængder opdelt på hastighed

Som det fremgår af tabellen, er standselængden ved 80 km/t 181 m mod 411 m ved 130 km/t. Det betyder, at en bilist, der kører med en hastighed på 130 km/t, i princippet skal kunne se en 0,15 m høj genstand 411 m før genstanden.

2 Måleprogram

2.1 Teststrækning

Som udgangspunkt var det tanken at benytte en lukket motorvejsstrækning på 5-10 km længde. Der viste sig muligt, at bruge en 5,6 km lang strækning mellem Bjergby og Hirtshals som var under anlæg. Strækningen blev åbnet for trafik oktober 2004.

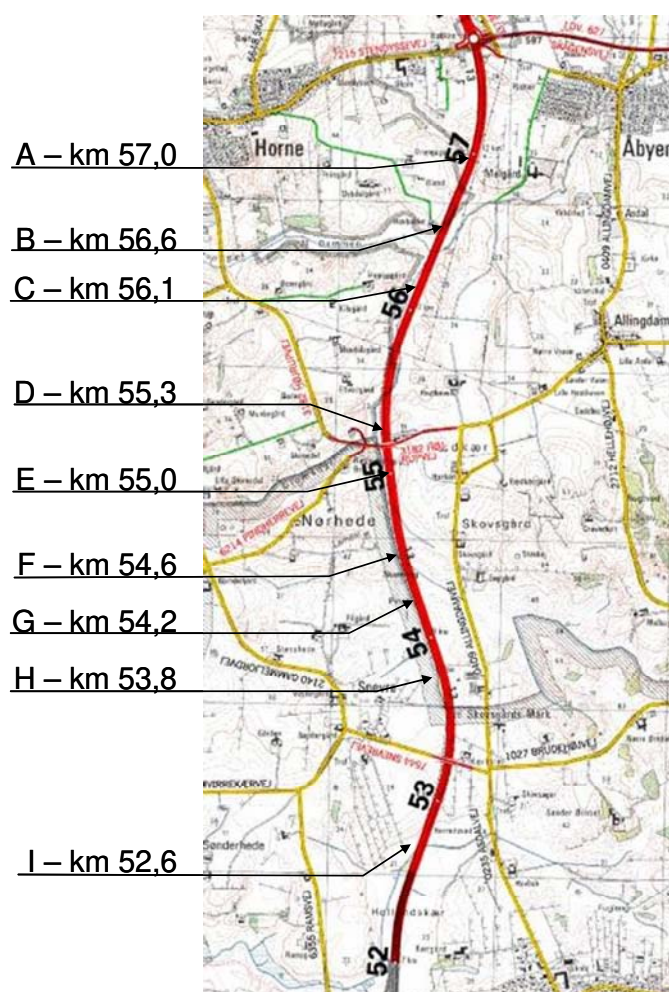
Strækningen er oprindelig en motortrafikvej som nu er udbygget til motorvej. Det er sket ved at anlægge en ny "vejhalvdel" parallelt med den oprindelige vej, dvs. med 2 kørespor + nødspor - svarende til et ½ motorvejsprofil. Der har således været trafik på den anden "vejhalvdel" under hele anlægsperioden samt under forsøget.

Tracéen for den nye motorvej er således identisk med den oprindelige vej. Det betyder, at den nye motorvej ikke til fulde efterlever de krav til horisontal- og vertikalkurver som stilles ved nyanlæg af motorveje. Det betyder at motorvejen nedskiltes til 110 km/t når den åbnes for trafik.

Teststrækningen havde få dage før forsøget fået anlagt slidlag og var blevet afstribet som en almindelig motorvej. Da forsøget blev gennemført, var det øvrige anlægsarbejde dog ikke færdigt. Der var således ikke anlagt slidlag i nødsporet og autoværn manglede enkelte steder. Skilte, kantpæle og jordarbejde uden for nødspor manglede også. Derudover var der flere steder i nødsporet placeret bygningsmaterialer mm., men ellers fremstod strækningen, og specielt kørebanen som færdig.

På forhånd var der udvalgt 9 lokaliteter på strækningen som kunne bruges til placering af objekter (A-I).

De 9 lokaliteter med tilhørende kilometrering er vist på figur 1.



Figur 1. Teststrækning med lokaliteter (A-I) som benyttes til placering af objekter

For hver af de 9 lokaliteter er den maksimale sigtlængde for en bilist der kører henholdsvis i sydlig/nordlig retning blevet målt, se tabel 2. Den maksimale sigtlængde er altså den maksimale afstand en bilist (uhindret af autoværn mm) kan se, at der eventuelt ligger noget på vejen ved lokaliteten. Den maksimale sigtlængde er naturligvis afhængig af vejens tracé, og som det ses har de lokaliteter som ligger i en horisontalkurve (f.eks. D) lavere sigtlængder end lokaliteter på lange lige strækninger.

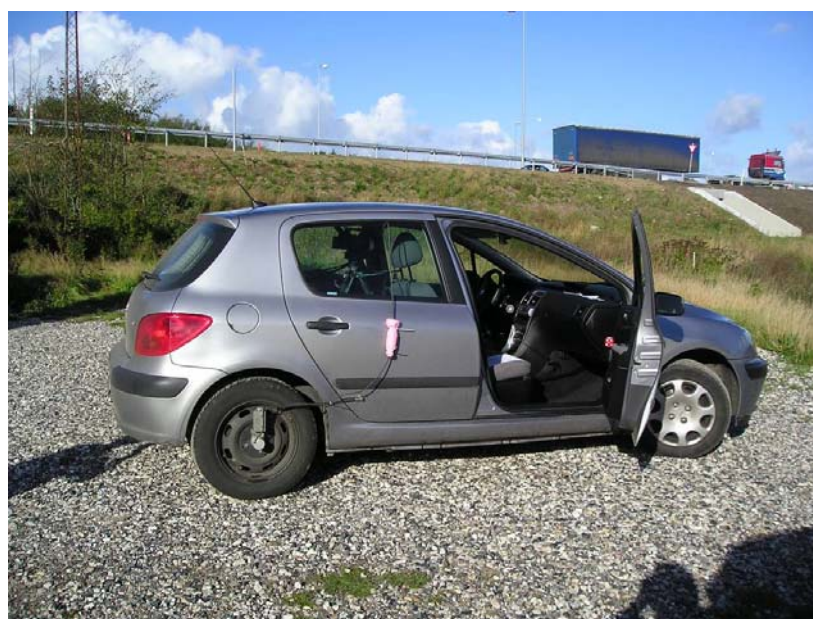
Lokalitet	Maksimal sigtlængde til lokalitet (m)	
	Retning syd	Retning nord
A	215 m	1195 m
B	437 m	807 m
C	922 m	367 m
D	302 m	254 m
E	345 m	401 m
F	629 m	253 m
G	420 m	567 m
H	801 m	304 m
I	572 m	294 m

Tabel 2. Sigtlængde til lokalitet, målt i køreretning nord og syd.

De fleste lokaliteter er blevet brugt i begge køreretninger. Dog har A og I kun været brugt i begrænset omfang når de lå først på strækningen. Lokaliteter med meget korte sigtlængder er endvidere kun benyttet i begrænset omfang ved høje hastigheder.

2.2 Målebil

Til køreforsøgene blev benyttet en mellemstørrelse bil, model Peugeot 307 fra 2003/04 med manuelt gear. De målte øjenhøjder for forsøgspersonerne, når de sad i bilen, lå i intervallet 122-129 cm.



Figur 2. Som målebil blev brugt en Peugeot 307.

Triptæller

På bilens højre baghjul var monteret en pulsgiver der var forbundet med en triptæller, (se figur 2). Selve triptælleren (Coralba Trip/3) kunne aflæses af observatøren inde i bilen, hvor både kørt længde (angivet i hele meter) samt hastighed (hele km/t) kunne aflæses. Triptælleren blev kalibreret før forsøget. Det skete ved at tilbagelægge en given strækning, typisk 1-2 km målt ud fra vejens kantpæle. Triptælleren blev flere gange under forsøgene kontrolleret ved at sammenligne målte afstande med kantpælenes placering. Der blev ikke observeret nogen misvisning efter kalibreringen.

Ved brug af triptællerens hastighedsfunktion, blev der konstateret en lille afvisning på bilens speedometer. Afvisningen gjorde, at bilens speedometer viste ca. 2-3 km/t for meget. Det betød, at når forsøgspersoner kørte f.eks. 110 km/t (ud fra speedometeret), kørte de reelt 107-108 km/t.

GPS-logger

Under alle forsøg blev der anvendt en GPS-logger. GPS-loggeren registrerer og gemmer en position hvert sekund. Positionen er fundet ud fra det satellit baserede Global Position System. På GPS-loggeren findes et numerisk tastatur hvorpå det er muligt under kørsel, at markere en position eller et tidspunkt. Ved udlæsning af data fra GPS-loggeren fås en tekstfil der indeholder alle data, dvs. en position pr. sekund, tidskode samt evt. registrerede tryk på tastaturet. Ud fra data kan bl.a. et hastighedsprofil genereres og de kørte afstande kan sammenholdes med de tidskoder/positioner som blev markeret vha. tastaturet. Dermed kan forsøgspersonens adfærd mht. hastighed og evt. nedbremsning ved objektetekteringen beregnes. Det skal bemærkes, at de kørte afstande der bliver beregnet vha. GPS-loggeren bliver beregnet som en summation af de rette linie mellem de punkter som GPS-loggeren lagrer per sekund. Ved en hastighed på f.eks. 100 km/t vil der således være ca. 28 m mellem hver position. Data fra GPS-loggeren er kun blevet brugt til vurdering af bilistens hastighedsprofil.

Video

På bilens bagsæde var opstillet et videokamera som under alle forsøg filmede ud gennem forruden af bilen, se figur 3. Videooptagelserne (inkl. lyd) bruges til dokumentation af hvad der reelt er sket under forsøget og kan eventuelt bruges som supplement til de andre målinger.



Figur 3. Placering af videokamera på bagsædet af bilen.

Fejlkilder

I forbindelse med udførelse af projektet er der følgende fejlkilder som der skal gøres opmærksom på, og som der så vidt det er muligt er kompenseret for i de efterfølgende beregninger. Fejlkilderne inkluderer:

- At forsøgspersonerne reelt kan se en genstand på vejen før de giver besked til observatøren, men at de vil være "helt" sikre på der er en genstand og at den ligger på deres del af vejen.
- Reaktionsid fra forsøgspersonen erkender at der ligger noget på vejbanen til de får sagt "nu"
- Reaktionsid fra forsøgspersonen siger "nu" til observatørerne får trykket på hhv. triptæller og GPS-logger.
- GPS-loggeren registrerer bilens position én gang i sekundet. Det betyder, at der ved høje hastigheder vil være op til 35 m mellem hver position, hvilket kan have indflydelse på nøjagtigheden af data. GPS-loggeren bruges dog udelukkende til rekonstruktion af hastighedsprofil.

2.3 Forsøgspersoner

24 bilister har deltaget i forsøget, heraf 17 mænd og 7 kvinder. Køn og aldersfordeling kan ses i tabel 3. Kun aldersgruppen 21-29 år er ikke repræsenteret.

Forsøgspersonerne er rekrutteret efter henvendelse til Aalborg Universitet, Hirtshals og Hjørrings tekniske forvaltninger samt Vejdirektoratets tilsynskontor i Hirtshals. Mange af testbilisterne havde dog ingen direkte tilknytning til oven-

nævnte steder, men var venner, familie, naboer eller lign. som derigennem havde hørt om forsøget og meldt sig.

Aldersgruppe	Køn	
	K	M
21-29 år	0	0
30-39 år	4	4
40-49 år	2	8
50-59 år	1	2
60-65 år	0	3
I alt	7	17

Tabel 3. Forsøgspersoner opdelt på alder og køn.

Følgende krav var sat til forsøgspersonerne:

- være mellem 21 og 65 år
- have haft kørekort i minimum 3 år og jævnligt selv føre bil
- have ”normalt” syn på begge øjne – måtte dog gerne bruge briller eller kontaktlinser
- have dansk kørekort

2.4 Objekter

I forsøget blev 3 forskellige objekthøjder benyttet: 15, 30 og 60 cm.

Objekterne er udvalgt så at de har nogenlunde ens dybde og længde. Det er gjort således, at alle objekter har en dybde svarende til ca. 30-50 cm og en længde på ca. 75 cm.

Derudover er objekterne udvalgt så de synsmæssigt er massive, dvs. at det ikke er muligt at se ”igennem” objektet, men på samme tid skal de være påkørselsvenlige og nemme at flytte.

Som udgangspunkt var der fundet 2 forskellige objekter for hver højde. Alle objekter har en neutral farve med forholdsvis lille kontrast i forhold til vejbaneoverfladen. Da forsøgspersonerne samtidig gerne skulle kunne genkende objekterne, er de udvalgt så de med rimelig sandsynlighed kan genkendes.

Udover to objekter på henholdsvis 15, 30 og 60 cm, er der som supplement valgt et enkelt objekt med høj kontrast på 15 cm. Dette er gjort for at undersøge om farve/kontrast-forhold har indflydelse på detekteringslængden.

Objekterne blev placeret på vejen således, at de lå ”vinkelret” på kørselsretningen som vist i bilag 3.

I bilag 2 og 3 findes en oversigt over de valgte objekter inkl. fotos med objekter på forsøgsstrækningen.

2.5 Forsøgs-setup

For hver forsøgsbilist var der afsat ca. 1½ time og der kunne således gennemføres 6 forsøgsbilister pr. dag.

Før forsøget startede, fik bilisten en mundtlig introduktion til hvad der skulle ske, se bilag 4.

Forsøget forgik ved at gennemkøre strækningen 8-10 gange. Begge kørselsretninger blev brugt og der blev altid kørt i højre kørebane, svarende til at strækningen var en alm. 2 sporet vej.

Den 1. tur var altid en prøvetur hvor bilisten fik mulighed for at se strækningen og vænne sig til bilen.

På de efterfølgende ture var der placeret objekter på strækningen.

I forsøget indgik følgende parametre:

- 3 forskellige objekthøjder (15 cm, 30 cm og 60 cm) repræsenteret ved 7 forskellige objekter
- 9 lokaliteter (A-I, på forhånd udvalgte lokaliteter)
- 2 kørselsretninger
- 3 hastighedsniveauer (80, 110, 120/130 km/t)

For hver gennemkørsel var der lavet en plan over hvilket hastighedsniveau der skulle køres, hvilke objekter der skulle udlægges og hvor de skulle udlægges.

Antallet af objekter per gennemkørsel kunne enten være 0, 1 eller 2. Ved 80 km/t var der som oftest 2 objekter per gennemkørsel. Ved højere hastighedsniveauer var det ikke altid muligt at placere flere objekter per gennemkørsel, da det skulle være muligt at komme op i hastighed, inden man eventuelt mødte et nyt objekt.

