

Påvirkning av bilførere gjennom utforming av vegsystemet

Fridulv Sagberg

Denne publikasjonen er vernet etter åndsverklovens bestemmelser og Transportøkonomisk institutt (TØI) har eksklusiv rett til å råde over artikkelen/ rapporten, både i dens helhet og i form av kortere eller lengre utdrag.

Den enkelte leser eller forsker kan bruke artikkelen/rapporten til eget bruk med følgende begrensninger:

Innholdet i artikkelen/rapporten kan leses og brukes som kildemateriale.

Sitater fra artikkelen/rapporten forutsetter at sitatet begrenses til det som er saklig nødvendig for å belyse eget utsagn, samtidig som sitatet må være så langt at det beholder sitt opprinnelige meningsinnhold i forhold til den sammenheng det er tatt ut av. Det bør vises varsomhet med å forkorte tabeller og lignende. Er man i tvil om sitatet er rettmessig, bør TØI kontaktes. Det skal klart fremgå hvor sitatet er hentet fra og at TØI har opphavsretten til artikkelen/rapporten. Både TØI og eventuelt øvrige rettighetshavere og bidragsyttere skal navngis.

Artikkelen/rapporten må ikke kopieres, gjengis, eller spres utenfor det private område, verken i trykket utgave eller elektronisk utgave. Artikkelen/rapporten kan ikke gjøres tilgjengelig på eller via Internett, verken ved å legge den ut på Nettet, intra-nettet, eller ved å opprette linker til andre nettstedene enn TØIs nettsider. Dersom det er ønskelig med bruk som nevnt i dette avsnittet, må bruken avtales på forhånd med TØI. Utnyttelse av materialet i strid med åndsverkloven kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Forord

Svært mange bilulykker skjer fordi føreren overser eller feiltolker informasjon fra vegsystemet. Det er derfor en viktig utfordring å utforme vegsystemet på en slik måte at en minimerer denne typen feilhandlinger hos bilførerne. Denne rapporten gir en oversikt over en betydelig mengde internasjonal forskningslitteratur omkring sammenhenger mellom ulike aspekter ved vegsystemet og bilføreres feilhandlinger og annen atferd i trafikken.

Rapporten utgjør sluttdokumentasjon fra prosjektet ”Tilpasning av vegsystemet til bilførernes informasjonsbehov og -kapasitet”, som TØI har gjennomført på oppdrag av det svenske Vägverket. Prosjektet har inngått i Vägverkets FoU rammeprojekt SVVU:13 ”Vägrummets utformning med hänsyn til bilförarens beteende”. Kontaktperson i Vägverket har vært Kent Nyman.

I tillegg til sluttrapporten består dokumentasjonen fra prosjektet av fem arbeidsdokumenter som inneholder mer detaljert gjennomgang av problemstillingene som er oppsummert i rapporten. Hovedinnholdet i arbeidsdokumentene ble presentert og diskutert i et seminar med deltakere fra alle nordiske land, som Vägverket arrangerte i Borlänge 19. februar 2003. Kommentarer og innspill fra deltakere på seminaret har vært nyttige for arbeidet med sluttrapporteringen.

Dokumentasjonen inneholder også en elektronisk database over artikler og rapporter som er benyttet i forbindelse med prosjektet. Databasen er laget med referanseverktøyet Reference Manager ©.

Rapporten er primært tenkt som et grunnlag for videre arbeid med retningslinjer, veiledninger og konkrete anbefalinger for vegutforming.

Ved TØI har Fridulv Sagberg vært prosjektleder og har skrevet rapporten. Kvalitetssikring av rapporten er utført av Marika Kolbenstvedt. Trude Rømning har tilrettelagt rapporten for trykking.

Oslo, april 2003
Transportøkonomisk institutt

Knut Østmoe
instituttssjef

Marika Kolbenstvedt
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1 Innledning	1
2 Teoretisk bakgrunn og sentrale begreper	3
2.1 Bilføreres informasjonsbehov.....	3
2.2 Informasjonsbortfall som årsak til feilhandlinger og ulykker i trafikken.....	4
2.3 Sikkerhetsmarginer – Gibsons og Crooks’ feltteori	4
2.4 Sikkerhetsmarginer ved kjøring i mørke	5
2.5 Feilhandlinger	5
2.5.1 Klassifisering av feilhandlinger.....	5
2.5.2 Hva slags feilhandlinger forekommer i trafikken?	5
2.6 Informasjonsbearbeiding – kognitive modeller	6
2.6.1 Automatisert og kontrollert informasjonsbearbeiding.....	7
2.6.2 Kognitiv belastning og begrensinger i informasjonskapasiteten.....	8
2.6.3 Oppmerksomhet og forventninger.....	8
2.7 Aktiveringsgrad og trøtthet.....	9
2.8 Risikokompensasjon	10
3 Vegutforming og kjørehastighet	12
3.1 Opplevelse av hastighet	12
3.2 Det kognitive og emosjonelle grunnlaget for kjørehastighet - hva påvirker ”ønsket hastighet”?.....	13
3.3 Samspillet mellom hastighetsgrenser og vegdesign	14
3.4 Vegkategorier og forventninger.....	15
3.5 Bredde og oppmerking av kjørearealet.....	15
3.6 Forklaringer på sammenhengen mellom veg-/skulderbredde og hastighet..	17
3.7 Langsgående oppmerking	17
3.8 Opphøyd eller profilert oppmerking	18
3.9 Vegbanens jevnhet.....	18
3.10 Avstand til fysiske hindringer langs vegen	18
3.11 Spesiell oppmerking for å påvirke hastighetsfølelsen - perseptuelle illusjoner	19
3.11.1 Hastighetsreduksjon ved spesielle færemomenter.....	20
3.11.2 Påvirkning av hastighet ved kontinuerlig kjøring	21
3.11.3 Tiltak for å påvirke persepsjonen av kurvatur	22
3.12 Fareskilt og annen informasjon som gir forventning om fare	23
3.13 Siktforhold	23
3.14 Betydningen av siktstrekning (”preview distance”) i mørke.....	24
3.15 Kurveutforming	25
3.15.1 Konsistent design	25
3.15.2 Hvordan måle designkonsistens	26
3.15.3 Sammenheng mellom kurveutforming, persepsjon av kurvatur, og kjørehastighet	27

3.16	Betydningen av spesiell oppmerking og skilting foran og i kurver.....	29
3.17	Vegutforming og hastighet i tettbebyggelse og boligområder	30
3.18	Implikasjoner av hastighetspåvirkning for ulykkesrisiko.....	30
4	"Spøkelsesbilister" – kjøring mot kjøreretningen	32
4.1	Kartlegging av problemet i ulike land	32
4.1.1	Få ulykker, men høy alvorlighetsgrad	33
4.1.2	Eldre førere overrepresentert	34
4.1.3	Høy andel ruspåvirket kjøring	34
4.1.4	Ulike typer feilhandlinger	34
4.2	Motorveg: Kjøring inn på avkjøringsrampe	34
4.2.1	Eksempler på feilkjøring	34
4.2.2	Aktuelle tiltak og standarder	36
4.3	U-sving på motorveg	39
4.4	Kjøring på feil side av midtdeler ved overgang fra tofelts- til firefeltsveg ..	40
4.5	Kjøring mot kjøreretningen på avkjøringsrampe fra motorveg til rasteplasser, bensinstasjoner o.l.....	41
4.6	Kjøring på feil side av midtdeler i plankryss.....	42
4.7	Sving inn i envegskjørt gate/veg	44
4.8	Andre former for feilkjøring	44
4.9	Oppsummering og konklusjoner	45
5	Optimal vegvisningsinformasjon	47
5.1	Ulike typer vegvisning.....	48
5.2	Noen aktuelle undersøkelser.....	48
5.3	Antall stedsnavn på samme tavle.....	50
5.4	Plassering av skilt på flerfeltsveg – sikthindring pga tunge kjøretøy i høyre felt.....	50
5.5	Rekkefølge av stedsnavn på tabellvegvisere	50
5.6	Bruk av forkortelser	51
5.7	Konsistens mellom skiltenes innhold og plassering.....	51
5.8	Plassering ut fra bilistenes informasjonssøking	51
5.9	Vegvisning i byer.....	52
5.10	Gatenavn og husnummer	52
5.11	Generelt om oppfattelse og forståelse av trafikkskilt.....	53
6	Tilpasning av vegsystemet til eldre bilføreres forutsetninger.....	55
6.1	Aldersbetingede endringer som kan ha betydning for trafikksikkerheten....	55
6.1.1	Sansefunksjoner.....	55
6.1.2	Kognitive funksjoner.....	56
6.1.3	Motoriske funksjoner	57
6.2	Spesielle problemer blant eldre i trafikken.....	58
6.2.1	Vanskeligheter med å oppfatte skilt	58
6.2.2	Problem med å orientere seg	58
6.2.3	Forståelse av piktogrammer	58
6.2.4	Kjøring i vegkryss, spesielt venstresving	58
6.2.5	For korte siktstrekninger	59
6.3	Tiltak.....	59
7	Referanser.....	61

Sammendrag:

Påvirkning av bilførere gjennom utforming av vegsystemet

Denne rapporten sammenfatter et prosjekt om hvordan vegsystemet best mulig kan tilpasses bilføreres forutsetninger når det gjelder oppfattelse og bearbeiding av informasjon. Prosjektet er gjennomført av Transportøkonomisk institutt på oppdrag fra Vägverket i Sverige. Nasjonal og internasjonal forskningslitteratur innenfor følgende fem temaområder er gjennomgått:

- atferdsvitenskapelig teorigrunnlag for forståelse av samspillet mellom bilførere og vegsystem
- sammenhenger mellom vegutforming og kjørehastighet
- utforming av informasjon med sikte på å hindre kjøring mot kjøreretningen, spesielt på motorveger
- optimal presentasjon av vegvisningsinformasjon
- tilpasning av vegsystemet til eldre bilføreres forutsetninger.

Rapporten bygger på fem arbeidsdokumenter med mer detaljert gjennomgang av hvert av de fem temaområdene. I tillegg består dokumentasjonen fra prosjektet av en egen litteraturlitebase med vel 250 referanser. Basen er tilgjengelig for brukere av Reference Manager © etter avtale med Vägverket eller TØI.

Teoretisk bakgrunn

Førerfeil som fører til ulykker, skyldes i stor grad manglende eller feilaktig oppfattelse av informasjon fra omgivelsene. Vegsystemet må derfor utformes ut fra en forståelse av *bilførernes informasjonsbehov*. Informasjonsbehovet er knyttet til kjøreeoppgaver på ulike nivåer. *Strategisk nivå* omfatter overordnede beslutninger (bestemmelsessted, vegvalg, tidspunkt etc.); *taktisk nivå* omfatter beslutninger knyttet til spesifikke trafikksituasjoner; og *operasjonelt nivå* går på de fortløpende tilpasninger av hastighet og posisjon.

Oppmerksomhetskapasiteten er begrenset; derfor må en tilstrebe at viktig informasjon presenteres slik at den lett oppfattes. Eksempelvis skal vegvisningsinformasjon (strategisk nivå) ikke presenteres der det er sannsynlig at førerne må ta viktige beslutninger på taktisk eller operasjonelt nivå, slik det kan være tilfelle i kompliserte vegkryss eller andre steder der trafikken ofte er komplisert.

Gjennom erfaring etablerer bilførerne bestemte *forventninger* (f.eks. om vegens forløp) og tilpasser kjøringen til disse. Forventninger kan påvirkes her og nå gjennom skilting og oppmerking. En generell regel er at en skal unngå *forventnings-*

brudd, f.eks. ikke legge en krapp kurve på en veg som ellers bare har slakke kurver. Generelt skal informasjon presenteres der bilistene trenger den.

Erfaring innebærer også at kjøreatferden i stor utstrekning blir *automatisert* og krever liten grad av bevisst oppmerksomhet. Dette baseres på at de fleste situasjoner i trafikken har likhet med situasjoner en tidligere har opplevd, slik at etablerte reaksjonsmønstre (*kognitive skjemaer*) kan benyttes. Kompliserte, overraskende eller ukjente situasjoner krever derimot bevisst oppmerksomhet, og øker den *mentale belastningen* for føreren. Dette øker risikoen for at en går glipp av eller misforstår viktig informasjon og begår feil.

Typiske eksempler på feilhandlinger som kan skyldes uheldig utforming av vegsystemet, er:

- overse eller feiltolke skilt, oppmerking eller lyssignal
- overse eller misforstå vegvisningsinformasjon
- overse andre trafikanter på grunn av sikhindringer
- for høy hastighet inn i en kurve på grunn av feilvurdering av kurvens forløp.

For mye informasjon kan føre til feil på grunn av overstimulering og stress, mens for lite informasjon kan gi ensformighet og monotoni, noe som i sin tur kan føre til trøtthet og dårlig konsentrasjon. En stor utfordring ligger derfor i å utforme både veggeometri, skilting og oppmerking slik at en unngår så vel for høy som for lav stimulering.

Bilførere ønsker stort sett å komme rimelig raskt fram. Tiltak som gjør at en føler seg tryggere, eller som gjør det lettere å kjøre, kan derfor føre til at en kjører fortere eller mindre konsentrert (såkalt *risikokompensasjon*). Dette må en ta hensyn til når en skal utforme vegsystemet med tanke på å øke sikkerheten.

Vegutforming og hastighet

Kjørehastigheten bestemmes både av hastighetspersepsjonen og av vurderingen av hva som er akseptabel eller ”riktig” hastighet. Flere undersøkelser har dokumentert en sammenheng mellom mental belastning og kjørehastighet; hastighets-tilpasningen brukes tilsynelatende for å holde den mentale belastningen på et akseptabelt nivå.

Persepsjonen av egen bevegelsehastighet bestemmes bl.a. av *relativ bevegelse* av objekter i synsfeltet i forhold til hverandre (*optisk ekspansjon* og *bevegelsesparallaxe*). Vegens omgivelser, bl.a. avstanden til objekter ved siden av vegen antas også å påvirke hastighetsfølelsen.

De fleste bilførere *underestimerer* kjørehastigheten, og underestimeringen synes å være størst ved lave hastigheter dersom en også har akustiske stimuli (vegstøy, motordur). Uten akustiske stimuli undervurderes hastigheten mest ved høye hastigheter.

Flere konkrete elementer ved vegutformingen har klart vist seg å føre til *økt* hastighet.

- *Kantlinjer* fører til høyere hastighet, trolig på grunn av at kjøringen blir mindre mentalt belastende.
- *Midtlinje* ser ut til å føre til høyere hastighet på smale veger (4 – 4,5 m), mens det ikke er påvist noen effekt på brede veger. Dette samsvarer med ulykkesstudier som viser økt risiko med midtlinje på smale veger, og redusert risiko på brede veger. Disse sammenhengene kan muligens forklares av at midtlinjen reduserer førernes usikkerhet om hvor midten av vegbanen er. Det er vist at det kjøres nærmere midten på smale veger med midtlinje enn uten, noe som kan bidra til ulykker.
- *Forsterket informasjon om linjeføring i mørke* (f.eks. reflekterende kantstolper og kantlinjer) fører til økt hastighet; slike tiltak kan dessuten føre til flere ulykker.
- *Vegbelysning* fører også til høyere hastighet i mørke, men reduserer samtidig ulykkesrisikoen.

Andre tiltak eller elementer ved vegen og dens omgivelsene kan bidra til *lavere* hastighet.

- *Redusert vegbredde* fører til hastighetsreduksjoner på inntil ca. 3 km/t pr. meter redusert vegbredde. Hastighetsendringen pr. meter er større jo smalere vegen er. Redusert bredde på vegskulder fører også til lavere hastighet. Brede kjørefelt (og tilsvarende smalere skulder) på veg med konstant bredde fører til økt hastighet. Disse endringene forklares av at vegen både oppleves tryggere (større avstand til møtende trafikk og til vegkant) og kjøringen mindre anstrengende når kjørearealet blir bredere.
- *Objekter langs vegen* (trær, bygninger, andre hindringer) kan føre til lavere hastighet, særlig på smale veger. Dette kan forklares både av økt hastighetsfølelse på grunn av visuelle holdepunkter og av frykt for å kjøre på eventuelle objekter. Objektene kan dessuten påvirke siktforholdene.
- *Visuelle tiltak (perseptuelle illusjoner)* har vært prøvd ut for å gi økt hastighetsfølelse, eller som kurvaturforsterkende tiltak. Tverrgående striper over vegbanen eller et stykke inn fra kanten av kjørefeltet fører til deselerasjon. Avtagende avstand mellom linjene forventes å forsterke hastighetsfølelsen, og noen undersøkelser tyder på at dette gir større hastighetsreduksjon. ”Wundts illusjon” fører til hastighetsreduksjon, men det er usikkert om det skyldes den forutsatte virkningsmekanismen, nemlig en illusjon av innsnevret kjørefelt.
- *Visuell innsnevring av kjørefeltet* ved hjelp av bredt midtfelt med malte striper er effektivt for å redusere hastigheten på strekninger, særlig i kombinasjon med kantlinje med lav kontrast (for å gi dårligere visuell ledning!).
- *Redusert sikstrekning* fører til hastighetsreduksjon, som forventet ut fra ulike teoretiske betraktninger. Det er her viktig å merke seg at hastighetsreduksjonen ved nedsatt sikt i kurver er ofte utilstrekkelig for å opprettholde sikkerhetsmarginen. Hastighetsreduksjonen i mørke er også utilstrekkelig i forhold til å opprettholde sikkerhetsmarginen.

Resultatene når det gjelder hastighet og ulykkesrisiko i mørke kan forklares av teorien om ”selektiv degradering” av synsfunksjoner: Lav belysning reduserer primært *identifiseringen av objekter* og i mindre grad *romlig orientering*, som er den synsfunksjonen som hastighetstilpasningen i stor grad baseres på.

Elementer der en så langt ikke har funnet noen påvist effekt på hastigheten, er:

- *Profilerte kant- og midtlinjer* påvirker ikke kjørehastighet, men de reduserer antall overskridelser av linjene og øker sikkerheten.
- *Utvidet skravert kantlinje i kurver* har vært benyttet som kurvaturforsterkende tiltak. Effekten på hastighet er usikker – muligens er det en effekt i uoversiktlige kurver.
- *Vegrekkverk* er et tiltak som forventes å påvirke både faregrad og mental belastning (spesielt på smale veger). Imidlertid er virkningene av rekkverk på hastigheten til frittstående biler ikke undersøkt systematisk.

For andre elementer er virkningen på hastighet avhengig av detaljutformingen. Det gjelder ikke minst *opplevelsen av kurvatur* – hvor krapp en kurve er – som forventes å påvirke hastigheten inn mot kurven. De viktigste designparametre som antas å påvirke kurvepersepsjonen er

- kurveradius
- kurvinkel (kurvens lengde)
- overgangskurver
- overhøyde og
- siktforhold gjennom kurven.

Hastighetstilpasningen til en kurve er ikke bare en funksjon av den gitte kurven, men også av forventninger etablert ut fra kjøring gjennom tidligere kurver på strekningen. *Konsistent vegdesign* betyr at veggeometrien er i samsvar med trafikantenes forventninger om vegens forløp og hvilken hastighet som er akseptabel. Det betyr også at kurvaturen ikke varierer for mye på en strekning. Et eksempel på lav konsistens er kurver som ser mindre krappe ut enn de faktisk er, og som dermed fører til for høy hastighet etterfulgt av hard nedbremsing.

Konsistens er f. eks. målt ut fra i hvilken grad horisontalkurver har større kurvatur enn gjennomsnittlig kurvatur på forutgående vegstrekning. Stor variasjon i hastighet mellom ulike vegelementer er en annen indikasjon på dårlig konsistens. En har også forsøkt å benytte ulike mål på *mental belastning* hos førerne som indikasjon på konsistens. Jo mer konsistent design, desto mindre variasjon i mental belastning. Det er metodiske problemer forbundet med å måle mental belastning, og det er derfor et behov for videre utprøving av ulike metoder.

Kjøring mot kjøreretningen

Kjøring mot kjøreretningen på motorveger fikk betydelig oppmerksomhet i USA allerede på 60-tallet, i forbindelse med rask utbygging av motorveger. I Europa ble problemet særlig fokusert fra rundt 1980, først i Tyskland og Nederland; senere også i andre land, inkludert de nordiske. Ulykker ved kjøring mot kjøreretning-

en utgjør mindre enn 1% av personskaueulykkene på motorveger, men står for mellom 3 og 6% av antall drepte på motorveger.

Flere undersøkelser har vist at eldre bilførere er overrepresentert i ulykker ved kjøring mot kjøreretningen. Studier fra USA og Tyskland viser at ruspåvirkede førere er overrepresentert i disse ulykkene.

Den hyppigste formen for feilkjøring på motorveg skyldes at bilførere *kjører inn på en avkjøringsrampe for trafikk fra motorvegen*. Denne type feil kan ofte tilbakeføres til uheldig utforming av kryss mellom avkjøringsramper og sideveg, samt dårlig skilting og oppmerking. Det forekommer at bilister kjører mot kjøreretningen etter å ha foretatt *U-sving på motorveg*. De fleste slike tilfeller skyldes trolig at bilistene "glemmer" at de kjører på motorveg; men det finnes også eksempler på bevisst feilkjøring. Dette er det særlig vanskelig å finne effektive tiltak mot. En mindre vanlig feilkjøring er avsvinging fra motorveg mot trafikken på påkjøringsrampe. Dette er trolig bevisste feilhandlinger som er vanskelig å forhindre gjennom tradisjonelle tiltak.

Det er systematiske forskjeller i ulykkesrisiko mellom ulike kryss- og rampeløsninger; problemet forekommer i liten grad i fullstendige kløverbladkryss, fordi de både har spiss vinkel mellom rampe og veg, og har midtdeler der rampen munner ut i annen veg.

Det er mange eksempler på at bedret skilting og oppmerking har redusert problemet; men *ofte er det nødvendig med endret kryssutforming*, spesielt ved komplekse veg- og trafikkforhold, hvor det kan være risiko for å overse skilt og oppmerking. Utformingen må være slik at den inviterer til riktige kjørebegivelser og/eller vanskeliggjør feilaktige bevelser. Tiltak som kan bidra til dette, er bl.a.:

- *Kontinuerlig* (eller i det minste hyppig) *informasjon om kjøreretning* f.eks. vha piler i vegbanen (eller gul linje langs midtdeleren slik de har i USA) kan trolig være en hjelp for førere som har snudd fordi de har glemt at de kjører på motorveg.
- *Anlegge venstrekurve ved overgang fra tofelts til firefelts veg*, slik at ytterkurven naturlig går over i motorvegen. På denne måten kan vegutformingen bidra til at en naturlig kommer på riktig side av midtdeleren.
- *Ledning av trafikken på på- og avkjøringsramper* mellom motorveg og rasteplasser o.l., slik at det blir "unaturlig" å kjøre ut mot kjøreretningen. I dag er ramper ofte utformet slik at det er lett å kjøre feil om en overser skilt og oppmerking.
- *Sørge for at ramper til/fra motorveg går sammen til en veg med tovegs trafikk før tilknytning til sideveg*, rasteplass, rundkjøring eller lignende. Dette vil redusere antall kryss og dermed forenkle førerens beslutningstaking. Overgangen fra tovegs- til envegstrafikk må da utformes slik at det blir naturlig å kjøre på riktig side av midtdeleren (f.eks. gjennom å legge inn en kurve).
- Ved overgang fra motorveg til tofelts veg med møtende trafikk kan tofeltsvegen forveksles med den ene halvparten av en motorveg. Tydelig utforming, samt *informasjon om kjøreretning* kan forhindre dette.

- *Oversiktlig kryssutforming og/eller ledelinjer gjennom plankryss mellom sideveg og veg med midtdeler kan forebygge at venstresvingende bilister fra sidevegen forveksler midtdeleren med høyre vegkant og kjører på feil side.*
- *Piler i kjørebanelen og skilt der førerne naturlig vil rette blikket, kan motvirke kjøring mot kjøreretningen i by og tettbebyggelse med envegskjorte gater.*

Optimal vegvisning

En spesiell utfordring ligger i å innpasse skilting og oppmerking i en helhet, og ikke bare spesifisere krav til hvert enkelt element. Forskning tyder på at mangelfull *tolkbarhet* er et hyppig problem (dvs. at informasjonen kan misforstås).

Generelle retningslinjer kan ikke dekke alle mulige situasjoner. Tilpassing av skilting og oppmerking til spesielle lokale forhold krever dessuten at det anvendes skjønn basert på en faglig forståelse av bilisters oppfattelse og bearbeiding av informasjon i trafikken. Noen konklusjoner fra de studier som er gjort, er at:

- *Informasjonsmengden bør begrenses* til det som er nødvendig. På hovedveg er det ofte unødvendig å inkludere ”rett fram”-destinasjonen på samme tavle som destinasjoner for sideveger.
- *Tabellvegvisere* synes å gi bedre informasjon når destinasjoner i ulike kjøreretninger plasseres ved siden av hverandre i stedet for i en kolonne.
- *Diagramtavler* gir raskere identifisering av riktig vegvalg sammenlignet med tabellvegvisere.
- *Maksimalt antall stedsnavn* på en tavle bør begrenses. Maksimumsanbefalinger varierer mellom 3 og 6.
- Bruk av *velkjente* forkortelser er hensiktsmessig.
- Det bør være *konsistens mellom plassering og innhold av skilt*; f.eks. at det er samsvar mellom kjøreretning og plassering til høyre vs. venstre.
- Avfarter fra rundkjøring må *skiltes slik at skiltene kan ses mens en er i rundkjøringen*. Piler for venstresving i rundkjøring bør vise at det er en rundkjøring (for å unngå kjøring til venstre for øya).
- Ved *vegvisning i byer og tettsteder* er det særlig viktig å vurdere informasjonsbehov for gjennomgangstrafikk vs. trafikk til lokale reisemål, samt å begrense antallet skilt mest mulig. For gatenavn og husnummer er små skilt, manglende skilt, og uhensiktsmessig plassering et hyppig problem.

Tilpassing av vegsystemet til eldre bilførere

Fra rundt 70-års alder øker gjennomsnittsrisikoen for innblanding i trafikkulykker med alderen. Samtidig øker andelen eldre i trafikken, noe som har medført økende interesse for spørsmål knyttet til trafiksikkerhet for eldre. Utforming av vegsys-

temet slik at eldres risiko reduseres, krever kunnskap om hvilke forutsetninger for sikker bilkjøring det er som eventuelt svekkes med høy alder.

Viktige funksjoner som svekkes med alderen, er:

- Syn og andre sansefunksjoner, men det er bare påvist svake sammenhenger mellom tradisjonelle synstester (synsskarphet) og ulykkesrisiko.
- Kognitive funksjoner, bl.a. oppmerksomhet, og det er påvist klare sammenhenger med ulykkesrisiko. Oppmerksomhetstesten UFOV ("useful field of view"), som måler persepsjonshastighet, delt oppmerksomhet og selektiv oppmerksomhet, viser særlig klar sammenheng med kjøreferdighet og ulykkesrisiko.
- Demens og andre former for kognitiv svikt øker i hyppighet med økende alder, og bidrar trolig til at eldre som gruppe har økt risiko.
- Redusert bevegelighet kan også tenkes å bidra til risikoøkning.

Det har vært hevdet at eldre har vanskeligheter med å oppfatte relevant informasjon mot en kompleks bakgrunn, men forskningsresultatene er litt motstridende. Det er imidlertid vist at eldre førere:

- trenger lengre tid på å lese skilt, og kan derfor få problemer med å orientere seg på ukjente steder,
- har lengre reaksjonstid, noe som betyr at de siktstrekninger som legges til grunn for vegutforming, kan være for korte,
- er overrepresentert ved ulykker i kryss, spesielt ved venstresving. Dette kan ha sammenheng med dårligere dybde- og bevegelsespersepsjon, som er viktig bl.a. for vurdering av avstand til møtende trafikk. Det kan også henge sammen med at de lettere overser skilt, f.eks. stopp eller vikeplikt.

For å bedre synlighet og lesbarhet av informasjon har en bl.a. foreslått:

- større tekst på skilt
- høyere kontrast og/eller refleksjon
- bredere linjer i vegoppmerking
- bedre vedlikehold av skilt og oppmerking
- større trafikklys
- forsterke informasjon gjennom gjentakelser og redundans.

For å lette informasjonsbearbeidingen for eldre bilførere har en bl.a. foreslått:

- separat venstresving-felt
- lengre siktstrekninger
- redusere antall kryss
- erstatte 4-armede kryss med forskjellige T-kryss
- forenkle kompliserte kryss
- fartsdemping på steder med mye informasjon.

Summary:

Influencing driver behaviour and safety by road system improvements

This report summarizes a project about driver information needs and road system improvements. The project was commissioned by the Swedish National Roads Administration and has been carried out by the Institute of Transport Economics. The data basis for the work is a survey of international research literature covering the following topics:

- behavioural theories related to understanding the interaction between drivers and the road system
- relationships between road design, driver information and speed
- how to present clear and unambiguous information to prevent wrong-way driving, especially on motorways
- optimal direction signing
- how to design the road system to accommodate elderly drivers.

In addition to the present report, the documentation from the project includes five working documents with more detailed discussions of the five main topics.

Theoretical background

Driver errors resulting in crashes are very often due to important information being missed or misinterpreted. The design of the road system should therefore be based on sound knowledge about driver information needs. The information needs are connected to driving tasks on different levels. The *strategic* level comprises higher-order plans and decisions for the trip; the *tactic* level concerns decisions about specific traffic situations; and at the *operational* level we find the continuous adjustments of vehicle speed and position.

The capacity for attention is limited. Therefore important information should be easily available without much visual search, and without competing with other information more likely to attract drivers' attention. For example, direction signs (strategic information) should not be presented in locations where important tactical or operational decisions are likely, as in complex road or traffic environments.

Through experience drivers develop *expectations* (e.g., regarding the continuation of the road) and adjust their driving to these expectations. Expectations can also be influenced *ad hoc* by signs and markings. A general rule is to take care to avoid *expectancy violations*, e.g., a sharp bend on a road where curves are gener-

ally flat. As a rule information should be presented where drivers need it, and where they are likely to search for it.

Experience further implies that driving behaviour gets increasingly more *automatic* and demands less conscious attention. This development is based on similarity of new situations with previous ones, allowing the use of already established patterns for interpreting and reacting to situations (*cognitive schemata*). Complex, surprising or unfamiliar situations on the other hand require conscious attention, and result in increased *mental load*. This increases the risk of missing or misinterpreting information, and making errors.

Typical examples of errors related to information from the road system include:

- missing or misinterpreting signs, markings or signals
- missing or misunderstanding direction signs
- not seeing other road users due to obstacles or visual clutter
- too high speed on the approach to a curve due to misjudgement of curvature.

Too much information may result in errors due to overload and stress, whereas too little information can produce monotony resulting in tiredness and loss of concentration. It is therefore important to design roads, signs and markings so as to avoid both under- and overload of drivers.

Drivers are generally motivated to get reasonably quickly to their planned destinations. Therefore, any improvements to the road, which make drivers feel safer or make the driving task easier, may result in higher speeds and/or less concentration (so-called *risk compensation*). The possibility of such behavioural adaptation should be considered when implementing measures to improve road safety.

Road design and speed

The driving speed is determined both by the driver's perception of speed and by his/her assessment of acceptable or correct speed for the situation. The perception of one's own speed of locomotion is determined by the *relative movement* of objects in the visual field (*optic expansion* and *movement parallax*). The road environment, e.g., the distance to objects along the roadside, is also assumed to influence speed perception.

Most drivers *underestimate* their speed, and more so with low speeds in the presence of acoustic stimuli (noise from tires, engine, wind etc.). Without acoustic stimuli the underestimation is larger with high speeds.

Studies have found a relationship between mental load and driving speed. Speed adjustment appears to be instrumental in maintaining mental load within an acceptable interval.

Some modifications of the road or its environment have been clearly shown to result in *increased* speed.

- *Edge-lines* result in higher speeds, possibly by reducing drivers' mental load.
- *Centrelines* appear to give higher speeds on narrow roads (4 – 4.5 m), whereas no such effect has been found for wider roads. This is consistent with accident

studies showing higher crash risk with centrelines on narrow roads and reduced risk on wide roads. These findings can possibly be explained by reduced uncertainty regarding lateral safety margins. On narrow roads it has been shown that drivers drive closer to the road centre when a centreline is present.

- *Enhanced preview distance in darkness* by reflective post-mounted delineators or high-reflection edge-lines results in increased speeds, and possibly also higher crash risk.
- *Road lighting* also results in higher speeds, but at the same time the crash risk is reduced.

Some other modifications result in *reduced* speed.