Hver forsøgsbilist kunne naturligvis ikke teste samtlige kombinationer af hastighed, objekt og lokalitet. Men forsøgene blev planlagt således, at flest mulige kombinationer blev afprøvet og at resultaterne for de forskellige forsøgsbilister kunne supplere hinanden.

Alle køreforsøg er lavet i dagslys (mellem kl. 9 og 19) og som hovedregel med almindelige sigtforhold og tør kørebane. Under forsøget var der dog korte perioder med nedbør som gjorde, at enkelte målinger blev udeladt. Nedbøren gjorde

desuden, at kørebanen ikke var tør på alle tidspunkter. En eventuel våd vejbane vurderes dog ikke at påvirke sigtforholdene.

Udover forsøgsbilisten var der to observatører i bilen under forsøget. En observatør sad på forsædet og fortalte før hver gennemkørsel af strækningen, hvilket hastighedsniveau der skulle køres med. Observatøren på forsædet betjente endvidere triptælleren. Observatøren på bagsædet sørgede for at videoudstyret fungerede og betjente herudover GPS-loggeren.

I Bilag 5 er vist et eksempel på køreplan for en forsøgsbilist.

2.6 Registrerede data

For alle forsøgspersoner registreres alder, køn samt øjenhøjde når de sidder i målebilen.

I en situation med et objekt på vejen registreres følgende parameter:

- Afstand fra målebil til objekt når forsøgspersonen første gang angiver, at han/hun kan se et objekt på vejen. (Detekteringslængde)
- Afstand fra målebil til objekt når forsøgspersonen første gang kan genkende objektet. (Genkendelseslængde)
- Hastighedsniveau og hastighedsprofil for hele den gennemkørte strækning. På hastighedsprofilet angives tid/sted når personen detekterer og genkender objektet.
- Videooptagelser (inkl. lyd) af hele gennemkørslen til eventuelt at kunne verificere de registrerede observationer på stedet.

3 Resultater

I alt 24 forsøgspersoner deltog i køreforsøget i perioden 10-13 og 19. september 2004.

Vejret var overvejende tørt, men enkelte gennemkørsler er udeladt pga. nedbør.

I alt 254 detekteringslængder blev målt.

Det er vurderet, at den tid der går fra forsøgspersonen ser et objekt til personen siger "nu", og observatøren får nulstillet triptælleren, samlet svarer til ca. 0,5 sek. Derfor er alle de målte detekteringslængder tillagt en længde svarende til 0,5 sek. ved den kørte hastighed.

Hastighedsniveauet 130 km/t udgik efter første måledag. Det skyldes, at strækningen som udgangspunkt ikke er bygget til 130 km/t med relativt skarpe vejkurver hvilket gjorde, at forsøgspersonerne på dele af strækningen reelt ikke kørte 130 km/t selvom de blev bedt om at gøre det. Derudover var anlægsarbejdet på forsøgstidspunktet desværre ikke helt færdig og autoværn manglede bl.a. i forbindelse med broer hvilket udgjorde en sikkerhedsrisiko. Det blev derfor besluttet at droppe 130 km/t og i stedet bruge 120 km/t som det højeste hastighedsniveau.

Tabel 4 viser antal målinger opdelt på hastighed og objekthøjde.

Hastighed (kmt)	Objekthøjde				I alt
	15 cm	15 cm +	30 cm	60 cm	
80	23	13	23	25	84
110	25	17	29	30	101
120	18	14	16	15	63
130	2	0	2	2	6
I alt	68	44	70	72	254

Tabel 4. Antal observationer opdelt på hastighed og objekthøjde. "15 cm+" er 15 cm med stærk farve/kontrast.

3.1 Detekteringslængde

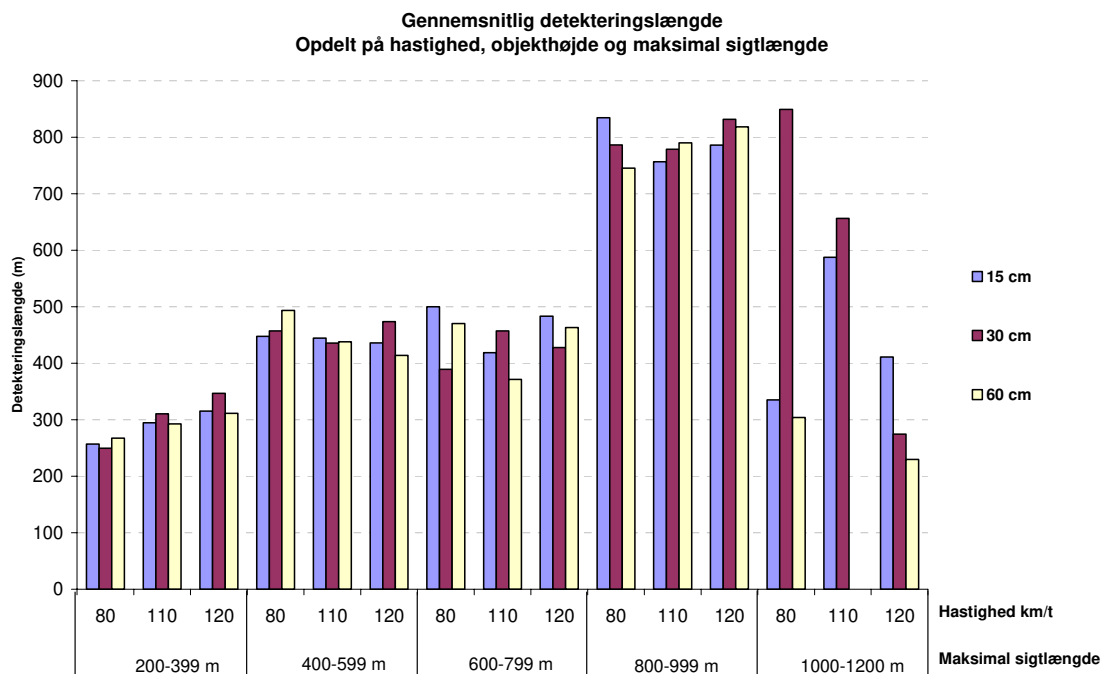
En simpel opdeling af den gennemsnitlige detekteringslængde på hastighed og objekthøjde er vist i tabel 5.

Hastighed (kmt)	Objekthøjde (cm)				I alt
	15 cm	15 cm +	30 cm	60 cm	
80 km/t	481	427	450	462	458
110 km/t	489	441	485	477	476
120 km/t	524	505	533	529	524
130 km/t	495	457	485	482	482
I alt	481	427	450	462	458

Tabel 5. Gennemsnitlig detekteringslængde opdelt på hastighed og objekthøjde.

Den gennemsnitlige detekteringslængde for alle observationer er 458 m. En opdeling på objekthøjde og hastighed viser ikke umiddelbart noget entydigt mønster. En parameter som har betydning for de observerede detekteringslængder er den maksimale sigtlængde på konkrete lokaliteter. Den maksimale sigtlængde for den enkelte lokalitet er den maksimale afstand hvortil der uhindret kan ses et objekt på vejbanen. Den maksimale sigtlængde afhænger af vejens tracé (horisontale/vertikale vejkurver) og eventuelle sigthindrende genstande (autoværn, skråning mm).

Figur 4 viser den gennemsnitlige detekteringslængde opdelt på hastighed, objekthøjde samt den maksimale sigtlængde på lokaliteten hvor objektet ligger.

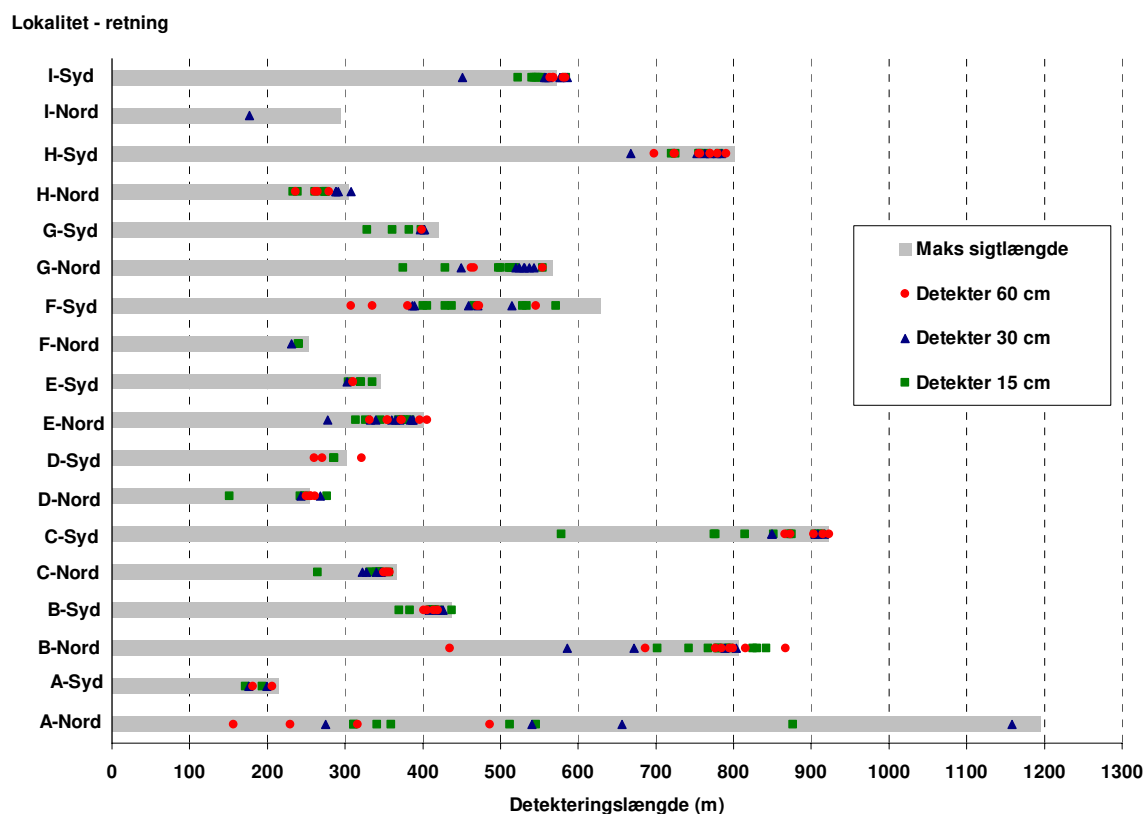


Figur 4. Gennemsnitlig detekteringslængde opdelt på hastighed, objekthøjde og maksimal sigtlængde.

Som det ses, er detekteringslængden stigende jo længere den maksimale sigtlængde bliver, i hvert fald når sigtlængden er mindre end 1000 m. For sigtlængder større end 1000 meter bliver der stor spredning på detekteringslængden. Der er tilsyneladende kun mindre forskelle i detekteringslængderne afhængig af den kørte hastighed og objekthøjden. Alt i alt tyder det på, at den maksimale sigtlængde på lokaliteten har stor indflydelse på detekteringsafstanden.

Figur 5-7 viser de registrerede detekteringslængder og den maksimale sigtlængde opdelt på lokalitet, retning, objekthøjde, hastighed og kontrast/farve.

Som eksempel er der for lokalitet "G retning nord" en maksimal sigtlængde på 567 m, dvs. at man i en afstand på 567m uhindret kan se vejbanen på lokaliteten. De registrerede detekteringslængder er markeret med "prikker" som direkte kan sammenlignes med den maksimale sigtlængde på lokaliteten.



Figur 5. Registrerede detekteringslængder opdelt på lokalitet og objekthøjde.

Som det ses, er de registrerede detekteringslængder meget afhængig af lokaliteten. For mange af lokaliteter detekteres objekterne meget hurtigt, dvs. i en afstand der næsten svarer til den maksimale sigtlængde.

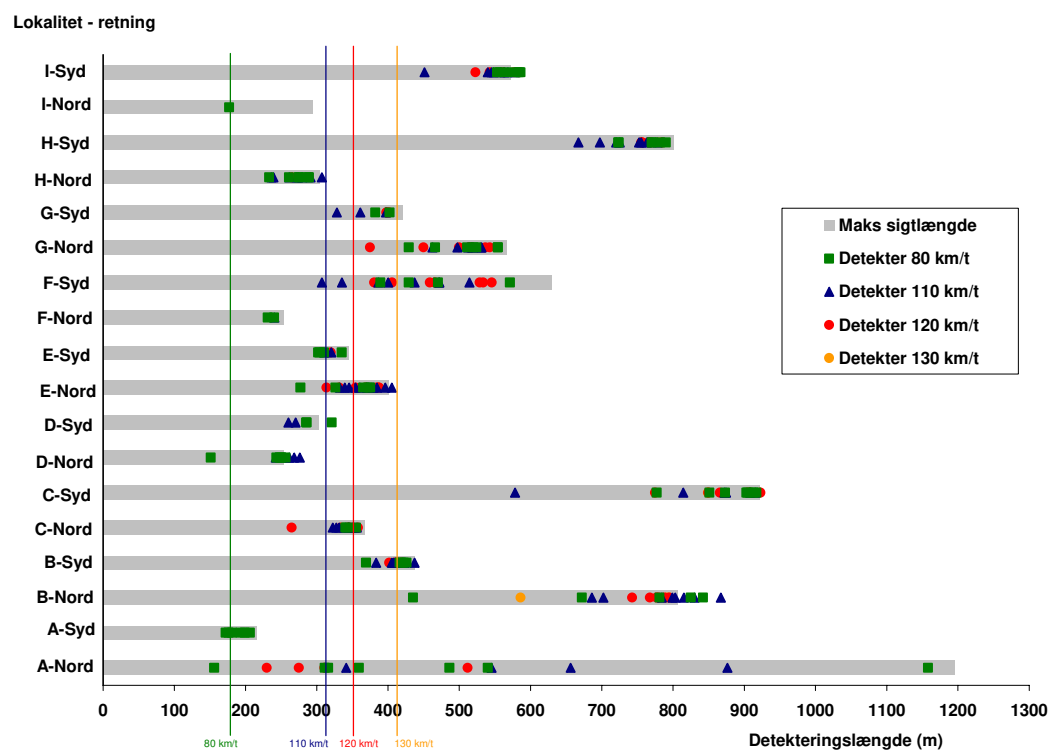
For objekter placeret i lokalitet B-nord er der observationer hvor forsøgspersonerne har angivet, at de ser et objekt tidligere end den maksimale detekteringslængde.

Den maksimale sigtlængde til lokaliteten er her begrænset af et midterautoværn. At nogen forsøgspersoner detekterer objektet tidligere må skyldes at de kan se ”henover” autoværnet eller eventuelt kan se objektet igennem autoværnet.

Generelt kan de fleste objekter ses på lange afstande, ofte større end 300-400 meter. Der er ud fra figuren ikke nogen umiddelbar forskel på objekthøjderne.

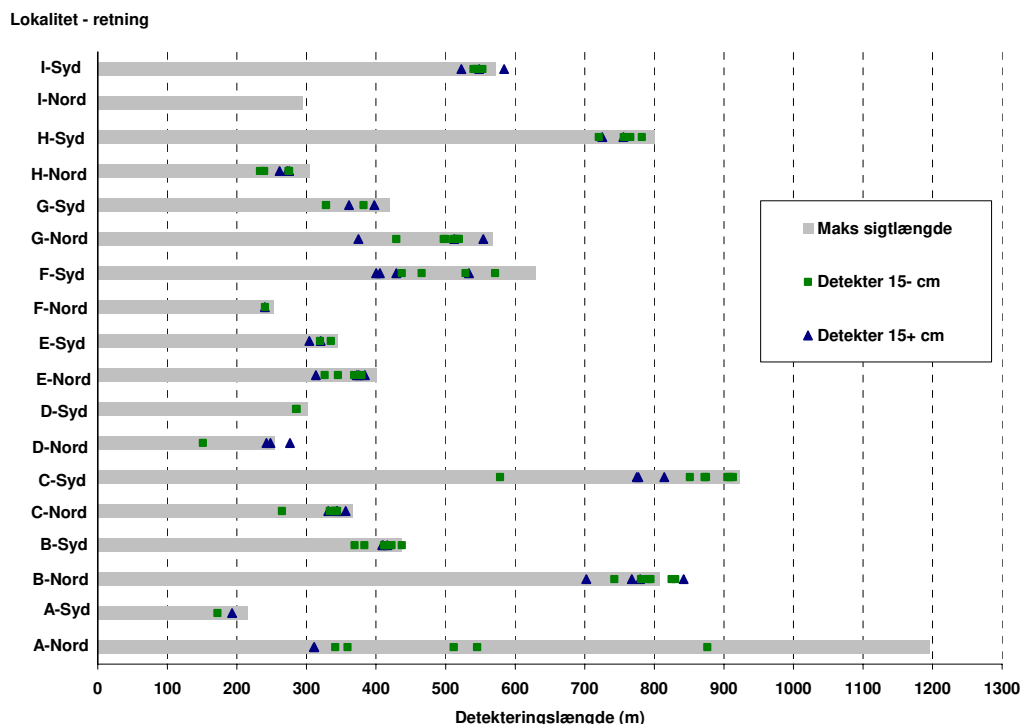
For de lokaliteter som har meget lange sigtlængder (f.eks. A-Nord) er der stor spredning på detekteringslængderne. Lokaliteter med lille sigtlængde har modsat næsten ingen spredning, dvs. at alle objekter detekteres umiddelbart efter de uhin-dret kan ses. Årsagen til stor spredning på de lange afstande skyldes højst sand-synligt, at forsøgspersonerne faktisk ser objektet, men pga. den store afstand og vejens tracé, bliver de i tvivl om hvorvidt objektet ligger på vejbanen eller er pla-ceret i midterrabatten/siderabat. Derfor giver nogen forsøgspersoner meget sent til kende, at de faktisk ser et objekt på vejen. Som observatør i bilen kunne man flere gange opleve, at forsøgspersonen helt klart ser ”noget”, men venter med at angive noget før bilen er kommet tættere på. En nærmere analyse af hastighedsprofilerne for lokalitet A-Nord er vist bilag 6. Her ses, at der på nogle af hastighedsprofiler-ne ses en hastighedsreduktion og derefter tilbagelægger forsøgspersonen 100-200 m før de detekterer. Det kunne tyde på, at de har set objektet men bliver usikker på om de skal reagere eller ej.

Figur 6 viser detekteringslængderne opdelt på hastighed og lokalitet. På figuren er endvidere vist de gældende standselængder for 80, 110, 120 og 130 km/t. I prin-cippet bør alle detekteringer ved 80 km/t ligge på den højre side af 80 km/t linien, alle 110 km/t detekteringer på højre side af 110 km/t linien osv. Størstedelen af detekteringerne gør dette.



Figur 6. Detekteringslængde opdelt på lokalitet og hastighed.

Figur 7 viser detekteringslængderne udelukkende for 15 cm objekterne, men opdelt på hvorvidt objektet har en stærk kontrast/farve (15cm +) eller en neutral kontrast/farve (15 cm -). Umiddelbart ses ingen forskel på 15cm+ og 15cm-.



Figur 7. Detekteringslængde opdelt på lokalitet og farvekontrast. (15 cm+ = stærk kontrast/farve, 15 cm - = neutral kontrast/farve).

Detekteringslængde i forhold til standselængde

En opgørelse over hvor mange detekteringer der sker på afstande mindre end Vejreglernes standselængde er vist i tabel 6. Kun de lokaliteter som reelt har en sigtlængde på minimum standselængden indgår i de forskellige hastigheder. Dvs., at der ved f.eks. 130 km/t (standselængde 262 m) – kun er medtaget de lokaliteter som reelt har en sigtlængde på mindst 262 m.

	Kun lokaliteter hvor den maksimale sigtlængde er større end	Andel detekteringer < standselængde
80 km/t	standselængde (119 m)	0 %
	standselængde + tillæg (181 m)	7 %
110 km/t	standselængde (219 m)	0 %
	standselængde + tillæg (311 m)	5 %
120 km/t	standselængde (262 m)	0 %
	standselængde + tillæg (353 m)	15 %

Tabel 6. Andel detekteringer mindre end standselængden med og uden tillæg.

Ingen af de observerede detekteringer sker på afstande mindre end standselængden uden tillæg. Ved alle hastigheder er der observeret detekteringer som er mindre end standselængde + tillæg. Ved 120 km/t sker f.eks. 15 % af detekteringerne på en afstand der er mindre en standselængden + tillæg.

Indeksering af detekteringslængder

Et forsøg på at korrigere for de forskellige maksimale sigtlængder der indgår i forsøget, kan gøres ved at man for hver lokalitet sætter de observationer der er gjort ved 80 km/t med 30 cm objekter til indeks 100. For observationer med andre hastigheder eller objekthøjder på samme lokalitet, beregnes et indekstal svarende til forskellen i detekteringslængden.

For alle lokaliteter vil en sådan indeksering af detekteringslængderne give resultater som vist i tabel 7. Som det ses er der ikke synderlig forskel på detekteringslængderne afhængig af hastighed og objekthøjde.

Objekthøjde	Hastighed (kmt)			
	80	110	120	I alt
15 cm	96	94	101	97
15 cm +	99	98	98	98
30 cm	100	103	100	101
60 cm	89	104	99	98
I alt	96	100	99	98

Tabel 7. Den gennemsnitlige detekteringslængde opgjort som indekstal. 80 km/t med 30 cm objekt = indeks 100.

Udelukkes de lokaliteter som har meget stor spredning på resultaterne (A-nord, B-nord og C-syd) fås resultater som vist i tabel 8.

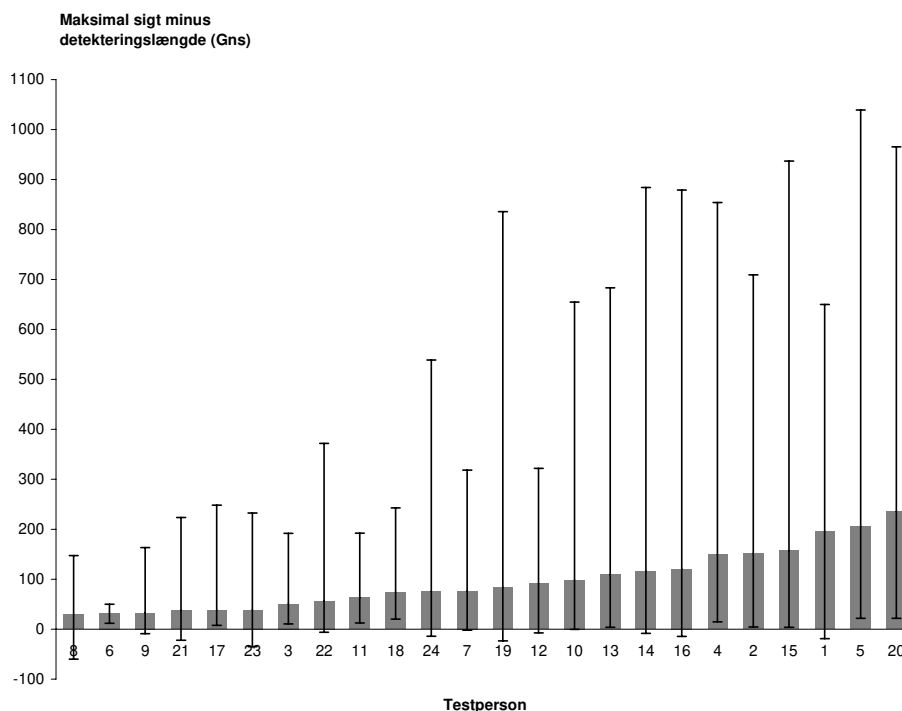
Objekthøjde	Hastighed (kmt)			
	80	110	120	I alt
15 cm	97	98	103	99
15 cm +	104	100	102	102
30 cm	100	103	104	102
60 cm	102	102	104	102
I alt	100	101	103	101

Tabel 8. Den gennemsnitlige detekteringslængde opgjort som indekstal. 80 km/t med 30 cm objekt = indeks 100. (Lokalitet A-nord, B-nord og C-syd ekskluderet)

Resultaterne fra tabel 7 viser, at detekteringslængden øges marginalt ved højere hastighed mens objekthøjden tilsyneladende ikke har nogen betydning. Kun 15 cm adskiller sig fra de andre objekter ved en mindre detekteringslængde. Forskellene er dog generelt små. (<4%).

Detekteringslængde opdelt på forsøgsperson

For at belyse hvor meget detekteringslængden afhænger af den enkelte forsøgsperson, er den gennemsnitlige afstand fra objektet kan ses (maksimal sigtlængde) til forsøgspersonen ser objektet (detekteringslængde) beregnet. Resultaterne er vist i figur 8.



Figur 8. Afstand fra objektet kan ses (maksimal sigtlængde) til objektet detekteres opdelt på forsøgsperson. Gennemsnittet er vist med de grå søjler, mens de lodrette linier angiver min og maks.

Forsøgsperson nr. 8 ser objekterne hurtigst, idet der i gennemsnit kun er 30 m fra objektet kan ses, til det bliver detekteret. Til sammenligning ser forsøgsperson nr. 20 først objektet gennemsnitlig 200 m efter at det kan ses.

De lodrette linier angiver minimum- og maksimumværdier, og som det ses har de "dårligste" forsøgspersoner generelt stor spredning på deres detekteringer. Det kunne indikere mindre opmærksomhed eller dårlig koncentration ved detektering. Forsøgsperson nr. 6 er meget stabil og detekterer alle objekter inden for de første 50 m efter objektet kan ses.

En opdeling på køn og alder viser ingen forskel i detekteringslængderne.

3.2 Genkendelse af objekt

I situationer hvor forsøgsbilisten har detekteret et objekt på vejbanen, var de instrueret til efterfølgende at "sige til" når de kunne genkende objektet. Generelt viste det sig meget svært for forsøgsbilisterne at kunne genkende objekterne, selv når de kom meget tæt på. I de situationer hvor et objekt optrådte for 2. gang, altså

hvor forsøgspersonen allerede havde passeret objektet i en tidligere gennemkørsel, kunne forsøgspersonerne dog nemt genkende objektet på relativ lang afstand.

I de efterfølgende tal er kun medtaget de genkendelseslængder som er observeret i situationer hvor forsøgspersonen møder objektet første gang. Tabel 8 viser midelværdien af genkendelseslængderne for de 7 objekter. Som tidligere nævnt var adfærden meget forskellig efter at objektet er detekteret. En opdeling på hastighedsniveau er derfor ikke mulig.

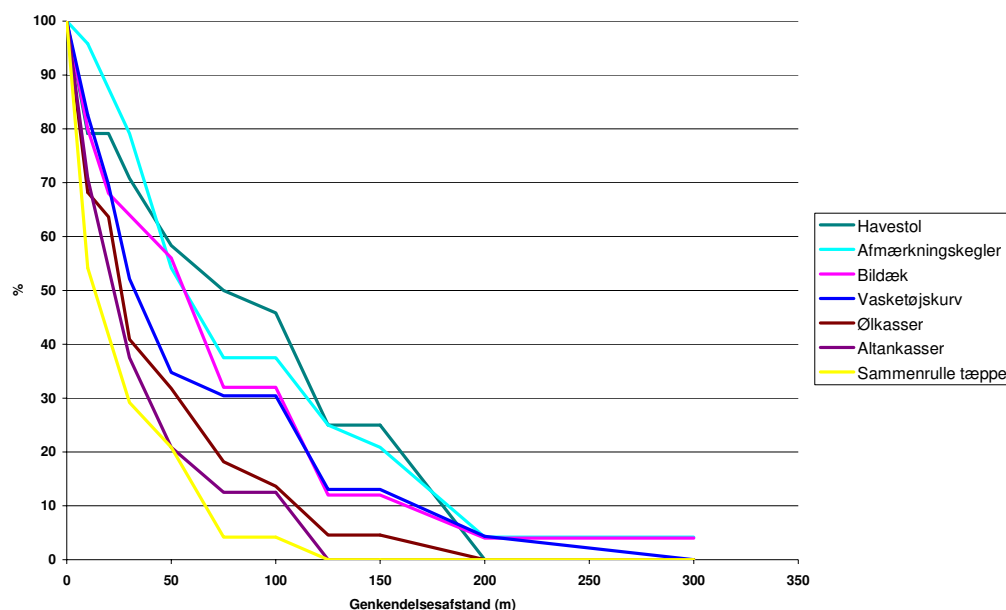
Objektnr	Højde	Beskrivelse	Gennemsnitlig genkendelseslængde
1	15 cm	2 bildæk	60 m
2	15 cm	Sammenrullet tæppe	18 m
3	15 cm	2 – afmærkningsstandere (høj kontrast)	72 m
4	30 cm	2 altankasser med lyngplanter	26 m
5	30 cm	2 ølkasser med flasker	34 m
6	60 cm	Liggende plastik havestol	71 m
7	60 cm	2 – vasketøjskurve	50 m
Gennemsnit			47 m

Tabel 8. Gennemsnitlig genkendelseslængde.

Det objekt som i gennemsnit blev genkendt på størst afstand var de 2 afmærkningsstandere efterfulgt af den liggende plastik havestol, mens det sammenrullede tæppe tilsyneladende er svært at genkende.

Objekthøjden har tilsyneladende ikke den store indflydelse på genkendelseslængden. Det er nok mere en kombination af form, farve og objektets silhuet (omrids) der bestemmer hvor nemt det er at genkende.