- *Decreased road width* results in speed decreases of about 3 km/h per m width decrease. The speed difference per m road width is larger the narrower the road. Narrowing the shoulders also results in lower speed. Increasing the lane width and reducing the shoulder width (without changing the total roadway width) results in higher speeds. This seems to be explained by drivers experiencing the road as safer (larger lateral distance to oncoming vehicles) and the driving less demanding with a wider driving space.
- *Objects close to the road* (trees, buildings, etc.) tend to result in lower speeds, especially on narrow roads. This can be explained both by a sense of high speed caused by visual cues, and by fear of hitting objects. In addition, the objects may reduce visibility distances.
- *Perceptual illusions and other road markings to reinforce the perception of speed.* Transverse lines along the edges or across the whole lane reliably produce decelerations. Progressively decreasing distance between lines is assumed to induce a stronger feeling of speeding, and some studies have shown larger deceleration with decreasing as compared to fixed distance.
- *Visual narrowing* of the lanes on two-lane roads, by means of a hatched central area and/or wider edge-lines effectively reduces driving speeds.
- *Reduced visibility distance* is likely to reduce speed. The speed reduction in curves is, however, often not sufficient to maintain the safety margin. The same goes for speed reductions in darkness.

The effects regarding speed and crash risk in darkness can be explained by the theory of “selective degradation” of visual functions. Low illumination primarily affects the ability of *object identification*, and to a lesser extent the ability of *spatial orientation*. The adjustment of speed is based mostly on the latter ability.

Some modifications which have been introduced to increase safety, have not so far been shown to influence driving speed, but may all the same have a positive effect on safety.

- *Profiled edge- and centrelines* (rumble lines) do not influence speeds, but they reduce the frequency of encroachments and increase the safety.
- *Special edge markings in curves* have been used also in curves to give an impression of sharpness of the curve. One such measure is an extended hatched

edge-line along the inner edge of the curve. Variable effects on speed have been shown; there is possibly a beneficial effect for blind curves.

- *Safety fences* can be assumed to influence both the assessment of danger and the mental load among the drivers, especially on narrow roads. The effects of safety fences on driving speeds among free vehicles have, however, not been systematically investigated.

The perception of curvature is expected to determine approach speeds. The most important design parameters that influence the perception of curvature include:

- curve radius
- curve angle (or length)
- the presence of transition curves
- super-elevation
- visibility through the curve (transparency).

The speed on entering a curve is not only determined by the characteristic of that particular curve, but also by expectations formed by driving through previous curves on the same road. *Design consistency* implies that the road geometry is in accordance with driver expectations about the alignment and about tolerable speeds. This also implies that curves on the same road should not vary too much in curvature.

There are several methods for assessing design consistency. One method measures deviation in curvature of a given curve compared to the average curvature for a certain distance upstream of the curve. Another indication of consistency is the variation in operational speeds between successive road sections.

Due to limitations of methods to assess consistency on the basis of road geometry or operational speeds, and alternative approach using measurement of driver *mental load* has been tried. The more consistent the design, the less the variation in mental load. This concept is also difficult to measure, and there is a need for further development of this approach.

Wrong-way driving

The problem of wrong-way driving received much interest in the USA already in the early 60ies, related to the construction of several new motorways, and many accidents caused by such driving errors. In Europe the problem was focussed from about 1980, first in Germany and the Netherlands, and later also in other countries, including the Nordic countries. Crashes caused by wrong-way driving make up less than 1 % of all casualties on motorways, but between 3 and 6 % of the fatalities. Several studies show elderly drivers to be over-represented in wrong-way driving incidents and crashes. Studies from the USA and Germany show alcohol-impaired drivers to be over-involved in wrong-way driving.

The most frequent form of wrong-way driving on motorways originates by entering the motorway from an off-ramp instead of the on-ramp. This error seems partly explainable by poor design of the intersections between ramps and cross-roads and/or to inadequate signs and markings. U-turns on motorways occur now

and then, probably being in most cases the result of “forgetting” that one is driving on a motorway. There are, however, instances of deliberate violations of this kind, against which efficient countermeasures are difficult to imagine. A less frequent error is turning from a motorway onto the *on-ramp*. This is likely to be a deliberate act and difficult to prevent by traditional measures.

There are systematic differences in crash risk between different intersection and ramp solutions. The problem is rare in full cloverleaf intersections, because these are characterised by all ramps joining the crossroad at sharp angle, and by a median barrier on the crossroad at the termination of ramps.

There are several examples showing reduced frequency of wrong-way driving after improvements of signs and markings. Often complete intersection redesign is necessary, especially in places with a high information load and a high risk of overlooking a sign. The design should contribute to guiding drivers into the correct ramps, and to make wrong movements difficult or impossible.

- *Continuous or frequent* information about driving direction, e.g. by painted arrows (or yellow line along the median as in the USA) may possibly prevent U-turns caused by unawareness.
- *Construction a left curve at transitions from two-lane roads to four-lane divided highways* may prevent driving to the left of the median. The left curve is designed so that the outer curve continues onto the right side of the median.
- *Improved design of ramps* between motorways and roadside facilities (service areas, petrol stations, etc.) can prevent wrong-way driving out from the facility. The facility should be designed so that the off-ramp is difficult to see or unnatural to enter for exiting drivers, whereas drivers are positively guided onto the on-ramp by means of signs, markings and physical design.
- *Using two-way rather than one-way ramps*. For connections to roadside facilities, as well as in other partial intersections it should be considered whether two-way ramps are safer. This will reduce the number of intersections between the motorway and a crossroad or other facility, thus simplifying the driver’s decision-making when entering the motorway. The transition between the two-way section and the one-way sections of the ramp must then be designed as in the above-mentioned example regarding transition from a road with two-way traffic to a motorway.
- After exiting from a motorway onto an ordinary two-lane road, drivers occasionally misperceive the two-lane road as one side of a divided highway, and therefore choose the left lane, apparently unaware of the risk of oncoming traffic. *Clear and unambiguous design, aided by direction information* to drivers coming from the motorway, is likely to prevent such incidents.
- In some at-grade intersections between a crossroad and a road with a median, left-turning drivers from the crossroad may misperceive the median as the right-hand roadside and enter the left (wrong) side of the median. *Clear view of the intersection, as well as special road markings* may prevent this.
- To prevent wrong-way driving on one-way streets in urban areas, both signs and *pavement arrows* are useful. It is important that *positioning of signs* is based on an analysis of the likely visual search behaviour of the drivers.

Optimal direction signing

Direction signs should be considered in a totality, implying that each sign should satisfy information needs and expectations as determined by previous information about the destination(s) in question.

General guidelines are not universally applicable. Efficient implementation of signing, road markings and other information requires sound knowledge about driver behaviour, in order to make adjustments due to special local conditions.

Research indicates that direction information is often misunderstood. To improve understanding, the following recommendations seem warranted

- Destinations on stack signs are perceived more quickly when destinations in different directions are placed beside each other (left/ahead/right) rather than in one column.
- The recommended maximum number of destinations on a sign varies between 3 and 6.
- Map signs result in quicker identification of the correct destination, compared to stack signs.
- The amount of information on one sign should be limited to what is strictly necessary. On main roads it is often unnecessary to include “ahead” destinations on the same sign as destinations for crossroads. Where appropriate, information should be distributed between successive signs.
- The use of *well-known* abbreviations may facilitate sign legibility.
- Consistency between sign contents and position is important; e.g. signs for left-hand destinations should be positioned to the left of signs for right-hand destinations.
- Direction signs for exits from roundabouts should be easily seen by drivers in the roundabout. For advance information, map signs should be used, especially for destinations to the left (to avoid driving to the left of the island in small roundabouts, which may be confused with an ordinary intersection).
- For street names and house numbers, small signs and inadequate placement is a common problem. Larger signs and better placement is therefore needed.

Designing the road system to accommodate older drivers

From the age of about 70 years the average risk of accident involvement increases with age. And since the proportion of elderly drivers is rapidly increasing, issues related to traffic safety for this group are receiving much interest. Reducing older driver crash risk by road system improvements requires knowledge about age-related changes in sensory, cognitive and motor functions, which may all contribute to increased risk.

- Visual impairments are more common with increasing age, but only weak relationships have been found between visual acuity and crash risk.

- Cognitive functions are impaired with increasing age, and clear associations between cognitive impairment and crash risk have been shown.
- The UFOV (“useful field of view”) test, which measures perceptual speed, divided attention, and selective attention, predicts crash involvement and driving performance particularly well.
- Persons with dementia have a particularly high risk, and this may explain a large part of the elevated risk among elderly persons as a group.

It has been hypothesized that elderly people have special problems with identifying relevant visual information against a complex background, but research findings on this issue are ambiguous. Research has shown that elderly drivers:

- take longer time to read and interpret signs, and have therefore more problems finding their way on unfamiliar roads,
- have longer reaction times, which implies that design values for sight distances, e.g. in intersections, may be too low,
- are over-involved in crashes at intersections, especially during left turns. This may be related to poor perception of depth as well as movement, and consequently reduced ability to perceive the speed of and the distance to oncoming traffic. Poor observation of signs, e.g. stop and yield signs, may also contribute to this over-involvement.

There are two main categories of suggested measures to accommodate older drivers in the traffic system. First, means for improving *visibility and legibility* of information to elderly drivers include:

- increased letter height on signs
- higher contrast and/or retroreflectivity
- use of wider lines for pavement markings
- better maintenance of signs and markings
- reinforced information by repetition and redundancy.

The second category comprises measures to *facilitate information processing* for elderly drivers, including:

- more use of separate left-turn lanes
- longer sight distances
- reduced number of intersections
- replacing 4-legged intersections by two T-junctions
- redesigning complex intersections
- speed reduction on locations with high information load.

1 Innledning

Praktisk talt alle bilulykker skyldes en eller annen form for svikt i samspillet mellom bilføreren, kjøretøyet, vegmiljøet og/eller andre trafikanter. Dette kan skyldes at viktig informasjon fra omgivelsene ikke blir oppfattet, blir oppfattet for sent, eller blir feiltolket, med feil atferd som resultat.

At svikt i mottak av informasjon er en viktig faktor i trafikkulykker, er dokumentert bl.a. gjennom dybdestudier av ulykker. Treat (1980) fant at i over halvparten av et tilfeldig utvalg trafikkulykker var ”recognition errors” sikker eller sannsynlig ulykkesårsak. De to hyppigste feilene i denne kategorien var ”inattention” (dvs. at føreren var distraheret av andre ting) og ”improper lookout” (dvs. at føreren overså viktig informasjon uten å være distraheret av andre ting).

Denne rapporten handler om vegsystemets betydning for hvilken informasjon bilførerne mottar, og i hvilken grad en gjennom forbedringer av vegsystemet kan bidra til å sikre at bilførerne får de informasjonene de trenger til rett tid og med minst mulig risiko for misforståelser. Utformingen av vegsystemet påvirker informasjonen til bilførerne på to ulike måter. For det første representerer vegen og dens omgivelser (veggeometri, skilt, oppmerking, objekter langs vegen) i seg selv informasjon som har potensiell betydning for førerne. Og for det andre danner vegsystemet, bl.a. gjennom siktforholdene, bakgrunn for oppfattelse av informasjon om andre trafikanter og andre potensielle hindringer og faremomenter. Det er derfor nokså selvfølgelig at utformingen av vegsystemet har en sentral betydning når det gjelder å legge premissene for sikker atferd blant bilførere.

Vegmiljøet er også av betydning for å *hindre/begrense negative konsekvenser* av feilhandlinger, f.eks. utforming av vegens sideområde. I dette prosjektet er imidlertid fokus på *informasjonsgrunnlaget for sikker atferd*, dvs. forutsetningene for å unngå at ulykker skjer.

Imidlertid er det ikke like selvfølgelig hva slags konkrete utformingsløsninger som er de beste for å gi bilførerne den informasjon som trengs for sikrest mulig kjøring. Utformingen av vegsystemet må være basert på riktig kunnskap om bilførernes forutsetninger og begrensninger når det gjelder oppfattelse og bearbeiding av informasjon fra omgivelsene.

Rapporten presenterer en kunnskapsoversikt basert på en gjennomgang av tilgjengelig forskningslitteratur vedrørende en del utvalgte temaer innenfor området vegutforming og kjøreatferd. For hvert av de utvalgte temaene er det gjennomført litteratursøk i de mest relevante databasene innenfor psykologi og transportforskning.

Andre arbeider har behandlet vegutforming og *ulykkesrisiko* (f.eks. Elvik, Mysen og Vaa, 1997a). Dette temaet er ikke behandlet i vårt prosjekt, annet enn i forbindelse med undersøkelser hvor en har sett på vegutforming i forhold til *både kjøreatferd og ulykker*. Presentasjonen her har fokus på sammenhengen mellom vegutforming og feilhandlinger hos bilførerne.

I kapittel 2 gjennomgås noen psykologiske teorier, modeller og begreper som er viktige for å forstå vegutformingens betydning for å forebygge feilhandlinger og annen farlig atferd i trafikken.

I kapittel 3 drøftes spørsmålet om hvordan *kjørehastigheten* påvirkes av ulike aspekter ved vegutforming, skilting og oppmerking, og i hvilken grad denne kunnskapen kan anvendes i form av hastighetsreducerende tiltak.

Hvordan en kan gi klar og entydig informasjon om *riktig kjøreretning* og hindre at bilførere kjører inn i motgående kjørefelt, er temaet for kapittel 4.

Deretter følger en gjennomgang i kapittel 5 av hvordan *vegvisningen* bør utformes for å gi optimal informasjon til bilførerne.

Til slutt, i kapittel 6, behandles spørsmålet om i hvilken grad vegsystemet kan utformes bedre med tanke på å ta hensyn til *eldre bilføreres forutsetninger*. Dette kapitlet bygger i noen grad på materiale som er behandlet i de foregående kapitlene.

Hvert av temaene er behandlet mer omfattende i separate arbeidsdokumenter (Sagberg, 2003a-e), mens denne rapporten er en sammenfatning av hovedpunktene.

Dokumentasjonen fra prosjektet har to siktemål. Hovedsiktemålet er å presentere status når det gjelder forskning om hvordan utformingen av vegsystemet påvirker bilførernes atferd, og hvordan slik kunnskap kan utnyttes for å bedre trafikk-sikkerheten. Dessuten vil dokumentasjonen fungere som kilde for relevant forskningslitteratur innenfor dette området. Litteraturen som er samlet inn i forbindelse med prosjektet, er derfor registrert i en egen litteraturlitbase i referanseverktøyet Reference Manager (© ISI ResearchSoft). I tillegg til den litteraturen som er referert i hovedrapporten og delrapportene, inneholder denne databasen også en del annen litteratur med tilknytning til prosjektets problemstillinger. Databasen inneholder *keywords* (dels på engelsk og dels på norsk) for søking, samt *abstracts* for en del av artiklene og rapportene. Den er en del av dokumentasjonen fra prosjektet, og vil være tilgjengelig for brukere av Reference Manager etter avtale med Vägverket eller TØI.

For tidligere generelle drøftinger og anbefalinger når det gjelder tilpasning av vegsystemet til bilførernes forutsetninger, viser vi bl.a. til Babkov (1975), Ogden (1996) og Fuller og Santos (2002). Det pågår for tiden et internasjonalt arbeid i regi av TRB for utvikling av internasjonale "human factors guidelines" for vegsystemer (se f.eks. Lerner m.fl., 2002).

Denne rapporten vil sammen med den øvrige dokumentasjonen fra prosjektet danne grunnlag for videre arbeid med retningslinjer, veiledninger og konkrete anbefalinger for vegutforming.

2 Teoretisk bakgrunn og sentrale begreper¹

2.1 Bilføreres informasjonsbehov

Hvilken informasjon er det bilførere trenger fra omgivelsene for å kunne kjøre sikkert? Dette spørsmålet har vært forsøkt besvart gjennom analyser av ”driver information needs” (King og Lunenfeld, 1971; Allen, Lunenfeld og Alexander, 1971) i forhold til de ulike oppgaver bilkjøringen består av.

Bilkjøring er i stor grad en *selv-regulert* aktivitet (se f.eks. Näätänen og Summala, 1974). Det betyr at føreren i stor utstrekning selv velger kjørepåvarens vanskelighetsgrad (gjennom tilpasning av sikkerhetsmarginer). Likevel består kjøringen av noen deloppgaver som er felles for ulike kjøresituasjoner og ulike førere. En vanlig klassifisering av kjørepåvarene er basert på en hierarkisk inndeling i oppgaver i tre nivåer (King og Lunenfeld 1971; Allen m.fl. 1971), som nå vanligvis benevnes *strategisk*, *taktisk* og *operasjonelt* nivå (Michon, 1985; van der Molen og Bötticher, 1988).

Denne inndelingen danner basis for å definere informasjonsbehovene knyttet til de ulike deloppgavene under kjøringen. For oppgavene på operasjonelt nivå, primært styring og hastighetsregulering, er det et begrenset sett av informasjonskategorier. For styring er den viktigste informasjonen relatert til bilens plassering og endringer i sideplassering i forhold til vegbanen. Kjørebansens avgrensning samt langsgående oppmerking er derfor de primære informasjonskildene. Bilens reaksjon på rattbevegelsene er også relevant informasjon for styringen. Når det gjelder hastigheten, er visuelle holdepunkter i omgivelsene svært viktig, ved siden av informasjon fra speedometeret.

På taktisk nivå er det et langt bredere spektrum av deloppgaver, med tilsvarende informasjonsbehov, relatert både til veggeometri, andre trafikanter, og mulige hindringer. Blant oppgavene på taktisk nivå inngår valg av avstand til forankjørende, forbikjøring, stans for fotgjengere, reaksjon på skilt og signaler og annen trafikantinformasjon. Konkrete eksempler på informasjonsbehov er informasjon knyttet til beslutning om en siktstrekning er lang nok for å kunne foreta en forbikjøring, eller å krysse en veg med mye trafikk i et uregulert kryss.

Det høyeste nivået – det strategiske – består i følge King og Lunenfeld (1971) av to faser, en ”pre-trip” fase (planlegging og forberedelser til turen) og en ”in-transit” fase (å finne fram). Vegvisningsskilt, gatenavn, vegnummer, beliggenhet av av- og påkjøringsramper og av ulike fasiliteter langs vegen, er viktige kilder til informasjon på dette nivået.

¹ En mer detaljert gjennomgang av problemstillingene i dette kapitlet finnes i TØI arbeidsdokument SM/1478/2003 (Sagberg, 2003a).

Allen, Lunenfeld og Alexander (1971) har oppsummert prinsippene for presentasjon av informasjon som bilførerne trenger, i følgende punkter:

1. "First thing first (*primacy*)"
2. "Do not overload (*processing channel limitations*)"
3. "Do it before they get on the road (*a priori knowledge*)"
4. "Keep them busy (*spreading*)"
5. "Do not surprise them (*expectancy*)".

2.2 Informasjonsbortfall som årsak til feilhandlinger og ulykker i trafikken

I de svenske arbeidene med dybdeanalyser (havariundersøkelser) av trafikkulykker har den såkalte *informasjonsbortfallsmetoden* (Englund m.fl., 1978; Pettersson og Englund, 1992) vært et viktig metodisk hjelpemiddel for å analysere medvirkende og utløsende faktorer ved ulykker. Den går ut på at en først analyserer hvilken informasjon som ville vært nødvendig for at en gitt ulykke skulle vært unngått, og deretter hvilken informasjon som ble oppfattet av trafikanten. I analysen vurderer en så årsaker til eventuelt avvik mellom nødvendig informasjon og oppfattet informasjon. Årsakene til informasjonsbortfall klassifiseres etter om de skyldes *a*) sikthindringer ("fysisk filter"), *b*) perseptuelle begrensninger hos trafikanten ("perseptuelt filter") eller *c*) kunnskapsbegrensninger hos trafikanten ("kognitivt filter"). En slik modell for å analysere mulig informasjonsbortfall kan godt tenkes anvendt også på utformingen av vegsystemet, først og fremst når det gjelder utforming med tanke på å unngå "fysiske filtre", men også generelt ut fra en forståelse av hvilke perseptuelle og kognitive forutsetninger og begrensninger trafikantene har når det gjelder å oppfatte informasjon fra omgivelsene.

2.3 Sikkerhetsmarginer – Gibsons og Crooks' feltteori

På grunnlag av sin tolkning av den informasjon han/hun oppfatter, tilpasser bilføreren sin atferd bl.a. gjennom hastighet og gjennom avstand til ulike faste og bevegelige hindringer. Allerede i 1938 presenterte Gibson og Crooks sin såkalte "felt-teori" om bilkjøring (Gibson og Crooks, 1938). Deres utgangspunkt var at bilkjøring primært er en perseptuell oppgave, slik at det er viktig å analysere kjøree oppgaven ut fra bilførerens persepsjon av handlingsmulighetene i det visuelle rommet. Et sentralt begrep er "field of safe travel", som utgjøres av alle bevegelser som er mulige uten å komme i konflikt med andre objekter.

I tillegg til "field of safe travel" innbefatter bilførerens persepsjon også en forestilling om stoppstrekning – "minimum stopping zone". Forholdet mellom disse to feltene blir kalt "field/zone ratio", og er et uttrykk for sikkerhetsmarginen. Under de fleste forhold forutsettes en fører å kjøre slik at "minimum stopping zone" er mindre enn "field of safe travel", dvs. at det er mulig å stoppe uten å komme i konflikt med de objektene som avgrenser "field of safe travel".

Denne enkle modellen kan være et nyttig verktøy for å visualisere en trafikksituasjon, både slik den faktisk er, og slik den kan framtre for en fører. Dersom det er mulig å beskrive feltet slik en typisk fører oppfatter det, og sammenholde det med en mer objektiv beskrivelse, kan dette også være et verktøy for å analysere vegsystemet.

2.4 Sikkerhetsmarginer ved kjøring i mørke

Leibowitz og Owens (1986; se også Leibowitz, Owens og Post, 1982, og Owens og Tyrrell, 1995) har presentert en teori som impliserer at førere ofte vil kjøre med for liten sikkerhetsmargin i mørke, fordi de tror de ser lengre fram enn de faktisk gjør. Denne teorien er basert på at bearbeiding av visuell informasjon skjer ved hjelp av to ulike prosesser i det perseptuelle systemet. Den ene ("focal vision") har å gjøre med *objektidentifisering* og den andre ("ambient vision") med *orientering i rommet*. Objektidentifiseringen er mye mer lysavhengig enn romorienteringen. Det betyr at en fører kan se rimelig bra hvor vegen går, selv om belysningen er så lav at evnen til å oppfatte objekter er betydelig redusert. Leibowitz m.fl. kaller dette *selektiv degradering av synsfunksjoner*. Dette har klare implikasjoner når det gjelder forståelsen av visuelle tiltak for å påvirke trafikksikkerheten i mørke, ut fra hvilken av de to synsfunksjonene som påvirkes mest av tiltakene.

2.5 Feilhandlinger

2.5.1 Klassifisering av feilhandlinger

Farlige situasjoner oppstår eller forsterkes på grunn av feilhandlinger hos føreren. Reason (1990) skiller mellom feilhandlinger som skyldes feil *plan* og dem som skyldes feil *utføring* av planen. Disse benevnes henholdsvis "mistakes" og "slips" eller "lapses". Et eksempel på "mistake" er en bilfører som kjører inn i et kryss uten å se at det kommer en bil fra høyre. Planen er her å kjøre, men problemet er at planen ikke er riktig i forhold til situasjonen. Dersom bilføreren kjører inn i krysset fordi han ved en feil trår på gassen i stedet for bremsen, er det et eksempel på en "slip". Planen, som er korrekt, er å bli stående, men gjennomføringen er ikke i samsvar med planen.

Årsaken til "mistakes" er ofte at *informasjonsgrunnlaget* er feil, slik at en handling velges på grunnlag av feiltolkning, eller manglende oppfattelse av relevant informasjon, f.eks. fra vegmiljøet.

2.5.2 Hva slags feilhandlinger forekommer i trafikken?

Vi kjenner ikke til at det finnes noen omfattende og detaljert klassifisering av feilhandlinger hos bilførere, utover den relativt generelle inndelingen basert på Reasons modell. Når det gjelder ulykkesårsaker, finnes det imidlertid noe (Treat, 1980), og det finnes spørreundersøkelser hvor det er spurt om noen utvalgte feilhandlinger, slik som i Driver Behaviour Questionnaire (Parker m.fl., 1995; Åberg og Rimmö, 1998).

Treat og medarbeidere (Treat 1980) gjennomførte en omfattende undersøkelse av over 2000 trafikkulykker og vurderte hva som var sikre eller sannsynlige medvirkende faktorer i ulykkene. De laget et klassifikasjonsskjema over medvirkende faktorer, både når det gjaldt føreren, kjøretøyet og vegmiljøet. Førerfeil ble inndelt i følgende fire hovedgrupper:

- ”critical non-performance”: at føreren unnlater å utføre en nødvendig handling på grunn av innsøvning, illebefinnende e.l.l.
- ”recognition errors”
- ”decision errors”
- “performance errors”.

Driver Behaviour Questionnaire (Parker, 1995; Åberg og Rimmö, 1998) inneholder spørsmål både om feilhandlinger og mer bevisste overtredelser. Feilhandlingene omfatter både betjeningen av bilen, vurdering av annen trafikk, og tilpasning til vegforholdene. De feilhandlingene det er spurt om i den svenske versjonen av DBQ (Åberg og Rimmö, 1998), og som kan ha å gjøre med vegmiljøet, kan sammenfattes i følgende grupper:

- Overse eller feiltolke trafikkskilt eller lyssignal
- Overse eller misforstå vegvisningsinformasjon eller kjørefeltinformasjon
- Feilbedømmelse av hastighet
- Feilvurdering av føreforhold/friksjon
- Overse andre trafikanter (dreier seg ikke direkte om vegmiljøet, men siktforhold og annet kan likevel ha betydning for disse feilene)
- Ufrivillig endring i sideplassering.

En svært vanlig feil, er ufrivillig kryssing av kantlinje eller midtlinje. Denne feilen fører til mange ulykker, noe som vises ved at møte- og utforkjøringsulykker er de klart største ulykkestypene. Ca. 2/3 av alle trafikkdrepte i Norge omkommer i slike ulykker. Det er grunn til å tro at et monotont vegmiljø og lange rettstrekninger bidrar til at føreren reduserer konsentrasjonen om kjøreeppgavene og dermed lettere distraheres.

2.6 Informasjonsbearbeiding – kognitive modeller

Det har vært presentert ulike modeller for hvordan informasjonsbearbeidingen foregår og hva som begrenser menneskers kapasitet for å bearbeide informasjon. Tidlige modeller (Broadbent, 1958; Neisser, 1967) forutsatte at informasjonsbearbeidingen var begrenset av en felles oppmerksomhetsressurs som alle oppgaver måtte dele på.

Wickens' (1984) ”multiple resource theory” innebærer derimot at det er flere typer ressurser, og at oppgaver som er ulike, i større grad kan gjennomføres samtidig, fordi de legger beslag på ulike ressurser. Han skiller mellom sansemodalitet (auditiv vs. visuell), prosesseringsstadium (registrering vs. utføring), og type koding av informasjon (romlig/manuell vs. verbal). Jo flere av disse kategoriene som to oppgaver har felles, desto vanskeligere er det å utføre dem

samtidig. Siden mesteparten av bilførernes informasjonsbehov når det gjelder vegmiljøet, er knyttet til visuell informasjon, vil ulike oppgaver i stor grad legge beslag på samme ressurser også i følge Wickens' modell.

Alle modeller for informasjonsbearbeiding forutsetter en *arbeidshukommelse* (Baddeley og Hitch, 1974) med begrenset kapasitet. Denne begrensningen har eksempelvis implikasjoner for hvor mange stedsnavn det er optimalt å ha på en vegvisningstavle.

Det er også enighet om at flere informasjonsenheter kan knyttes sammen til en ny enhet ("chunking") som følge av erfaring, og at dette kan skje igjen og igjen, slik at hver enhet kan inneholde en stor informasjonsmengde som opprinnelig bestod av separate enheter. Et eksempel på dette er sammensetning av bokstaver til ord når en lærer å lese. Et annet eksempel er skifte av gir når en kjører bil; mens bruk av kobling, gass og girspak for en nybegynner er separate aktiviteter, er hele operasjonen en enhet for en erfaren fører.

En antar at dette er en av mekanismene som forklarer utvikling av *automatiserte* handlingssekvenser. Det er dermed en sammenheng mellom bruken av oppmerksomhetsressurser og hvor automatisert en gitt oppgave er. En oppgave som er enkel og/eller godt innlært (overlært), kan utføres med svært liten bruk av oppmerksomhetsressurser.)

Et sentralt begrep i modeller for informasjonsbearbeiding er *skjemaer* ("schemata"). Dette er kognitive strukturer som ligger til grunn for alle aspekter av kunnskap og ferdigheter. Skjemaene kan være perseptuelle forestillinger, handlinger eller annen kunnskap som aktiviseres av stimuli fra omgivelsene, eller av andre skjemaer (en handlingssekvens eller en forestilling kan utløse en annen). Skjemaene er lagret i *langtidshukommelsen*, og de utvikles og modifiseres gjennom erfaring. Sammenknytting av informasjonsenheter ved "chunking" er et eksempel på hvordan et skjema kan modifiseres.

Feilhandlinger forklares generelt ut fra at det er avvik mellom situasjonens krav og det skjemaet som aktiveres. Uforutsette situasjoner hvor det ikke finnes noe adekvat skjema, vil kunne utløse en automatisert handling som ikke nødvendigvis er riktig i den situasjonen, men som har vært ofte aktivert i lignende situasjoner.

Slike feilhandlinger skjer trolig ofte i situasjoner hvor kjøreplassen er svært rutinepreget og den bevisste oppmerksomheten er fokusert på andre ting, slik at prosesseringen av informasjon fra trafikkmiljøet skjer relativt ubevisst.

2.6.1 Automatisert og kontrollert informasjonsbearbeiding

Et viktig aspekt ved informasjonsprosessering er distinksjonen mellom *kontrollert* og *automatisk* prosessering (Schneider og Shiffrin, 1977). Automatisert informasjonsbearbeiding innebærer at handlinger utføres uten bevisst oppmerksomhet, mens kontrollert bearbeiding innebærer bruk av bevisst oppmerksomhet og større kognitive ressurser. Jo enklere og mer konsistente sammenhengene er mellom stimulus og respons, desto mer blir atferden automatisert. Et konsistent vegsystem kan derfor forventes å bidra til automatisert informasjonsbearbeiding, fordi en får hyppige gjentakelser av situasjoner med kjente elementer, som krever samme type reaksjon.

2.6.2 Kognitiv belastning og begrensinger i informasjonskapasiteten

Kontrollert oppmerksomhet representerer en *kognitiv (mental) belastning*. Derfor vil belastningen være større jo flere oppgaver føreren må bruke oppmerksomhet på. Kapasiteten for informasjonsprosessering er begrenset. Så når mengden av relevant informasjon som må bearbeides, overstiger førerens oppmerksomhetskapasitet, vil han/hun gå glipp av informasjon. Om kritisk informasjon ikke oppfattes, kan det skje feilhandlinger og ulykker som følge av dette. For en omfattende drøfting av mental belastning, inkludert ulike målemetoder, viser vi til de Waard (1996).

Kravet til bearbeiding av informasjon fra vegmiljøet øker proporsjonalt med hastigheten. Derfor er det en klar sammenheng mellom hastighet og mental belastning. Trolig er det slik at førerne føler ubehag ved høy mental belastning, slik at hastighetsreduksjon kan være en aktuell atferdstilpasning når belastningen blir for høy.

Bare en liten del av all tilgjengelig informasjon fra omgivelsene blir oppfattet og utnyttet. Det er derfor viktig å forstå hvilke mekanismer som styrer denne seleksjonen av informasjon, slik at en i størst mulig grad kan tilstrebe at *relevant informasjon blir oppfattet*, og at oppmerksomhet i minst mulig grad rettes mot irrelevant og potensielt distraherende informasjon.

2.6.3 Oppmerksomhet og forventninger

Theeuwes (1991) skiller mellom "endogenous" ("top-down") og "exogenous" ("data-driven") kontroll når det gjelder seleksjon av visuell informasjon. "Data-driven" vil si at det er egenskaper ved stimuli som styrer oppmerksomheten, dvs. at visse stimuli tiltrekker seg oppmerksomhet uten at personen søker etter dem. "Top-down" prosessering innebærer derimot en søking etter informasjon ut fra et informasjonsbehov hos personen. Bilførerers informasjonsbehov som beskrevet ovenfor bidrar derfor til å styre oppmerksomheten.

Når det gjelder "top-down" prosessering, har flere forskere påpekt at bilførerers *forventninger* har betydning for bl.a. visuelle søkestrategier. Det er klart dokumentert at visuelle søkestrategier påvirkes av endrede forventninger hos bilførere (Theeuwes og Hagenzieker, 1993). Og i neste omgang vil forventningene ha betydning for beslutningstaking og atferd, f.eks. reaksjonstid, som påpekt av Näätänen og Summala (1976). Når vi kjører bil, søker vi etter informasjon der vi forventer å finne den, og uklar informasjon blir tolket på grunnlag av tidligere erfaring (representert som kognitive skjemaer).