Der er stor variation i de observerede genkendelseslængder. Figur 9 viser andelen (%) der har genkendt et objekt afhængig af afstanden.



Figur 9. Andel af genkendelser i % opdelt på afstand og objekt.

3.3 Adfærd

Baseret på observatørernes subjektive oplevelser af forsøgspersonernes adfærd, må det siges, at bilisterne reagerer meget forskelligt ved objekt-detektering. Adfærden er dels personafhængig og dels afhængig af hvor mange gennemkørsler forsøgspersonen allerede har gennemført samt det aktuelle hastighedsniveau.

Nogen forsøgspersoner reducerer hastigheden meget, mens andre næsten ikke ændrer hastighed. Alle forsøgspersoner skifter dog vognbane ved passage af objektet.

Enkelte forsøgspersoner tog den opgave, at skulle kunne genkende objektet meget seriøst, hvilket medførte, at de kørte meget langsomt forbi objektet for bedre at kunne se hvad det var. Andre forsøgspersoner reducerede hastigheden marginalt efter detektering og skiftede blot vejbane for derefter at passere objektet med høj hastighed.

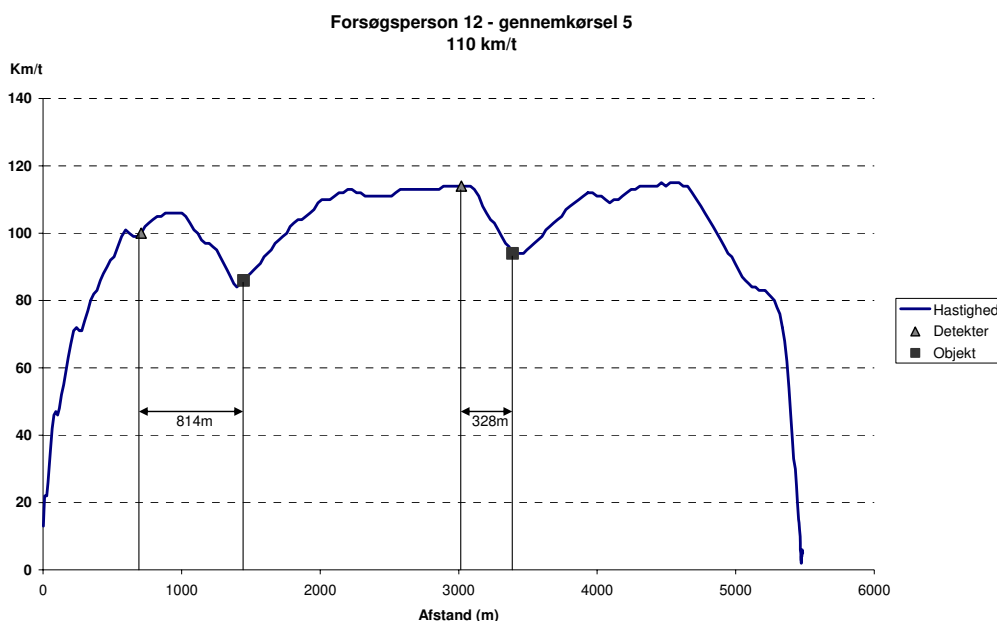
Generelt blev der observeret mindre hastighedsreduktioner ved objekt-passage i de sidste gennemkørsler, hvor forsøgspersonen er blevet fortrolig med hvordan forsøgene fungerer og hvor enkelte objekter optræder for 2. gang. Dvs. at de allerede har genkendt objektet på god afstand.

Alt i alt må det konstateres, at adfærden hos forsøgsbilisterne i høj grad er præget af, at være i en kunstig forsøgssituation. Derfor vil den ikke repræsentere den adfærd man kunne forvente i en almindelig trafiksituation. Der er derfor ikke forta-

get en nærmere analyse af alle hastighedsprofilerne ved gennemkørslerne. I det efterfølgende præsenteres dog et par eksempler til illustration. I bilag 7 findes endvidere hastighedsprofiler for alle forsøgspersonerne, men kun for den 1. gennemkørsel hvor der optræder et objekt på vejbanen. Den adfærd som forsøgspersonerne udviser 1. gang de møder et objekt anses for at være den situation der kommer nærmest en realistisk trafiksituation.

Ved hjælp af GPS-logger er bilens position registreret 1 gang per sekund. Samtidig er detekteringstidspunkt samt passagetidspunkt af objekt registreret og gemt sammen med GPS-data. Det er derved muligt at beregne forsøgsbilens hastighedsprofil sammenholdt med objektplacering.

Et eksempel på registreret hastighedsprofil er vist i nedenstående figur. Forsøgspersonen er blevet bedt om at køre med 110 km/t. Efter start (0 m) accelereres, men bilen når kun op på 100 km/t før det første objekt detekteres i en afstand af 814 m. Bilen sænker hastigheden og objektet passerer med en hastighed på ca. 85 km/t hvorefter der accelereres til ca. 110 km/t. Det næste objekt detekteres i en afstand af 328 m hvorefter hastigheden reduceres til ca. 95 km/t. Efter at objektet er passeret accelereres igen til ca. 110 km/t.

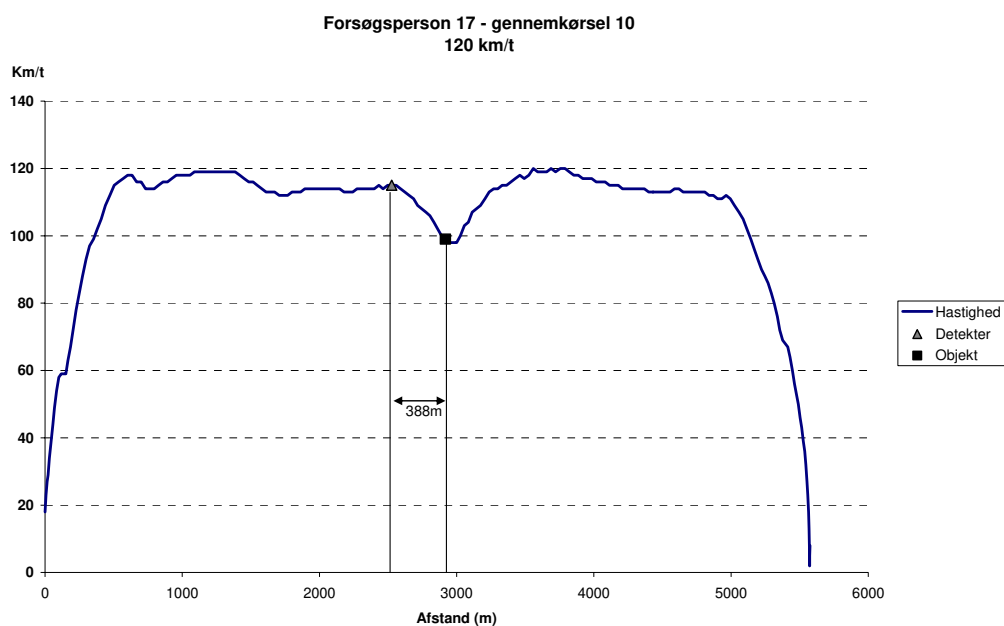


Figur 10. Registreret hastighedsprofil for gennemkørsel med 2 objekter. Kørselsretning mod højre med 110 km/t.

Objekternes placering var valgt således, at det uden problemer skulle være mulig at accelerer op til den valgte hastighedsniveau før et objekt kunne ses. Forsøgspersonen har i figur 10 kørt meget defensivt og nåede som ført nævnt kun op på 100 km/t mod de forventede 110 km/t før objektet blev detekteret.

Et andet eksempel på hastighedsprofil er vist i figur 11. Hastighedsniveauet er her som udgangspunkt 120 km/t. Et objekt detekteres i 388 m afstand og der decelereres til ca. 100 km/t hvorefter hastigheden igen øges.

Som tidligere nævnt blev der observeret en misvisning på bilens speedometer som viste 2-3 km/t for lidt.



Figur 11. Registreret hastighedsprofil for gennemkørsel med 1 objekt. Kørselsretning mod højre med 120 km/t.

4 Diskussion og konklusion

Nærværende rapport beskriver resultaterne fra et forsøg, som har til formål at undersøge på hvor lang afstand bilister kan se objekter med forskellige højder ved forskellige hastighedsniveauer.

24 forsøgspersoner har hver gennemkørt en 6 km lang vejstrækning 6-10 gange med forskellig hastighed. På hovedparten af gennemkørslerne var der placeret et eller to objekter på vejbanen, hvilket har givet i alt 254 observationer af detekteringslængden.

Baseret på de målte detekteringslængder må det konstateres, at der tilsyneladende ikke kan påvises nogen forskel i detekteringslængden afhængig af hverken hastighedsniveau eller objekthøjde. Generelt detekteres objekterne på så stor afstand, at det er vejens tracé, og dermed den maksimale sigtlængde på lokaliteten, der afgør på hvor stor afstand objektet kan ses.

Resultaterne viser, at når man beder en bilist om at køre på en vejstrækning, hvor der i øvrigt ikke er anden trafik eller andre distraherende elementer, og hvor bilisten kigger koncentreret på vejen, er det fysisk muligt for bilisten at detektere objekter på 15 cm højde på op til 900 m afstand.

Den gennemsnitlige detekteringsafstand (for alle observationer) blev målt til 458 meter på den givne vejstrækning. 85% fraktilen (den afstand hvor 85% af bilisterne har set objektet) blev målt til 281 meter.

Den anbefalede stopsigt ved f.eks. 110 km/t er 311 m (inkl. tillæg). Flere af de observerede detekteringslængder er mindre end 311 m. Det betyder reelt, at ved 110 km/t vil der på den givne strækning være bilister som for sent opdager et eventuelt objekt på vejen.

Medtages kun de observationer, hvor bilisten reelt har haft mulighed for at se objektet inden for standselængden (inkl. tillæg), viser det sig, at mellem 5 og 15 % af detekteringerne sker i en afstand mindre end standselængden (inkl. tillæg). Ingen af detekteringerne sker dog på afstande mindre end standselængden uden tillæg.

Alle observationer er foregået i et kontrolleret forsøg og kan derfor ikke direkte overføres til en almindelig trafiksituation. I en almindelig trafiksituation vil bilistens opmærksomhed ikke alene være koncentreret om objekter på vejen, men vil også være påvirket af andre elementer i og uden for bilen. Det må derfor forventes, at detekteringslængder i en alm. trafiksituation vil være kortere end observeret her i forsøget.

En sammenligning af resultaterne fra denne undersøgelse med detekteringslængderne for de amerikanske undersøgelser viser, at de danske detekteringslængder er noget længere end de amerikanske. Den gennemsnitlige detekteringslængde er i den amerikanske undersøgelse ca. 220 m for et 15 cm objekt mod ca. 450 m i det danske. Det fremgår dog ikke helt klart af de amerikanske undersøgelser, hvor lang den maksimale sigtlængde er på lokaliteten, men den formodes at være tilstrækkelig lang. Objekterne i det amerikanske forsøg er endvidere små i størrelse (dybde/bredde) og er placeret ved vejbanekant, hvilket kan have indflydelse på hvor godt objektet ses på afstand.

Som i den amerikanske undersøgelse har bilisterne i dette forsøg generelt svært ved at genkende objekterne, selv på kort afstand. Et af de objekter som genkendes bedst, var de to afmærkningskegler (15cm objektet med høj kontrast). Det skyldes formentlig den orange farve som tydeligt forbindes med afmærkningskegler eller andet afspærringsmateriel ved f.eks. vejarbejde.

Som udgangspunkt var det før forsøget ventet, at lavere hastighed og højere objekthøjde begge ville bidrage til længere detekteringslængder.

Lavere hastighed skulle give længere detekteringslængder, da bilisten ved lav hastighed kan få ”mere tid” til at koncentrere sig om at køre bilen og være opmærksom på hvad der sker på kørebanen.

Højere objekthøjde skulle give længere detekteringslængder, da objektet ren visuelt fylder mere, hvilket skulle nedsætte grænsen for hvad det menneskelige øje faktisk ”kan se” på lang afstand.

Det må konstateres, at inden for de grænser som forsøget dækkede (80-120 km/t og 15-60 cm objekthøjde), kan der ikke påvises nogen forskel i detekteringslængden på den givne vejstrækning. For virkelig at sætte det menneskelige øje på en prøve, bør objekthøjden på den givne strækning mindskes til mindre end f.eks. 5 cm. Alternativt findes en 3-4 km lang lige vejstrækning hvor den maksimale sigtlængde på lokaliteten på ingen måder sætter nogen begrænsning for den visuelle formåen.

At hastigheden tilsyneladende ikke har stor betydning for detekteringslængden skyldes formentlig, at forsøget foregik på en vej af høj klasse, hvor der ikke ”kræves” ret meget af bilisten for at styre bilen sikkert gennem strækningen. Var forsøget foregået på en vejstrækning med f.eks. smalle kørespor og modkørende trafik, ville bilisten have mindre ”overskud” til at kigge efter objekter, hvilket ville give kortere detekteringslængder.

Skal man vurdere de gældende standselængder ud fra resultaterne i forsøget, må det siges at standselængderne generelt set er på den forsigtige side. Der er noget der tyder på, at det ikke er detekteringen af objekter på vejbanen der er en kritisk faktor for bestemmelse af standselængden.

Forsøgene viser også, at det rent praktisk i et full scale køreforsøg, kan være svært at påvise nogen sammenhæng mellem objekthøjde, hastighed og detekteringslængde. Et muligt alternativ kunne være at bruge en køresimulator hvor mulighederne for forskellige vejudformninger, trafiksituationer, objekter mm kan testes uden risiko for bilisten.

5 Referencer

- [1] Determination of Stopping Sight Distances, NCHRP report 400 TRB, 1997.

Bilag 1 - Litteratur review

Kortfattet resumé af:

Determination of Stopping Sight Distances

NCHRP Report 400

TRB, 1997

Problemformulering

Den daværende (1997) procedure for bestemmelse af stopsigt i AASHTO er baseret på, at en normal personbil der kører med designhastighed på våd vejbane, skal kunne nå at reagere og stoppe bilen før køretøjet rammer et stationært objekt. AASHTO's metode til beregning af stopsigt er udviklet i 1940, og selvom de enkelte parameterværdier til beskrivelse af bilist/køretøj er ændret siden, er selve modellen den samme.

Flere har stillet spørgsmålstejn ved modellens validitet og brugbarhed ved stop/bremsesituationer. Derudover er den sikkerhedsmæssige effekt af længere eller kortere stopsigtlængder aldrig blevet dokumenteret.