King og Lunenfeld (1971) skiller mellom *a priori* og *ad hoc* forventninger, som er basert henholdsvis på akkumulert erfaring over lang tid og på informasjon knyttet til den aktuelle trafikksituasjonen. Brudd på bilførerers forventninger anses som en hyppig medvirkende årsak til feilhandlinger i trafikken, og dermed til ulykker. Forventninger etableres og modifiseres gjennom konsekvensene av kjøreatferden (Helmers og Åberg, 1978).

Informasjon fra omgivelsene til bilførere består både av informasjon som er en planlagt del av vegsystemet (skilt, oppmerking, etc), og annen mer tilfeldig

informasjon knyttet til vegens omgivelser (og eventuelle utilsiktede forhold knyttet til den planlagte informasjonen). Det er derfor av stor betydning at de elementene i vegsystemet som kan kontrolleres, utformes slik at de tilpasses førernes informasjonsbehov i henhold til føreroppgaver både på strategisk, taktisk og operasjonelt nivå. Med andre ord, utformingen av vegsystemet må ta sikte på å etablere korrekte forventninger hos bilførerne ved hjelp av både geometrisk utforming, oppmerking og skilting. Alexander og Lunenfeld (1986) har innført begrepet ”positive guidance” som et generelt prinsipp for et godt vegsystem med tanke på å tilfredsstille førernes informasjonsbehov. For å evaluere hvorvidt en gitt vegstrekning er utformet i samsvar med dette prinsippet, har de utviklet en metode kalt ”Expectancy Analysis and Review”, som består av en sjekklister som fylles ut ved befarings av den aktuelle strekningen (Alexander og Lunenfeld, 1986).

Russell (1996) har utviklet en metode basert på *kommenterende kjøring* (”commentary driving”) for å evaluere vegstrekninger ut fra de samme prinsippene som Alexander og Lunenfelds (1986) tilnærming bygger på.

2.7 Aktiveringsgrad og trøtthet

Høy mental belastning er som regel forbundet med ulike fysiologiske tegn på *høy aktivering* av kroppen, slik som økt pulsfrekvens og blodtrykk, endringer i hjernens elektriske aktivitet (EEG), svetting i håndflatene, økt muskelspenning, samt økt nivå av en del hormoner (adrenalin mm.), etc. Kroppens aktiveringsnivå påvirkes også av en rekke andre forhold, slik som fysisk aktivitet, og ikke minst følelsesmessige reaksjoner (emosjoner, stress); for en drøfting av sammenhenger mellom bilføreres følelser og fartsvalg vises til Vaa og Bjørnskau (2002). Mental belastning hos bilførere fører normalt bare til nokså moderate økninger i aktiveringsgraden, mens ekstreme emosjoner (f.eks. frykt eller sinne) kan gi svært store utslag. Aktivering varierer langs en kontinuerlig skala fra ekstrem opphisselse i den høye enden av skalaen, til dyp avspenning og søvn i den lave enden. Det er også slik at aktivering ikke er noen helt entydig dimensjon (Dickman, 2002); for vårt formål kan vi imidlertid for enkelhets skyld betrakte aktivering som en enhetlig dimensjon.

Mental belastning er blant de faktorer som påvirker aktiveringsnivået; jo høyere belastning, desto høyere aktivering.

Det er dokumentert en omvendt U-formet sammenheng mellom aktiveringsgrad og prestasjonsnivå på ulike oppgaver, slik at prestasjonen er best ved en midlere aktiveringsgrad, og avtar både ved høyere og lavere aktivering. Det er også vist at høy aktivering er forbundet med redusert oppmerksomhet for stimuli perifert i synsfeltet (Cornsweet, 1969; Sagberg, 1974), og dessuten med redusert evne til å utnytte flere informasjonskilder samtidig (”reduced range of cue utilization”, Easterbrook, 1959). Dette kan bidra til å forklare redusert prestasjonsnivå på flere typer oppgaver. Svært høy aktivering kan dermed øke risikoen for feilhandlinger i trafikken.

Ekstrem *lav aktivering* kan også være et problem i trafikken, nemlig i form av førere som sovner bak rattet. Flere studier har vist at en stor del av trafikkulykkene skyldes førere som sovner eller gjør feil fordi de er trøtte (se bl.a.

Summala og Mikkola, 1994; Sagberg, 1999). Trøtthet kan dels være et resultat av et monotont vegmiljø.

Utfordringen når det gjelder vegutforming i forhold til førerens aktiveringsgrad er på denne bakgrunnen å bidra til at den mentale belastningen holdes innenfor et rimelig nivå, slik at en i størst mulig grad unngår situasjoner som overbelaster informasjonskapasiteten på den ene siden, og ekstremt monotone kjøreforhold på den andre siden. Dersom en følger prinsippet om ”spreading” (Allen et al., 1971; se også avsnitt 2.1), vil en i noen grad kunne bidra både til å redusere belastningen der den er for høy, og å øke den der den er for lav.

2.8 Risikokompensasjon

Mange ulike aspekter ved vegmiljøet gir informasjon som kan ha betydning for trafikantenes opplevelse av mulig fare eller fravær av fare – f.eks. vegbredde, hvorvidt vegen har rekkverk eller ikke, fareskilt, viltstengsler langs vegen, vegbelysning, etc. Et viktig spørsmål er i hvilken grad en reduksjon i *opplevd risiko* bidrar til at førerne utnytter potensielle sikkerhetsforbedringer til andre formål enn økt sikkerhet, f.eks. ved å øke hastigheten eller å redusere den mentale belastningen.

På grunnlag av teoretiske beregninger kan et gitt tiltak anslås å ha en gitt risikoreducerende effekt, dersom alt annet er likt. Men ofte viser det seg at flere tiltak faktisk fører til atferdstilpasninger som helt eller delvis oppveier den teoretisk beregnede effekten av tiltakene (se f.eks. Evans, 1991). Denne formen for atferdstilpasning er dels blitt kalt *risikokompensasjon* (”risk compensation”, Wilde, 1988), ”human behavior feedback” (Evans 1991) eller ”offsetting behavior” (Peltzman, 1975). Dette fenomenet dannet på 1970- og 80-tallet utgangspunkt for flere teorier om føreratferd som har hatt betydelig innflytelse på senere trafikksikkerhetsforskning, slik som Wildes (1988) ”risk homeostasis theory”, Näätänen og Summalas (1974) ”zero risk theory” og Fullers (1984) ”threat avoidance theory”. Selv om det er flere uavklarte spørsmål rundt dette fenomenet, ser det ut til å være alminnelig enighet blant trafikksikkerhetsforskere om at slik kompensasjon forekommer i noen grad. Graden av kompensasjon synes å avhenge bl.a. av førerens ulike motiver, hvor framtreddende det aktuelle sikkerhetstiltaket er i førerens bevissthet, og i hvilken grad tiltak påvirker *sannsynlighet* i forhold til *alvorlighetsgrad* av ulykker.

Et sentralt spørsmål i forskningen på atferdstilpasning er hvor viktig opplevelse av risiko er som styrende faktor for førernes atferd, eller hvorvidt andre forhold er viktigere. Vi har tidligere vært inne på atferdstilpasning for å redusere den mentale belastning; og dersom dette er den vesentlige drivkraften snarere enn følelsen av risiko, er det mindre meningsfullt å bruke begrepet risikokompensasjon. I følge Fullers (2000) ”task-performance interface”-modell, baseres bilførerens atferdstilpasning primært på å unngå for høy *vanskelighetsgrad* under kjøringen, i alle fall når det gjelder atferd på taktisk og operasjonelt nivå. Dette ligger nærmere en forståelse ut fra mental belastning enn ut fra risikopersepsjon. Sannsynligvis er atferdstilpasningen en funksjon av en total opplevelse hos bilføreren, hvor flere ulike forhold spiller inn. For drøfting av

modeller for hvordan ulike indre mekanismer hos føreren påvirker fartsvalg og annen kjøreatferd, vises til Vaa og Bjørnskau (2002).

Vegtiltak som har vist seg å føre til atferdstilpasning, omfatter bl.a. vegbelysning (Assum m.fl., 1999) og forbedring av vegdekket (Schandersson, 1994).

En implikasjon når det gjelder vegutforming er at tiltak som øker sikkerhetsmarginene uten at dette fører til redusert mental belastning og/eller en opplevelse av lavere risiko, vil ha størst effekt på sikkerheten.

3 Vegutforming og kjørehastighet²

I tillegg til de undersøkelser som gjennomgås og drøftes i dette kapitlet, viser vi til flere tidligere oversiktsrapporter og -artikler hvor sammenhenger mellom vegutforming og kjørehastighet har vært behandlet (bl.a. Fildes og Lee, 1993b; Martens, Comte og Kaptein, 1997; Sagberg m.fl., 1999a; Transportation Research Board, 1998; Babkov, 1975; Ogden, 1996; Glad m.fl., 2002).

3.1 Opplevelse av hastighet

Grunnlaget for all persepsjon av hastighet er persepsjon av *relativ bevegelse*. Opplevelsen av egen kjørehastighet er først og fremst bestemt av bevegelsen i forhold til omgivelsene. Gibson (1950) beskriver grunnlaget for hastighetspersepsjon som ”retinal streaming” som dreier seg om relative bevegelsesforskjeller mellom objekters avbildning på netthinnen.

Forholdet mellom bevegelseshastigheten av nære og fjerne objekter gir også informasjon om hastighet. Såkalt *bevegelsesparallakse*, dvs. at nære objekter synes å bevege seg raskere enn dem som er langt borte, og at nære og fjerne objekter kan se ut til å bevege seg i motsatte retninger (f.eks. trær langs vegen ser ut til å passere bakover, mens månen på himmelen ser ut til å følge med i bevegelsesretningen), bidrar til opplevelse av hastighet. Det må derfor antas at vegens omgivelser påvirker hastighetsfølelsen avhengig av topografi og tilstedeværelse av lett synlige objekter i ulike avstander fra vegen.

Vi kjenner ikke til at betydningen av perspektivforandringer for opplevelse av kjørehastighet har vært undersøkt systematisk. Imidlertid har det vært antydning at stolper langs vegen kan gi økt hastighetsfølelse og dermed lavere kjørehastighet (Sakshaug, 1986a).

Den motsatte situasjonen har en ved kjøring i tunneler, hvor all informasjon på sidene befinner seg praktisk talt i ett plan (tunnelveggen). Dette betyr at holdepunktene for bevegelsesparallakse er få, og en rimelig hypotese er at dette reduserer følelsen av hastighet, dvs. at en blir mindre følsom for hastighetsendringer. I tunneler med sterk stigning kompliseres dette ytterligere ved at holdepunktene for stigning i stor grad mangler, sammenlignet med kjøring i dagen, noe som kan bidra til større hastighetsforskjeller mellom nedover- og oppoverbakker i tunneler enn ved kjøring i dagen.

Også auditive holdepunkter kan være viktige for hastighetsfølelsen, men da dreier det seg helst om *lærte* sammenhenger mellom f.eks. motorlyd eller vindsus og hastighet.

² En mer detaljert gjennomgang av problemstillingene i dette kapitlet finnes i TØI arbeidsdokument SM/1479/2003 (Sagberg, 2003b).

Hoffman og Mortimer (1996) undersøkte bilføreres evne til å oppfatte hastighetsforskjeller mellom kjøretøyer (relativ hastighet) på basis av endringer i synsvinkel. Bare ved ekspansjon (vinkelhastighet) som er raskere enn $0,003 \text{ rad/sekund}^3$ er personer i stand til å skalere relativ hastighet. Dette betyr bl.a. at førere ikke er i stand til å vurdere hastigheten til møtende kjøretøyer ved forbikjøring, fordi beslutningen om forbikjøring må tas når bilen er så langt borte at vinkelhastigheten er under terskelen.

Når det gjelder kortere avstander, er det vist at førere reagerer raskere på hastighetsreduksjonen hos forankjørende bil enn på bremselysene. Liebermann m.fl. (1995) fant kortere reaksjonstider på faktisk bremsing enn på "juksebremsing" (bremselysene ble tent uten at det ble bremsset). Dette tolkes som at endring i relativ hastighet bedømmes på grunnlag av optisk ekspansjon – dvs. endring i størrelsen av et objekts projeksjon på retina.

For en mer detaljert diskusjon av det perseptuelle grunnlaget for opplevelse av hastighet vises til Riemersma (1984).

Et viktig og vel dokumentert faktum er at bilførere underestimerer sin egen kjørehastighet. (Evans, 1970; Häkkinen, 1963; Triggs og Berenyi, 1982; Milosevic og Milic, 1990; Recarte og Nunes, 1996; Denton, 1966; Conchillo m.fl., 2000). Dette betyr at førere som ikke kontrollerer hastigheten med speedometeret, stort sett kjører fortere enn de selv tror. Om det er slik at også visuelle holdepunkter ved vegutformingen og vegens omgivelser påvirker hastighetsfølelsen, må en anta at graden av underestimering av hastighet påvirkes av disse forholdene, og at en ved hjelp av visuelle virkemidler vil kunne unngå denne underestimeringen.

3.2 Det kognitive og emosjonelle grunnlaget for kjørehastighet - hva påvirker "ønsket hastighet"?

Gjennom erfaring etableres det forventninger om hva som er passe hastighet under ulike kjøreforhold, og forventningene om vegens linjeføring og standard vil bestemme hastigheten. F.eks. når en nærmer seg en kurve, vil en tilpasse hastigheten ut fra en forventning om hvordan kurven er. Dersom kurven er annerledes enn forventet, vil en oppleve at hastigheten føles enten for lav (dersom kurven er rettere enn ventet) eller for høy (dersom kurven er krappere enn ventet). Et viktig spørsmål er hvilke egenskaper ved vegen det er som påvirker hastighetstilpasningen, i tillegg til de som påvirker selve hastighetsfølelsen.

En kan anta at bilførere ønsker å kjøre på en slik måte at de kommer rimelig raskt fram uten at kjøringen oppleves altfor ubehagelig. De viktigste formene for ubehag som kan oppstå pga for høy hastighet i forhold til vegmiljøet, er:

- *Fare*: Høy hastighet kan føre til situasjoner som føreren vurderer eller opplever som farlige, i den forstand at han/hun er redd for at det kan skje ulykker.

³ Rad er betegnelse på *radian*, som er lik sirkelbuen dividert på π , dvs. $360^\circ/\pi$. Rad/sekund er et mål på vinkelhastighet, dvs. hvor raskt en vinkel endrer seg, i dette tilfelle *synsvinkelen* et objekt danner.

- *Ukomfortabel kjøring*: Dersom vegen er svært svingete, kupert, eller ujevn, kan selve kjørekomforten reduseres.
- *Mental belastning*: Kravene til informasjonsbearbeiding, og dermed den mentale belastningen, øker proporsjonalt med hastigheten.

Undersøkelser har vist at kjøring på steder med høy ulykkesrisiko er forbundet med økt mental belastning (Harms, 1991) og også redusert hastighet (Groeger og Chapman, 1991).

Hastighetstilpasningen synes å fungere som en reguleringsmekanisme for den mentale belastningen; når den mentale belastningen blir høyere enn det som oppleves som akseptabelt, vil føreren prøve å redusere belastningen slik at det blir mindre anstrengende å kjøre. Dette samsvarer også med Fullers (2000) "task-performance-interface"-modell for føreratferd. Denne bygger på en forutsetning om at bilføreres atferdstilpasning ikke primært baseres på vurdering av risiko, men snarere på kjøringens vanskelighetsgrad, eller "probability of loss of control".

Mental belastning er derfor en av de virkningsmekanismer som må tas i betraktning når en finner at visse aspekter ved vegutforming påvirker hastigheten.

3.3 Samspillet mellom hastighetsgrenser og vegdesign

Hastighetsgrensene gir sterke føringer for kjørehastigheten, og dersom den generelle vegstandarden er høy på en gitt strekning, er det grunn til å tro at mindre variasjoner i vegutforming har relativt liten betydning, fordi førerne tilpasser hastigheten primært etter hastighetsgrensene. Annerledes vil det være på veger hvor hastighetsgrensen er satt relativt høyt i forhold til vegstandarden, f.eks. hvis vegen har så krappe kurver at det kan oppleves ubehagelig å kjøre i hastighetsgrensen, kan en tenke seg at hastigheten styres primært av vegmiljøet og ikke av hastighetsgrensen.

I følge Nilsson (1992) er det et flertall av bilførerne som overskrider gjeldende hastighetsgrenser i Sverige på veger med hastighetsgrense fra 70 til 110 km/t.

Et interessant eksempel på hastighetsgrensenes betydning for kjørehastighet ble demonstrert av Casey og Lund (1992) i California. De fant at økningen i hastighetsgrensen fra 55 til 65 mph i 1987 på en del vegstrekninger førte til at hastigheten økte også på andre veger hvor hastighetsgrensen fortsatt var 55. Dette gjaldt også veger som ikke var direkte tilknyttet de strekningene hvor hastighetsgrensen ble økt. De kaller dette *hastighetsgeneralisering*, uten at de drøfter nærmere hva slags atferdsmessige forklaringer som ligger til grunn. En kan tenke seg at tilvenningen til høyere hastighet på en gitt veg gjør at det etableres assosiasjoner mellom vegmiljø og kjørehastighet, som så overføres til andre veger med tilsvarende vegmiljø.

Aktuelle tiltak for å øke overholdelse av hastighetsgrenser på veger med høy standard er "aktive hastighetskilt" som aktiveres ved overskridelser (f.eks. Kathmann og Cannon, 2001), eller hastighetsvisningstavler som viser bilenes faktiske hastighet ("Din hastighet er: XX km/t"), som har vært undersøkt bl.a. av Dart og Hunter (1976) og Vaa, Christensen og Ragnøy (1994). Virkningen av slike tiltak er mer et spørsmål om bilføreres motivasjon for å overholde

hastighetsgrenser, og deres vurderinger av risikoen for politikontroll, enn av deres informasjonsbehov og kognitive og perseptuelle kapasitet. Betydningen av hastighetsgrensene og hvordan bilistene informeres om denne, vil derfor ikke bli drøftet nærmere i denne rapporten. Vi viser i stedet til litteratur som spesielt fokuserer på ”speed management”, hastighetsovervåking etc., f.eks. Transportation Research Board (1998).

3.4 Vegkategorier og forventninger

En måte å bidra til samsvar mellom vegutformingen og bilførernes forventninger på, er å inndele vegsystemet i et begrenset antall klart identifiserbare *vegtyper*, med bestemte kjennetegn som til enhver tid gjør det klart for bilførerne hvilken vegtype de kjører på. Theeuwes og Godthelp (1995) har funnet at bilføreres kategorisering av vegsystemet i liten grad samsvarer med de offisielle kategoriene, og de lister opp en rekke kriterier for *selyforklarende veger* (”self-explaining roads”), som skal gjøre det lettere for bilførere både å se hva slags type veg de til enhver tid kjører på, og å vite hva slags atferd som er forventet.

Konseptet ”self-explaining roads” er et eksempel på anvendelse av prinsippet om at vegsystemet skal være i samsvar med trafikantenes *a priori* forventninger (Allen, Lunenfeld og Alexander, 1971), dvs. forventninger basert på tidligere erfaring med vegsystemet.

3.5 Bredde og oppmerking av kjørearealet

Polus, Fitzpatrick og Fambro (2000) har forsøkt å utvikle et sett av modeller for å predikere hastighet på rette strekninger på tofeltsveger, og de peker på at det er mer komplisert å utvikle modeller for rettstrekninger enn for kurver. Ved siden av bredde, oppmerking og omgivelser påvirkes hastigheten på en strekning både av lengden av strekningen, stigningsforhold, avstanden fra forrige kurve og til neste kurve, samt kurvaturene i de to kurvene.

Alt annet likt vil hastigheten øke med økende bredde av kjørearealet; dette er en rimelig selvsagt sammenheng, og kan forklares både ut fra at større bredde gjør det lettere å styre, og at sikkerhetsmarginen øker, og kanskje også følelsen av hastighet blir mindre.

En oversikt over resultatene fra 6 undersøkelser av vegbredde og hastighet er vist i tabell 3.1. Med unntak av to undersøkelser som på ulike måter var spesielle (Leong, 1968; Eikanger, 1983), viser de øvrige resultatene (Yagar og van Aerde, 1983; Kolsrud, 1984; Sakshaug, 1986b; Nilsson, 1989) at hastigheten øker med inntil 3 km/t pr. meter økt vegbredde.

I Sverige gjennomføres det jevnlig hastighetsmålinger på representative steder på vegnettet, som grunnlag for beregning av middelhastigheter etter bl.a. kjøretøytype og vegtype. Disse målingene viser også klart at brede veger har høyere hastighet enn smale veger med samme hastighetsgrense. F.eks. viste tallene fra 1991 (Nilsson, Rigevalk og Koronna-Vilhelmsson, 1992) for veger med hastighetsgrense 90 km/t en middelhastighet for personbiler på 86 km/t på de smaleste vegene (6,5-7,0m), mens veger som var henholdsvis 8-9,5m og 11-13 m hadde middelhastigheter på 94 og 93 km/t. Siden hastigheten her er oppgitt for

intervaller av vegbredde, er det ikke mulig å beregne økningen i km/t pr. m vegbredde. Likevel viser disse målingene klart at hastigheten øker med vegbredden, i alle fall inntil et visst nivå, og de bekrefter dermed de øvrige resultatene. At det ikke var noen forskjell i hastighet mellom de to bredeste vegtypene kan bety at når vegen blir tilstrekkelig bred, vil kjørehastigheten begrenses av hastighetsgrensen snarere enn av vegutformingen. At middelhastigheten for de bredeste vegene var høyere enn hastighetsgrensen er i samsvar med denne forklaringen.

Tabell 3.1. Oversikt over undersøkelser av sammenhengen mellom vegbredde og kjørehastighet.

Referanse	Land	Hastighetsgrense (km/t)	Vegbredde (m)	Hastighetsendring pr. meter (km/t)
Leong 1968	Australia	?	5,5 – 7,5	10,5
Yagar & van Aerde 1983	Ontario, Canada	80 – 90	6,5 – 7,5	3
Eikanger 1983	Norge	30	6 – 8	2,2
		50	6 – 7,1	6,4
		60	6 – 8	5,9
Kolsrud 1984	Sverige	70	4,6 – 6,2	3,2
		90	6,5 – 12,4	1,2
		110	8,5 – 12,7	2,1
Sakshaug 1986	Norge	50	ca. 6 – 7	1,4
		80	ca. 7 – 8	0,6
Nilsson 1989	Sverige	90	6,5 – 12,5	0,5

Kilde: TØI rapport 648/2003

Sikkerhetsmarginene øker når vegen blir bredere, slik at en kan holde høyere hastighet uten at det oppleves farligere, vanskelig, anstrengende eller ubehagelig. Og så lenge en har et motiv for å komme raskt fram, er det naturlig at en utnytter de mulighetene som ligger i bedre vegstandard. Det kan være vanskelig å vite sikkert om det er selve bredden på vegen som er det viktigste holdepunktet for hastighetstilpasningen, eller om det er andre forhold som samvarierer med bredden. Vegbredde kan samvariere med linjeføring eller siktstrekninger, som i seg selv kan antas å påvirke kjørehastigheten. Det er derfor behov for undersøkelser hvor en ser på de separate effektene av vegbredde og linjeføring på hastighet.

Økt bredde på vegskulderen fører også til høyere hastighet, med inntil 10 % (Armour og McLean, 1983; OECD, 1990).

Hva skjer så med hastigheten dersom en øker bredden av kjørefeltet, men reduserer skulderbredden tilsvarende, slik at bredden av kjørebane blir uendret? Lundkvist m. fl. (1992) fant *redusert* gjennomsnittshastighet etter ommaling av kantstripe på 13-metersveg (fra 3,75 m kjørefelt og 2,75 m skulder til 5,5 m kjørefeltbredde og 1 m skulder). Dette viste seg imidlertid å skyldes økt kødannelse, og en analyse av frittstående kjøretøyer (Lundkvist, 1996) viste *økt* hastighet.

Når det gjelder motorveger og andre flerfeltsveger, mangler det kunnskap om sammenheng mellom hastighet og kjørefeltbredde eller antall kjørefelt.

Når det sammenhenger mellom veg-/skulderbredde og *ulykker*, er resultatene noe sprikende. Vi viser bl.a. til Trafikksikkerhetshåndboka (Elvik, Mysen og Vaa, 1997a) og til flere enkeltundersøkelser (Abboud og Bowman, 2001; Zegeer m.fl., 1994; Urbanik II, 1994; Brude og Larsson, 1996).

3.6 Forklaringer på sammenhengen mellom veg-/skulderbredde og hastighet

Informasjonsgrunnlaget for hastighetsreguleringen er bl.a. feedback som bilføreren mottar ved avvik fra planlagt kurs. "Time to line crossing" (TLC) har vært presentert som en viktig indikator på den visuelle informasjonen som bilførere baserer styreatferden på (Godthelp, Milgram og Blaauw, 1984). Det er ikke grunn til å tro at bilførere foretar noen "beregning" av TLC under kjøringen, men snarere at bilistene umiddelbart persiperer bilens bevegelse i forhold til vegen, og at TLC kan ses på som en indikator på dette aspektet ved persepsjonen. Likheten med Gibsons og Crooks (1938) "field of safe travel" er nærliggende; dvs. at TLC kanskje kan betraktes som et aspekt ved dette feltet, og en av flere måte å operasjonalisere det på. TLC ved et gitt kursavvik vil være mindre når vegen er smalere, dvs. det tar kortere tid før en krysser kantlinje eller midtlinje. Reduksjon av hastigheten kompensere for smalere veg, slik at TLC kan opprettholdes. Dersom det er slik at bilførere tilpasser hastigheten slik at TLC holdes over en viss terskelverdi, vil dette forklare sammenhengen mellom vegbredde og hastighet. En annen mulig mekanisme kan være at objekter langs vegen kommer tettere innpå når vegen er smalere. Dette vil gjøre at objektenes relative bevegelser i synsfeltet blir raskere, noe som antas å påvirke selve hastighetsfølelsen.

At hastigheten øker også når skulderbredden øker, forklares av det samme. Skulderen gir økt sikkerhetsmargin, slik at TLC (i forhold til kanten på skulderen og ikke i forhold til kantlinja) øker. Samtidig gir skulderen økt avstand til objekter langs vegen, slik at hastighetsfølelsen reduseres.

Når en flytter kantlinja slik at kjørefeltene blir smalere og skulderen bredere, påvirkes sideplasseringen slik at sideavstanden til møtende trafikk blir mindre. Dermed vil bevegelseshastigheten i synsfeltet øke for objekter som befinner seg i motgående kjørefelt, noe som kan øke hastighetsfølelsen. Og dersom førerne styrer etter kantlinja og ikke vegkanten, vil de måtte redusere hastigheten når kjørefeltet blir smalere, dersom de skal opprettholde samme sikkerhetsmargin (eller TLC) som tidligere i forhold til overskridelse av kantlinja.

3.7 Langsgående oppmerking

Praksis for vegoppmerking i ulike europeiske land er beskrevet i en rapport fra prosjektet COST 331 (1999).

Formålet med den langsgående vegmerkingen er å gi visuell informasjon som grunnlag for riktig sideveis plassering i vegbanen. Både kantlinje og midtlinje kan

tenkes å bidra til å redusere førerens kognitive belastning, og det er derfor et rimelig spørsmål om dette også fører til høyere hastighet, sammenlignet med veger uten langsgående oppmerking.

Virkninger av henholdsvis kantlinjer og midtlinjer på kjøreatferd er sammenfattet i en OECD-rapport om atferdstilpasning (OECD, 1990).

På strekninger med kantlinje holdes høyere hastighet enn på sammenlignbare strekninger uten kantlinje (OECD, 1990; Steyvers og DeWaard, 2000). Midtlinje ser også ut til å gi høyere hastighet på smale veger (Steyvers og DeWaard, 2000) men ikke på brede veger (Yagar og van Aerde, 1983). Resultatene for midtlinjer ser ut til å samsvare med studier av ulykker, som viser *høyere ulykkesrisiko* med midtlinje på smale veger (OECD, 1990), og mer variable resultater for brede veger (OECD, 1990; Glennon, 1985).

3.8 Opphøyd eller profilert oppmerking

Profilert eller opphøyd oppmerking, som i tillegg til visuell informasjon gir vibrasjon og lyd, har lenge vært benyttet som kantlinjer, og i de siste årene er de i økende utstrekning brukt også som midtlinjer. Den ulykkesreducerende effekten av kantlinjer med rumleeffekt har vært klart påvist i undersøkelser bl.a. av Gårder og Alexander (1995) og Hickey (1997). Bruk av rumlelinjer drøftes også av Anund (1998). En norsk undersøkelse (Giæver m.fl., 1999) tyder på at også profilert midtlinje reduserer risikoen både for møteulykker og for singelulykker der midtlinjen krysses. Det er liten grunn til å tro at profileringen påvirker kjørehastigheten, da informasjonen under normal kjøring (dvs. når en ikke kjører på linja) ikke er vesentlig forskjellig fra den føreren får fra en malt linje.

Kjørebanelreflektorer – eller opphøyde kjørebanelmarkeringer ("raised pavement markers") - er et annet eksempel på oppmerking som kan gi en viss auditiv og taktil informasjon. Disse har vist seg å føre til færre overskridelser av midtlinja i kurver, men ser heller ikke ut til å påvirke hastigheten (Hammond og Wegman, 2001).

Omfattende drøfting av virkningen av opphøyde kjørebanelmarkeringer på kjøreatferd, samt anbefalte retningslinjer for bruken av dem, finnes i en rapport av Grant og Bloomfield (1997).

3.9 Vegbanens jevnhet

Anund (1992) undersøkte hvordan kjørehastigheten varierte med vegdekkets jevnhet, indikert ved "International Roughness Index" (IRI) og spordybde, og hun fant at begge disse målene var korrelert med lavere hastigheter for personbiler, men ikke for lastebiler. Schanderson (1994) fant også sammenheng mellom vegdekkets kvalitet og hastighet.

3.10 Avstand til fysiske hindringer langs vegen

Martens, Comte og Kaptein (1997) refererer undersøkelser som viser at hindringer langs vegen fører til større hastighetsreduksjon på smale enn på brede veger. Dette

kan forklares ved at den primære effekten av hindringer tett inntil vegen er endret sideplassering, dvs. nærmere midten av vegen. På brede veger er det mulig å kjøre nærmere midten uten å komme i konflikt med møtende trafikk, mens dette er vanskeligere på smale veger, slik at en i stedet må redusere hastigheten for å opprettholde samme sikkerhetsmargin.

I en simulatorstudie sammenlignet Godley m.fl. (1999) kjøring i et åpent landskap med kjøring på en veg med høye bygninger langs begge sidene, og de fant 2,5 km/t lavere hastighet og større avstand fra vegkanten ved lukkede omgivelser. De undersøkte dessuten effekten av trær langs vegen, med avtagende avstand mellom trærne for å skape følelse av hastighetsøkning, men fant ingen effekt

Siden trangere kjøreareal pga objekter langs vegen altså ser ut til å gi lavere hastighet, ville en forvente at også vegrekkverk skulle ha en tilsvarende effekt, avhengig av vegbredde. På den andre siden gir rekkverk økt trygghet, som kan trekke i motsatt retning

Når det gjelder rekkverk *langs vegkant*, har vi ikke funnet noen undersøkelser av virkninger på kjørehastighet. For rekkverk *langs midtdeler*, finnes det ifølge Elvik m.fl. (1997) noen få undersøkelser fra 50- og 60-tallet, med til dels motstridende resultater.

I forbindelse med evalueringen av midtrekkverk på svenske 13-metersveger med 2+1 kjørefelt finnes det hastighetsmålinger som vil kunne belyse disse problemstillingene. Det er vist at hastigheten er lavere på 1-feltsstrekningene enn på 2-feltsstrekningene (Carlsson, 2001). Imidlertid er dette gjennomsnittshastigheter, slik at det er umulig å si hvorvidt rekkverket har betydning når det gjelder hastigheten for frittjørende biler.

3.11 Spesiell oppmerking for å påvirke hastighetsfølelsen - perseptuelle illusjoner

Det er en glidende overgang mellom en del av de virkemidlene som er omtalt under vegoppmerking, og tiltak som antas å påvirke hastigheten gjennom endret hastighetsfølelse eller perseptuelle illusjoner - "perceptual trickery effects" (Johnson, 1982, referert av Fildes og Jarvis, 1994). Eksempler på det siste er illusjoner som gjør at vegen/kjørefeltet virker smalere, eller at kurver virker krappere enn de faktisk er. I og med at det er bilistens *opplevelse* av kjørebanebredde, kurvatur osv. som er avgjørende for hastigheten snarere enn den faktiske fysiske vegutformingen, kan slike virkemidler tenkes å være effektive for å gi et bedre forhold mellom subjektiv og objektiv sikkerhetsmargin.