Delopgaver i undersøgelsen

Følgende delopgaver indgår i undersøgelsen:

- Review af eksisterende litteratur
- Evaluering af eksisterende databaser
- Kritiske analyser af Stopsigts modeller/beregninger
- Køreegenskaber for bilister
- Bilisters synsegenskaber (hvor godt ser bilisterne)
- Øjenhøjde og køretøjshøjder
- Uheldsanalyser
- Kørehastighed

Baggrund

AASHTO's stopsigt model består af to dele. Opfattelse/reaktionstid og bremsning, som begge er baseret på simple fysiske love. Køretøjet bevæger sig en bestemt længde under reaktionstiden og under bremsningen. Parameterværdierne til beregningerne af reaktionslængde og bremselængde er for bilistegenskaber, køretøjsegenskaber, vejtilstand, mm. alle "på den forsigtige side" hvilket gør at den samlede sikkerhedsmargen bliver ret stor.

Hvorfor ændre beregningsmetoden ?

Der er bred enighed om, at de nuværende metoder til beregning af stopsigt giver veldesignede og sikre veje. Der er dog rejst kritik af de enkelte parameterværdier som ikke skønnes repræsentative for den nuværende køreadfærd og trafikmiljø.

Stopsigtlængder baseret på køreadfærd

Nærværende undersøgelse er kommet frem til en revurderet metode til beregning af stopsigtlængde som er baseret på bilisternes egenskaber og adfærd i forbindelse med et uventet objekt på vejen.

$$\text{Stopsigtslængde} = 0,278 \cdot V \cdot t + \frac{0,039 \cdot V^2}{a}$$

hvor V er hastighed (km/t)
 t er opfattelses/reaktionstid (sek)
 a er køretøjets deceleration

En implicit forudsætning for modellen er, at vejbane/dæk friktionen svarer overens med bilistens forventninger.

De følgende afsnit beskriver hvordan modellen er fremkommet.

Sammenligninger med andre lande

Den nuværende AASHTO model giver stopsigtlængder der er længere end hvad andre lande benytter, hvilket skyldes at andre lande typisk bruger 85% fraktilen for hastighedsniveauet og kortere reaktionstid. AASHTOs øjenhøjde ligger midt i feltet af hvad andre lande bruger, mens genstandshøjden er meget lille i sammenligning med andre lande. Det betyder at stopsigtlængden for vertikale kurver vha. AASHTO metoden bliver meget lang.

Bremsning af køretøj

Mange har stillet spørgsmål til brugen af ABS og hvad det betyder for bremselængden ved beregning af stopsigt. Bremslængder med ABS er generelt lidt kortere, især på våd vejoverflade.

Friktion på vejoverflade

En undersøgelse af udvalgte amerikanske vejenes friktion viste, at hovedparten opfyldte de friktionsværdier som kræves af AASHTO's beregninger af stopsigt.

Bilistfærdighed i forbindelse med bremsning

AASHTO anbefaler 2,5 sek. reaktionstid i forbindelse med alle stopsigtsberegninger. De 2,5 sek. er baseret på flere ældre studier. I alt 10 litteraturstudier er refereret – studier som dels har målt reaktionstider ved forventede hændelser og dels ved uventede hændelser. Som gennemsnit viste de uventede hændelser reaktionstider på ca. 1,3 sekunder, mens de ventede hændelser viste reaktionstider på 0,6 – 0,7 sek. For alle målinger er der nogen spredning, men det viser sig, at ca. 90% af alle bilister har en reaktionstid der er mindre en 2,5 sek. AASHTO anbefaler derfor 2,5 sek.

For at undersøge bilisters bremse adfærd nærmere, blev der gennemført 4 forsøg hvor der blev målt reaktionstid, bremselængde og decelerationer ved uventede og

forventede stop. I måleprogrammet tog man højde for bilistfærdigheder, køretøjsegenskaber, ABS bremses, våd/tør vejbane og vejgeometri.

Studie 1 var et bremseforsøg på lukket bane med 9 testkørere som udgjorde en slags pilotforsøg, som skulle fastlægge indholdet i de resterende forsøg. Studie omtales derfor ikke nærmere.

Studie 2 var et bremseforsøg på lukket bane med 26 testkører hvor der blev foretaget bremseforsøg med 55 mph (88 km/t) under følgende forhold: med/uden ABS, våd/tør vejbane, vejkurve/lige strækning. Forsøget bestod både af uventede stop (med objekter på vejen / stop ved visuelt signal) og med kontrollerede bremseforsøg.

Studie 3 var i princippet identisk med studie 2, blot med den forskel at testkørerne kørte i deres egne biler og ikke i en forsøgsbil.

Studie 4 foregik på åben vej (med anden trafik) og bestod af en uventet hændelse i form af en tønne der pludselig kommer trillende i vejkanten. Testkørerne var ikke på forhånd informeret om forsøget. I forsøget målte man primært reaktionstid og styremanøvrer.

Resultater fra studie 2-4

Reaktionstid:

Ved uventede hændelser var reaktionstiden forskellig i studie 2,3 og 4. Studie 2 viste, at testkørere der kører i en forsøgsbil, har kortere reaktionstider end dem der kører i deres egen bil. Det indikerer at testkørerne er mere opmærksomme når de bliver sat til at køre en forsøgsbil. Middelreaktionstiderne blev målt til 0,8 sek. (studie 2), 1,1 sek. (studie 3) og 1,1 sek. (studie 4). Samlet blev 95% fraktilen beregnet til 1,98 sek.

For de ventede hændelser var de målte reaktionstider som ventet mindre (0,5-0,6 sek.) Unge bilister havde lidt kortere reaktionstid (0,1 sek.) i forhold til ældre. Ligeledes havde mænd lidt kortere reaktionstid (0,04 sek) i forhold til kvinder. Reaktionstiden var kortere på våd vejbane i forhold til tør vejbane, og kortere på lige strækninger i forhold til vejkurver.

Bremselængde:

Bremselængderne var længere for de ventede hændelser i forhold til de uventede hændelser. Det skyldes formentlig, at de uventede hændelser virkede voldsomme og bilisterne derved accepterede en større deceleration. Bremslængden for de uventede hændelser var ca. 25% kortere end for de ventede. Der var ingen forskel på bremselængden i vejkurver og på lige strækning hvilket skyldes at bilisterne alligevel kun udnytter 75% af den mulige friktion ved testkøretøjet. Brug af ABS

gav 10-15% kortere bremslængder, hvilket især gav udslag ved våd vejbane og i vejkurver.

Decelerationsværdier:

En meget detaljeret analyse af decelerationsværdierne blev gennemført hvor der er set på en række forskellige forhold (ABS, føre, kurve/lige strækning mm). Kort fortalt, blev den gennemsnitlige (konstante) decelerationsværdi fundet til at ligge i området $4,4 - 6,1 \text{ m/sek}^2$. De maksimale decelerationsværdier under bremsningen er dog højere ($> 9,0 \text{ m/sek}^2$). Baseret på 88 km/t som udgangshastighed, valgte 95% af alle bilister uden ABS en konstant deceleration på mindst $2,8 \text{ m/sek}^2$ på våd vej.

Bilisters synsegenskaber

Bilisters synsegenskaber relateret til stopsigt er vigtig, da de generelt kan være den begrænsende faktor ved objekt detektering og genkendelse i f.eks. mørke eller ved meget lange stopsigtslængder.

De efterfølgende afsnit omhandler litteratur-reviews mht. synsegenskaber og resultaterne fra to forsøg på lukket vejbane.

Kun få har stillet spørgsmålstegn ved om det overhovedet er muligt, at se en genstand på vejen inden for den nødvendige stopsigt. F.eks. er det tvivlsomt om en bilist kan se en 15 cm genstand indenfor stopsigtslængden, hvilket kræves ifølge AASHTO på motorveje. Det betyder at en bilist på en afstand af 180 m (med 20/40 syn) skal kunne se genstande/objekter, der er meget mindre end hvad synsmæssigt er muligt. Genstande skal være 3.5 gange større for at være synlige for bilisterne påstås ifølge nogle undersøgelser.

Da opfattelse og genkendelse er to forskellige ting, stilles der ligeledes spørgsmålstegn ved den antagelse, at bilisten kun skal kunne se toppen af genstanden for at kunne genkende, reagerer og evt. stoppe. Man har beregnet, at den tid det tager for en 15 cm genstand at blive synlig ved 90-100 km/t, svarer til at stopsigten bliver reduceret med 50 m.

Andre faktorer som fx luminance contrast, color contrast, ambient luminance level og glare er vigtige for synlighed.

De svenske design standards opererer med obstruction højde og synligheds vinkel. Obstruction højden er sat til 20 cm, som er den lodrette højde fra vejoverflade til toppen af genstanden. Derudover skal genstanden være synlig for et "normalt øje". Ved dagslys, vil 1 bue minut (1/60 af en grad) være den minimale vinkel som en genstand skal "fylde" for at en bilist med 20/20 syn skal kunne opfatte den. Det svarer til 2 cm ved 70 m afstand, 3,5 cm ved 120 m afstand, 5 cm ved 165 m afstand og 5,5 cm ved 195 m afstand.

Andre undersøgelser mener, at 1 bueminut ved ideelle lys og kontrastforhold er tilstrækkelig for bilisten til at vurdere en genstand, men i praksis behøves ca. 5 bueminuter, pga. de atmosfæriske forhold der slører billedet og det generelle vej-miljø som bilisten færdes i.

Praktiske forsøg med testkører der under kørsel blev mødt med genstande af forskellig størrelse og form, skulle tilkendegive hvornår de ville reagere og om de ville bedømme genstandens omfang farligt. Forsøgene viste, at et objekt på 10-12 cm udløste moderat reaktion (i form af bremsning eller vognbaneskit).

To pilot forsøg blev gennemført for at undersøge bilisters evne til at detektere og genkende forskellige objektstørrelser ved forskellige lysforhold. Forsøg 1 blev gennemført under dagslys med 6 forskellige objekthøjder og 45 forsøgsbilister. Forsøg 2 blev gennemført i mørke med 7 forskellige objektstørrelser og 20 bilister. Begge forsøg blev gennemført på en lukket vejstrækning.

Forsøgsbilisterne blev bedt om at køre vejstrækningen som om den var en alm. 2 sporet vejstrækning, og bilisten skulle sige "nu" når det så noget på vejen. Derefter skulle bilisten fortælle hvad det var de så, når de havde genkendt objektet. Hver bilist kørte vejstrækningen igennem flere gange med forskellige objekter/genstande for hver tur. Hastighedsniveauet var ca. 90 km/t hvor der kræves 131 m stopsigt.

6 forskellige objekter mellem 10 og 45 cm højde og med forskellige kontrastegenskaber blev testet. Afstand, tid og hastighed blev registreret da objektet blev detekteret sammen med bilisten bremse og styreadfærd. Tabellen herunder viser 50% fraktilen for afstanden til objektet ved detektering og ved genkendelse.

Objekt	50%-fraktil	
	Detektering	Genkendelse
Bræt (10 cm)	113 m	44 m
Udstoppet sort hund (15 cm)	227 m	39 m
Udstoppet hvid hund (15 cm)	213 m	30 m
Dæk - afrevet slidbane (20 cm)	333 m	155 m
Træ pind (30 cm)	218 m	81 m
Høballe (45 cm)	371 m	169 m

Store objekter og objekter med stor kontrast blev detekteret tidligst. Stopsigten ved 90 km/t er ifølge AASHTO 131 m, og alle objekter på nær 10 cm brættet blev detekteret tidligere end 131 m.

For 15% fraktilen af målingerne (ej i tabel) blev brættet først detekteret ved 0m (ved overkørsel) og den hvide hund ved 70 m - altså langt under stopsigtlængde.

den. Undersøgelsen viste, at der ikke var nogen statistisk forskel på unge og gamle bilister.

I forsøg 2 - som blev gennemført om natten i mørke - blev der benyttet 7 objekter. En personbil set fra siden, en personbil set bagfra, en motorcykel set bagfra, en 50 cm kegle, 100 cm udstoppet rådyr, 20 cm slidbane fra dæk, 180 cm mannequin i mørkt tøj. Forsøget blev gennemført både med nær- og fjernlys (langt lys).

Ved nærlys kunne kun få bilister detektere eller genkende objekter indenfor stopsigtlængden. Kun "bil set fra siden" og "bil set bagfra", blev som gennemsnit detekteret ved afstande på mere end de 131 m. Kun "bil set bagfra" blev genkendt på mere end 131 m afstand. Som forventet, blev objekter ved kørsel med fjernlys detekteret og genkendt ved længere afstande end ved kørsel med nærlys. Alle objekter blev her detekteret på afstande større end 131 m, på nær bildæk og keglen.

Resultaterne viser at,

- bilister i dagslys kan detektere objekter med høj kontrast og en højde på 15 cm ved eller ved større afstande end de i AASHTO krævede stopsigt (131 m ved 90 km/t).
- Det samme kan siges for objekter med en højde på 30 cm uanset kontrast egenskaber.
- Bilister har ikke synsmæssige egenskaber til at genkende objekter der er mindre en 30 cm ved stopsigtlængden eller ved større afstande. Genkendelse er ikke en absolut nødvendighed ved stopsigt, men bilisten skulle gerne kunne genkende et objekt hvis det er til stor fare.
- I mørke er en overvejende del af bilisterne ikke i stand til at detektere eller genkende farlige objekter indenfor stopsigtlængden (131 m). Eneste undtagelser er objekter som har lys på eller er retro reflective (baglygter eller sidereflekser).
- Detektering, og specielt genkendelse, af potentielle farlige objekter ved afstande på 131m er mere usandsynlig ved nærlys end ved fjernlys.

Øjenhøjde og køretøjshøjde

I modellerne til beregning af stopsigt benyttes øjenhøjde og køretøjshøjde. Der blev gennemført et litteraturundersøgelse samt indsamling af data for øjenhøjde, forlygte-, baglygte- og køretøjshøjder for personbiler, multipurpose biler og lastbiler.

For personbiler var middelværdien for øjenhøjde 115 cm, forlygte 65 cm, baglygte 73 cm og køretøjshøjde 138 cm. 15% fraktilerne var ca. 5-10 cm lavere.

Trafiksikkerhed

I denne delundersøgelse forsøges påvist hvorvidt reduceret stopsigt har nogen indflydelse på antallet af registrerede uheld. 43 strækninger med 439 uheld i tre delstater indgik i undersøgelsen hvor vejgeometri, uheldsdata, stopsigt indgik i analyserne.

Resultaterne viste, at hverken begrænset stopsigt eller moderate begrænsninger i stopsigt udgjorde noget trafiksikkerhedsproblem for de analyserede strækninger. Dette gælder også for ældre bilister og lastbiler.

Hastighed og sigtelængder

I denne delundersøgelse blev der kigget på hastigheden på strækninger med reduceret sigtelængde i forbindelse med konvekse vertikale kurver (bakketop). De målte hastigheder lå generelt højere end hvad vejdesignet tillod. Jo lavere designhastigheden var, jo større forskel var der mellem designhastigheden og den hastighed som bilisterne kørte.

Bilag 2 - Objektoversigt

Objektnr.	Højde	Beskrivelse	Foto
1	15 cm	2 bildæk	
2	15 cm	Sammenrullet tæppe	
3	15 cm	2 – afmærkningsstandere	
4	30 cm	2 altankasser med lyngplanter	
5	30 cm	2 ølkasser med flasker	
6	60 cm	Liggende plastik havestol	
7	60 cm	2 – vasketøjskurve	

Bilag 3 - Objekter på forsøgsstrækning



Objekt 1 (15 cm) – 2 bildæk



Objekt 2 (15 cm) – sammenfoldet tæppe



Objekt 3 (15 cm) – Afmærkningsstandere



Objekt 4 (30 cm) – 2 altankasser med lyngplanter



Objekt 5 (30cm) – 2 ølkasser



Objekt 6 (60 cm) – liggende plastikhavestol



Objekt 7 (60 cm) – 2 vasketøjskurve

Bilag 4 - Information til bilister inden start

Information til bilist inden forsøgsstart

(stikord til mundtlig information før start)

- Det som vi skal bede dig om, er at køre vores bil frem og tilbage på vejstrækningen lige her ved siden af.
- Strækningen er ca. 6 km lang og er ikke åbnet for trafik endnu. Du skal gennemkøre strækningen 7-10 gange.
- Når du kører på strækningen skal du kører som om du ville have gjort på en hvilken som helt vej. Du skal så vidst muligt blive i din egen vognbane.
- Du vil før hver gennemkørsel få at vide med hvilken hastighed du skal køre. (Hastigheden skal du så vidt muligt holde på hele strækningen. Dog afpasses hastigheden ved slutningen af strækningen hvor der bilen stoppes og vendes før næste gennemkørsel.)
- Når du kører på strækningen, vil du ind i mellem opleve, at der kan ligge "ting" eller "genstande" på kørebanen. Hvis du ser, at der ligger noget på kørebanen mens du kører - skal du straks sige det til observatøren som er med i bilen. Det er vigtigt at du "siger til" lige så snart du ser noget.
- Kun ting på kørebanen indgår i forsøget. Ignorer genstande i nødspor (bygge-materialer mm)
- Hvis du ser at der ligger noget, skal du også angive hvad det eventuelt er som ligger på kørebanen så snart du kan genkende det.
- Hvis du oplever, at der ligger noget på vejen skal du reagere på samme måde som hvis du kørte på en alm. vej med trafik - dvs. du tilpasser hastigheden til hvad du synes er rimeligt.
- Det vigtige i forsøget er, at du siger til så snart du ser hvis der ligger noget på vejbanen. Derudover skal du sige når du kan genkende hvad det er.
- Ellers skal du køre bilen som du ellers ville gøre.
- Sluk ikke motoren undervejs (ellers mister vi strøm til måleudstyr)
- Vi starter først forsøget efter den første gennemkørsel. Dvs., at nu kører vi strækningen igennem så du får mulighed for prøve bilen og se vejstrækningen

før vi begynder. For at blive fortrolig med bilen må du gerne prøve at bremse, dreje, vende osv osv.

- Har du ellers nogle spørgsmål ?

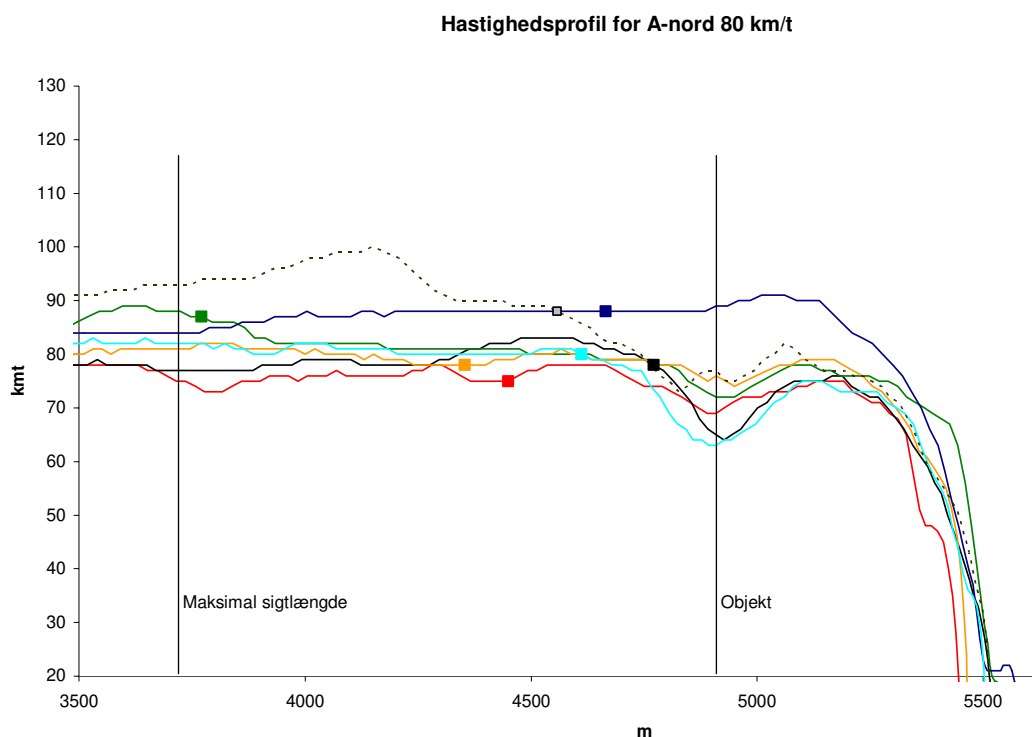
Bilag 5 - Eksempel på måleprogram

Objekthøjder og sigtlængder – måleprogram												
Forsøgsperson nr 8		Navn: Arve		Dato: 11/9 10:30								
Gennemkørsel nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hastighed	110	110	120	110	120	110	80	120	110	80		
Start kl:												
Køreretning	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
A							1			5		
B				7				6				
C					3							
D										3		
E												
F						4	2					
G								4				
H												
I									7			
1. objekt – Trip1		345		852	758		161	526	399	883		
1. objekt – Trip2		0		-10	-150		-10	-100	1	237		
1. objekt – Trip3												
2. objekt – Trip1					538		500		553	1147		
2. objekt – Trip2					0		0					
3. objekt – Trip3												

Bilag 6 – Hastighedsprofil for A-Nord

Nedenstående figurer viser hastighedsprofilet de sidste ca. 1500 m før lokalitet A retning nord, opdelt på 80, 110 og 120 km/t.

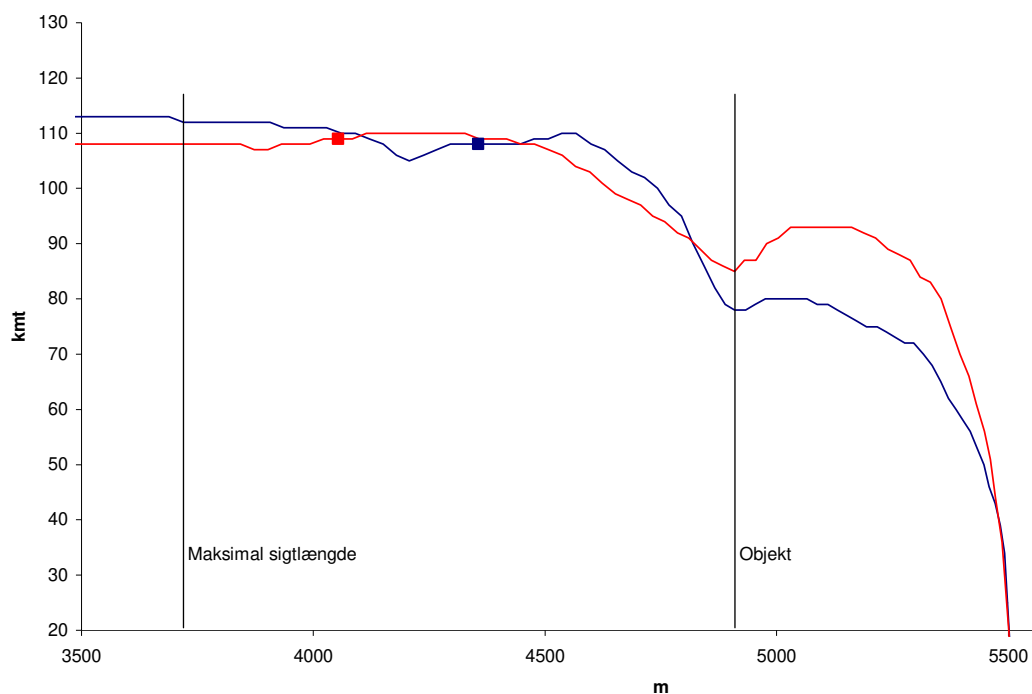
For denne lokalitet er der observeret stor variation i detekteringslængderne. Grunden hertil, er ud fra en subjektiv vurdering, at forsøgspersonerne ser objektet men bliver i tvivl og derfor venter med at sige noget til de er kommet tættere på. Hastighedsprofiler for lokaliteten skulle hjælpe til at vise hvordan adfærden for denne lokalitet er.



Hastighedsprofil for A-Nord (80 km/t). Markeringer angiver detektering.

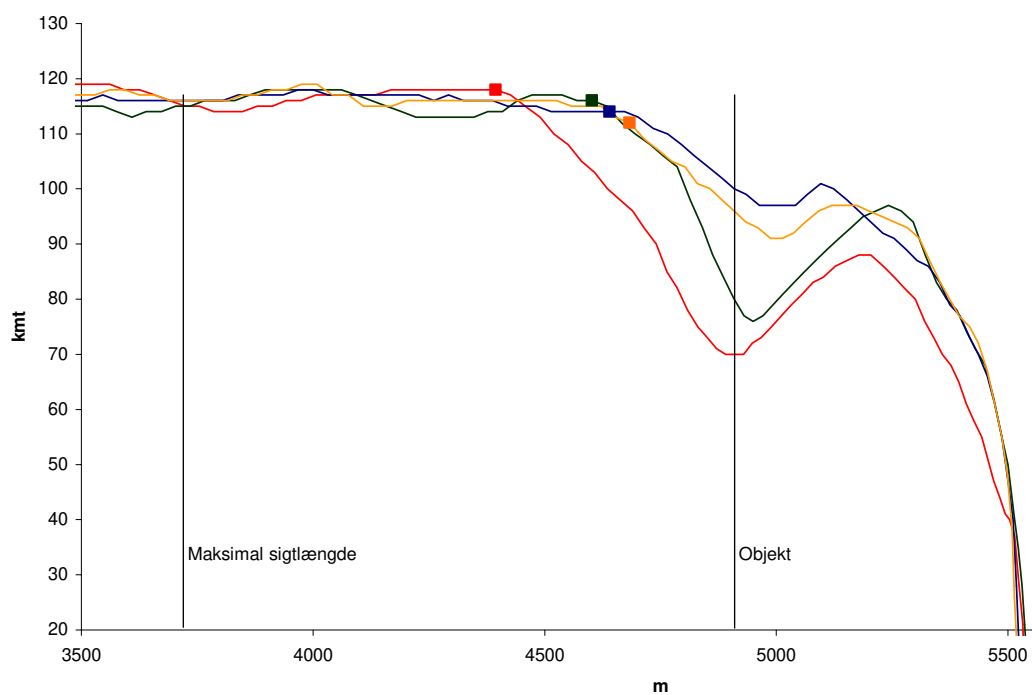
For nogle af hastighedsprofilerne ses, at hastigheden falder og derefter tilbage-lægger forsøgspersonen 100-200 m før de detekterer, hvilket kunne tyde på at de har set objektet, men bliver usikker på om de skal reagere eller ej.

Hastighedsprofil for A-nord 110 km/t



Hastighedsprofil for A-Nord (110 km/t). Markeringer angiver detektering.

Hastighedsprofil for A-nord - 120 km/t

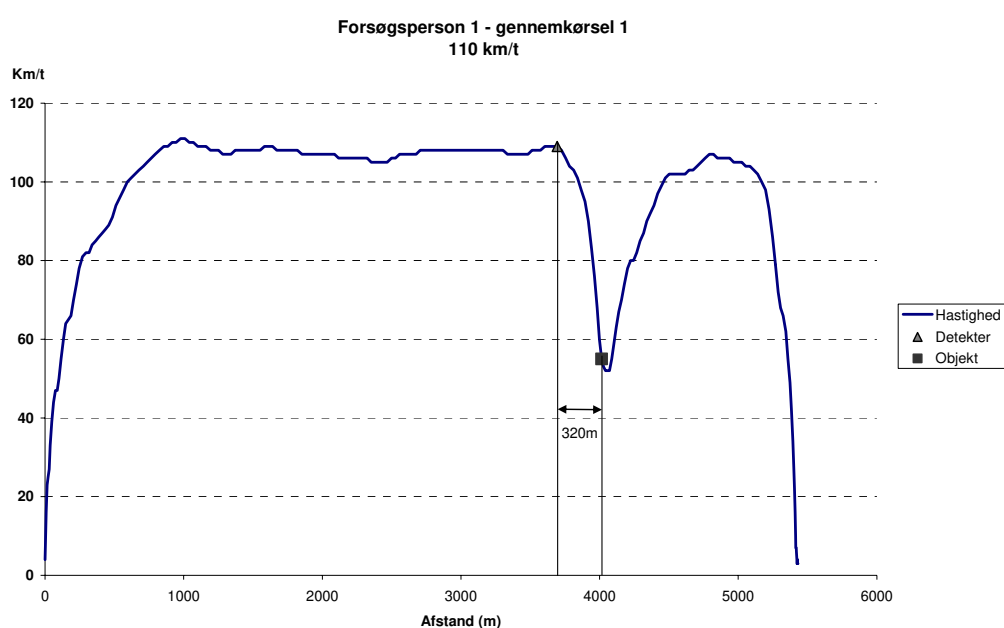


Hastighedsprofil for A-Nord (120 km/t). Markeringer angiver detektering.