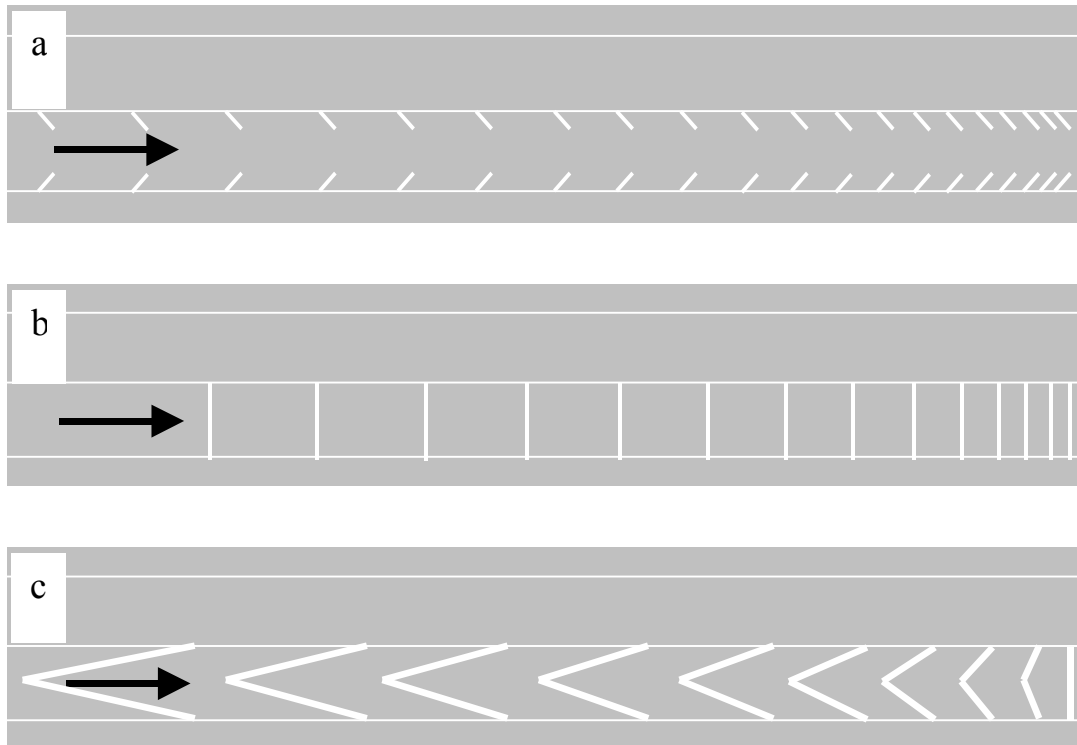
Perseptuelle tiltak kan grupperes i tre kategorier, ut fra formålet med tiltaket (Godley m.fl., 1999):

- Tiltak for å senke hastigheten foran spesielle faremomenter, f.eks. overraskende kryss, rundkjøringer, bomstasjoner, fotgjengeroverganger, kurver etc.
- Tiltak for å påvirke kjørehastigheten på strekninger
- Tiltak for å påvirke hastighetstilpasningen i kurver

3.11.1 Hastighetsreduksjon ved spesielle faremomenter

Den antatte virkemåten for tiltak i denne kategorien er at førerne får en følelse av at hastigheten øker, slik at de senker hastigheten til et passende nivå. De tiltakene som har vært prøvd ut og som derfor vil bli drøftet her, omfatter:

- Fiskebensmønster, dvs. skråstilte striper et stykke inn fra kanten (figur 3.1 a)
- Tverrgående striper (figur 3.1 b)
- Wundts illusjon (figur 3.1 c)



Kilde: TØI rapport 648/2003

Figur 3.1. Perseptuelle virkemidler for hastighetsreduksjon: a) Fiskebensmønster, b) Tverrstriper, c) Wundts illusjon.

Fiskebensmønster er skrå perifere striper, dvs. striper som går skrått inn fra kanten og et stykke inn i kjørefeltet. Dersom de peker mot kjøreretningen, forventes de å skape en illusjon av at kjørefeltet blir smalere, og peker de med kjøreretningen, forventes de å gi en opplevelse av at kjørefeltet blir bredere. I simulatorstudien til Godley m.fl. (1999) fant imidlertid ingen forskjell mellom de to betingelsene, begge førte til hastighetsreduksjon på 2 km/t over en strekning på 100 m.

Tverrgående linjer over kjørebane benyttes mange steder hvor det er behov for hastighetsreduksjon i forbindelse med spesielle faremomenter, slik som uventede krysstyper på gjennomgangsveger med relativt høy hastighet (lyskryss, rundkjøringer). Linjene har vanligvis gradvis avtagende avstand inn mot hindringene, for å gi en illusjon av økende hastighet dersom ikke hastigheten reduseres. De utformes dels som malte linjer, som bare gir en visuell effekt, og dels som opphøyde linjer, som i tillegg gir en rumleeffekt (auditiv og taktil

effekt). Bedre hastighetstilpasning, bedre orientering og redusert ulykkesrisiko er de viktigste forventede effektene av dette tiltaket.

Virkningen på hastighet har vært relativt grundig evaluert, både i simulator (Godley m.fl., 1999) og i feltforsøk (Rockwell, Malecki og Shinar, 1975; Shinar, Rockwell og Malecki, 1980; Fildes, Fletcher og Corrigan, 1987; Fildes, Leening og Corrigan, 1989; Fildes og Jarvis, 1994; Jarvis, 1989; Zaidel, Hakkert og Barkan, 1986).

De fleste studiene finner hastighetsreduksjoner ved dette tiltaket, men det er ulike oppfatninger om hva som er virkningsmekanismen for hastighetsreduksjon ved tverrgående striper; dvs. hvorvidt oppmerkingen først og fremst fungerer som et faresignal, eller om den påvirker hastighetspersepsjonen. At rumlelinjer er mest effektivt kan tyde på at ubehag forbundet med rumleeffekten kan være en medvirkende faktor til hastighetsreduksjonen.

Meyer (2001) fant hastighetsreduksjon ved striper med fast avstand, og ytterligere reduksjon ved overgang til avtagende avstand, og han konkluderte derfor med at stripene fungerer både som faresignal og som signal for en perseptuell effekt.

Haynes m.fl. (1993) undersøkte effekten på ulykker og fant en ikke-signifikant tendens til færre ulykker.

Wundts illusjon (figur 3.1 c) har også vist seg å gi hastighetsreduksjon (Rockwell, Malecki og Shinar, 1975; Godley m.fl., 1999), men også her er virkningsmekanismen uklar. Dette mønsteret skaper en tydelig illusjon av smalere kjørefelt når det ses ovenfra som i figur 3.1 c, men i følge Godley m.fl. (1999) er det ikke dokumentert hvorvidt det gir den samme visuelle illusjonen når det ses fra en bilførers posisjon. Virkningsmekanismen kan snarere være at mønsteret virker primært som en generell varsling om fare.

3.11.2 Påvirkning av hastighet ved kontinuerlig kjøring

Flere ulike perseptuelle tiltak har vært prøvd for å senke strekningshastigheter:

- ”Visuell innsnevring” av kjørefeltet, ved hjelp av bredere midtfelt.
- Kombinasjon av visuell innsnevring med rumlefelter mellom kjørefeltene og eller på vegskulderen.
- Sjakkmønstrer bred kantlinje.

Flere varianter og kombinasjoner av disse tiltakene har vært prøvd (Fildes m.fl., 1989; de Waard m.fl., 1995; Steyvers, 1998; Godley m. fl., 1999; Gunnarsson 2001). Disse studiene viser generelt at redusert visuelt kjørefelt ved hjelp av midtfelt og/eller bredere kantlinje, fører til redusert hastighet. Selv om det fysiske kjørearealet ikke reduseres, forsøker bilistene tydeligvis å holde seg innenfor det oppmerkede arealet.

En større grad av visuell innsnevring av kjørefeltet ble undersøkt i simulator av Godley m. fl. (1999). Dette ble gjort ved at midtlinja ble utvidet til et midtfelt på 1,3 eller 2,3 m, hvor det enten var malt tverrstriper eller lagt lys grus. Redusert kjørefeltbredde fra 3 til 2,5 m førte til 2,2 km/t lavere hastighet. Samtidig ble det

påvist en høyere mental belastning. Det antydes at dette skyldes økt konsentrasjon om styringen, som også forklarer hastighetsreduksjonen.

Godley m.fl. (1999) fant i simulatorstudien en større hastighetsreduksjon når midtfeltet bestod av malte striper enn når det bestod av hvit grus – forskjellen var 3,1 km/t på rettstrekninger og 1,5 km/t i kurver. Større effekt av malte striper enn av hvit grus forklarer de ved at stimuleringen av det perifere synsfeltet som stripene gir, øker hastighetsfølelsen.

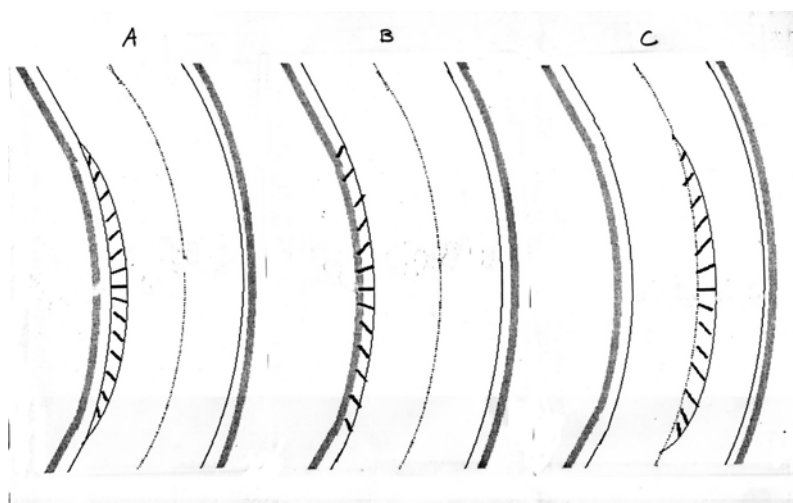
3.11.3 Tiltak for å påvirke persepsjonen av kurvatur

Blant de tiltak som ble prøvd ut av Rockwell, Malecki og Shinar (1975; se også Shinar, Rockwell og Malecki 1980) var utvidelse av indre kantlinje inn mot kjørebanelen i en kurve, for å gi inntrykk av at kurven var krappere. De fant at dette førte til redusert hastighet inn mot kurven.

Dette ble også testet ut i simulator, sammen med to andre lignende tiltak, av Godley m.fl. (1999). Følgende tre tiltak ble sammenlignet:

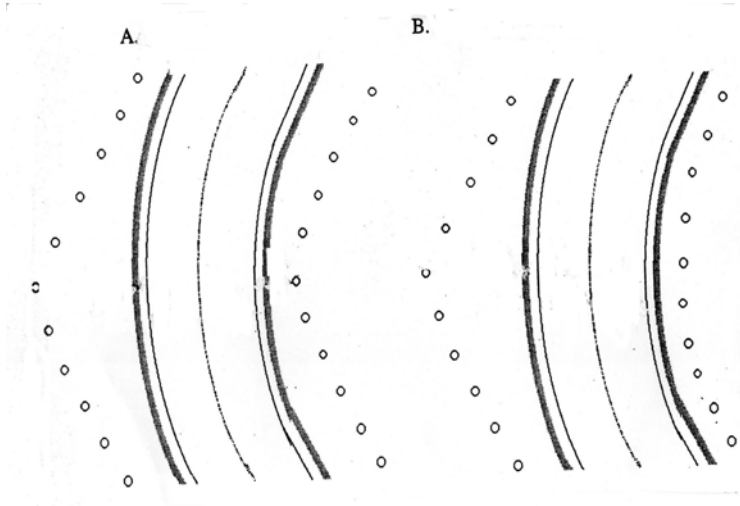
- Gradvis utvidelse av kantlinja til maksimalt 50 cm (og malte tverrstriper) i innerkurven (figur 3.2 a).
- Malte tverrstriper bare på vegskulderen gjennom kurven (figur 3.2 b).
- Gradvis utvidelse av midtlinja til 55 cm midt i kurven (med malte tverrstriper, figur 3.2 c), for å gi inntrykk av krappere kurvatur for det ytterste feltet.

Godley m.fl. (1999) fant ingen hastighetsreduksjon ved utvidelse av kantlinja i innerkurven, og heller ikke for de øvrige tiltakene. Forskjellen mellom de to resultatene forklarer de med at kurven i deres eksperiment var oversiktlig, mens Rockwell m.fl. (1975) prøvde ut tiltaket i en uoversiktig kurve. Det kan være at kurvaturforsterkende tiltak av denne typen har en effekt der siktforholdene gjør det vanskelig å vurdere kurvaturen før en kommer inn i kurven.



Figur 3.2. Perseptuelle tiltak i kurver. a) Utvidet kantlinje i innerkurve. b) Skravert vegskulder. c) Utvidet midtfelt. (Kilde: Godley m.fl., 1999)

Godley m.fl. (1999) prøvde også ut framheving av kurvaturen ved å plassere kantstolper slik at de angir et knekkpunkt midt i kurven i stedet for å følge vegens kurvatur (se figur 3.3), enten på begge sider av vegen eller bare i ytterkurven. En variant var økende høyde på kantstolpene (fra 1 til 2 meter) fram til knekkpunktet. Dette viste seg å være den eneste løsningen som førte til hastighetsreduksjon både i høyre- og venstre-kurver.



Figur 3.3. Visuell forsterkning av kurvatur ved hjelp av kantstolper, a) langs begge sider, b) bare i ytterkurven. (Kilde: Godley m.fl., 1999)

3.12 Fareskilt og annen informasjon som gir forventning om fare

I følge Fildes og Lee (1993a) er varselkilt blant de perseptuelle tiltak som kan tenkes å påvirke hastigheten gunstig.

Ward og Wilde (1995) fant at varselkilt om begrenset sikt før usikret planovergang, samt skilt med oppfordring om å stanse før kryssing, førte til lavere hastighet inn mot planovergangen (men ikke flere førere som stanset).

En tilsynelatende negativ tilpasning til faresignaler er beskrevet av Várhelyi (1998). I situasjoner med potensiell konflikt mellom bil og fotgjenger ved gangfelt fant han at de fleste bilførere opprettholdt eller økte hastigheten.

Selv om fareskilt o.l. ikke fører til redusert hastighet, kan de likevel tenkes å være virksomme ved at førerne skjerper konsentrasjonen. Det er behov for å finne ut mer om under hvilke forhold fareskilt fungerer som fartsreducerende tiltak (se også avsnitt 3.16 om skilting i forbindelse med kurver).

3.13 Siktforhold

Siktstrekning synes å være en viktig variabel for å forklare kjørehastighet.

I prosjektet COST 331 (COST, 2001) fant en at dersom siktavstanden kom under en viss grense, reduserte førerne hastigheten slik at de opprettholdt en "preview time" (den tid det tar å kjøre siktstrekningen) på mellom 3 og 5 sekunder.

I en spørreundersøkelse om hvilke faktorer førerne mente ville påvirke hastighetsvalget (Kanellaidis, 1995), var siktstrekning blant de variablene som forklarte mest av variansen i datamaterialet.

Watts og Quimby (1980) fant at hastigheten i kurver ikke ble tilpasset fullt ut til reduksjonen i siktstrekning. Dette førte til at sikkerhetsmarginene ble redusert i enkelte kurver – i en av kurvene fant en til og med negativ sikkerhetsmargin. Dette ble tolket som at bilførere aksepterer midlertidig risikoøkning ved nedsatt sikt i stedet for å tilpasse hastigheten.

Easa (1994) har påpekt vanskeligheter med å beregne siktstrekninger i kurver, knyttet bl.a. til at en må ta hensyn til sporvalg gjennom kurven.

Det er grunn til å tro at for høy hastighet i forhold til siktstrekning særlig forekommer der det er kort sikt (lav designhastighet) i forhold til hastighetsgrensen. I slike tilfeller kan det være at hastighetsgrensen bidrar til å ”legitimere” en hastighet som er høyere enn det vegforholdene tilsier.

3.14 Betydningen av siktstrekning (”preview distance”) i mørke

Bilførere tilpasser hastigheten til sikten ved å kjøre saktere i mørke enn i dagslys (Cornwell, 1972; Assum m fl, 1999). Ulykkesrisikoen er likevel høyere i mørke, noe som tyder på at hastighetsreduksjonen ikke er tilstrekkelig til å kompensere for siktreduksjonen. Dette kan forklares ut fra Leibowitz og Owens’ teori (Leibowitz og Owens, 1986; Leibowitz, Owens og Post, 1982) om ”selektiv degradering av synfunksjoner” (se avsnitt 2.4). Redusert belysning har større negativ effekt på objektidentifisering enn på orientering i rommet. I følge Leibowitz og Owens er bilførere vanligvis ikke klar over denne begrensningen, og de vil derfor tilpasse hastigheten primært etter orienteringssynet.

Denne mekanismen kan forklare at tiltak rettet mot økt synlighet av linjeføringen i mørke (reflekterende kantlinjer og kantstolper) under visse forhold ikke bare fører til høyere hastighet, men også til økt ulykkesrisiko (Kallberg, 1993).

Vegbelysning har derimot en gunstig virkning på ulykkesrisikoen (Lamm, Kloeckner og Coueiri, 1985; Eckert, 1993; Elvik, 1995) til tross for at hastigheten øker (Huber og Tracy, 1968; Rockwell og Lindsay, 1968; Assum m.fl. 1999). Vegbelysning bedrer både orienteringsevne og objektidentifisering.

Den viktigste implikasjonen av dette er at ulykkesrisikoen i mørke først og fremst kan reduseres ved hjelp av tiltak som primært bedrer muligheten til å se vegbanen langt framover, og ikke med tiltak som bare framhever linjeføringen. I tråd med dette fant Amundsen (1983b) at reasfaltering av utvalgte vegstrekninger med lysere materiale førte til økt hastighet og større avstand fra kantlinja (muligens som følge av hastighetsøkningen), mens det ikke ble påvist noen signifikante endringer i ulykkesrisiko.

For en oversikt over forskning omkring tiltak for å påvirke kjøreatferd under redusert sikt generelt (mørke, nedbør, tåke, tunneler) vises for øvrig til kapittel 5 i rapporten ”Visual modification of the road environment” (Sagberg m.fl., 1999) fra EU-prosjektet GADGET.

3.15 Kurveutforming

En stor andel av trafikkulykkene skjer i kurver. I Norge gjelder dette rundt 20 % av alle personskadeulykker og over halvparten av møteulykker og singelulykker med motorkjøretøy. Det er grunn til å tro at feilaktig hastighetstilpasning er medvirkende årsak til en god del av disse ulykkene. Et viktig spørsmål er hvordan den geometriske utformingen av kurvene påvirker hastighet foran og i kurver, og hvilke perseptuelle og kognitive mekanismer som kan forklare sammenhengene mellom kurveutforming og hastighet.

3.15.1 Konsistent design

Hastighetstilpasningen til en kurve er ikke bare en funksjon av den gitte kurven, men også av forventninger etablert ut fra kjøring gjennom tidligere kurver på strekningen.

Begrepet *designkonsistens* ("design consistency") eller *hastighetskonsistens* ("speed consistency" – se f.eks. Lamm, Hayward og Cargin, 1986) benyttes hovedsakelig for å indikere i hvilken grad en vegs *linjeføring* er slik at en unngår endringer som kommer overraskende på bilførerne. Det er snakk om å tilpasse vegsystemet til bilførernes *forventninger* (Allen m.fl, 1971; Alexander og Lunenfeld, 1986). Enkelte benytter begrepet i noe videre forstand om utformingen av vegsystemet generelt (inkludert veggeometri, skilting og oppmerking) for å unngå forventningsbrudd (Messer, 1980), mens det mest vanlige er å benytte det om veggeometrien alene.

"Design consistency refers to highway geometry's conformance with driver expectancy." (Fitzpatrick og Collins, 2000)

Det finnes en omfattende forskningslitteratur om designkonsistens. Litteraturen inneholder også spesifikke anbefalinger, og mye av denne forskningen er blitt nedfelt i revisjoner av designhåndbøker. Eksempelvis er "Green Book" i USA revidert flere ganger, sist i 2001 (AASHTO, 2001). Prinsippet om å unngå forventningsbrudd ("expectancy violations") gjennom konsistent design er implisitt også i vegnormalene både i Norge (se Statens vegvesen, 1992, kap. 16. Linjeføring, s. 129 ff), og i Sverige (Vägverket, 2001). Imidlertid kan det stilles spørsmål ved det forskningsmessige grunnlaget for enkelte av de konkrete anbefalingene en finner i håndbøkene.

En generell diskusjon av designkonsistens finnes eksempelvis hos Gibreel m.fl. (1999). De har presentert en grundig diskusjon av dette prinsippet på grunnlag av en gjennomgang av rådende praksis for vegdesign i USA og Europa.

Lamm og Smith (1994) beskriver såkalt "curvilinear alignment" (linjeføring i kurver) basert på "relation design", som i hovedsak går ut på at en tilstreber lange, slakke kurver som går over i hverandre, i stedet for kortere kurver med rette tangenter i mellom. På grunnlag av denne metoden har Lamm m.fl. (1994) utviklet en prosedyre for å identifisere feilaktige design på eksisterende tofelts veier.

En særlig utfordring er kombinasjonen av vertikal- og horisontalkurvatur på en slik måte at en unngår forventningsbrudd. Smith og Lamm (1994) drøfter likheter og forskjeller mellom amerikanske og tyske guidelines for design. På dette

grunnlaget presenterer de anbefalinger for hvordan horisontal- og vertikalkurvatur skal kombineres for å gi best mulig optisk ledning for bilistene, bl.a. ved at midtpunktene på vertikal- og horisontalkurver sammenfaller. Et annet viktig prinsipp er å unngå korte rette strekninger mellom lange kurver ("broken back"-kurver), eller korte kurver mellom lange rettstrekninger (optiske brudd). Det er bl.a. viktig at en horisontalkurve på toppen av en vertikalkurve ikke er for krapp; dvs. at horisontalkurven begynner før vertikalkurven. De presenterer også en hypotese om at en konkav vertikalkurve (lavbrekk) kombinert med en horisontalkurve gjør at horisontalkurven virker mindre krapp enn ellers, og at den derfor kan føre til at hastigheten blir for høy i forhold til forventet kurvatur.

Selv om det ut fra teoretiske betraktninger kan identifiseres "gode" og "dårlige" kombinasjoner av vertikal- og horisontalkurvatur, peker Smith og Lamm (1994) på at det er lite spesifikk kunnskap om trafikksikkerhet forbundet med dårlige kombinasjoner, og at det generelt er lite kunnskap om betydningen av vertikalkurvatur for trafikksikkerhet.

"Three-dimensional alinement, a very complex component in the highway geometric design process still represents the weakest link in the overall design of highways." (Smith og Lamm, 1994, s. 84).

3.15.2 Hvordan måle designkonsistens

I Norge ble det på 80-tallet utviklet en modell for å beregne kurvers farlighetsgrad eller "utforkjøringsrisikofaktor" (URF), som var basert på en implisitt konsistenstenkning (Amundsen og Lie, 1984). I URF-modellen blir sidefriksjonen beregnet fortløpende ut fra kurveradius, overhøyde og forventet hastighetsprofil for frittstående kjøretøyer. På grunnlag av denne beregningen blir det laget en profil som for hvert punkt på strekningen viser avviket mellom sidefriksjonen i punktet og et glidende gjennomsnitt av sidefriksjonen fram til og med det aktuelle punktet. URF-modellen har vist seg å gi rimelig gode prediksjoner av faktiske ulykkesdata.

URF-modellen forutsetter at det finnes sammenhengende data om kurvatur, overhøyde, vegbredde og stigning for de strekningene som skal analyseres. En vesentlig begrensning ved modellen er at den ikke tar hensyn til sikthorison eller kurvevinkel (Hvoslef, 1992).

Den vanligste måten å måle konsistens på er å undersøke hastighetsprofilene for frittstående kjøretøyer (eller alternativt 85%-fraktilen i hastighetsfordelingen). Store variasjoner i hastighet mellom etterfølgende vegsegmenter er da en indikasjon på lav konsistens. En slik metode vil også ta hensyn til sikthorison og kurvevinkel, i den grad disse elementene påvirker bilistenes persepsjon av kurvatur og dermed hastigheten.

Lamm m.fl. (1986) sammenlignet tre ulike metoder for å predikere kjørehastighet som grunnlag for å vurdere "speed consistency". De konkluderte med at en tysk metode basert på "curvature change rate" (CCR) var mest hensiktsmessig for å predikere hvordan hastighetsprofiler på en tofelts landeveg påvirkes av inkonsistenser i horisontalkurvaturen. CCR defineres som den absolutte summen av vinkelendringer i den horisontale linjeføringen, dividert med lengden av den

aktuelle vegstrekningen. Avviket i CCR fra en seksjon til neste på en vegstrekning er da et mål på konsistens.

Andre hastighetsbaserte tilnæringer og modeller for konsistens er beskrevet av Fitzpatrick og Collins (2000), Hassan m.fl. (2000), og McFadden og Elefteriadou (2000).

Wooldridge (1994) har påpekt en del svakheter ved å bruke faktisk hastighet som indikasjon på designkonsistens. Hans argument er at visse vegelementer - eksempelvis kryss, smale bruer, endringer i kjørefeltbredde, antall felt mm. - utgjør økt risiko uten at de nødvendigvis påvirker hastigheten.

"All of these features violate drivers' expectancies, but their influences on the geometric design of the roadway are neglected if one examines only the speed profiles along the roadway" (p.151).

Han argumenterer for at *kognitiv belastning* er et bedre mål, fordi det vil fange opp effektene av de nevnte vegelementene. Tankegangen er da at slike vegelementer gjør at føreren opplever en økt informasjonsmengde med større krav til oppmerksomheten, og at mange da heller velger å kjøre med økt anstrengelse (mental belastning) en kort stund enn å redusere hastigheten. Han presenterer en undersøkelse som viser sammenheng mellom belastning og ulykkesrisiko både for absolutt belastning og avvik fra glidende gjennomsnitt av belastning (som er et uttrykk for lav konsistens).

Wooldridge (1994) benyttet en metode for å estimere vegsegmentenes grad av belastning som opprinnelig ble utviklet av Messer (1980). Denne var basert på ekspertvurderinger av ulike vegelementer ut fra "workload", definert som "the time rate at which drivers must perform a given amount of work or driving tasks". Denne metoden var basert på vurderinger av skjematisk presentasjoner av vegelementene på en skjerm; det kan derfor reises tvil om validiteten av metoden i forhold til faktisk mental belastning hos bilførere.

Wooldridge (1994) nevner visuell okklusjon som en supplerende/alternativ teknikk for å måle belastning. Dette består i at forsøkspersonen kjører med en ugjennomsiktig skjerm foran ansiktet som kan åpnes et lite øyeblikk ved å trykke på en knapp eller lignende. Forsøkspersonen blir instruert om å kjøre så lenge som mulig for hver gang han åpner skjermen for å se. Antagelsen er at jo høyere belastning, desto lengre tid vil føreren ha skjermen åpen. Wooldridge m.fl. (2000) har senere prøvd ut denne metoden på horisontalkurver og konkluderer med at det er en lovende metode for å vurdere design-konsistens.

Tidligere eksperimenter i Nederland har vist at dette målet på belastning er høyt korrelert med "time to line crossing" (Godthelp, Milgram og Blaauw, 1984); jo kortere TLC, desto større behov for visuell input, og lengre tid med skjermen åpen.

3.15.3 Sammenheng mellom kurveutforming, persepsjon av kurvatur, og kjørehastighet

For en oversikt over forskningslitteratur fram til 1983 når det gjelder kjøreatferd i kurver, samt en diskusjon av aktuelle perseptuelle holdepunkter, vises til Riemersma (1984). Nyere litteratur vil bli gjennomgått i det følgende.

Et interessant spørsmål er hvordan ulike geometriske kjennetegn ved en kurve påvirker opplevelsen av kurvens krapphet *før en kommer til kurven*, og dermed også kjørehastigheten. Med andre ord, hva er det som bestemmer den *subjektive kurvaturen*? En kurve som på forhånd oppleves mindre krapp enn den faktisk er, må antas å føre til høyere hastighet (mindre sikkerhetsmargin) enn en kurve som virker krappere.

Riemersma (1991) fant i et laboratorieeksperiment at persepsjonen av kurvatur påvirkes av følgende kjennetegn ved kurven:

- kurvevinkel
- kurveradius
- avstand til starten på kurven
- overhøyde: gjør kurven mer oversiktlig
- overgangskurve: kurven oppleves som at den starter senere og er mindre krapp enn enkel kurve med samme radius.

Overgangskurver kan dermed bidra til å gi førerne misvisende informasjon om kurvatur og gjøre at hastigheten ikke reduseres tilstrekkelig.

Bonneson (2000a) påpeker at både for korte og for lange overgangskurver kan skape problemer. For korte kurver resulterer i relativ stor maksimal sidefriksjon, mens for lange kurver gjør at kurven oppleves mindre krapp, noe som kan bety at mange holder for høy hastighet inn i kurven. På bakgrunn av studier av sideplassering og styring gjennom kurver finner Bonneson at den ideelle lengden av overgangskurven, er den som tilsvarer den tida endringen i styrevinkelen tar, dvs. 2,5 – 3 sek. (Bonneson, 2000b).

Richter m.fl. (1998) fant en klar effekt av kurvatur (“curvature change rate”) på hastighet. De registrerte dessuten en del fysiologiske variabler hos førerne og fant at føreren blunket oftere med øynene ved sterk kurvatur. Også hjerterate og hudkonduktans⁴ varierte med kurvatur. Disse resultatene indikerer økt kognitiv belastning ved kjøring i kurver.

Bilføreres vurderinger av kurvers farlighetsgrad (etter å ha kjørt gjennom kurvene) er vist å henge sammen med kurvatur, stigning, overhøyde, siktstrekning og varsling med fareskilt (Zervas, Polak og Kanellaidis, 1998; Kanellaidis, Zervas og Karagioules, 2000).

Zakowska (1995) undersøkte effekt av kurvatur på opplevd risiko og varierte både *kurvevinkel* og *kurveradius*. Hun fant at begge parametrene påvirket opplevelsen av hvor farlig en kurve var. I en senere undersøkelse (Zakowska, 1997) gjentok hun samme eksperimentet hvor også kjørehastigheten under opptaket ble variert, noe som hadde vesentlig betydning for vurderingen av fare. Resultatene tydet bl.a. på at høy hastighet førte til at førerne i mindre grad klarte å se forskjell mellom krappe og mindre krappe kurver.

⁴ Hudens elektriske ledeevne (konduktans) er et følsomt mål på aktivering, som følge av mental anstrengelse, konsentrasjon, fokusering av oppmerksomheten (orienteringsreaksjon), og/eller følelsesmessige reaksjoner.

Kanellaidis (1996) ga bilførere et spørreskjema der de ble bedt om å vurdere 14 ulike vegelementer mht i hvilken grad de trodde disse påvirket kjørehastigheten. Faktoranalyse av elementene ga 4 faktorer, hvorav den ene var linjeføring. Skarp kurvatur og siktstrekning var de to variablene som hadde størst betydning for denne faktoren.

De ovennevnte studiene gir kunnskap om hva som påvirker bilførerens *opplevelse* av kurven, og som derfor kan antas også å påvirke hastigheten. I tillegg er det viktig med kunnskap om sammenhenger mellom kurveutforming og faktisk hastighet.

Det foreligger flere multivariate analyser hvor en har modellert hastighet som funksjon av en rekke geometriske forhold ved kurvene. De fleste studiene har dreid seg om tofelts landeveg med høye hastigheter, men det finnes også studier for lavhastighetsveger i tettbebyggelse (f.eks. Poe og Mason, 2000).

De fleste studiene viser at *kurveradius* er den parameteren som først og fremst forklarer kjørehastigheten i kurver (Wong og Nicholson, 1992; Lamm og Smith, 1994; Gibreel m.fl., 1999). Ved krappe kurver reduseres imidlertid ikke hastigheten tilstrekkelig til å opprettholde sikkerhetsmarginen for sidefriksjon; derfor ser utretting av kurver ut til å gi større sikkerhet til tross for at hastigheten øker (Wong og Nicholson, 1992). Sikkerhetsmarginen for sidefriksjon ser ut til å være lavest for kurver med radius rundt 50 m, og øker igjen for kurver med mindre radius (Sakshaug, 2000).

Parametre som har mindre effekt på hastighet i kurver er kurvens lengde, overhøyde, veggbredde, skulderbredde, og stigning opp til 6% (Lamm og Smith, 1994). Det foreligger imidlertid lite forskning som systematisk har undersøkt betydningen av ulike kurveparametre for faktisk hastighet.