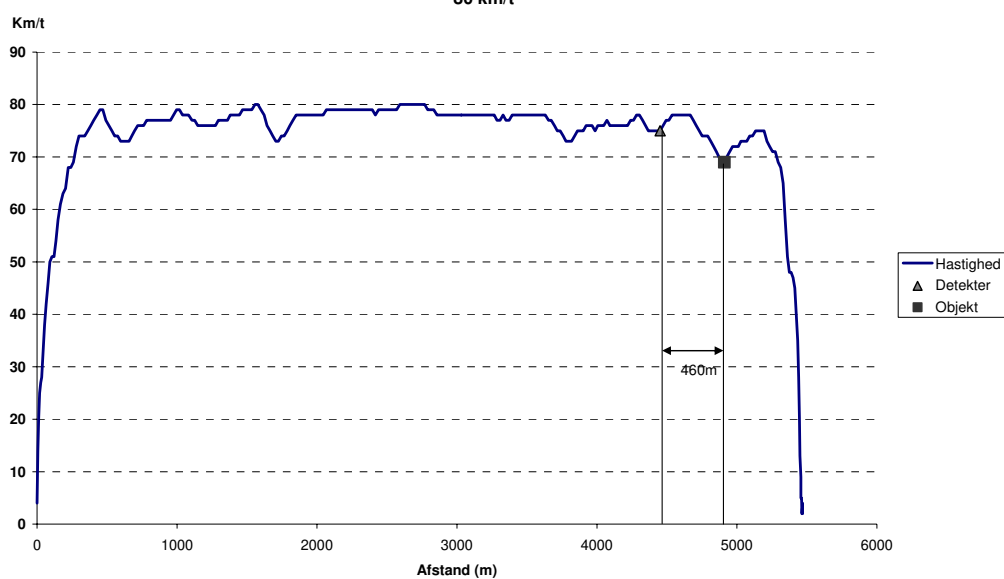
Bilag 7 – Hastighedsprofil for 1. objektde- tektering

I det efterfølgende præsenteres hastighedsprofiler for alle forsøgspersoner for den 1. gennemkørsel med et objekt på vejbanen. Adfærden i den første gennemkørsel antages at komme tættest på en realistisk trafiksituation.

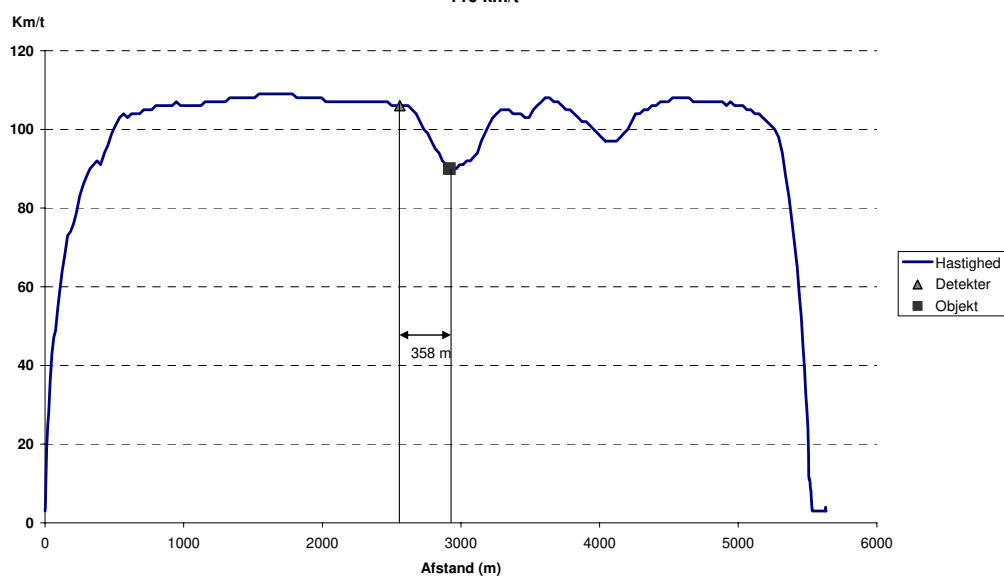
Som det ses, er der stor forskel på adfærden ved detektering, acceleration ved start og hastighedsjævnhed under kørsel.



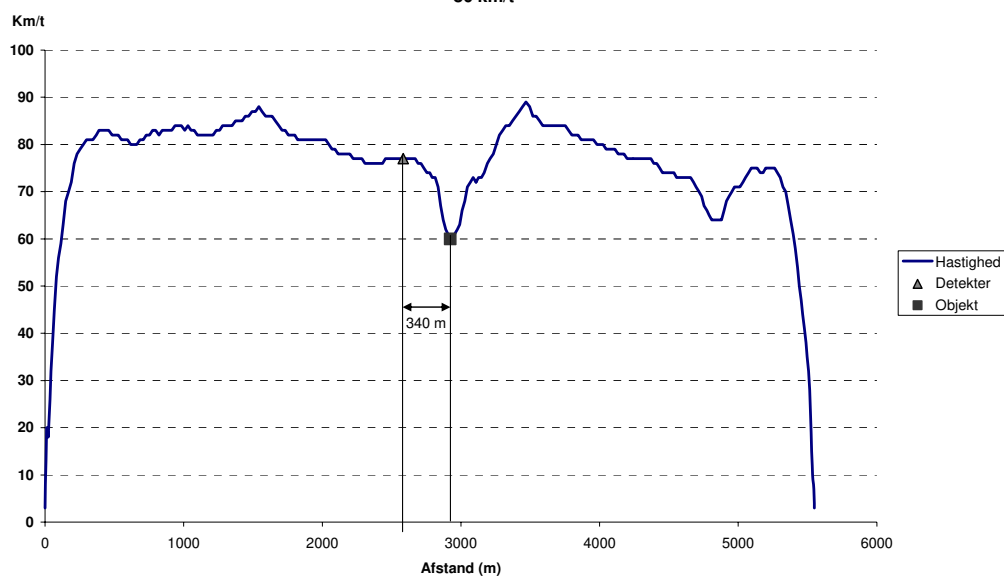
Forsøgsperson 2 - gennemkørsel 1
80 km/t



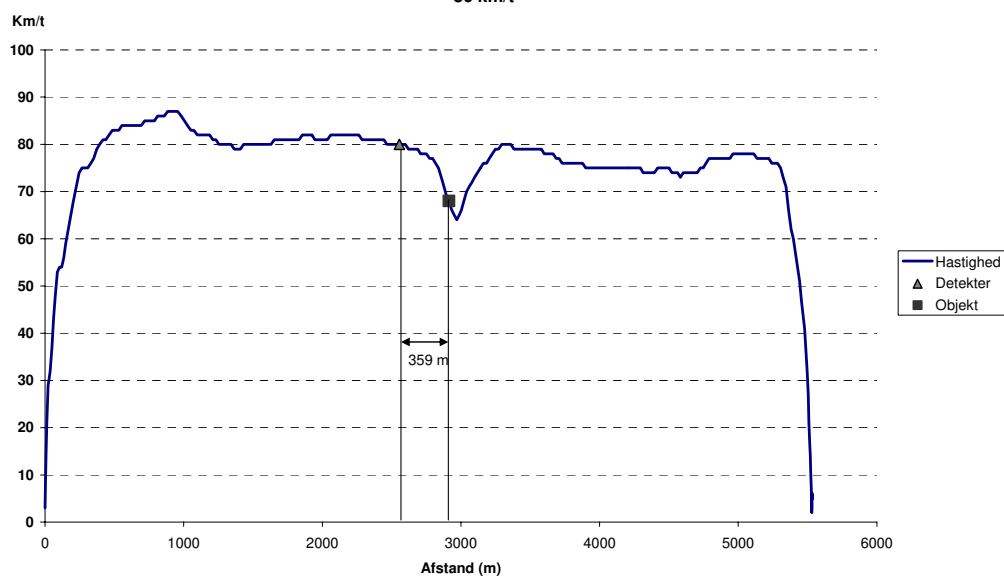
Forsøgsperson 3 - gennemkørsel 1
110 km/t



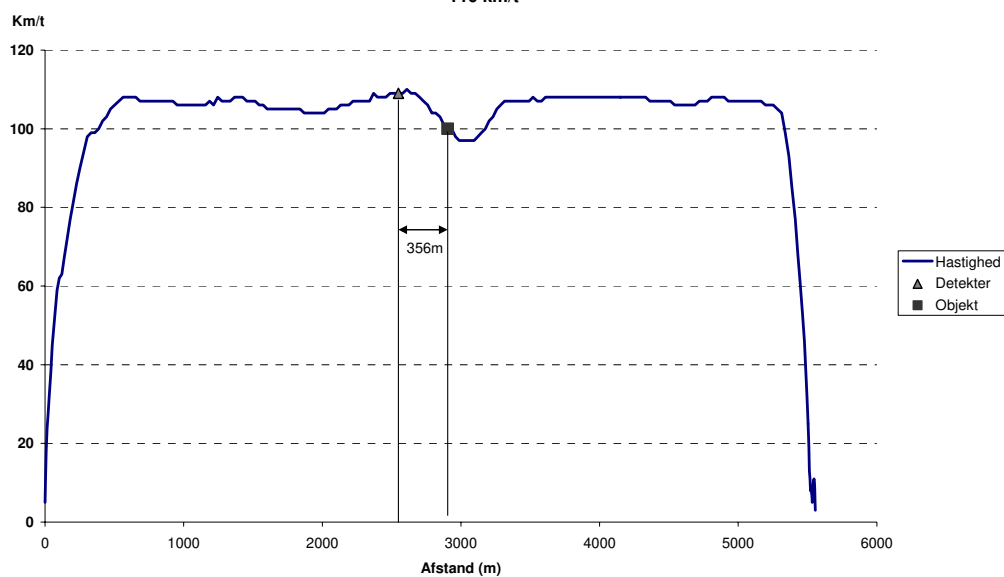
Forsøgsperson 5 - gennemkørsel 1
80 km/t



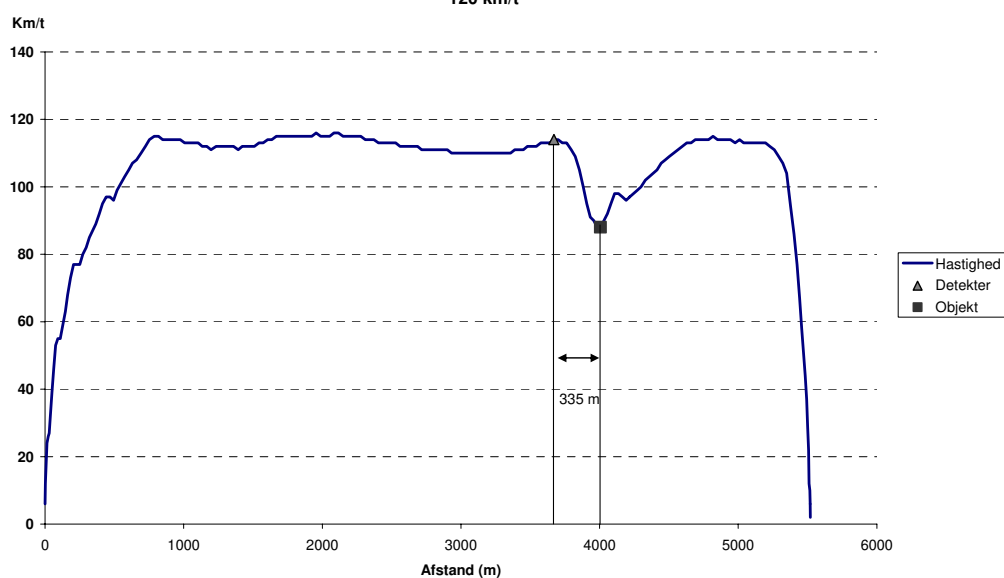
Forsøgsperson 6 - gennemkørsel 1
80 km/t

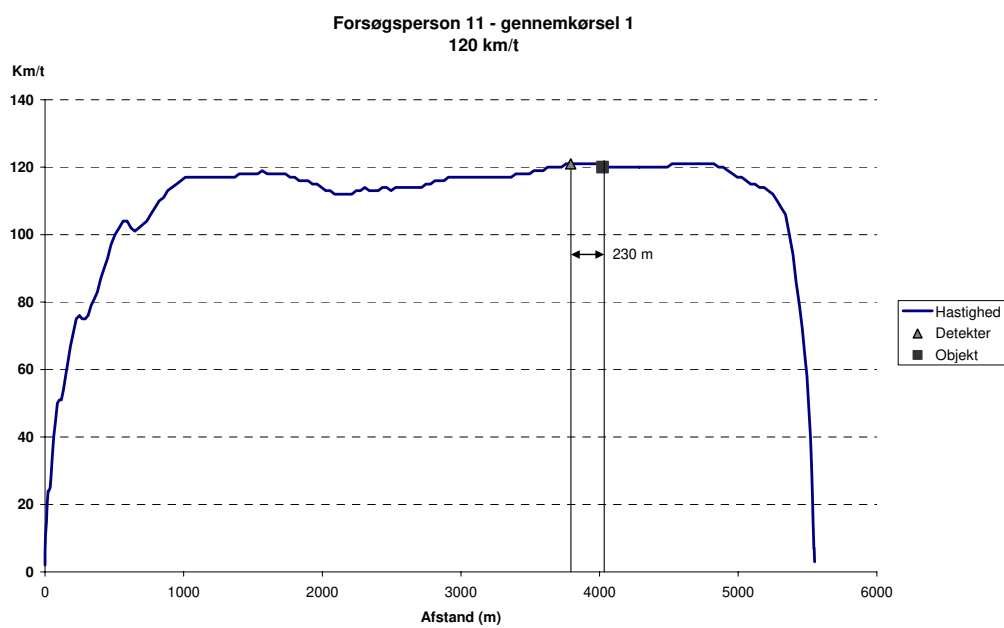
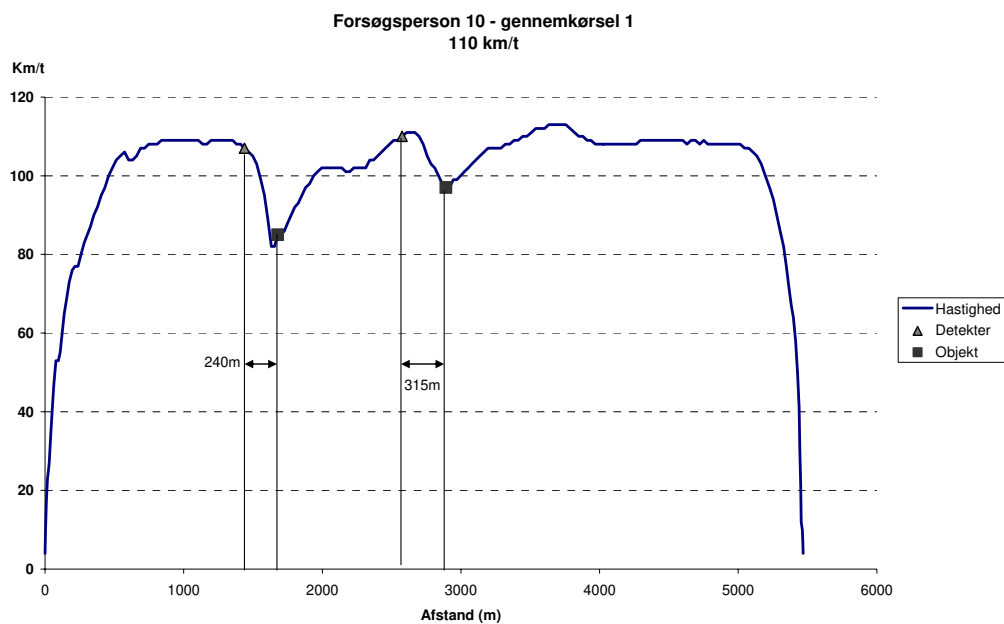