Hastighetsvirkningen av linjeføring er størst for tunge kjøretøyer, og den er større på smale enn på brede veier (Elvik m.fl. 1997).

3.16 Betydningen av spesiell oppmerking og skilting foran og i kurver

I en simulatorstudie fant Comte og Jamson (2000) en signifikant hastighetsreduksjon på ca. 6 km/t ved tverrgående striper foran kurver.

Zwahlen og Park (1995) undersøkte i et laboratoriekperiment hvordan persepsjonen av en kurves krapphet i mørke ble påvirket av antall kurvemarkeringer, og de konkluderte med at "four equally spaced chevrons within a total visual field of about 11 degrees provide adequate curve radius estimation cues for unfamiliar drivers approaching a curve at night."

Amundsen og Pedersen (1976) undersøkte virkningen av ulike former for oppmerking på hastighetsprofiler i kurver, og de fant at skiltet "Anbefalt hastighet" ga lavest hastighet i kurven. I mørke ga dessuten kantstolper særlig stor nedbremsing i kurver. Imidlertid synes resultatene også å vise at kantstolpene gir høyere hastighet før kurven (se også avsnitt 3.14), og dermed større variasjon i hastigheten.

En undersøkelse av Ritchie (1972) viste *høyere* hastighet i kurver med varselskilt om anbefalt hastighet enn i kurver uten varselskilt. Den forklaringen som

antydning, er at skiltet reduserer førerens usikkerhet og dermed gjør at enkelte førere reduserer hastigheten mindre enn de ellers ville gjort.

En relatert - og mer generell - problemstilling er hvorvidt bruk av ulike typer fareskilt kan bidra til å gi trafikantene en falsk trygghet, ved at en reduserer trafikantens subjektive krav til aktsomhet, og dermed bidra til høyere hastighet enn hva som er tilrådelig. Det kan tenkes at det er gunstig å opprettholde en viss usikkerhet hos trafikantene. Dersom en varsler alle tenkelige farer, vil trafikantene ha lett for å regne med at fravær av fareskilt betyr fravær av fare, og dermed redusere aktsomheten. Når det gjelder skilting i kurver, er det viktig å finne ut hva som er det optimale kriteriet for hvilke kurver som bør skiltes. Dersom skiltingen overdrives, slik at mindre farlige kurver skiltes, vil skiltingens hastighetsreduserende effekt for de farligste kurvene kunne avta.

Når det gjelder sammenhenger mellom kurveutforming og *ulykkesrisiko*, vises bl.a. til Shinar m.fl. (1977a), Zegeer m.fl. (1992), Choueiri m.fl. (1994) og Elvik m.fl. (1997).

3.17 Vegutforming og hastighet i tettbebyggelse og boligområder

Forskningsresultatene som er gjennomgått om vegutforming og hastighet er stort sett basert på studier utenfor tettbygde områder, eller studier av hovedveger. Imidlertid finner en tilsvarende effekter også for boligveger, eksempelvis at hastigheten reduseres når vegbredden avtar og når kurvaturen øker (f.eks. Amundsen og Christensen, 1986). Når det gjelder praktisk anvendelse av vegutformingstiltak med sikte på å påvirke hastigheten, slik som innsnevring og hastighetshumper, finner vi de fleste eksemplene fra tettbebyggelse og boligområder, hvor fysiske tiltak for hastighetsdemping har fått et betydelig omfang (hastighetshumper, innsnevring, opphøyde gangfelt, gatetun, etc. (se f.eks. Amundsen, 1982; Amundsen, 1983a; Amundsen, 1984). Det er klart dokumentert i undersøkelser fra flere land at slike tiltak fører til betydelige hastighetsreduksjoner (se f.eks. Hydén, Odelid og Varhelyi, 1995; Scharping, 1994; Herrstedt, 1995; Wouters, 1997; Elvik, 1998). Virkningsmekanismen er åpenbart at den informasjonen som disse tiltakene gir trafikantene, tilsier at det vil være både anstrengende og ukomfortabelt å holde høy hastighet, siden vegbanen dels er ujevn, og sikkerhetsmarginen for påkjørsel av hindre ved siden av kjørebanelen ("time to line crossing") er redusert.

3.18 Implikasjoner av hastighetspåvirkning for ulykkesrisiko

Med den kunnskap som foreligger, er det gode muligheter for å påvirke kjørehastigheten gjennom å endre på forhold ved vegen eller dens omgivelser. Imidlertid er det ikke gitt at alle endringer som gir lavere hastighet, også fører til færre ulykker, eller at endringer som gir høyere hastighet, gir flere ulykker. Et eksempel på et tiltak som fører til ulykkesreduksjon til tross for at hastigheten øker, er vegbelysning. Utvidelse av vegskulder kan være et annet. Det er derfor viktig å se på hvordan ulike tiltak påvirker andre aspekter ved kjøreatferden i tillegg til hastigheten, for å kunne vurdere tiltakenes potensiale for

ulykkesreduksjon. Når en endring som gir lavere hastighet, ikke samtidig gir færre ulykker, må det skyldes at endringen øker sannsynligheten for visse typer feilhandlinger som bidrar til risiko uavhengig av hastighet. Det er derfor viktig å vurdere de atferdsmessige virkninger i sin helhet, slik at en vurderer virkninger både på kjørehastighet og på andre aspekter ved kjøreatferden.

Ved å sammenholde kunnskap om virkninger av en gitt endring på atferd og på ulykker vil en på grunnlag av en riktig forståelse av sammenhengen mellom atferd og ulykker kunne finne fram til de mest virksomme tiltakene for å påvirke ulykkesrisiko og hastighet. Det er derfor viktig at de resultatene som er presentert her, ses i sammenheng med forskningsresultater vedrørende virkninger av ulike vegtiltak på ulykkesrisiko. En rekke ulike tiltak er sammenfattet i den norske Trafikksikkerhetshåndboken (Elvik m.fl. 1997).

I denne rapporten har vi ikke gått gjennom forskning omkring vegutforming og ulykkesrisiko med mindre forskningen også har behandlet kjøreatferd. For nyere eller mer omfattende drøfting og/eller undersøkelse av sammenhengen mellom vegutforming og ulykkesrisiko vises bl.a. til Council (1989), Karlaftis og Golias (2002) og Retting m.fl. (2000).

Selv om det er ulykkesreduksjon som er hovedmålet, er det også et mål å påvirke trafikantene til å holde seg innenfor de fastsatte hastighetsgrenser. Og det er helt klart fastslått at redusert hastighet fører til færre ulykker, gitt alt annet konstant.

På bakgrunn av dette resonnementet vil de mest effektive trafikksikkerhetstiltakene være slike som påvirker følelsen av hastighet uten at de faktiske sikkerhetsmarginene reduseres, dvs. reduserer den subjektive men ikke den objektive sikkerhetsmarginen. Sagt på en annen måte, så bør en legge vekt på å benytte virkemidler som ikke fører til risikokompensasjon. Et eksempel kan være en grasbevokst vegskulder; dvs. en vegskulder som er i plan med kjørefeltet, men fordi den er bevokst (med kort gras), ser ikke bilistene at det faktisk er en skulder det går an å kjøre på, og følgelig tilpasser de hastigheten som om det ikke var noen skulder. Samtidig gir skulderen en objektiv sikkerhetsmargin.

En del av de såkalte perseptuelle tiltakene, spesielt innsnevring av det visuelle kjørefeltet kombinert med lav kontrast på kantlinja, synes å ha en betydelig hastighetsreducerende effekt. Og med rumleeffekt av kantlinja vil en i tillegg få redusert risikoen for å kjøre av vegen. Dette er et eksempel på at den subjektive sikkerhetsmarginen reduseres uten at den faktiske sikkerhetsmarginen påvirkes.

4 "Spøkelsesbilister" – kjøring mot kjøreretningen⁵

En feilhandling som lett kan lede til alvorlige konsekvenser, er kjøring mot kjøreretningen, slik at en kommer i konflikt med møtende trafikk. Dette kan skje både på tofeltsveger og på motorveger med midtrabatt. Kjøring mot kjøreretningen på motorveg har i senere tid vært gjenstand for mye oppmerksomhet i flere land, fordi det har ført til flere alvorlige ulykker. Et sentralt spørsmål har vært i hvilken grad vegutforming, oppmerking og skilting kan forbedres for å unngå slike feil.

I dette kapitlet vil vi gjennomgå og drøfte forskningslitteratur omkring dette problemet, med vekt på å analysere problemet, og mulige løsninger, ut fra kunnskap om føreres informasjonsbehov og feilhandlinger.

4.1 Kartlegging av problemet i ulike land

I USA ble kjøring i feil kjørebane på motorveger ansett som et betydelig problem allerede på 1960-tallet, og det ble gjort flere studier av dette, for å kartlegge ulykkesrisikoen, klarlegge årsaker og vurdere mulige tiltak (Tamburri og Theobald, 1966; Woods, Rowan og Johnson, 1970; Gabriel, 1974; Vaswani, 1974; Scifres og Loutzenheiser, 1975; Crowley og Seguin, 1986; Staplin, Lococo, Byington og Harkey, 2001a).

I Europa begynte en rundt 1980 å kartlegge dette problemet i Tyskland (Bierwas m.fl., 1981; Kellermann, 1994) og i Nederland (Brevoord, 1981; 1998; Blokpoel, Braimaister og Tromp, 1998; Blokpoel og Braimaister, 1998; Blokpoel og de Niet, 2000; de Niet og Blokpoel, 2000).

Det finnes også studier fra Østerrike (Robatsch og Hagspiel, 2002) og Japan (ITARDA, 2002).

I de nordiske landene har det vært en økende interesse for dette problemet i løpet av de siste årene.

I Danmark skjedde det i perioden 1985-96 56 ulykker med 7 drepte (Vejdirektoratet, 1999). I løpet av en periode på under et år fram til juni 1999 skjedde det 11 ulykker med 6 drepte. I 10 av de 11 ulykkene var føreren som kjørte feil, over 60 år.

Vejdirektoratet (1999) beskriver følgende typiske kjennetegn når det gjelder bakgrunnen for feilkjøring:

⁵ En mer detaljert gjennomgang av problemstillingene i dette kapitlet finnes i TØI arbeidsdokument SM/1480/2003 (Sagberg, 2003c).

- bilisten er ikke lokalkjent
- oppmerking/skilting er forvirrende
- feilkjøringen skjer ofte i en stor rundkjøring
- oppmerksomheten fanges av at føreren leter etter vegen
- informasjon overses pga for mange skilt
- man er i tvil om man skal svinge av før eller etter skilt
- vanskelighet med å orientere seg pga dårlig vær eller mørke
- bilisten er kommet vekk fra den planlagte rute.

I Finland pågår det for øyeblikket en kartlegging av kjøring mot kjøreretningen. Den finske undersøkelsen omfatter både en litteraturgjennomgang samt en analyse av problemet på finske veger (Janne Rautio, personlig kommunikasjon).

Gunnarsson (2000) har drøftet problemet med ”spökkörning” i Sverige. Han viser til en gjennomgang av ulykkesdatabasen for perioden 1994-99, hvor en fant at det hadde skjedd 18 ulykker som følge av feilkjøring på motorveg i løpet av denne 6-årsperioden, hvorav 3 med dødelig utfall. Han viser en del eksempler (illustrert med bilder) på uheldig utforming av kryss, hvor det har vært dokumenterte tilfeller av feilkjøring.

4.1.1 Få ulykker, men høy alvorlighetsgrad

Et gjennomgående inntrykk fra de undersøkelser som foreligger, er at ulykker på grunn av kjøring mot kjøreretningen forekommer sjelden, men har høyere alvorlighetsgrad enn øvrige ulykker. Av tabell 4.1 ser vi at alle undersøkelsene viser at kjøring mot kjøreretningen forårsaker godt under 1% av personskadeulykkene. Disse ulykkene forårsaker imidlertid mellom 3 og 6 % av alle dødsfall i ulykker på motorveger.

Tabell 4.1. Andel ulykker, skadde og drepte ved kjøring mot kjøreretning på motorveg i ulike land.

Referanse	Land	Andel av ulykker/skadde/drepte på motorveg	
		Personskadeulykker	Drepte
Vaswani 1974	USA	0,1 %*	
Gabriel 1974	USA	< 1%	6 %
ITARDA 2002	Japan	0,3 %*	
Blokpoel & De Niet 2000	Nederland	0,1 %	3,7 %
Robatsch & Hagspiel 2001	Østerrike	0,3 %	3,2 %

Kilde: TØI rapport 648/2003

* Andel av alle ulykker (ikke bare motorveg).

4.1.2 Eldre førere overrepresentert

Flere av de refererte undersøkelsene viser at eldre bilførere er overrepresentert i ulykker ved kjøring mot kjøreretningen. Dette bekrefter annen forskning som viser at eldre kan ha problemer med oppfattelse av informasjon fra trafikkmiljøet, spesielt i komplekse situasjoner (se også kapittel 6).

4.1.3 Høy andel ruspåvirket kjøring

Mange av studiene, særlig fra USA, viser at en svært stor andel av førerne som forårsaker ulykker ved kjøring mot kjøreretningen, er ruspåvirket. Selv om andelen ruspåvirket kjøring med all sannsynlighet vil være mindre i Norge og Sverige enn i mange andre land, tyder disse resultatene på at risikoen for feilkjøring øker dersom førerens sanseapparat og vurderingsevne er svekket, enten det skyldes alder eller ruspåvirkning.

4.1.4 Ulike typer feilhandlinger

Det kan være snakk om ulike typer feilhandlinger som ligger til grunn for at en fører havner i motgående kjørefelt. For diskusjonen av aktuelle tiltak er det derfor hensiktsmessig å skille mellom ulike situasjoner hvor slike feil forekommer.

Den hyppigste formen for feil som fører til ulykke, er kjøring mot kjøreretningen på en avkjøringsrampe fra motorveg. Dette skjer trolig fordi avkjøringsrampen forveksles med en påkjøringsrampe eller en annen veg.

Andre former for feil omfatter:

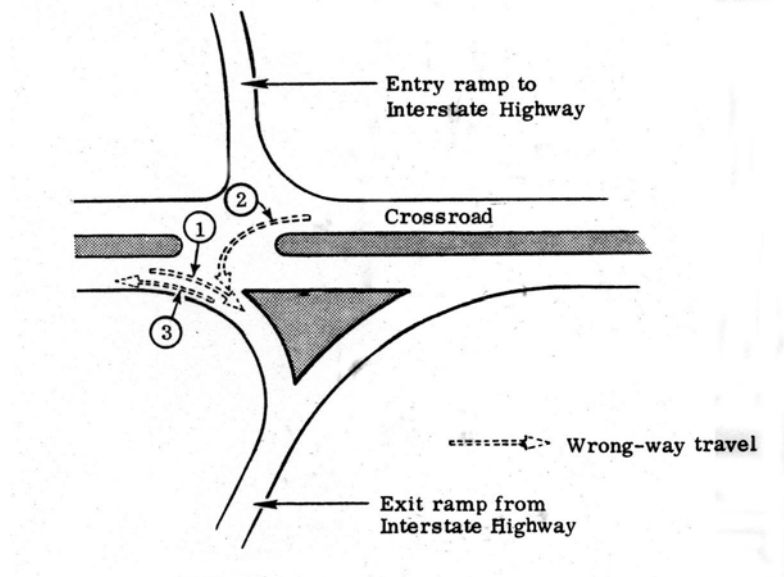
- U-sving på motorveg
- Avsvinging fra motorveg mot kjøreretningen på påkjøringsrampe
- Kjøring på feil side av midtdeler ved overgang fra tofelts- til firefeltsveg
- Kjøre videre i venstre felt etter overgang fra firefelts til tofeltsveg
- Kjøring på feil side av midtdeler i plankryss
- Sving inn i envegskjørt gate/veg

4.2 Motorveg: Kjøring inn på avkjøringsrampe

4.2.1 Eksempler på feilkjøring

Figur 4.1 (fra Vaswani, 1974) viser et eksempel på et kryss hvor avkjøringsrampen munner ut i en sekundærveg med avsvingingsmulighet i begge retninger.

Ved de ulovlige svingebevegelsene 1 og 2 kommer biler fra sekundærvegen ("crossroad") inn på avkjøringsrampen, dvs. mot kjøreretningen. (Svingebevegelse 3 gjelder bilist som kommer fra motorvegen og kjører på venstre side av midtdeleren på den kryssende vegen; denne feiltypen vil bli behandlet i avsnitt 4.6).



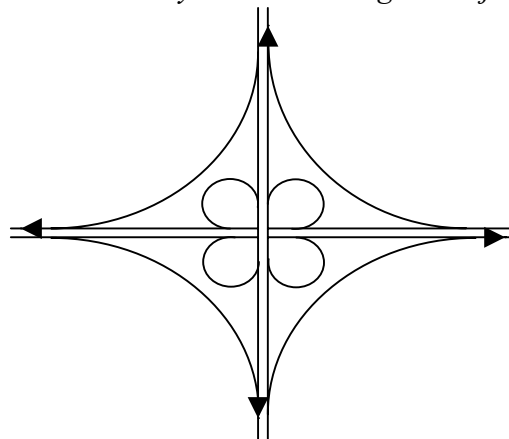
Figur 4.1. Eksempel på feilkjøring der avkjøringsrampe munner ut i sekundærvæg. (Kilde: Vaswani, 1974)

Problemet som er illustrert ved svingebevegelesene 1 og 2 i figur 4.1, forekommer bare i partielle kryss, men ikke ved et fullstendig kryss (dvs. et kryss hvor alle ramper møter sidevegen i spiss vinkel, og det bare er en kjøreretning ut fra rampen).

Sammenligninger i USA mellom ulike krysstyper og rampeløsninger viser at fullt kløverblad (figur 4.2) har svært få tilfeller av kjøring mot kjøreretningen, mens andre krysstyper har betydelig høyere forekomst (Tamburri og Theobald, 1966; Gabriel 1974; Parsonson og Marks, 1979; Rinde, 1978).

Kilde: TØI rapport 648/2003

Figur 4.2. Fullt kløverbladkryss er en løsning hvor kjøring mot kjøreretningen



sjelden forekommer.

Vaswani (1974) peker på at feilsituasjonene 1 og 3 i figur 4.1 kan motvirkes ved å anlegge avkjøringsrampen slik at den kommer vinkelrett på sidevegen i stedet for

å bøye av mot venstre. Men selv om avkjøringsrampen kommer vinkelrett inn, er det viktig at den ikke utvides mot venstre inn mot sidevegen (slik som i figur 4.3). Der en slik løsning finnes, kan feil motvirkes ved oppmerking som i figur 4.4. En enda bedre løsning vil være å endre den fysiske utformingen ved hjelp av kantstein i stedet for skravering. Både utforming og oppmerking kan bidra til å vanskeliggjøre ulovlige svingebevegelser både for dem som kommer fra rampen, og dem som kjører på sidevegen.



Figur 4.3. Avkjøringsrampe (vegen fra høyre på bildet) med avrundet hjørne, noe som kan mislede bilister på sekundervegen til feilaktig avsvinging mot høyre. (Kilde: Vaswani, 1974)



Figur 4.4. Eksempel på oppmerking som skal motvirke at bilister kjører mot kjøreretningen på avsvingingsrampen. (Kilde: Vaswani, 1974)

4.2.2 Aktuelle tiltak og standarder

Vaswani (1974) gir følgende anbefalinger:

- Andre tiltak enn skilting er nødvendig i kryss der av- og påkjøringsramper munner ut i annen veg.
- Der venstre felt på en avkjøringsrampe munner ut i annen veg, må venstre vegkant møte sidevegen i rett vinkel; det anbefales også sammenhengende kantlinje på sidevegen forbi krysset med avkjøringsrampen. Venstre felt på avkjøringsrampen bør dessuten være så smalt som mulig ut mot sidevegen.
- I kryss mellom motorveg og sekundærveg uten midtdeler bør sekundærvegen ha dobbel midtlinje uten åpning forbi kryss med ramper.

Vaswani (1977) rapporterer gode erfaringer fra Virginia med de nevnte tiltakene.

I 1970 ble det foretatt en omfattende gjennomgang av oppmerking og skilting på eksisterende ramper i California, bl.a. for å undersøke synligheten i mørke. På bakgrunn av disse erfaringene ble det satt i gang et arbeid med å utarbeide nye retningslinjer for skilting og merking. I tillegg ble det igangsatt overvåking av kjøring mot kjøreretningen på ramper, og i følge Gabriel (1974) er dette ”probably the most successful recent effort to combat wrong-way driving” (s. 231).

Ulike forbedringer i skilting og oppmerking rapporteres å ha redusert antall tilfeller kjøring mot kjøreretningen i kryss med *standard utforming* fra et typisk nivå på 20 pr. måned til 1-2 pr. måned.

Gabriel påpeker at det er vanskeligere å løse problemene i kryss med ikke-standard utforming, og at den endelige løsningen kan være komplett rekonstruksjon av kryssene. Det største problemet i følge Gabriel er ramper for avkjøring til venstre inn på sekundærvegen – de utformes ofte slik at det er lett ved en feiltagelse å svinge inn i dem for bilister på sekundærvegen som har disse rampene på sin høyre side (se svingebevegelse 1 i figur 4.1).

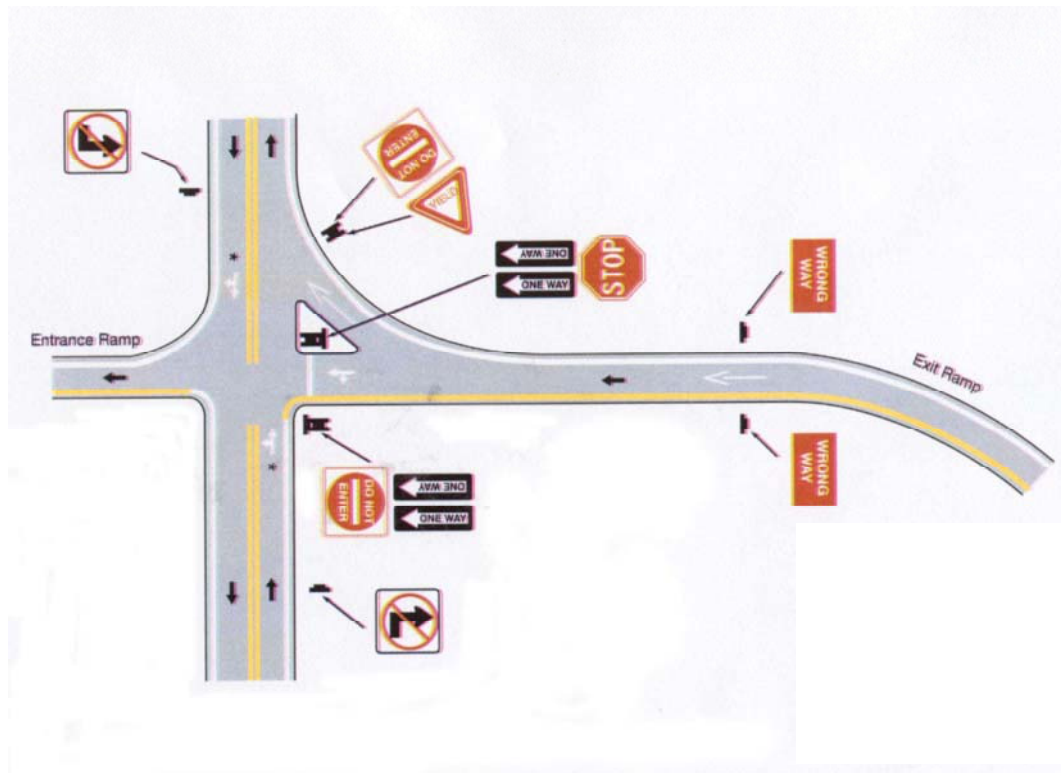
En nyere studie fra California (Copelan, 1989) viste at problemet var redusert vesentlig i løpet av de foregående 20 årene, slik at antallet dødsulykker var omtrent det samme i 1987 som i 1963 (ca. 35 pr. år) til tross for at trafikkarbeidet hadde økt med en faktor på fem. Dette viser at det omtalte arbeidet som ble gjennomført fra rundt 1970 og utover, hadde vært effektivt.

Campbell og Middlebrooks (1988) gjorde et forsøk med redesign av ramper i partielle kløverbladkryss. I stedet for av- og påkjøringsramper atskilt med midtdeler der de munner ut i sekundærvegen, kombinerte de rampene til en tovegs-rampe med dobbel gul midtlinje, og fant redusert risiko for feilkjøring.

Flere studier har konkludert med ulike konkrete anbefalinger for forbedret skilting og oppmerking, slik som mer bruk av ”positiv” skilting (Woods, Rowan og Johnson, 1970) som leder bilistene inn på riktige ramper (”Freeway entrance” på påkjøringsrampen, i tillegg til ”Do not enter” på avkjøringsrampen), større skilt og bedre synlighet (Friebele, Messer og Dudek, 1971; Burns og Pavelka, 1995), malte piler på vegbanen – ”wrong-way arrow” - (Tamburri, 1969), og lavere plassering

av ”innkjøring forbudt”- og ”wrong way”-skiltene (Parsonson og Marks, 1979) slik at de blir lettere synlig i lyset fra billyktene.

Dagens standard i USA (MUTCD, 2000) når det gjelder utforming, oppmerking og skilting i kryss mellom ramper og sekundærveg med trafikk i begge retninger er vist i figur 4.5.



Figur 4.5. Kryss mellom sekundærveg og ramper til/fra motorveg etter USA-standard (MUTCD, 2000).

Også undersøkelser i andre land enn USA har gitt grunnlag for ulike forslag om tiltak. I Danmark har vegmyndighetene gjennomgått alle tilslutninger til motorveger, både rampeanlegg, rasteplasser og avslutninger (Vejdirektoratet, 1999). På grunnlag av dette har de listet opp en rekke anbefalinger når det gjelder skilting, oppmerking og utforming:

- rampekryss må utformes slik at det framgår tydelig hvor det er svingeforbud, bl.a. må det ikke lages store hjørneavrundinger der det er forbudt å svinge
- åpninger i midtrabatten må ikke være større enn nødvendig for de tillatte svingmanøvre
- envegskjørte ramper bør benyttes ved tilslutning til rundkjøringer
- skilt med innkjøring forbudt må ses før svingemanøveren påbegynnes og under hele svingemanøveren og helst også etter at svingebevegelsen er avsluttet
- ”innkjøring forbudt”-skilt må suppleres med svingeforbud

- ved overgang fra tovegs til envegs rampe bør det vurderes om overgangen er tilstrekkelig markert med skiltene ”Påbudt kjørefelt” og ”Innkjøring forbudt”
- det bør være tydelige orienteringstavler på kryssende veg, hvor rampene er angitt
- det bør være piler i kjørebane på avkjøringsramper, særlig der rampen har to felt
- det bør være god lesbarhet/synbarhet av skilt og oppmerking, samt godt vedlikehold.

I Vejdirektoratets notat drøftes også muligheten for elektroniske varslingsystemer ved feilkjøring, samt mekaniske systemer i form av automatiske røde lys, bomanlegg, eller pigger som fører til punktering når en bil passerer i feil retning, men som ikke påvirker biler i riktig retning. Ut fra hensyn både til driftssikkerhet og økonomi ønsker en ikke å gå inn for slike systemer.

I Sverige har Gunnarsson (2000) foreslått en del tiltak, basert på følgende grunnprinsipper:

- 1) teknisk utforming som gjør at førere automatisk kommer på rett spor, dvs. at innkjøring gjøres så lett som mulig på påkjøringsrampen og så vanskelig som mulig på avkjøringsrampen
- 2) vegvisning som er enkel og tydelig, slik at misforståelser og nøling unngås
- 3) andre mulige tiltak for å hindre at feilkjøring skjer, eller bidra til at den kan korrigeres før påkjøring.

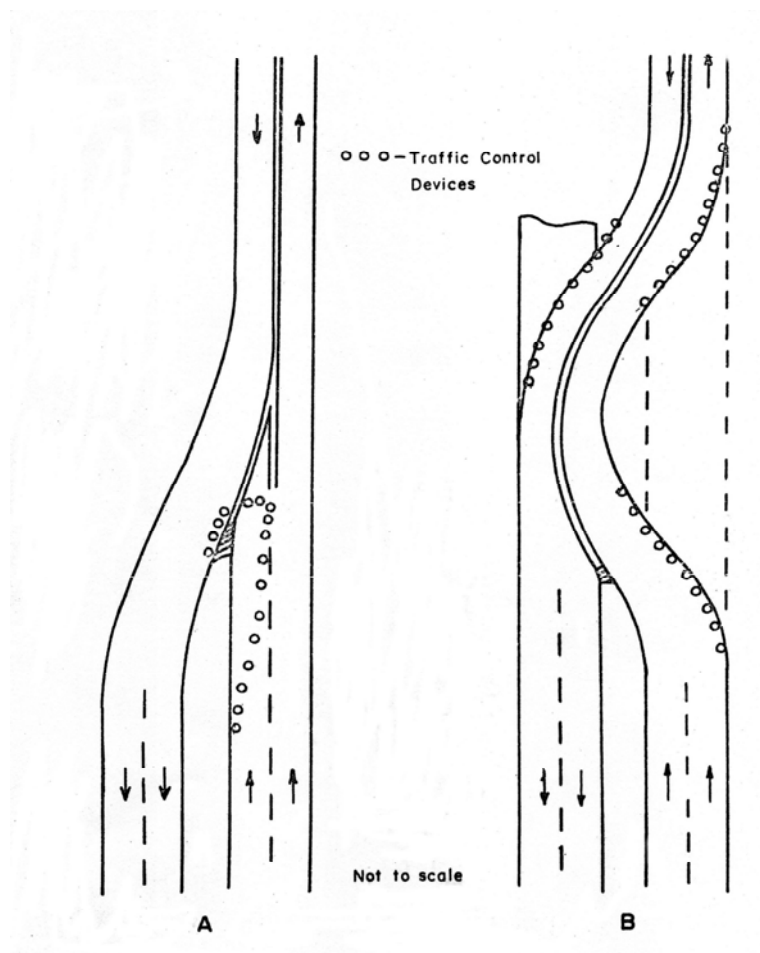
Gunnarsson anbefaler videre en gjennomgang av samtlige motorveg-kryss med tanke på geometrisk utforming, i første rekke omkring de større byene, samt forsterket skilting og oppmerking med piler i kjørebane.

4.3 U-sving på motorveg

I følge flere av de undersøkelsene som er referert foran, oppstår et betydelig antall tilfeller av kjøring mot kjøreretningen på motorveg ved at bilførere snur på motorvegen og fortsetter i motsatt retning. Noen av tilfellene er dokumentert å være bevisste handlinger, f.eks. fordi en har kjørt forbi en avkjørsel. Men det forekommer også tilfeller hvor en snur fordi en har ”glemt” at en kjører på en vegbane med trafikk bare i en retning. Dette er en type feilhandling det er vanskelig å finne effektive tiltak mot. I USA kan vegmerkingen tenkes å bidra til å gjøre bilistene oppmerksomme på at de kjører i feil retning, fordi midtlinja (og også kantlinja inn mot midtdeleren) er gul. En våken bilfører som oppdager den gule linja på sin høyre side, vil forstå at han er på veg i feil retning.

4.4 Kjøring på feil side av midtdeler ved overgang fra tofelts- til firefeltsveg

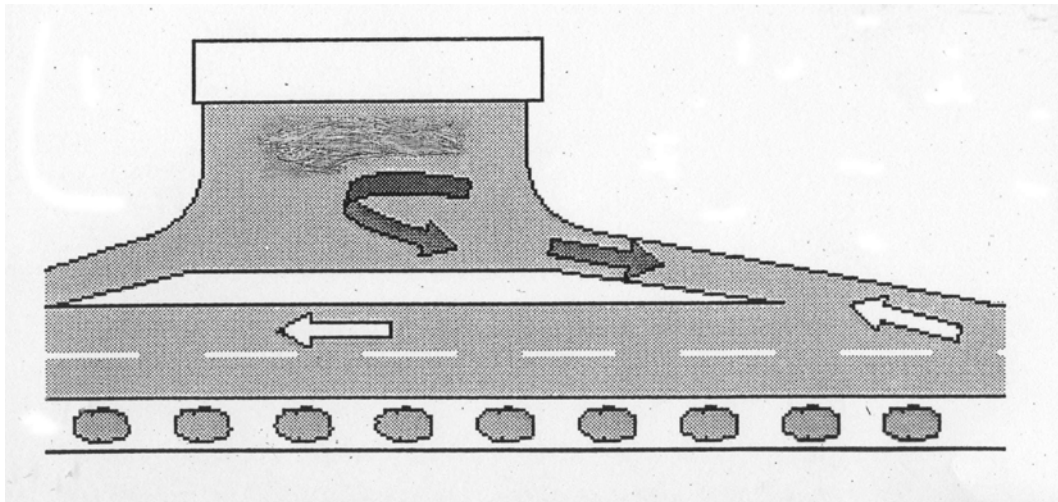
En del tilfeller av kjøring mot kjøreretningen starter ved begynnelsen av en motorveg, dvs. ved en overgang fra vanlig tofeltsveg med motgående trafikk til firefeltsveg med midtdeler, ved at en bilist kjører til venstre for midtdeleren. For å redusere risikoen for slike feil er det viktig at vegens linjeføring utformes slik at det er naturlig å holde seg på høyre side, som påpekt av Scifres og Loutzenheiser (1975). Dette kan gjøres f.eks. ved å legge en S-kurve ved overgangen. I figur 4.6 viser A en overgang med høy risiko for å kjøre på feil side av midtdeleren, mens B viser en løsning med S-kurve hvor trafikken på tofeltsvegen naturlig ledes inn på riktig side av midtdeleren.



Figur 4.6. To ulike løsninger for overgang mellom motorveg med midtdeler og veg med toveis trafikk. Løsning A kan forlede bilister som kommer fra tofeltsvegen (ovenfra på figuren) til å kjøre på feil side av midtdeleren, mens kurven i løsning B bidrar til å lede trafikken inn på riktig side. (Kilde: Scifres og Loutzenheiser, 1975)

4.5 Kjøring mot kjøreretningen på avkjøringsrampe fra motorveg til rasteplasser, bensinstasjoner o.l.

Av- og påkjøringsramper i forbindelse med rasteplasser, vegkroer, bensinstasjoner etc. utformes svært ofte som vist i figur 4.7. Her er risikoen særlig stor for feilkjøring dersom en overser ”Innkjøring forbudt”- skiltene ved avslutningen av påkjøringsrampen, fordi det ikke er noe ved selve rampeutformingen som vanskeliggjør feilkjøring.



Figur 4.7. Eksempel på avkjøringsrampe fra motorveg til rasteplass el. lignende (bare den ene halvparten av motorvegens bredde er vist). Ved en slik utforming kan det være fare for å kjøre feil (indikert ved grå pil) når en skal ut på motorvegen. (Kilde: ITARDA, 2002)

En mulig løsning på dette kan være å anlegge bare én tilslutningsveg til rasteplassen, ved at avkjørings- og påkjøringsrampene går sammen til en tofeltsveg, som er forbindelse mellom rampene og rasteplassen. Og for å unngå at bilister kjører på feil side av midtdeleren ved utkjøring bør overgangen der tofeltsvegen deles i av- og påkjøringsrampe utformes på samme måte som ved starten av motorveg (se forrige avsnitt), dvs. slik at en naturlig kommer inn i riktig kjøreretning ved å kjøre rett fram.

En tilsvarende løsning kan også anvendes ved tilknytning av ramper til sekundærveg via T-kryss, X-kryss eller små rundkjøringer (jfr. Campbell og Middlebrooks, 1988, se avsnitt 4.2). Prinsippet er at tilknytning til sekundærvegen skjer via en tofelts veg med trafikk i begge retninger i stedet for via to ramper. Dette gir færre kryss og forenkler førerens beslutningstaking.

Situasjonen er ofte slik at det finnes flere alternative veger å svinge inn i, selv om bare en av disse er lovlig. Den løsningen som er skissert her, gjør denne beslutningen enklere, i og med at det bare er én veg å svinge inn på. Det kritiske

punktet flyttes nå til det stedet hvor de to rampene deler seg, men når bilisten kommer dit er han allerede i riktig felt (da normal plassering i en slik situasjon vil være høyre felt), og den naturlige vegen er å fortsette rett fram, noe som automatiske leder ham på rett veg. Rampene bør dele seg et godt stykke før de munner ut i motorvegen, slik at ikke rampenes retning ut på motorvegen påvirker kjøringen på dette kritiske punktet. Sannsynligheten for feilkjøring i en så enkel beslutningssituasjon er minimal, sammenlignet med den opprinnelige løsningen.

Dette er en praktisk anvendelse av prinsippet om ”spreading”, som Allen, Lunenfeld og Alexander (1971) har formulert. Dvs. at informasjonen som bilførere skal basere sine beslutninger på, spres slik at en unngår overbelastning av kapasiteten. Dersom det finnes flere mulige veger, er det alltid en risiko for å velge feil og for at en overser skilt-informasjon. Med den foreslåtte løsningen er avsvingingsfasen fullført i god tid før beslutningen om feltvalg foretas. Starten på midtdeleren bør komme etter en rett strekning, slik at bilisten har god tid til å oppfatte skiltene som viser at det skal kjøres på høyre side av midtdeleren. Denne løsningen bygger videre på det som er normal automatisert kjøreatferd, nemlig å plassere seg til høyre når en svinger inn i en veg. En utnytter følgelig det prinsippet at normal atferd automatisk gir riktig resultat, dvs. at vegens forløp er i samsvar med bilistenes forventninger.

4.6 Kjøring på feil side av midtdeler i plankryss

Når en bilist kommer fra en sideveg eller en avkjøringsrampe og skal svinge til venstre inn i en kryssende veg med midtdeler, kan det være en viss risiko for å kjøre til venstre for midtdeler, dersom bilisten overser skiltet ”Påbudt kjørefelt” som skal stå på enden av midtdeleren. Sannsynligheten for en slik feil er trolig størst når det svinges inn i en bred veg, eventuelt med flere kjørefelt, slik at det er større fare for å forveksle midtdeleren med høyre avgrensning av kjørebanelen.

Crowley og Seguin (1986) gjennomførte en omfattende kartlegging av kjøring mot kjøretningen i plankryss, og de gjennomførte også en laboratorieundersøkelse hvor de testet ut hvor raskt bilister klarte å oppfatte hva som var riktig atferd ved forskjellige kryssløsninger og skiltekombinasjoner. For å unngå kjøring til venstre for midtdeleren er det viktig med god *oversikt over krysset*, helst slik at bilistene kan se vegbanen på den andre sida av midtdeleren. Crowley og Seguin påpeker at en måte å oppnå dette på, er å utforme plankryss på en primærveg med midtdeler slik at sekundærvegen ligger høyere enn primærvegen.

I figur 4.8 har vi vist et eksempel fra et kryss i Oslo hvor utformingen *ikke* er i samsvar med dette prinsippet. Bilde 4.8A viser krysset sett fra perspektivet til en bilist som kommer på sidevegen, mens bilde 4.8B viser krysset sett ovenfra. Dersom bilisten overser skiltet ”Påbudt kjørefelt” på enden av midtdeleren (noe som lett kan forekomme), vil han kunne kjøre på feil side av midtdelen, fordi geometrien er slik at det ikke er lett å se den halvparten av kjørebanelen som er lengst borte. I dette konkrete krysset er det observert flere tilfeller av kjøring på feil side av midtdeleren. I et kryss med så dårlig geometri vil en malt ledelinje gjennom krysset være et aktuelt tiltak, som vist i figur 4.8B.



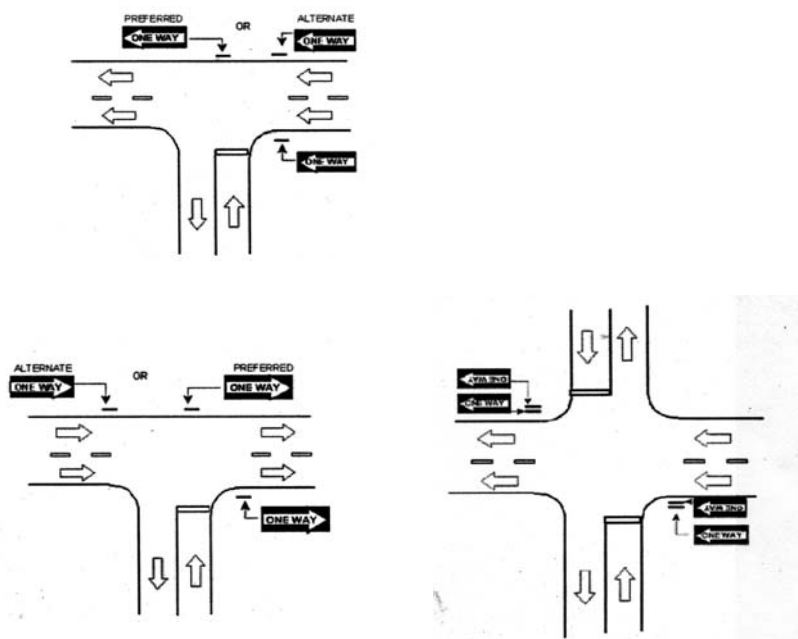
Kilde: TØI rapport 648/2003

Figur 4.8. Kryss hvor venstresvingende bilister lett kan forveksle midtdeleeren med høyre vegkant, fordi de ikke ser hele vegbanen når de kjører inn i krysset (bilde A – midtdeleer vist med svart pil). Bilde B viser krysset sett ovenfra, med inntegnet ledelinje gjennom krysset.

4.7 Sving inn i envegskjørt gate/veg

Den siste formen for feilhandlinger vi skal ta opp her, er kjøring mot envegskjøring generelt, ved at en bilfører overser skiltene ”Innkjøring forbudt” og/eller ”Påbudt kjøreretning”.

Crowley og Seguin (1986) har presentert anbefalinger for plassering av skiltet ”Envegskjøring” i kryss mellom en envegskjørt veg (med et eller flere felt) og en veg med tovegs trafikk. Anbefalinger er gitt både for T-kryss og X-kryss (figur 4.9). Et viktig prinsipp er at skiltene plasseres der det er naturlig at bilføreren fester blikket. De påpeker også viktigheten av at skilt plasseres slik at de lett kan ses *før* bilisten eventuelt begynner på en feilaktig svingebevegelse.



Figur 4.9. Anbefalte plasseringer av skiltet ”Envegskjøring” for å unngå kjøring mot kjøreretningen. (Kilde: Crowley og Seguin, 1986)

4.8 Andre former for feilkjøring

Friebele m.fl. (1969) påpeker problemet med bilister som svinger av fra en motorveg der en påkjøringsrampe kommer innpå, dvs. kjører mot kjøreretningen på påkjøringsrampen. Dette innebærer en U-sving inn i akselerasjonsfeltet, og det er særlig alvorlig dersom det skjer i kryss mellom to motorveger, siden påkjøringsrampen det kjøres feil på, er avkjøringsrampe fra en annen motorveg.

Når en firefelts motorveg går over i en tofelts veg med møtende trafikk, kan det være en risiko for at en bilfører som kommer fra motorvegen, ”glemmer” at han/hun er på en veg med møtende trafikk, og derfor plasserer seg i venstre felt for å kjøre forbi, uten å tenke på muligheten av at det kommer trafikk imot. Risikoen for dette kan tenkes å forsterkes dersom det går en parallell veg til

venstre for tofeltsvegen, som kan forveksles med motgående kjørebane på en motorveg.

4.9 Oppsummering og konklusjoner

Når det gjelder tiltak som har vært utprøvd eller foreslått for å hindre kjøring mot kjøreretningen, kan det være hensiktsmessig å gruppere disse i kategoriene *a)* rampe- og veggeometri, *b)* skilting og oppmerking, og *c)* varslingsystemer og fysiske hindre (Friebele m.fl. 1975). For flere av tiltakene er det behov for ytterligere evalueringer før de eventuelt bør anbefales.

a) Rampe- og veggeometri

- Spiss vinkel mellom avkjøringsramper og sekundærvæg.
- Siktstrekning på minst 350 m på motorveger.
- Midtdeler på sekundærvæg forbi rampekryss, for å hindre venstresving inn i avkjøringsrampe.
- Skarpt hjørne på venstre side der avkjøringsrampe munner ut i rett vinkel med sekundærvæg (for å hindre innkjøring fra sekundærvegen).
- Ingen avkjøringsramper på venstre side (mot midtdeleren) på motorveg.
- Der sideveg møter hovedveg med midtdeler, bør sidevegen ligge høyere enn hovedvegen, slik at venstresvingende bilister fra sidevegen får god oversikt over krysset og ikke kjører på feil side av midtdeleren.

b) Skilting og oppmerking

- God synlighet og plassering av skiltene ”Envegskjøring”, ”Svingeforbud”, ”Påbudt kjørefelt” og ”Innkjøring forbudt”, fortrinnsvis slik at de oppfattes av bilistene som de er beregnet på, og ikke virker forstyrrende for andre. Belysning eller refleksjon slik at skiltene ses godt i mørke med nærlys.
- Underskilt *Feil kjøreretning* (”wrong way”), med hvit tekst på rød bunn under skiltet ”Innkjøring forbudt”.
- Piler i vegbanen (”wrong way arrow”) for å vise kjøreretningen, særlig der avkjøringsramper munner ut i sekundærvæg eller plass.
- ”Positiv skilting”, dvs. skilt som viser *korrekt kjøreretning*, f.eks. teksten *Påkjøring til motorveg* (”Freeway entrance”).
- Opphøyde reflekterende kjørebanelinjer, formet som en pil som har rød farge for dem som kjører mot kjøreretningen, og hvit farge for dem som kjører riktig.
- Bedre markering av midtdeler i plankryss, slik at ikke midtdeleren forveksles med høyre vegkant, samt ledelinje for venstresving.
- Føringskantlinje på sekundærvæg forbi rampekryss der det ikke er lov å svinge inn.
- Gul linje som midtlinje og som venstre kantlinje på motorveger og ramper.

- Ekstra ”Innkjøring forbudt”-skilt (eventuelt med undertekst *Feil kjøreretning*) og piler i vegbanen et stykke inn på avkjøringsrampene, som ekstra varsling til bilister som har kjørt feil.

c) Varslingssystemer og fysiske hindre

- Retningsdetektorer kombinert med varsling ved hjelp av lys- og/eller lyd signaler.
- Pigger som fører til punktering av biler som kjører i feil retning. De systemene som har vært prøvd, har foreløpig ikke vist seg driftssikre nok.
- Sideveg fra avkjøringsrampen, med ledelinje og reflektorer som naturlig leder feilkjørende bilister inn på sidevegen, som ender i en sandgrop (”vehicle arresting system”).

5 Optimal vegvisningsinformasjon⁶

Mangelfull vegvisningsinformasjon kan influere negativt på trafikksikkerheten på flere måter.

- Informasjonen kan være *vanskelig å lese eller å forstå*, noe som kan gi økt mental belastning og redusert oppmerksomhet overfor trafikken.
- Uheldig plassering av skilt og tavler kan *virke distraherende* ved at oppmerksomheten avledes fra informasjon som er viktigere for kjøringen.
- Misforståelse eller manglende oppfattelse av informasjon kan føre til *feilkjøring som skaper stress og usikkerhet*, noe som kan øke risikoen for feilhandlinger.
- Feilkjøring skaper unødvendig *økning i eksponering*.

Problemer knyttet til oppfatning og forståelse av vegvisningsinformasjon fører altså både til økning i risikoen for feilhandlinger, som igjen kan føre til farlige situasjoner og ulykker, og til unødvendig trafikkarbeid, som også gir flere ulykker.

En utfordring er å utarbeide retningslinjer for skilting som omfatter så vel utforming og plassering av de enkelte skilttyper som hvordan de ulike skilt kan inngå i en helhetlig skiltplan for strekninger, krysstyper eller områder (f.eks. innenfor tettsteder og byer). De svenske retningslinjene (Vägverket, 2001) inneholder begge typer retningslinjer, mens de norske skiltnormalene (Statens vegvesen, 1987) først og fremst inneholder spesifikasjoner for enkeltskilt og i liten grad er rettet mot helhetlig skilting for vegvisning. (De norske skiltnormalene for vegvisning er for øvrig under revisjon.)

Det er selvsagt umulig å gi spesifikke anbefalinger som skal dekke alle mulige situasjoner, slik at en må begrense seg til å beskrive de generelle prinsippene og gi eksempler på løsninger. Imidlertid kan det være spesielle lokale forhold som tilsier at de ansvarlige for skiltingen på en gitt veg må bruke et visst skjønn og dermed komme fram til løsninger som avviker fra de generelle anbefalingene. En spesiell utfordring er å tilpasse vegvisningsinformasjonen til andre skilt og annen informasjon som finnes langs vegen, med sikte på at den viktigste informasjonen oppfattes lettest. En god skilting i samsvar med bilistenes forutsetninger og informasjonsbehov forutsetter derfor at atferdsvitenskapelig kompetanse trekkes inn i arbeidet med skilting, f.eks. som en del av arbeidet med sikkerhetsrevisjon av veganlegg. Det bør vurderes å benytte psykologer eller andre "Human Factors"-spesialister både til opplæring av dem som arbeider med utforming av vegvisning og til bistand i konkrete prosjekter.

⁶ En mer detaljert gjennomgang av problemstillingene i dette kapitlet finnes i TØI arbeidsdokument SM/1481/2003 (Sagberg, 2003d).

5.1 Ulike typer vegvisning

Vegvisningsinformasjonen baseres først og fremst på skilt og tavler, men også i noen grad på oppmerking i vegbanen. Vi vil her nevne de viktigste hovedtypene av skilt og tavler, fordi det vil bli referert til disse senere i dokumentet.

Orienteringstavler/diagramtavler settes opp i en viss avstand før et kryss eller en avkjøringsrampe og viser reisemålene for de ulike vegarmer som går ut fra krysset. Diagramtavler viser en grafisk representasjon av krysset, slik at bilistene skal få en forståelse av retningen på de ulike vegarmene.

Tabellvegvisere er også oversiktstavler som settes opp før kryss, men hvor de ulike reisemålene er listet opp under hverandre. For hvert reisemål er det en pil som angir kjøreretning gjennom krysset. I de norske skiltnormalene blir også denne type tavle kalt orienteringstavle; her bruker vi heller den svenske betegnelsen tabellvegviser for å skille disse fra diagramtavler som gir en grafisk representasjon (et kart) over krysset.

Enkeltstående vegviser viser et enkelt reisemål med pil som angir kjøreretning til dette, med samme utforming som for de enkelte reisemål på en tabellvegviser. Dette benyttes som forvarsel før en enkel avkjørsel (T-kryss). Kan også benyttes som overhengende kjørefeltskilt umiddelbart før kryss.

Overhengende kjørefeltskilt viser hvilket kjørefelt som skal velges for ulike reisemål. Disse plasseres i god tid før avkjørsler og kryss. I Norge har disse en kort nedadrettet pil som peker på det aktuelle kjørefeltet, mens en i Sverige benytter en lengre og oppadrettet pil som angir kjøreretning rett fram, og eventuell sidepil for avkjørsler.

Vegviserpil (kryssvegviser) plasseres like ved den aktuelle sidevegen som den viser til, og består av ett stedsnavn (reisemål) med eventuelt vegnummer, og normalt også avstandsangivelse (km) til reisemålet.

Vegvisertavle plasseres umiddelbart foran vegkryss eller avkjøringsfelt, og er utformet på tilnærmet samme måte som en tabellvegviser, bortsett fra at den bare viser rette piler ut fra krysset. Den kan dessuten inneholde flere reisemål for hver kjøreretning.

5.2 Noen aktuelle undersøkelser

På begynnelsen av 80-tallet ble det gjennomført en eksperimentell undersøkelse av ulike aspekter ved eksisterende system for vegvisning foran kryss i Sverige, samt vurdering av mulige alternative utforminger av skilt og tavler (Nygaard, 1985).

Nygaard sammenlignet *orienteringstavler* med *tabellvegvisere* mht oppfattelsestid både i simulator, i feltstudier og gjennom bilrepresentasjon. Det ble også prøvd ut en ny variant av tabellvegvisere med tre kolonner med navn, for destinasjoner hvh til venstre, rett fram og til høyre. Han fant ingen store forskjeller mellom de ulike variantene av skilter, men de skiltene som samlet sett syntes å fungere best, var orienteringstavle (med diagram av krysset) og den nye skilttypen. Den nye varianten krever imidlertid større plass i bredden enn en tradisjonell

tabellvegviser, noe som kan være et problem enkelte steder. Et problem som ikke nevnes i rapporten, er at dette også kan innebære større sikthindring.

Forøvrig inneholder rapporten en oversikt over flere undersøkelser fra ulike land hvor det er foretatt tilsvarende sammenligninger, med til dels varierende resultater. Den inneholder også en presentasjon av hovedprinsipper for vegvisning, som det kan være grunn til å gjenta her, samt en sjekkliste for evaluering av vegvisningen. Det skisseres følgende 6 generelle krav til vegvisning:

1. Krav på *tolkbarhet*. Alle tenkbare tolkninger må vurderes, og informasjonsmengden må ikke overstige det som kan oppfattes i løpet av det tilgjengelige tidsintervallet.
2. Krav på *kontinuitet*. Hvert skilt/tavle må utformes i samsvar med forutgående skilter, slik at en unngår forventningsbrudd.
3. Krav på *forvarsling*. I likhet med foregående punkt er formålet med dette å unngå uventede situasjoner.
4. Krav på *relaterbarhet*. Dette innebærer at informasjon på skilt skal kunne relateres til andre informasjonskilder, som kart og rutebeskrivelser.
5. Krav på *pregnans*. På store veger med tett trafikk og med mye irrelevant informasjon, bør det benyttes særlig store skilt for at de lettere skal tiltrekke seg oppmerksomheten. De bør også gjentas relativt ofte.
6. Krav på *varsling av "uvanlige manøvre"*.

Det vises til amerikansk forskning som tyder på at det største problemet for bilistene er *tolkbarheten* av skiltene.

Herland og Helmers (1997) undersøkte lesbarheten av ulike skrifttyper på vegvisningsskilt, ved å måle største avstand både for gjenkjenning av kjente stedsnavn og for identifisering av ukjente navn. Av de 6 forskjellige skrifttyper som ble undersøkt, kom den nåværende svenske skrifttypen med bare versaler best ut når det gjaldt identifisering av ukjente navn, sammen med en nyutviklet skrifttype med både små og store bokstaver. For gjenkjenning av kjente navn var det derimot ingen forskjell.

På begynnelsen av 1990-tallet ble det gjennomført et omfattende nordisk prosjekt (NORDSKILT - "Forståelse av skilting og oppmerking"), med flere delprosjekter, for bl.a. å vurdere i hvilken grad skiltnormaler og skiltpraksis i de nordiske landene var i samsvar med bilistenes informasjonsbehov (Vaa, 1990; Ragnøy, Vaa og Nilsen, 1990; Böök m.fl., 1991; Midtland og Muskaug, 1994; Larsen, 1994). Dette prosjektet omhandlet skilting og oppmerking generelt, men vegvisning var et viktig aspekt.

Prosjektet omfattet bl.a. utarbeidelse av forslag til endrede skiltplaner for utvalgte strekninger. Forslagene ble utarbeidet av ulike grupper, henholdsvis skiltekspert, psykologer og trafikkpedagoger, som dels utarbeidet løsninger basert på nasjonale retningslinjer og dels basert på felles vurderinger av bilistenes informasjonsbehov.

I en av hovedrapportene fra prosjektet (Midtland og Muskaug, 1994) konkluderes det bl.a. med at:

”i den grad dagens skiltpraksis *bare* tar utgangspunkt i juridiske, tekniske og administrative forhold vil den gi dårligere *forståelse, sikkerhet og avvikling* enn skilting som tar direkte utgangspunkt i trafikantenes behov for informasjon. Analysen av skilteksperternes forslag viser imidlertid at regelverkene i en viss grad ivaretar flere av de psykologiske prinsippene, men at når dette skjer, gjøres det på en sporadisk og ikke-konsistent måte. Analysen viser at regelverket kan forbedres dersom det tas utgangspunkt i en *samlet psykologisk teori* om trafikantenes behov for informasjon og deres evne og kapasitet til bearbeiding av denne informasjonen....”

For en oversikt over spesifikke prinsipper og konkrete eksempler på skiltplanforslag basert på disse prinsippene viser vi til Midtland og Muskaug (1994).

5.3 Antall stedsnavn på samme tavle

Det er klart dokumentert at lesetiden for å identifisere et gitt stedsnavn på en tavle, øker med antall navn på tavla. Hall m.fl. (1991) finner at lesetiden øker lineært med antall navn, mens Agg (1994) finner at økningen er logaritmisk.

Hvor mange stedsnavn som anbefales på en og samme tavle, vil være et kompromiss mellom vegvisning og mental belastning. Agg (1994) anbefaler maksimalt 6 reisemål på samme tavle. Midtland og Muskaug (1994) anbefaler maksimalt 4 reisemål, og Smiley m.fl. (1998) anbefaler maksimalt 3 reisemål pr. skilt. I følge de norske vegnormalene kan det være inntil 5 stedsnavn til sammen på en tabellvegviser. I tilfeller hvor det kan være mange aktuelle reisemål, kan en generell anbefaling være å foreta en grundig vurdering av hvilke reisemål som er viktigst, og som ukjente bilister kan antas å søke etter, og prioritere disse. Dersom det er aktuelt med vegvisning både til stedsnavn og til service-steder etc., kan en løsning være å fordele disse på to skilt, hvor tavlen med stedsnavn plasseres først, og tavlen med serviceskilt et stykke etterpå. De norske skiltnormalene åpner for denne muligheten, forutsatt at det er minst 50 m mellom de to tavlene.

5.4 Plassering av skilt på flerfeltsveg – sikthindring pga tunge kjøretøy i høyre felt

Et spesielt problem på flerfeltsveger er at store kjøretøyer i høyre felt kan hindre sikten til informasjon ved siden av vegen for bilister i de øvrige kjørefeltene. Dette problemet er drøftet bl.a. av Hall m.fl. (1991). Den eneste sikre løsningen på dette problemet er å benytte overhengende skilt over kjørebanelen, i stedet for skilt langs vegkanten.

5.5 Rekkefølge av stedsnavn på tabellvegvisere

For tabellvegvisere foran vegkryss er det vanlig at vegvisning rett fram vises øverst, deretter reisemål til venstre, og til slutt reisemål til høyre. Begrunnelsen for at reisemålene til venstre kommer foran de til høyre, er at avsvinging til venstre krever større oppmerksomhet, slik at det er viktig å få mest mulig tid til å forberede svingemanøveren. Plassering av ”rett fram”-reisemål øverst er imidlertid ikke i samsvar med dette hensynet. Det bør derfor vurderes om reisemål

rett fram ut fra trafikantenes informasjonsbehov heller burde plasseres nederst, da det normalt vil være de som skal svinge av, som har det største behovet for informasjon. Det bør også vurderes om ”rett fram”-vegvisningen kan utelates i tilfeller der det er en hovedveg som fortsetter rett fram, da det i så fall vil være åpenbart for trafikantene at kjøring rett fram vil føre videre mot tidligere angitt reisemål. I stedet for å angi ”rett fram”-reisemålet på samme tavle som de øvrige, kan det plasseres på en ny tavle *etter* krysset for å gi bekreftelse for dem som skal til dette reisemålet.

5.6 Bruk av forkortelser

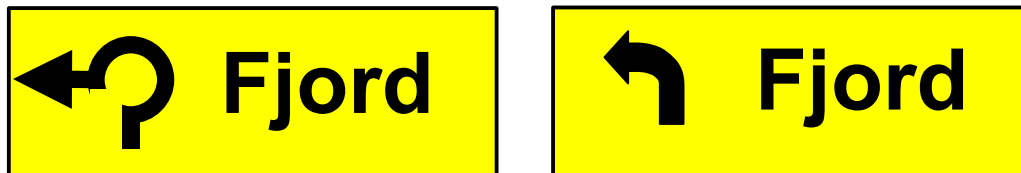
Lengden på navnene har betydning for lesetiden. Det er derfor hensiktsmessig å benytte forkortelser for å gjøre det lettere å oppfatte informasjonen raskt. Imidlertid er det en forutsetning at forkortelsene er alminnelig kjent for at dette skal fungere. Eksempel på forkortelser som trolig forkorter lesetiden er N, S, Ø, V for kompasretningene.

5.7 Konsistens mellom skiltene innhold og plassering

Både skiltene plassering og deres innhold gir informasjon til trafikantene. Det er derfor viktig at skiltene plasseres på en måte som er konsistent med innholdet, og gjerne forsterker effekten av innholdet. I kryss hvor det er avkjøringsmulighet både til høyre og venstre, vil det derfor være gunstig at skiltene for avsvinging i de to retningene plasseres ved siden av hverandre, dvs. at vegvisningen for reisemål mot høyre plasseres til høyre for skiltene med reisemål mot venstre (Agg, 1994). Også Nygaard (1985) fant at en tavle med dette prinsippet ga kortere oppfattelsestid sammenlignet med en tabellvegviser hvor stedsnavnene var plassert under hverandre. Imidlertid finner Smiley m.fl. (1998) i en simulatorstudie ingen forskjell i identifisering mellom tavler hvor de to retningene er plassert på ulike skilt og tavler der de er plassert under hverandre. Det er derfor behov for grundigere studier av denne problemstillingen.

5.8 Plassering ut fra bilistenes informasjonssøking

Vegvisningsskilt bør plasseres der trafikantene trenger dem og der de normalt fester blikket. Dette kan lyde ganske selvsagt, men det har likevel en del implikasjoner som ikke er helt åpenbare. Et eksempel kan være skilting i rundkjøringer. Det forekommer av og til feilkjøring ved at venstresvingende bilister kjører til venstre for sentraløya i stedet for å kjøre rundt. Figur 5.1 illustrerer hvordan vegvisningspilen kan indikere tydeligere at det dreier seg om en rundkjøring.



Kilde: TØI rapport 648/2003

Figur 5.1. Skiltet til venstre viser forslag til alternativ utforming av pil for venstresving i rundkjøring. Tradisjonell utforming til høyre.

Uansett om det benyttes diagramtavle eller tabellvegviser foran rundkjøringen, kan det være et problem å orientere seg *etter at en har kommet inn i rundkjøringen*. Spesielt i store rundkjøringer med mange avfarter kan det være vanskelig å huske informasjonen fra en diagramtavle. Det er derfor viktig med pilvegvisere for hver enkelt avfart ut fra rundkjøringen.

En ser noe ulik praksis når det gjelder slik vegvisning. I Norge er det ofte ingen skilting inne i rundkjøringene, og der den finnes er det varierende praksis mht hvordan skiltene plasseres. I Sverige benyttes vegvisning inne i rundkjøringen i større grad enn i Norge, og vegvisningspilene plasseres normalt på midtdeleren etter hver avfart. Dette er en god løsning, fordi skiltene dermed plasseres langs ytterkant av rundkjøringen, der bilistene naturlig søker etter informasjon når de skal ut av rundkjøringen, og de har informasjonen rett i mot når de kommer til riktig avkjørsel.

5.9 Vegvisning i byer

Vegvisningen i byer kan by på store problemer, fordi det er kort avstand mellom kryss og det er mye informasjon som konkurrerer med vegvisningen når det gjelder trafikantenes oppmerksomhet. Det kan dessuten være vanskelig å finne tilbake til riktig veg dersom en kjører feil. Dette problemet ble behandlet relativt nylig i en omfattende rapport fra BAST (Siegener og Träger, 2001). På grunnlag av en litteraturgjennomgang ble vegvisningen i 10 byer og tettsteder analysert med sikte på å forenkle skiltingen og skape bedre kontinuitet, bl.a. ved å begrense antallet reisemål som ble angitt på hvert skilt, og i stedet skilte i forhold til de mest kjente steder i de aktuelle målområdene. Det ble beregnet at skilting etter det skisserte prinsippet både ville bedre vegvisningen og bidra til å redusere antallet skilt med inntil 50 prosent.

5.10 Gatenavn og husnummer

I byer og tettbygde områder er gatenavn en viktig informasjonskilde for å kjøre riktig, og distraksjonsfaren er stor dersom det er vanskelig å finne og/eller å lese gatenavnene. I en norsk spørreundersøkelse blant vel 3000 førere som hadde rapportert uhell til sine forsikringsselskap, svarte 2,3 % at leting etter husnummer, gatenavn el. l. var medvirkende til at uhellet skjedde (Sagberg, 1998; Sagberg, 2001).

I USA er minstekravene til bokstavhøyde på skilt for gatenavn nylig oppjustert til 150 mm (MUTCD, 2000). Flere stater har imidlertid lenge benyttet vesentlig større bokstaver, spesielt på skilt som henger over kjørebane (Staplin m.fl., 2001a). Omfattende undersøkelser av lesbarhet ved ulike bokstavstørrelser og fonter, samt store vs. små bokstaver, er foretatt av Garvey m.fl. (1996; 1997; 1998; referert av Staplin m.fl. 2001b) og av Smiley m.fl. (2001).

5.11 Generelt om oppfattelse og forståelse av trafikkskilt

Det foreligger en rekke undersøkelser og anbefalinger når det gjelder skilting generelt, som også kan være relevante for vegvisning. Forhold som påvirker oppfattelse av trafikkskilt er viktige for vegvisning i den forstand at oppfattelse av skiltene er en grunnleggende forutsetning for at informasjonen skal registreres. Dessuten kan persepsjonstid og reaksjonstid overfor andre typer trafikkskilt ha betydning for den samlede mentale belastningen føreren utsettes for, og dermed kan mulighetene for oppfattelse av vegvisningsinformasjon påvirkes indirekte av annen skiltinformasjon. God vegvisning er derfor i vid forstand et spørsmål om å tilpasse den samlede informasjon til trafikantenes forutsetninger. Når det gjelder forskningslitteraturen om forhold som påvirker oppfattelse og forståelse av trafikkskilt i alminnelighet, vil det føre for langt å gjennomgå den grundig her. Vi vil bare kort nevne en del av de problemstillinger som har vært undersøkt, og presentere henvisninger til aktuelle artikler og rapporter.