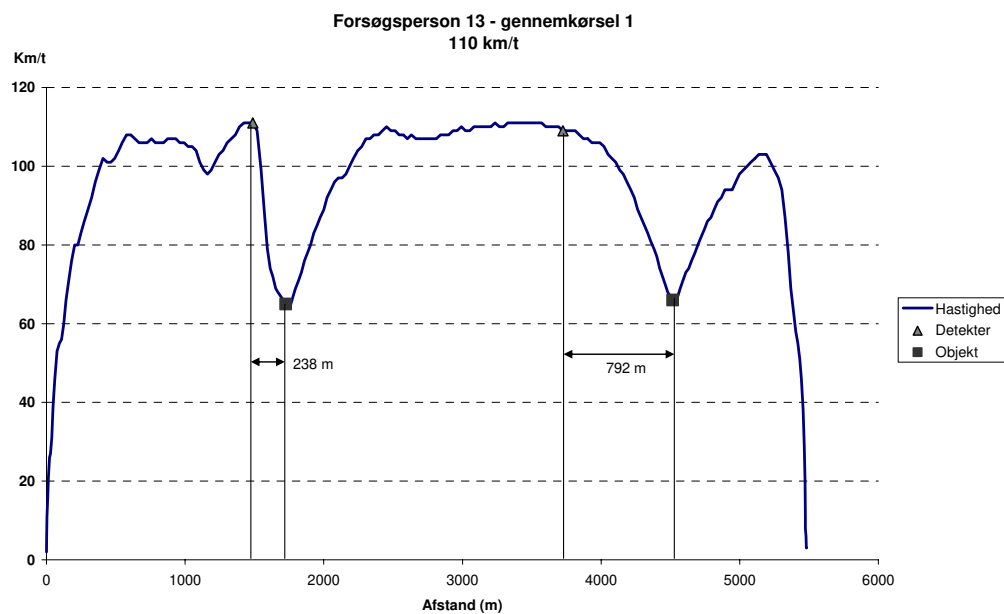
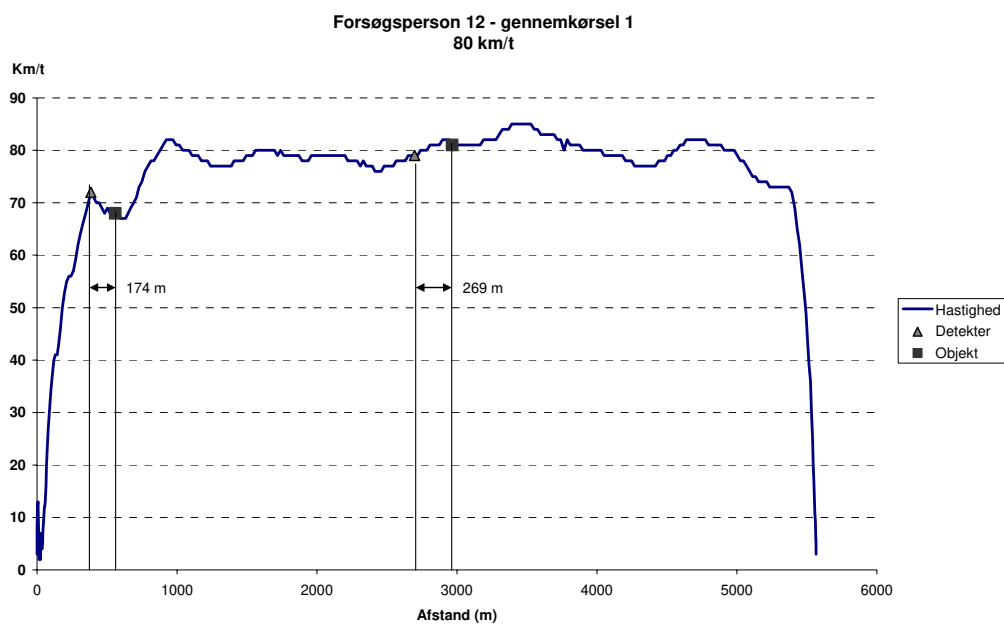
Forsøgsperson 8 - gennemkørsel 1
110 km/t

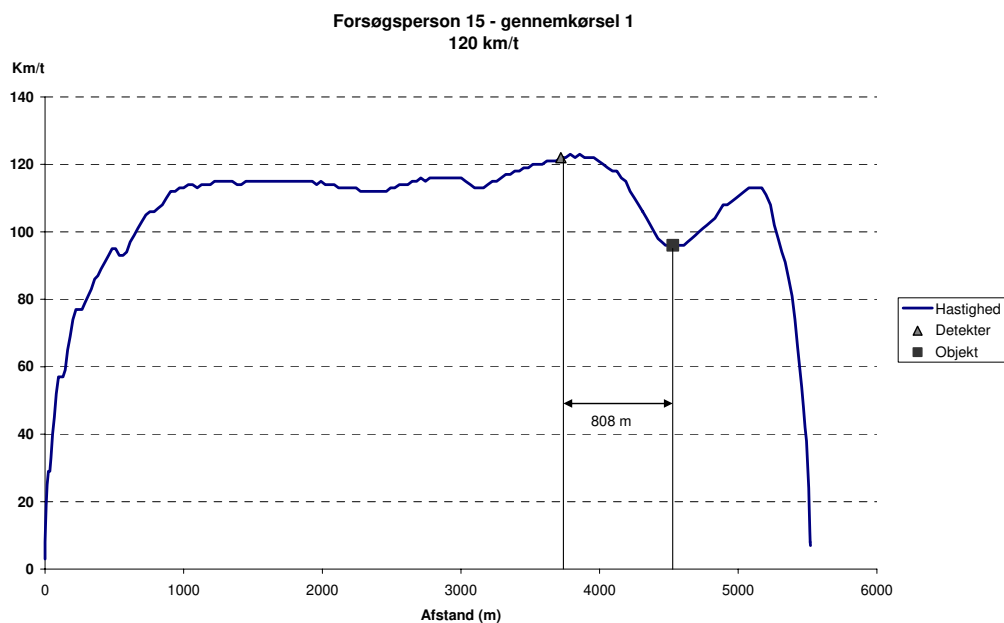
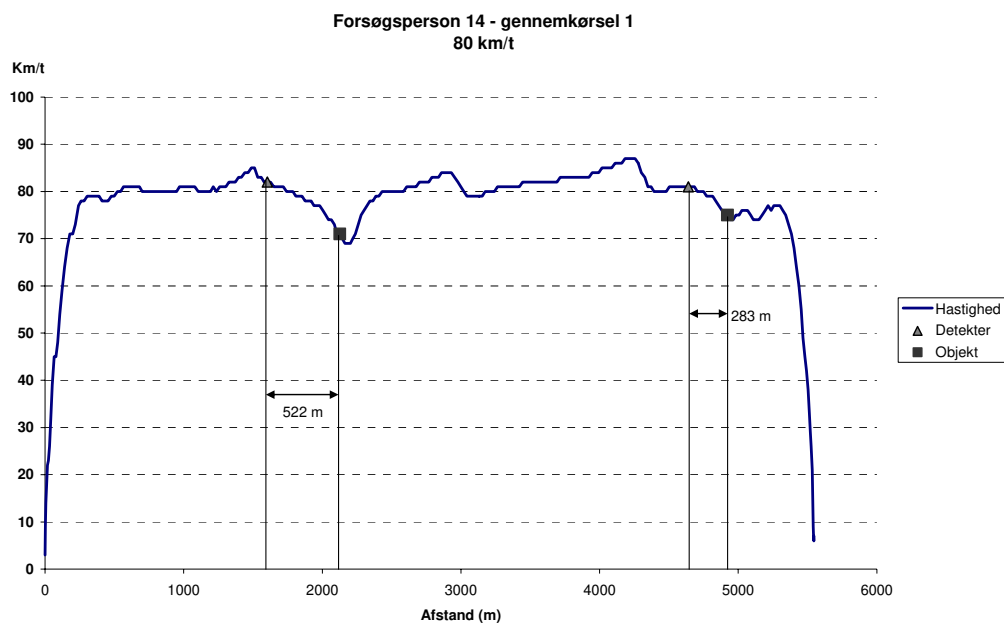


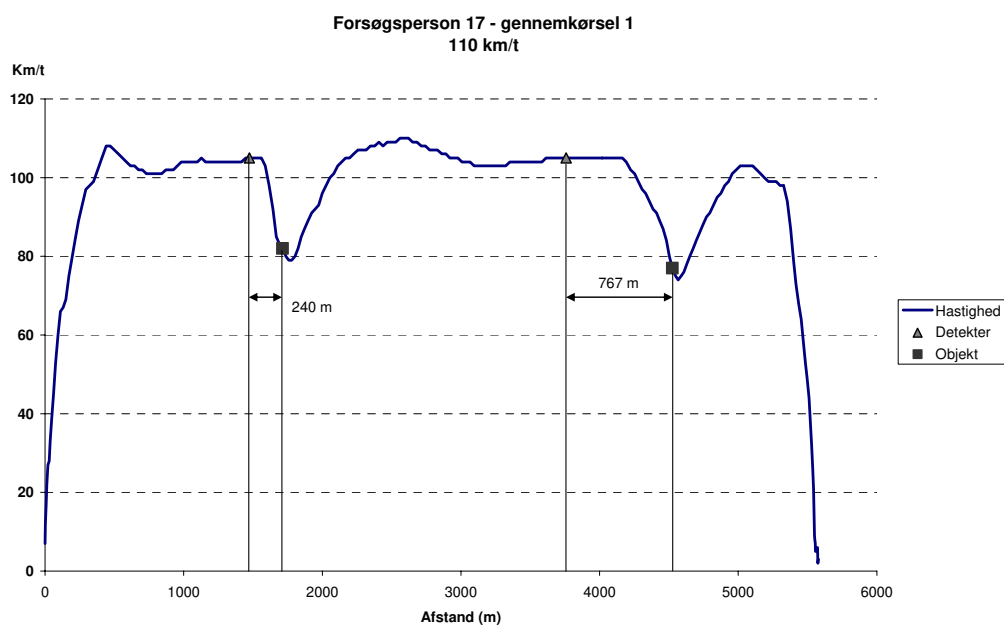
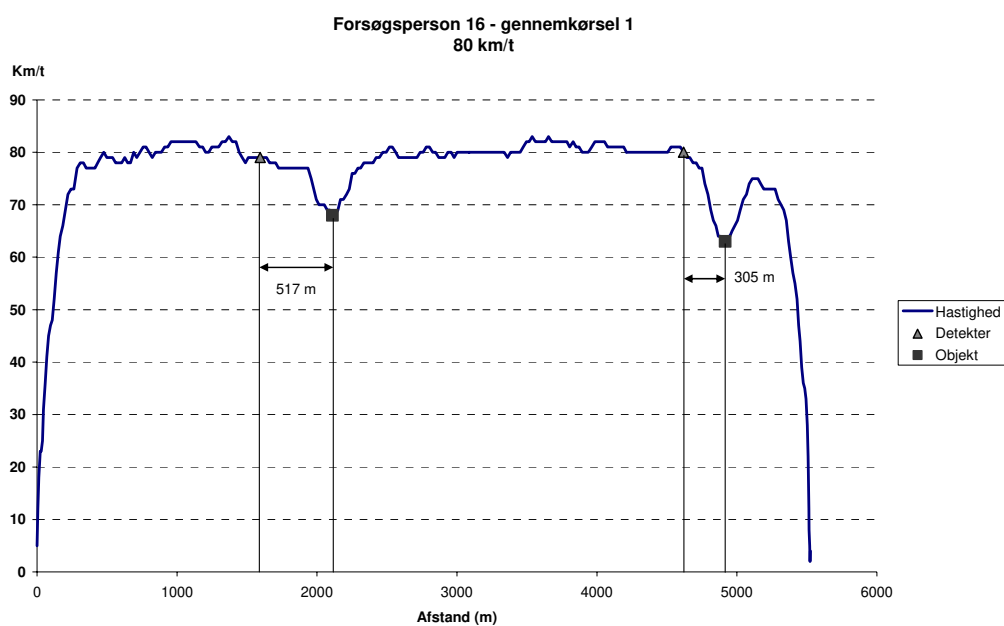
Forsøgsperson 9 - gennemkørsel 1
120 km/t



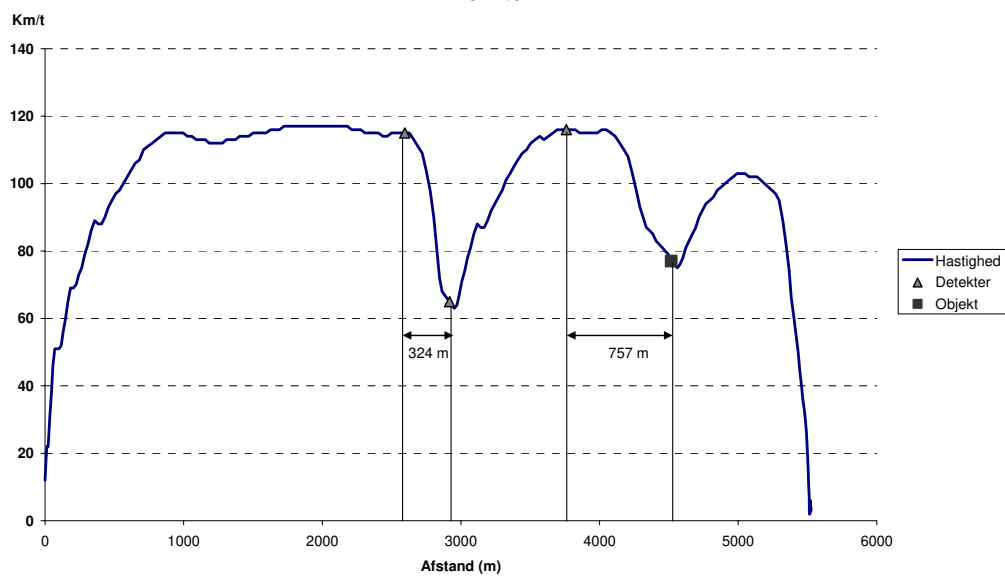








Forsøgsperson 18 - gennemkørsel 1
120 km/t



Forsøgsperson 19 - gennemkørsel 1
80 km/t