Englund m.fl. (1998) har pekt på følgende krav til trafikkskilt:

”Vägmärken skall:

- **Upptäckas** – de skall framträda mot bakgrunden
- **Identifieras** – om informationen gäller förbud, varning, vägvisning, etc.
- **Avläsas** – text och symboler skall gå att urskilja
- **Tolkas** – informationens innebörd skall förstås
- **Minnas** – informationen skall lagras i minnet en viss tid
- **Påverka beteendet** – informationen skall leda till ändrade beteenden”.

Flere undersøkelser har vist at trafikanter bare oppfatter en liten andel av de trafikkskiltene de passerer (Näätänen og Summala, 1976; Shinar og Drory, 1983). Et generelt utgangspunkt for vegutformingen må være erkjennelsen av at bilførere av og til overser skilt. Der overtredelser av skilt kan ha særlig alvorlige konsekvenser for sikkerheten, må det derfor gjennomføres fysiske tiltak eller annen varsling som er tilstrekkelig for å hindre den ulovlige atferden (som f.eks. å kjøre mot kjøretningen). At skilt overses, har å gjøre med at informasjonskapasiteten er begrenset, og dersom oppmerksomheten er rettet mot andre ting, f.eks. en komplisert trafikksituasjon eller distraksjoner i bilen, på det tidspunktet skilt eller oppmerking er lettest å se, kan en gå glipp av viktig informasjon.

Martens (2000) drøfter ulike metoder for å undersøke trafikanters oppfatning av skilt. Hun peker på at det er ulike prosesser involvert når en oppfatter et skilt gjennom aktiv søking i forhold til når skiltet ”fanger oppmerksomheten”, og at betydningen av trafikantenes forventninger bør undersøkes nøyer.

En har antatt at en kan fange trafikantenes oppmerksomhet ved å gjøre skiltene mer synlige, f.eks. ved bruk av fluorescerende skilt (Jenssen m.fl., 1996; Jenssen, Brekke og Moen, 1998). Schieber (2002) har imidlertid på grunnlag av en eksperimentell undersøkelse stilt spørsmål ved om fluorescerende skilt faktisk ”fanger oppmerksomheten”, eller om de snarere leder oppmerksomheten når en søker aktivt etter informasjon.

En eksperimentell undersøkelse med mulige implikasjoner for *forvarsling* eller *gjentatt skilting* ble gjennomført av Crundall og Underwood (2001). De konkluderer med at at gjentatt skilting foran farlige steder langs vegen ”rather than being a redundant use of resources, could possibly provide some benefit” (p.198).

Andre problemstillinger vedrørende skiltoppfattelse som har vært undersøkt, omfatter:

- Plassering av trafikkskilt (Giæver, Jenssen og Lillestøl, 1999).
- Sammenhenger mellom skiltenes meningsinnhold og oppfattelsestid (Brewer m.fl., 1985).
- Feilreaksjoner knyttet til ubevisste, automatiserte reaksjoner på enkeltelementer ved skiltene (Whitaker, 1985).
- Gjenkjenning av tekst vs. symbolskilt (Avant m.fl., 1985).
- Betydningen av bakgrunn og visuelle omgivelser for oppfattelsen av trafikkskilt (Akagi m.fl., 1996; Long og Kearns, 1996; Ho m.fl., 2001).
- Forståelse av, eller reaksjonstid til, spesifikke skilt (Hulbert, Beers og Fowler, 1979; Hulbert og Fowler, 1980; Smiley m.fl., 1998; Milosevic, 2000).
- Utenlandske trafikanters forståelse av trafikkskilt (Hawkins m.fl., 1998; Dissanayake og Lu, 2001; Summala, 1998; Zakowska, 2001).
- Prinsipper for utforming av variable trafikkskilt, og trafikantenes forståelse av disse (Armstrong og Upchurch, 1994; Peeta, Ramos og Pasupathy, 2000; Luoma, Rämä og MacLaverty, 2001; Rämä, 2001).

6 Tilpasning av vegsystemet til eldre bilføreres forutsetninger⁷

Det er klart dokumentert at bilføreres risiko både for å innblandes i ulykker og for selv å bli skadet når en innblandes, øker med alderen, særlig etter 75 år (Peek-Asa, Dean og Halbert, 1998; Bjørnskau, 2000; Li, Braver og Chen, 2002). Det er dessuten en økende andel eldre i befolkningen, samtidig som stadig flere eldre har førerkort og kjører bil, slik at andelen eldre bilførere øker kraftig. På denne bakgrunn er det forståelig at det er økende interesse for hvordan en skal kunne redusere Eldres ulykkesrisiko, både gjennom utformingen av vegsystemet og gjennom andre tiltak.

6.1 Aldersbetingede endringer som kan ha betydning for trafikksikkerheten

Det har i de senere år vært et økende omfang av publisert forskningslitteratur om Eldres forutsetninger for sikker bilkjøring, om aldersbetingede endringer i sensoriske, kognitive og motoriske funksjoner, og om Eldres risiko for ulykkesinnblanding (f.eks. OECD, 1985; 2001; Hakamies-Blomqvist, 1994d; Transportation Research Board, 1988; Holland, 1999; Simões og Marin-Lamellet, 2002).

6.1.1 Sansefunksjoner

Siden mesteparten av informasjonen en bilfører benytter, kommer via synet, er det rimelig at mye av forskningen omkring Eldres forutsetninger har vært fokusert på synsevnen (Elvik, Mysen og Vaa, 1997b; Dybing, 1990; Burg, 1967; 1968; Henderson og Burg, 1974; Hills og Burg, 1977; Council og Allen, 1974; Shinar, 1977b; Johnson og Keltner, 1983; Hofstetter, 1976; 1978; Lachenmayr, Buser og Keller, 1996). En gjennomgang av resultatene av slike undersøkelser finnes i Elvik, Mysen og Vaa (1997), Dybing (1990), Transportation Research Board (1988), Owsley m.fl. (1991), Bailey og Sheedy (1988), Shinar og Schieber (1991), og Schieber (1994a).

Tatt i betraktning den betydning som tillegges synet for sikker kjøring, er det forbausende at det stort sett er funnet ganske svake sammenhenger mellom synsfunksjoner og ulykker. I så måte er en undersøkelse fra California (Burg, 1967; 1968) som omfattet ca 17 000 førere, typisk. I denne ble det funnet signifikante korrelasjoner mellom en rekke synsfunksjoner og ulykkesrisiko, men

⁷ En mer detaljert gjennomgang av problemstillingene i dette kapitlet finnes i TØI arbeidsdokument SM/1482/2003 (Sagberg, 2003e).

korrelasjonskoeffisientene var så små at de vanligvis forklarte mindre enn 4-5 % av variasjonen i ulykkesrisikoen. I andre undersøkelser er det funnet bedre sammenhenger. Det gjelder for statisk synsskarphet (Hofstetter, 1976), dynamisk synsskarphet (Henderson og Burg, 1974; Shinar, 1977), synsfelt (Johnson og Keltner, 1983), statisk synsskarphet under lav belysning, og persepsjon av bevegelse (Shinar, 1977). Wist m.fl. (2000) har utviklet en test på dynamisk synsskarphet basert på måling av bevegelseskontrast, og de argumenterer for at dette er et mer relevant mål på syn hos bilførere enn statisk synsskarphet.

Med alderen skjer det en rekke forandringer med øyet (Hedin, 1994; Burg, 1967; Anderson og Holliday, 1995; Henderson og Burg, 1974; Council og Allen, 1974; Klein, 1991; Donges, 1980; Hofstetter, 1976; Shinar og Schieber, 1991; Bailey og Sheedy, 1988; Schieber, 1988). I og med at svekket syn både øker ulykkesrisikoen i noen grad og forekommer oftere blant eldre enn blant yngre, er det rimelig å slutte at den høyere ulykkesrisikoen en finner blant eldre førere, til en viss grad kan skyldes dårligere synsevner.

6.1.2 Kognitive funksjoner

Da Henderson og Burg (1974) bare fant svake eller ingen sammenhenger mellom ulykker og syn eller hørsel, var de inne på at forklaringen til ulykker kanskje måtte finnes på et høyere nivå, dvs. blant kognitive funksjoner. Andre har også ment at de kognitive funksjonene er viktige for sikker kjøring (Hakamies-Blomqvist, 1994a; 1994b; 1994c; 1994d; Staplin, 1994; Ball og Rebok, 1994).

Kognitive funksjoner omfatter bl.a. oppmerksomhet, hukommelse og bearbeiding. Forskningen omkring kognitive funksjoner og ulykker/føreratferd har særlig rettet seg mot oppmerksomhetsfunksjonene, og en rekke undersøkelser har funnet signifikante sammenhenger mellom ulike oppmerksomhetsfunksjoner og ulykkesrisiko og/eller kjøreprestasjoner (Parasuraman og Nestor, 1991; McKnight og McKnight, 1999; Stutts m.fl., 1998).

Ulykkesinnblandete førere skiller seg fra øvrige bilførere ved dårligere visuokonstruktiv evne (lage kopi av et mønster), hukommelse (både korttids- og langtidshukommelse) og psykomotorisk hurtighet (Lundberg m.fl., 1998).

Et aspekt ved eldres oppmerksomhetsproblemer er mindre effektiv visuell søking, og registrering av informasjon perifert i synsfeltet. Maltz og Shinar (1999) fant at de eldre begrenset søkingen til deler av den relevante informasjonen når de fikk presentert bilder av trafikksener, og i motsetning til hos de yngre gikk blikket oftere tilbake til de samme områdene, mens de yngre fordelte søkingen jevnere. På dette grunnlaget anbefaler de bruk av redundant informasjon (dvs. at informasjon om samme forhold gis på flere måter og/eller gjentas) gjennom skilting og oppmerking for å øke sannsynligheten for å oppveie at eldre førere mister en del informasjon.

I de senere årene har det vært stor interesse omkring begrepet 'Useful field of view' – UFOV (Ball m.fl., 1988; Owsley m.fl., 1991; Ball m.fl., 1993; Ball og Rebok, 1994; Ball m.fl., 1998). UFOV er et testbasert mål på i hvilken grad en person utnytter informasjon perifert i synsfeltet. UFOV-testen måler kognitive funksjoner som *delt oppmerksomhet, selektiv oppmerksomhet og perseptuell*

hurtighet, og den har vist god evne til å predikere ulykkesinnblanding blant eldre bilførere (Owsley m fl, 1991; Ball m fl, 1993).

For personer over en viss alder synes prestasjonene innen de fleste områder å avta med økende alder. Reduksjonen i de ulike intellektuelle evnene synes vanligvis å inntre på forskjellig alder. Horn og Hofer (1992) mener at evner knyttet til resonnering, evnen til å opprettholde årvåkenhet, hvor raskt en forstår ting, og raskheten i å fatte beslutninger begynner å avta fra 20-årene. Visualiseringsevne og auditiv evne begynner å avta i 30-40 års alderen, mens kvantitativ evne, evnen til å hente fram ervervet kunnskap og mengden kunnskap en har, først avtar fra 60- årene.

Salthouse (1992) peker på at det med økende alder er funnet reduksjoner i mange ulike kognitive funksjoner. Han mener derfor at reduksjonen i kognitive funksjoner kan skyldes økende svikt i en sentral komponent som de fleste funksjonene er avhengig av. Alle funksjoner er ressurskrevende, og hvis tilgangen på de nødvendige ressurser avtar med alderen, vil også flere ulike kognitive funksjoner bli mindre effektive. Han mener at forskjellen mellom unge og eldre når det gjelder kognitive funksjoner, er kvantitativ og ikke kvalitativ. De eldre fungerer ikke kognitivt annerledes enn unge, bare mindre effektivt.

I undersøkelser som har vært rettet mot aldring og trafiksikkerhet, er det altså vist en reduksjon i prestasjonene innen flere kognitive funksjoner som synes viktige for sikker kjøring (Ball m fl, 1988; Stutts, Stewart og Martell, 1998; Brouwer m.fl., 1991; Mitchell, Castleden og Fanthomi, 1995; van Wolfelaar, Brouwer og Rothengatter, 1991; van Wolfelaar, Rothengatter og Brouwer, 1991).

Ved siden av den normale aldringen som gir reduserte kognitive funksjoner, finner en blant eldre sykdomstilstander (demens) som har stor og uheldig innflytelse på flere kognitive funksjoner (Brækhus, 1998). Demente førere har derfor blitt betraktet som en sikkerhetsrisiko og har tiltrukket seg betydelig interesse (Brækhus, 1998; Johansson, 1997; Friedland, 1994; Hakamies-Blomqvist, 1994a; 1994b; 1994c; 1994d). Undersøkelser har vist at demente førere oftere er innblandet i ulykker eller har en mer risikabel kjøreatferd enn friske førere i samme alder (Kaszniak, Keyl og Albert, 1991; Parasuraman og Nestor, 1991; Hunt, 1991; Cooper m.fl., 1993; Dubinsky m.fl., 1992; Johansson m.fl., 1996).

Siden demente førere har en høy ulykkesrisiko, og demens i særlig grad finnes hos personer i høy alder, kan det tenkes at den høyere ulykkesrisikoen en finner blant eldre førere til en viss grad kan være en effekt av demenstilfeller.

6.1.3 Motoriske funksjoner

Med økende alder skjer det flere forandringer med kroppen som har innflytelse på de motoriske funksjonene. Sykdommer, smerter og stivhet i muskler og ledd kan gi nedsatt bevegelighet både i ekstremiteter og hode (Stelmach og Nahom, 1992; Dybing, 1990; OECD, 1985).

Det er i liten grad gjort undersøkelser for å finne om det er en sammenheng mellom motoriske funksjoner og ulykkesrisiko. I noen undersøkelser har enkel reaksjonstid hos bilførere vært sammenliknet med ulykkestilbøyelighet, men denne sammenhengen har vært svak, og det er en vanlig oppfatning at enkel reaksjonstid har liten sammenheng med ulykkesrisiko (Transportation Research

Board, 1988). For kompleks reaksjonstid er det funnet klare sammenhenger med ulykkestilbøyelighet, men variasjonen i denne reaksjonstiden er mer avhengig av kognitive funksjoner enn av motoriske.

6.2 Spesielle problemer blant eldre i trafikken

6.2.1 Vanskeligheter med å oppfatte skilt

Ho m.fl. (2001) gjorde en laboratorieundersøkelse blant en gruppe yngre (18-30 år) og en gruppe eldre (54-79 år) bilførere av visuell søking etter trafikkskilt mot en bakgrunn som varierte i kompleksitet ("clutter"), dvs. mengden av andre visuelle stimuli i bildet. De fant lengre reaksjonstid og flere feil blant eldre enn blant yngre. Økt kompleksitet ga også lengre reaksjonstider, men økningen var ikke større blant eldre enn blant yngre førere.

Schieber (1997) fant imidlertid evidens for at eldre ble mer forstyrret av en kompleks bakgrunn enn yngre førere. Dette står tilsynelatende i motstrid til den førstnevnte undersøkelsen, og det er følgelig behov for nye og bedre undersøkelser for å fastslå hva slags visuelle forenklinger i trafikkbildet som eventuelt kan bidra til bedre oppfattelse av trafikkskilt blant eldre.

6.2.2 Problem med å orientere seg

En forutsetning for å finne fram på ukjente steder, er lesing av vegvisningsskilt, gatenavn osv. Dette kan være et problem for eldre både fordi de ikke kan lese like lett som yngre på lang avstand, og fordi de trenger lengre tid for å oppfatte teksten. Studier har vist at eldre opplever det som et problem å kunne lese skiltene tidsnok (Benekohal m.fl., 1992).

6.2.3 Forståelse av piktogrammer

Bruyas (1999) fant at eldre hadde større problemer enn yngre med å forstå betydningen av piktogrammer, bl.a. en del av de symbolene som benyttes på variable skilt. Hun peker på viktigheten av å bruke tydelige symboler i piktogrammer, og unngå slike som kan forveksles med andre objekter enn dem som piktogrammet er tenkt å symbolisere.

6.2.4 Kjøring i vegkryss, spesielt venstresving

Det er vist at eldre er overrepresentert når det gjelder ulykker i kryss (Hakamies-Blomqvist, 1993). Lu og Pernia (2000) fant at kapasiteten i signalregulerte kryss ble redusert når andelen eldre førere økte, fordi de eldre førerne både holdt lengre avstand til forankjørende og brukte lengre tid på å starte opp ved grønt lys. Lu og Pernia (2000) utviklet modeller for kapasitetsberegninger som tar hensyn til andelen eldre førere, og de anbefaler at slike modeller legges til grunn for design av kryss slik at kapasiteten optimaliseres og sikkerheten blir best mulig.

Flere undersøkelser (bl.a. Staplin og Lyles, 1991; Knoblauch m.fl., 1995) har funnet at eldre førere er særlig overrepresentert i ulykker ved venstresving i lysregulerte kryss. Stamatiadis m.fl. (1991) fant at dette gjaldt i større grad ved kryss med bare to faser, sammenlignet med kryss med egen venstresvingfase. Dette viser problemer eldre har med å vurdere tidsluker når de skal krysse

motgående trafikkstrøm. I følge Staplin m.fl. (2001b) kan dette problemet også henge sammen med dårligere dybde- og bevegelsespersepsjon.

6.2.5 For korte siktstrekninger

Naylor og Graham (1997) gjorde et felteksperiment for å vurdere om AASHTO⁸-anbefalingene for siktstrekninger i kryss var tilstrekkelige for å ta hensyn til eldre bilføreres lengre persepsjons- og reaksjonstid. De undersøkte en gruppe førere under 30 år og en gruppe over 50 år (gjennomsnittsalder 69 år). De fant at 85-prosentilverdien for den eldste gruppen var 1,86 sek., og konkluderer ut fra det med at nåværende designverdi for persepsjons-reaksjonstid på 2,0 sek er tilstrekkelig. Imidlertid varierte alderen i denne gruppa helt fra 51 til 87 år, og det er god grunn til å tro at det er store variasjoner innenfor et så stort aldersspenn, spesielt fordi det først er fra rundt 70 års alder at en ser noen vesentlig reduksjon i kognitive funksjoner. Det bør derfor foretas grundigere studier av førere over 70 år før en trekker en endelig konklusjon mht hva som er tilstrekkelige sikt lengder.

Lerner (1994) reiste spørsmålet om vegmiljøet generelt er utformet slik at det gir eldre førere tilstrekkelig tid til å oppfatte og reagere på faresituasjoner, og han konkluderer med at det mangler gode data for å kunne si hva som er riktige designverdier.

6.3 Tiltak

Gjennom ulik vegutforming og trafikkregulering kan en variere kravene som stilles til førerne. Det synes å være etablert en norm om at de vegtekniske løsningene skal være slik at minst 85 % av førerne kan tilfredsstille de kravene som vegutforming og trafikkreguleringene stiller. Eldre førere har dårligere syn, lengre reaksjonstid og bruker mer tid på å bearbeide informasjon enn yngre og middelaldrende førere. Det er derfor grunn til å tro at en betydelig del av de 15 % som ikke greier å tilfredsstille de kravene som vegutforming og trafikkreguleringene stiller, er eldre.

Det foreligger flere studier av hvordan vegutforming påvirker kjøreatferden blant eldre. Ashman m.fl. (1994) gjennomførte en studie av ulike tiltak – både vegtekniske og individrettede tiltak - for å bedre eldre føreres kjøreatferd, hvor de konkluderte med at på veger med stor trafikk var vegtekniske tiltak mer kostnadseffektivt enn individrettede tiltak, mens det var motsatt på veger med lavt trafikkvolum.

En del oversikter (f.eks. Elliot, Elliot og Lysaght, 1995; Simões og Marin-Lamellet, 2002) tar for seg tiltak generelt, hvor også bedre vegsystem nevnes som et av flere tiltak (deriblant opplæring, informasjon, kjøreprøver og andre seleksjonsmetoder, førerkortkrav, og kjøretøyutforming). Her vil vi begrense oss til forskning som fokuserer spesifikt på veg- og trafikktekniske tiltak.

Den mest omfattende samling som foreligger når det gjelder forskningsmessig begrunnede anbefalinger for vegtekniske løsninger, er den nylig reviderte ”Highway Design Handbook for Older Drivers and Pedestrians”, utgitt av Federal Highway Administration i USA (Staplin m.fl., 2001a). Den tar for seg de enkelte

⁸ AASHTO: American Association of State Highway Transportation Officials

design-elementer og presenterer anbefalinger, og i tillegg inneholder den en omfattende oversikt over det forskningsmessige grunnlaget for anbefalingene. En kortere versjon med bare retningslinjer og anbefalinger finnes også (Staplin m.fl., 2001b). Disse to bøkene bygger bl.a. på tidligere oppsummeringer av ”human factors”-forskning omkring vegutforming og bilførere (Staplin m.fl., 1997a; 1997b). Schieber (1999) har også presentert en omfattende gjennomgang av forskningslitteratur om vegutforming i forhold til eldre trafikanter, med hovedvekt på synsmessige forhold og visuell oppmerksomhet.

Det finnes også en rekke andre arbeider hvor Eldres forutsetninger og mulige implikasjoner for vegutforming drøftes (Transportation Research Board, 1988; OECD, 1985; Bone, 1994; Sagberg m.fl., 1999b; Sagberg og Glad, 1999; Kline m.fl., 1990; Kline og Fuchs, 1993; Schieber, 1994b; Schieber, 1998; Kline m.fl., 1999; Staplin og Fisk, 1991; Mace m.fl., 1996; Stamatiadis, 1994; Staplin m.fl., 2001).

De foreslåtte eller iverksatte tiltakene kan deles i to grupper. Den ene inneholder i hovedsak tiltak som sikter mot å gjøre skilt, oppmerking og lyssignaler mer oppmerksomhetsvekkende og mer synlige/lesbare. Eksempler på dette er:

- bruk av større skilt og bredere linjer i vegoppmerkingen
- bruk av materiale som gir større kontrast mellom symbol og bakgrunn på skilt og mellom oppmerking og vegbane
- bedre vedlikehold av skilt og oppmerking
- bedre grafisk utforming av symboler (bl.a. større avstand mellom konturer).

Den andre gruppen består av tiltak som retter seg mot å lette informasjonsbearbeidingen. Utgangspunktet synes å ha vært den kjensgjerning at eldre førere trenger mer tid enn yngre til å bearbeide informasjon, særlig når det er mye informasjon som skal bearbeides innen kort tid, og at dette fører til lengre reaksjonstid for eldre. Et annet utgangspunkt synes å være de Eldres overrepresentasjon i kryssulykker. Blant forslagene som ofte nevnes, er:

- bruk av eget felt for venstresving i kryss og et eget signal for svingmanøveren
- erstatting av 4-armet kryss med to forskjøvnede 3-armete
- lengre siktstrekninger når en står ved innkjøringen til kryss, noe som vil gi førerne bedre tid til å bedømme trafikken og bedre mulighet til å velge en tilstrekkelig stor luke.

Et annet tiltak mange nevner er bruk av forvarsler. Det kan være varsel om valg situasjoner (vegvalg, feltvalg) og komplekse trafikale situasjoner (kompliserte kryss, større rundkjøringer med mange armer). Et forvarsel som gir hint om hva føreren vil møte, gir ham mulighet til forberede seg (holde de riktige observasjons- og atferdsprogrammene i beredskap) og dermed gjøre beslutningsprosessen enklere.

7 Referanser

- AASHTO. (2001) *A policy on geometric design of highways and streets ("Green Book")*. Washington, D.C.: AASHTO.
- Abboud, N.K. & Bowman, B.L. (2001) Evaluation of two- and four-foot shoulders on two-lane state routes. *ITE Journal-Institute of Transportation Engineers* 71(6), 34-39.
- Agg, H.J. (1994) Direction sign overload. *TRL Project Report 77*. Crowthorne: Transportation Research Laboratory.
- Akagi, Y., Seo, T. & Motoda, Y. (1996) Influence of visual environments on visibility of traffic signs. *Transportation Research Record* 1553, 53-58.
- Alexander, G.J. & Lunenfeld, H. (1986) Driver expectancy in highway design and traffic operations. *Report FHWA-TO-86-1*. Washington, DC: U.S. Dept. of Transportation.
- Allen, T.M., Lunenfeld, H. & Alexander, G.J. (1971) Driver information needs. *Highway Research Record* 366, 102-115.
- Amundsen, F.H. (1982) Sidehindre som fartsdempere på boligveger. *TØI notat 604/82*. Oslo: TØI.
- Amundsen, F.H. (1983a) *Bruk av fartsreducerende tiltak på boligveger: kartlegging i norske kommuner høsten 1983*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Amundsen, F.H. (1983b) Trafikkulykker og kjøreatferd på mørke og lyse vegdekker. *TØI arbeidsdokument 654*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Amundsen, F.H. (1984) *Langtidseffekt av fartsdempende tiltak på boligveger*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Amundsen, F.H. & Christensen, P. (1986) Sammenheng mellom kjørefart og utforming av boligveger. *TØI prosjektrapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Amundsen, F.H. & Lie, T. (1984) Utforkjøring kan begrenses. *Temaserie Trafikk, 15*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Amundsen, F.H. & Pedersen, T.O. (1976) Optisk ledning i vegkurver. *TØI rapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Anderson, S.J. & Holliday, I.E. (1995) Night driving - effects of glare from vehicle headlights on motion perception. *Ophthalmic and Physiological Optics* 15(6), 545-551.
- Anund, A. (1998) Ofrivilligt överskridande av kantlinjen. *VTI notat 49*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Anund, A. (1992) *Vägytans inverkan på fordonshastigheter*. Linköping: Statens väg- och trafikinstitut.
- Armour, M. & McLean, J.R. (1983) The effects of shoulder width and type on rural Traffic Safety and operations. *Australian Road Research* 13(4). Nunawading, Victoria.
- Armstrong, J.D. & Upchurch, J.E. (1994) Human Factors design considerations for variable message freeway signs. *Journal of Transportation Engineering* 120(2), 264-282.
- Ashman, R.D., Bishu, R.R., Foster, B.G. & McCoy, P.T. (1994) Countermeasures to improve the driving performance of older drivers. *Educational Gerontology* 20(6), 567-577.
- Assum, T., Bjørnskau, T., Fosser, S. & Sagberg, F. (1999) Risk compensation - the case of road lighting. *Accident Analysis and Prevention* 31(5), 545-553.
- Avant, L.L., Brewer, K.A., Thieman, A.A. & Woodman, W.F. (1985) Recognition errors among highway signs. *Transportation Research Record* 1027, 45-49.
- Babkov, V.F. (1975) *Road conditions and Traffic Safety*. Moskva: Mir Publishers.
- Baddeley, A.D. & Hitch, G. (1974) Working memory. I: Bower, G.A. *Recent advances in learning and motivation, Vol. 8*, 47-90. New York: Academic Press.
- Bailey, I.L. & Sheedy, J.E. (1988) Vision screening for driver licensure. *Transportation in an aging society: Improving mobility and safety for older persons*. 294-324. Washinton, D.C.: Transportation Research Board.
- Ball, K. & Rebok, G. (1994) Evaluating the driving ability of older adults. *J. Appl. Gerontology* 13(1), 20-38.

- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M.E., Roenker, D.L. & Bruni, J.R. (1993) Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 34(11), 3110-3123.
- Ball, K., Owsley, C., Stalvey, B., Roenker, D.L., Sloane, M.E. & Graves, M. (1998) Driving avoidance and functional impairment in older drivers. *Accident Analysis and Prevention* 30(3), 313-322.
- Ball, K.K., Beard, B.L., Roenker, D.L., Miller, R.L. & Griggs, D.S. (1988) Age and visual search: Expanding the useful field of view. *J. Opt. Soc. Am.-A* 5(12), 2210-2219.
- Benekohal, R.F., Resende, P., Shim, E., Michaels, R.M. & Weeks, B. (1992) Highway operations problems of elderly drivers in Illinois. *Report FHWA-IL-92-023*. Illinois: Federal Highway Administration.
- Bierwas, V., Brühning, E., Reichwein, H.P., Schmid, M., Steinhoff, H. & Weissbrodt, G. (1981) Untersuchungen zur verhinderung von falschfahrten auf der autobahn. Schlussbericht. *Forschungsberichte BASt, Strassenverkehrstechnik*.
- Bjørnskau, T. (2000) Risiko i veitrafikken 1997-1998. *TØI rapport 483/2000*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Blokpoel, A. & Braimaister, L. (1998) Wrong-way drivers on motorways. Part ii: Literature study. (Dutch, with English summary). *R-98-33 II*. Leidschendam: SWOV.
- Blokpoel, A. & de Niet, M. (2000) Wrong-way drivers and head-on collisions on motorways: number and development of their threat to road safety, in the period up to 1998. (Dutch, with English summary). *R-2000-16*. Leidschendam: SWOV.
- Blokpoel, A., Braimaister, L. & Tromp, J.P.M. (1998) Wrong-way drivers on motorways. Part i: The extent and development of the number of wrong-way drivers, and the road accidents and road casualties involving wrong-way drivers prior to the end of 1996. (Dutch, with English summary). *R-98-33 I*. Leidschendam: SWOV.
- Bone, J. (1994) How to make roads safer for elderly drivers. *Traffic Safety*(March/April), 16-19.
- Bonneson, J.A. (2000a) Kinematic approach to horizontal curve transition design. *Transportation Research Record* 1737, 1-8.
- Bonneson, J.A. (2000b) Superelevation distribution methods and transition designs. *NCHRP Report 439*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Böök, A., Larsen, L., Luoma, J. & Vaa, T. (1991) Trafikanter forståelse af skiltning og kørebaneafmærkning. *Notat 3/1991*. København: Rådet for Trafiksikkerhedsforskning.
- Brækhus, A. (1998) *Demens og bilkjøring. Dagens situasjon og praksis vedrørende helseattest for førerkort*. Oslo: INFO-banken.
- Brevoord, G.A. (1981) Wrong-way driving. (Dutch, with summary in English). 's-Gravenhage: Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde.
- Brevoord, G.A. (1998) Wrong-way driving (Dutch, with summary in English). Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.
- Brewer, K.A., Thieman, A.A., Woodman, W.F. & Avant, L.L. (1985) Highway sign meaning as an indicator of perceptual response. *Transportation Research Record* 1027, 35-42.
- Broadbent, D.E. (1958) *Perception and communication*. Oxford: Pergamon Press.
- Brouwer, W.H., Waterink, W., van Wolfelaar, P.C. & Rothengatter, T. (1991) Divided attention in experienced young and older drivers: Lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator. *Human Factors* 33(5), 573-582.
- Brüde, U. & Larsson, J. (1996) Breda körfält - effekt på trafiksäkerhet. *VTI meddelande 807*. Linköping: VTI.
- Bruyas, M.P. (1999) Erkennen und Verstehen von Informationen mit Piktogrammen im Verkehrswesen - Einfluss des Alters. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 45(2), 56-63.
- Burg, A. (1967) The relationship between vision test scores and driving record: General findings. *Report 67-27*. Los Angeles, CA: UCLA, Department of Engineering.
- Burg, A. (1968) Vision test scores and driving record: Additional findings. *ITTE Report No. 68-27*. Los Angeles, CA: UCLA, Institute of Transportation and Traffic Engineering.
- Burns, D.M. & Pavelka, L.A. (1995) Visibility of durable fluorescent materials for signing applications. *Color Research and Application* 20(2), 108-116.
- Campbell, B.E. & Middlebrooks, P.B. (1988) Wrong-way movements on partial cloverleaf ramps. Final report. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.
- Carlsson, A. (2001) Utvärdering av alternativ 13 m väg. Halvårsrapport 2000:2. *VTI notat 23-2001*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.

- Casey, S.M. & Lund, A.K. (1992) Changes in speed and speed adaptation following increase in national maximum speed limit. *Journal of Safety Research* 23(3), 135-146.
- Choueiri, E.M., Lamm, R., Kloeckner, J.H. & Mailaender, T. (1994) Safety aspects of individual design elements and their interactions on two-lane highways: International perspective. *Transportation Research Record* 1445, 34-46.
- Comte, S.L. & Jamson, A.H. (2000) Traditional and innovative speed-reducing measures for curves: an investigation of driver behaviour using a driving simulator. *Safety Science* 36(3), 137-150.
- Conchillo, A., Hernandez, M.J., Recarte, M.A. & Ruiz, T. (2000) Performance in real traffic environments. *Psicothema* 12, 152-156.
- Cooper, P.J., Tallman, K., Tuokko, H. & Beattie, B.L. (1993) Vehicle crash involvement and cognitive deficit in older drivers. *J.Safety Research* 24(1), 9-17.
- Copelan, J.E. (1989) Prevention of wrong-way accidents on freeways. Final report. *FHWA-CA-TE-89-2*. California Department of Transportation, Division of Traffic Operations.
- Cornsweet, D. (1969) Use of cues in the visual periphery under conditions of arousal. *Journal of Experimental Psychology* 80(1), 14-18.
- Cornwell, P.R. (1972) Lighting and road traffic. 2. Highway capacity, vehicle speeds and public lighting. *Traffic Engineering and Control* 13, 297-299.
- COST (1999) Requirements for horizontal road marking. *COST 331 Final Report*. Brussels: European Communities.
- Council, F.M. & Allen, J.A. (1974) A study of the visual fields of North Carolina drivers and their relationship to accidents. Chapel Hill, N.C.: University of North Carolina.
- Council, F.M. (1989) Status of current roadway safety knowledge: Knowns, unknowns, and reasons why. *Proceedings, International conference on new ways and means for improved safety*. Tel Aviv, Israel
- Crowley, K.W. & Seguin, E.L. (1986) Wrong way traffic control at intersections. Final report. *FHWA-RD-86-116*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation.
- Crundall, D. & Underwood, G. (2001) The priming function of road signs. *Transportation Research Part F* 4, 187-200.
- Dart, O.K. & Hunter, W.W. (1976) Evaluation of the halo effect in speed detection and enforcement. *Transportation Research Record* 609, 31-33.
- de Niet, M. & Blokpoel, A. (2000) Heading in the wrong direction: descriptive research on wrong-way driving on Dutch motorways: Background, causes, liability and measures. (Dutch, with summary in English). *D-2000-6*. Leidschendam: SWOV.
- de Waard, D., Jessurun, M., Steyvers, F.J., Raggatt, P.T. & Brookhuis, K.A. (1995) Effect of road layout and road environment on driving performance, drivers' physiology and road appreciation. *Ergonomics* 38(7), 1395-1407.
- Denton, G.G. (1966) A subjective scale of speed when driving a motor vehicle. *Ergonomics* 9, 203-210.
- deWaard, D. (1996) *The Measurement of Drivers' Mental Workload*. Groningen: Traffic Research Centre.
- Dickman, S.J. (2002) Dimensions of arousal: Wakefulness and vigor. *Human Factors* 44(3), 429-442.
- Dissanayake, S. & Lu, J.J. (2001) Traffic control device comprehension - differences between domestic and international drivers in USA. *IATSS research* 25(2), 80-87.
- Donges, E. (1980) Fahrzeuge für ältere Menschen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 26(3), 101-105.
- Dubinsky, R.M., Williamson, A., Gray, C.S. & Glatt, S.L. (1992) Driving in Alzheimer's disease. *J.Am.Geriat.Soc.* 40(11), 1112-1116.
- Dybing, E. (1990) *Eldre bilførere og trafiksikkerheten. (Hovedoppgave i psykologi)*. Oslo: Universitetet i Oslo.
- Easa, S.M. (1994) Design considerations for highway reverse curves. *Transportation Research Record* 1445, 1-11.
- Easterbrook, J.A. (1959) The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review* 66, 183-201.
- Eckert, M. (1993) Strassenbeleuchtung und optische Wahrnehmungssicherheit. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 39(2), 64-68.
- Eikanger, M. (1983) Hastighetsmålinger ved asfalteringsarbeid. *Arbeidsdokument av 22.7.83*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

- Elliot, B., Elliot, D. & Lysaght, A. (1995) Older driver risks and countermeasures: Source book. *CR 163*. Canberra: Australian Transport Safety Bureau.
- Elvik, R. (1995) A meta-analysis of evaluations of public lighting as an accident countermeasure. Paper presented at TRB 74th Annual Meeting. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Elvik, R. (1998) Støttetiltak for lavere fartsgrense i tettbygd strøk. *TØI rapport 1107/1998*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Elvik, R., Mysen, A.B. & Vaa, T. (1997) *Trafikksikkerhåndbok: Oversikt over virkninger, kostnader og offentlige ansvarsforhold for 124 trafikksikkerhetstiltak*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Englund, A., Gregersen, N.P., Hydén, C., Lövsund, P. & Åberg, L. (1998) *Trafiksäkerhet: En kunskapsöversikt*. Lund: Studentlitteratur.
- Englund, A., Pettersson, H.-E., Jarleryd, B. & Lindkvist, O. (1978) TRK:s haverikommission. Redogörelse för en försöksverksamhet. *TRK rapport nr. 1*. Stockholm: Försäkringsbranschens trafiksäkerhetskommitté.
- Evans, L. (1970) Speed estimation for a moving automobile. *Ergonomics* 13, 219-230.
- Evans, L. (1991) *Traffic Safety and the driver*. NY: Van Nostrand Reinhold.
- Fildes, B.N. & Jarvis, J.R. (1994) Perceptual countermeasures: Literature review. Roads and Traffic Authority (RTA). Rosebery, New South Wales.
- Fildes, B.N. & Lee, S. (1993) *The speed review: Road environment, behaviour, speed limits, enforcement and crashes*. Canberra: Federal Office of Road Safety.
- Fildes, B.N., Fletcher, M.R. & Corrigan, J.M. (1987) Speed perception 1: Drivers' judgements of safety and speed on urban and rural straight roads. *CR54*. Melbourne: Royal Automobile Club of Victoria.
- Fildes, B.N., Leening, A.C. & Corrigan, J.M. (1989) Speed perception 2: Drivers' judgements of safety and speed on rural straight and curved roads and for different following distances. *CR 6*. Melbourne: Royal Automobile Club of Victoria.
- Fitzpatrick, K. & Collins, J.M. (2000) Speed-profile model for two-lane rural highways. *Transportation Research Record* 1737, 42-49.
- Friebele, J.D., Messer, C.J. & Dudek, C.L. (1971) State-of-the-art of wrong way driving on freeways and expressways. *139-7*. Texas Transportation Institute.
- Friedland, R.P. (1994) Effects of aging and Alzheimer's disease on perception, attention and cognition: relationships to driving performance. I: Johansson, K. & Lundberg, C. Proceedings of symposium, Stockholm, September 24, 1994, 93-96. Stockholm: Karolinska institutet.
- Fuller, R. (1984) A conceptualization of driving behaviour as threat avoidance. *Ergonomics* 27(11), 1139-1155.
- Fuller, R. (2000) The task-performance interface model of the driving process. *Recherche Transports Sécurité* 66, 47-59.
- Fuller, R. & Santos, J.A. (2002) *Human factors for highway engineers*. Amsterdam: Pergamon.
- Gabriel, J.D. (1974) Wrong-way driving on California freeways. *Traffic Quarterly* 28(2), 227-240.
- Gibreel, G.M., Easa, S.M., Hassan, Y. & ElDimeery, I.A. (1999) State of the art of highway geometric design consistency. *Journal of Transportation Engineering-ASCE* 125(4), 305-313.
- Gibson, J.J. & Crooks, L.E. (1938) A theoretical field-analysis of automobile-driving. *The American Journal of Psychology* 51(3), 453-471.
- Gibson, J.J. (1950) *The perception of the visual world*. Boston: Riverside Press.
- Giæver, T., Jenssen, G.D. & Lillestøl, P.J. (1999) Optimal plassering av trafikkskilt - forprosjekt. *Rapport STF22 A98560*. Trondheim: SINTEF Bygg og miljøteknikk.
- Giæver, T., Sakshaug, K., Jenssen, G.D. & Berge, T. (1999) Tiltak for reduksjon av strekningsulykker. Delrapport 2: Effekter av profilert vegmerking. *Rapport STF22 A99553*. Trondheim: SINTEF Bygg og miljøteknikk.
- Glad, A., Sagberg, F., Bjørnskau, T., Vaa, T. & Berge, G. (2002) Faktorer som påvirker kjørefart. Litteraturstudier og hypoteser. *TØI rapport 601*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Glennon, J.C. (1985) Accident effects of centerline markings on low-volume rural roads. *Transportation Research Record* 1027, 7-13.
- Godley, S., Fildes, B., Triggs, T. & Brown, L. (1999) Perceptual countermeasures: Experimental research. *Road Safety Research Report CR 182*. Melbourne: Monash University Accident Research Centre.

- Godthelp, H., Milgram, P. & Blaauw, G.J. (1984) The development of a time-related measure to describe driving strategy. *Human Factors* 26(3), 257-268.
- Grant, A.R. & Bloomfield, J.R. (1997) Guidelines for the use of raised pavement markers. *FHWA-RD-97-152*. McLean, VA: Federal Highway Administration.
- Groeger, J.A. & Chapman, P.R. (1991) The unknown risks we run: Feelings of danger and estimates of accident frequency when driving. I: Grayson, G.B. & Lester, J.F. *Behavioural research in road safety*, 131-138. Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.
- Gunnarsson, S.O. (2000) Felkörning på motorvägar ("spökkörning"). *CHART Rapport 2000:1*. Göteborg: Chalmers University of Technology, Department of Road & Traffic Planning.
- Gunnarsson, S.O. (2001) Körbanemarkeringar som trafiktämjande och trafiksäkerhetsfrämjande medel. VTI Konferens 16, 91-97. Linköping.
- Gårder, P. & Alexander, J. (1995) Fatigue related accidents and continuous shoulder rumble strips (CSRS). *Transportation Research Board 74th Annual Meeting*
- Hakamies-Blomqvist, L. (1994a) Accident characteristics of older drivers: Can findings based on fatal accidents be generalized? *Journal of Traffic Medicine* 22(1), 19-25.
- Hakamies-Blomqvist, L. (1994b) Ageing and fatal accidents in male and female drivers. *J.Gerontology* 49(6), 286-290.
- Hakamies-Blomqvist, L. (1994c) Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents. *Accident Analysis and Prevention* 26(1), 107-112.
- Hakamies-Blomqvist, L. (1994d) Older drivers in Finland: Traffic Safety and behavior. *Report 40/1994*. Helsinki: Liikenturva.
- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1993) Fatal accidents of older drivers. *Accident Analysis and Prevention* 25(1), 19-27.
- Hall, R.D., McDonald, M. & Rutley, K.S. (1991) An experiment to assess the reading time of direction signs. I: Gale, G.A. *Vision in Vehicles - III*, 333-350. Amsterdam: North-Holland.
- Hammond, J.L. & Wegmann, F.J. (2001) Daytime effects of raised pavement markers on horizontal curves. *ITE Journal* 71(8), 38-41.
- Harms, L. (1991) Studier af kognitiv belastning i trafikken. Sammenfattende redegørelse. *VTI särtryck 177*. Linköping: Statens väg- och trafikinstitut.
- Hassan, Y., Gibreel, G. & Easa, S.M. (2000) Evaluation of highway consistency and safety: Practical application. *Journal of Transportation Engineering-ASCE* 126(3), 193-201.
- Hawkins, H.G.Jr., Picha, D.L. & Lopez, C.A. (1998) Mexican driver comprehension of U.S. traffic control devices. *TRB Annual Meeting, paper 980604*.
- Haynes, J., Copley, G., Farmer, S. & Helliard-Symons, R.D. (1993) Yellow bar markings on motorway slip-roads. *TRL project report*. Crowthorne: Transportation Research Laboratory.
- Hedin, A. (1994) Vision and aging. I: Johansson, K. & Lundberg, C. Proceedings of symposium, Stockholm, September 24, 1994, 15-18. Stockholm: Karolinska institutet.
- Helmets, G. & Åberg, L. (1978) Förarbeteende i gatukorsningar i relation till företrädesregler och vägutformning. *VTI rapport 167*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Henderson, R.L. & Burg, A. (1974) Vision and audition in driving. Final report. Santa Monica, CA: Systems Development Corporation.
- Herland, L. & Helmers, G. (1997) *Jämförelse av typsnitt för lokaliseringmärken för vägvisning*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Herrstedt, L. (1995) Managing speeds in urban areas and transition zones. ETSC Symposium, Brussels: Reducing speed-related casualties, 33-39.
- Hickey, J.J. (1997) Shoulder rumble strip effectiveness: Drift-off-road accident reductions on the Pennsylvania Turnpike. *Transportation Research Record* 1573, 105-109.
- Hills, B.L. & Burg, A. (1977) A reanalysis of California driver vision data: General findings. *TRRL Laboratory Report 768*. Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.
- Ho, G., Scialfa, C.T., Caird, J.K. & Graw, T. (2001) Visual search for traffic signs: The effects of clutter, luminance, and aging. *Human Factors* 43(2), 194-207.
- Hoffmann, E. & Mortimer, R.G. (1996) Scaling of relative velocity between vehicles. *Accident Analysis and Prevention* 28(4), 415-421.
- Hofstetter, H.W. (1976) Visual acuity and highway accidents. *J.American Optometric Association* 47(7), 887-893.
- Hofstetter, H.W. (1978) The correlation of traffic accidents with visual acuity. *Optometric Monthly* 69(5), 161-166.
- Holland, C.A. (1999) Older drivers: A literature review. *Road Safety Research Report No. 25*. UK: Department for Transport, Local Government and the Regions.

- Horn, J.L. & Hofer, S.M. (1992) Major abilities and development in the adult period. I: Sternberg, R.J. & Berg, C.A. *Intellectual Development*.(3), 44-99. Cambridge: Cambridge University Press.
- Huber, M.J. & Tracy, J.L. (1968) Effects of illumination on operating characteristics of freeways. Part I. Operating characteristics of freeways. *NCHRP Report 60*. Washington, D.C.: Highway Research Board.
- Hulbert, S. & Fowler, P. (1980) Motorists' understanding of traffic control devices. Test II. Falls Church, VA: AAA Foundation for Traffic Safety.
- Hulbert, S., Beers, J. & Fowler, P. (1979) Motorists' understanding of traffic control devices, Test I. Falls Church, VA: AAA Foundation for Traffic Safety.
- Hunt, L.A. (1991) Dementia and road test performance. VTI report 372 A, Part 3 Linköping: VTI.
- Hvoslef, H. (1992) Enkle fysiske tiltak mot møte- og utforkjøringsulykker. *Notat TS-kontoret 4.1.1992*. Oslo: Vegdirektoratet.
- Hydén, C., Odelid, K. & Varhelyi, A. (1995) Effekten av generell hastighetsdampning i tätort. Resultat av ett storskaligt försök i Växjö. Huvudrapport. *Lunds Tekniska Högskola, Trafikteknik Bulletin*
- Häkkinen, S. (1963) Estimation of distance and velocity in traffic situations. *Report no. 3*. Helsinki: Institute of Occupational Health.
- ITARDA (2002) Highway accidents involving dangerous wrong-way traveling. *ITARDA Information no. 36*. Japan: Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis.
- Jarvis, J.R. (1989) The effect of yellow bar markings on driver braking behavior. *ARR Research Report No 173*. Vermont South, Victoria: Australian Road Research Board.
- Jenssen, G., Brekke, B. & Moen, T. (1998) Field evaluation of the effect of fluorescent retroreflective traffic control devices on driver attention and behaviour. TRB 77th Annual Meeting, January 11-15
- Jenssen, G.D., Moen, T., Brekke, B., Augdal, A. & Sjøhaug, K. (1996) Visual performance of fluorescent retroreflective traffic control devices. Part 1: Human Factors visibility study. *STF22 A96606*. Trondheim: SINTEF Transport Engineering.
- Johansson, K. (1997) *Older Automobile Drivers: Medical Aspects (Doctoral dissertation)*. Stockholm: Karolinska Institute.
- Johansson, K., Bronge, L., Lundberg, C., Persson, A., Seideman, M. & Viitanen, M. (1996) Can a physician recognize an older driver with increased crash risk potential. *J.Am.Geriatr.Soc.* 44(10), 1198-1204.
- Johnson, C.A. & Keltner, J.L. (1983) Incidence of visual field loss in 20000 eyes and its relationship to driving performance. *Archives of Ophthalmology* 101, 371-375.
- Kallberg, V.-P. (1993) Reflector posts - signs of danger? *Transportation Research Record* 1403, 57-66.
- Kanellaidis, G. (1995) Factors affecting drivers' choice of speed on roadway curves. *Journal of Safety Research* 26(1), 49-56.
- Kanellaidis, G. (1996) Human Factors in highway geometric design. *Journal of Transportation Engineering* 122(1), 59-66.
- Kanellaidis, G., Zervas, A. & Karagioules, V. (2000) Drivers' risk perception of road design elements. *Transportation Human Factors* 2(1), 39-48.
- Karlaftis, M.G. & Golias, I. (2002) Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates. *Accident Analysis and Prevention* 34(3), 357-365.
- Kaszniak, A.W., Keyl, P.M. & Albert, M.S. (1991) Dementia and the older driver. *Human Factors* 33(5), 527-537.
- Kathmann, T. & Cannon, R. (2001) Guidelines for the use of active speed warning signs in Germany. *Traffic Engineering & Control* October, 304-307.
- Kellermann, G. (1994) Falschfahrten auf Bundesautobahnen. *PM V2m.Vwg (FF)*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen.
- King, G.F. & Lunenfeld, H. (1971) Development of information requirements and transmission techniques for highway users. *NCHRP Report 123*. Washington, D.C.: Highway Research Board.
- Klein, R. (1991) Age-related eye disease, visual impairment, and driving in the elderly. *Human Factors* 33(5), 521-525.
- Kline, D.W. & Fuchs, P. (1993) The visibility of symbolic highway signs can be increased among drivers of all ages. *Human Factors* 35(1), 25-34.

- Kline, D.W., Buck, K., Sell, Y., Bolan, T.L. & Dewar, R.E. (1999) Older observers' tolerance of optical blur: Age differences in the identification of defocused text signs. *Human Factors* 41(3), 356-364.
- Kline, T.J.B., Ghali, L.M., Kline, D.W. & Brown, S. (1990) Visibility distance of highway signs among young, middle-aged, and older observers: Icons are better than text. *Human Factors* 32(5), 609-619.
- Knoblauch, R., Nitzburg, M., Reinfurt, D., Council, F., Zegeer, C. & Popkin, C. (1995) Traffic operations control for older drivers. Final report. *Report FHWA-RD-95-194*.
- Kolsrud, B. (1984) Hastigheter i landsvägstrafik. Anpassning til skyltad hastighet. *VTI-meddelande 415*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Lachenmayr, B., Buser, A. & Keller, O. (1996) Sehstörungen als Unfallsursache. Mensch und Sicherheit (Heft M 65): BaSt.
- Lamm, R. & Smith, B.L. (1994) Curvilinear alinement: An important issue for more consistent and safer road characteristic. *Transportation Research Record* 1445, 12-21.
- Lamm, R., Hayward, J.C. & Cargin, J.G. (1986) Comparison of different procedures for evaluating speed consistency. *Transportation Research Record* 1100, 10-21.
- Lamm, R., Kloeckner, J.H. & Coueiri, E.M. (1985) Freeway lighting and Traffic Safety - a long-term investigation. *Transportation Research Record* 1027, 57-63.
- Lamm, R., Steffen, H. & Guenther, A.K. (1994) Procedure for detecting errors in alinement design and consequences for safer redesign. *Transportation Research Record* 1445, 64-72.
- Larsen, L. (1994) Trafikanter forstæelse af færdselstavler. *Rapport 2*. København: Rådet for Trafiksikkerhedsforskning.
- Leibowitz, H.W. & Owens, D.A. (1986) We drive by night. *Psychology Today* 20(1), 54-58.
- Leibowitz, H.W., Owens, D.A. & Post, R.B. (1982) Nighttime driving and visual degradation. *SAE Technical Paper Series 820414*. Warrendale, PA: Society for Automotive Engineers, Inc.
- Leong, H.J.W. (1968) Distribution and trend of free speeds on two-lane, two-way rural highway in New South Wales. Proceedings ARRB 4, Part 1, 791-814. Nunawading, Victoria.
- Lerner, N. (1994) Giving the older driver enough perception-reaction time. *Exp.Aging Research* 20(1), 25-33.
- Lerner, N., Llaneras, R., Hanscom, F., Smiley, A., Neuman, T., & Antonucci, N. (2002) Comprehensive human factors guidelines for road systems: Revised Task 2 report: HFG outline and recommendations. *NCHRP 17-18(8)*. Washington, D.C.; Highway Research Board.
- Li, G., Braver, E.R. & Chen, L.-H. (2002) Exploring the high driver death rates per vehicle-mile of travel in older drivers: Fragility versus excessive crash involvement. TRB Annual Meeting Washington.
- Liebermann, D.G., Ben-David, G., Schweitzer, N., Apter, Y. & Parush, A. (1995) A field study on braking responses during driving. I. Triggering and modulation. *Ergonomics* 38(9), 1894-1902.
- Long, G.M. & Kearns, D.F. (1996) Visibility of text and icon highway signs under dynamic viewing conditions. *Human Factors* 38(4), 690-701.
- Lu, J.J. & Pernia, J.C. (2000) The differences of driving behavior among different driver age groups at signalized intersections. *IATSS research* 24(2), 75-84.
- Lundberg, C., Hakamies-Blomqvist, L., Almkvist, O. & Johansson, K. (1998) Impairments of some cognitive functions are common in crash-involved older drivers. *Accident Analysis and Prevention* 30(3), 371-377.
- Lundkvist, S.-O. (1996) Lågtrafik på vägar med breda körfält. *VTI notat 52*. Linköping: VTI.
- Lundkvist, S.-O., Ytterbom, U., Runersjö, L. & Nilsson, B. (1992) Effekt av heldragen kantlinje på tre vägtyper. *VTI-meddelande 673*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Luoma, J., Rämä, P. & MacLaverly, K. (2001) Understanding control strategies and technical features of VM signs. *Traffic Engineering & Control* 42(5), 168-171.
- Mace, D., Finkle, M. & Pennak, S. (1996) Photometric requirements for arrow panel visibility. *Transportation Research Record* 1553, 66-72.
- Maltz, M. & Shinar, D. (1999) Eye movements of younger and older drivers. *Human Factors* 41(1), 15-25.
- Martens, M.H. (2000) Driving and road sign perception. *KFB & VTI research 34A*.
- Martens, M.H., Comte, S. & Kaptein, N. (1997) The effect of road design on speed behaviour: A literature review. *MASTER Report 2.3.1 (Deliverable D1)*. Espoo, Finland: VTT.

- McFadden, J. & Elefteriadou, L. (2000) Evaluating horizontal alignment design consistency of two-lane rural highways: Development of new procedure. *Transportation Research Record* 1737, 9-17.
- McKnight, A.J. & McKnight, A.S. (1999) Multivariate analysis of age-related driver ability and performance deficits. *Accident Analysis and Prevention* 31, 445-454.
- Messer, C.J. (1980) Methodology for evaluating geometric design consistency. *Transportation Research Record* 757, 7-14.
- Meyer, E. (2001) A new look at optical speed bars. *ITE Journal-Institute of Transportation Engineers* 71(11), 44-48.
- Michon, J. (1985) A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do? I: Evans, L. & Schwing, R.C. *Human behavior and Traffic Safety*. New York: Plenum Press.
- Midtland, K. & Muskaug, R. (1994) Trafikkskiltning i Norden - en analyse av dagens praksis og en alternativ faglig tilnærming. *TØI rapport 266/1994*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Milosevic, S. & Milic, J. (1990) Speed perception in road curves. *Journal of Safety Research* 21(1), 19-23.
- Milosevic, S. (2000) Perception of road signs. *International Conference on Traffic and Transport Psychology, Bern*.
- Mitchell, R.K., Castleden, C.M. & Fanthomi, Y.C. (1995) Driving, Alzheimer's disease and ageing: A potential cognitive screening device for all elderly drivers. *Int.J.Geriatric Psychiatry* 10(10), 865-869.
- MUTCD (2000) Manual of Uniform Traffic Control Devices. Millennium Edition. Washington: U.S. Department of Transportation.
- Näätänen, R. & Summala, H. (1974) A model for the role of motivational factors in drivers' decision-making. *Accident Analysis and Prevention* 6, 243-261.
- Näätänen, R. & Summala, H. (1976) *Road-user behavior and traffic accidents*. New York: North-Holland Publishing Company.
- Naylor, D.W. & Graham, J.R. (1997) Intersection design and decision-reaction time for older drivers. *Transportation Research Record* 1573, 68-71.
- Neisser, U. (1967) *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Nilsson, G. (1989) Personbilars hastighet som funksjon av variabler som beskriver resan, fordonet og bilägaren. *VTI-meddelande 589*. Linköping: Väg och transportforskningsinstitutet.
- Nilsson, G. (1992) Hastighetsproblematiken - ett säkert och olyckligt debattämne. *NTR-nytt* (1), 19-21.
- Nilsson, G., Rige-falk, S. & Koronna-Vilhelmsson, I. (1992) Hastighetsoppfølging på landsväg. Mätresultat 1991. *VTI meddelande 690*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Nygaard, B. (1985) Vägvisning i korsninger på det allmänna vägnätet. *VTI rapport 284*. Linköping: Statens väg- och trafikinstitut.
- OECD (1985) Traffic Safety of elderly road users. *Road Transport Research* Paris: OECD.
- OECD (1990) Behavioural adaptations to changes in the road transport system. *Report by OECD Scientific Expert Group*. Paris: OECD.
- OECD (2001) Ageing and transport: Mobility needs and safety issues. Paris: OECD.
- Ogden, K.W. (1996) *Safer roads: A guide to road safety engineering*. Aldershot: Avebury Technical.
- Owens, D.A. & Tyrrell, R.A. (1995) Age-related variations in nighttime vehicle guidance: An extension of the selective degradation hypothesis. TRB 74th Annual Meeting: TRB.
- Owsley, C., Sloane, M.E., Ball, K., Roenker, D.L. & Bruni, J.R. (1991) Visual/cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and Aging* 6(3), 403-415.
- Parasuraman, R. & Nestor, P.G. (1991) Attention and driving skills in aging and Alzheimer's disease. *Human Factors* 33(5), 539-557.
- Parker, D., Reason, J.T., Manstead, A.S. & Stradling, S.G. (1995) Driving errors, driving violations and accident involvement. *Ergonomics* 35(5), 1036-1048.
- Parsonson, P.S. & Marks, J.R. (1979) Wrong-way traffic movements of freeway ramps. *FHWA-GA-79-001*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.
- Peek-Asa, C., Dean, B.B. & Halbert, R.J. (1998) Traffic-related injury hospitalizations among California elderly, 1994. *Accident Analysis and Prevention* 30(3), 389-395.
- Peeta, S., Ramos, J.L. & Pasupathy, R. (2000) Content of variable message signs and on-line driver behavior. *Transportation Research Record* 1725, 102-108.

- Peltzman, S. (1975) The effects of automobile safety regulation. *Journal of Political Economy* 83(4), 677-725.
- Pettersson, H.E. & Englund, A. (1992) *Haveriundersökningar i Karlstadregionen och i Stockholm: redovisning och utvärdering av trafiksäkerhetsverkets försöksverksamhet 1991*. Linköping: Statens väg- och trafikinstitut.
- Poe, C.M. & Mason, J.M. (2000) Analyzing influence of geometric design on operating speeds along low-speed urban streets: Mixed-model approach. *Transportation Research Record* 1737, 18-25.
- Polus, A., Fitzpatrick, K. & Fambro, D.B. (2000) Predicting operating speeds on tangent sections of two-lane rural highways. *Transportation Research Record* 1737, 50-57.
- Ragnøy, A., Vaa, T. & Nilsen, R.H. (1990) Skilting i Norge - resultater fra registrering og evaluering av 8 vegstrekninger i Østlandsområdet. *TØI notat 945/90*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Rämä, P. (2001) Effects of weather-controlled variable message signing on driver behaviour. *VTT Publications 447*. Espoo, Finland: VTT.
- Reason, J. (1990) *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Recarte, M.A. & Nunes, L.M. (1996) Perception of speed in automobile: Estimation and production. *Journal of Experimental Psychology - Applied* 2(4), 291-304.
- Retting, R.A., Williams, J. & Schwartz, S.I. (2000) Motor vehicle crashes on bridges and countermeasure opportunities. *Journal of Safety Research* 31(4), 203-210.
- Richter, P., Wagner, T., Heger, R. & Weise, G. (1998) Psychophysiological analysis of mental load during driving on rural roads - a quasi-experimental field study. *Ergonomics* 41(5), 593-609.
- Riemersma, J.B.J. (1984) Driving behaviour in road curves. A review of literature. *Monograph C-12*. Soesterberg: RVO-TNO.
- Riemersma, J.B.J. (1991) Perception of curve characteristics. I: Gale, G.A. *Vision in Vehicles III*. Amsterdam: North-Holland.
- Rinde, E.A. (1978) Off-ramp surveillance: Wrong-way driving. *FHWA-RD-79-T0334*. Sacramento, CA: California Department of Transportation.
- Ritchie, M.L. (1972) Choice of speed in driving through curves as a function of advisory speed and curve signs. *Human Factors* 14(6), 533-538.
- Robatsch, K. & Hagspiel, E. (2002) Geisterfahrer - Ursachen von Falschfahrten und entsprechende Massnahmen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 48(2), 64-72.
- Rockwell, T.H. & Lindsay, G.F. (1968) Effects of illumination on operating characteristics of freeways. Part 2. Driving performance. *NCHRP Report 60*. Washington, D.C.: Highway Research Board.
- Rockwell, T.H., Malecki, J.A. & Shinar, D. (1975) Improving driver performance on rural curves through perceptual changes, Phase III. *Project 428 Final Report*. Columbus OH: Ohio State University, Systems Research Group.
- Russell, E.R. (1996) A simple tool to evaluate low-volume roads incorporating the principles of driver expectancy and positive guidance. PTRC European Transport Forum: PTRC Education and Research Services Ltd. 2-9-0096.
- Sagberg, F. (1974) *Autonome fysiologiske korrelater til visuell oppmerksomhet. Hovedoppgave*. Oslo: Universitetet i Oslo, Psykologisk institutt.
- Sagberg, F. (1998) Betydningen av mobiltelefonbruk for ulykkesrisiko i trafikken. *TØI rapport 387/1998*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sagberg, F. (1999) Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accident Analysis and Prevention* 31(6), 639-649.
- Sagberg, F. (2001) Accident risk of car drivers during mobile telephone use. *International Journal of Vehicle Design* 26(1), 57-69.
- Sagberg, F. (2003a) Påvirkning av bilførere gjennom utformingen av vegsystemet. Del I: Teoretisk bakgrunn og sentrale begreper. *TØI arbeidsdokument SM/1478/2003*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sagberg, F. (2003b) Påvirkning av bilførere gjennom utformingen av vegsystemet. Del II: Vegutforming og kjørehastighet. *TØI arbeidsdokument SM/1479/2003*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sagberg, F. (2003c) Påvirkning av bilførere gjennom utformingen av vegsystemet. Del III: Spøkelsesbilister - i feil kjøreretning. *TØI arbeidsdokument SM/1480/2003*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

- Sagberg, F. (2003d) Påvirkning av bilførere gjennom utformingen av vegsystemet. Del IV: Optimal vegvisningsinformasjon. *TØI arbeidsdokument SM/1481/2003*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sagberg, F. (2003e) Påvirkning av bilførere gjennom utformingen av vegsystemet. Del V: Tilpasning til eldre bilføreres forutsetninger. *TØI arbeidsdokument SM/1482/2003*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sagberg, F. & Glad, A. (1999) Trafikksikkerhet for eldre: Litteraturstudie, risikoberegninger og vurdering av tiltak. *TØI rapport 440/1999*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sagberg, F., Hakkert, A.S., Larsen, L., Leden, L., Schmotzer, C. & Wouters, P.I.J. (1999) Visual modification of the road environment. Deliverable D2 from the EU project GADGET. *TØI working report 1137/1999*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sakshaug, K. (1986a) Fartsgrenseundersøkelsen -85. *Notat 535/86 og 536/86*. Trondheim: SINTEF.
- Sakshaug, K. (1986b) Fartsgrenseundersøkelsen -85: Fartsgrenseendringers effekt på fart og ulykker. *SINTEF rapport STF63 A86012*. Trondheim: SINTEF.
- Sakshaug, K. (2000) Overhøydens innvirkning på ulykkesfrekvens i kurver. *SINTEF rapport STF22 A00562*. Trondheim: SINTEF.
- Salthouse, T. (1992) The information-processing perspective on cognitive aging. I: Sternberg, R.J. & Berg, C.A. *Intellectual Development*.(9), 261-277. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schanderson, R. (1994) *Road pavement condition and Traffic Safety: Some results and conclusions from the nordic project TOVE*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Scharping, F.K. (1994) Experience report. 30 KM/H speed limited zones in Hamburg. Speed reduction measures on major inner city roads. Proceedings of the 3rd international conference on safety and the environment in the 21st century. Tel Aviv, Israel, 585-589.
- Schieber, F. & Goodspeed, C.H.I. (1997) Nighttime conspicuity of highway signs as a function of sign brightness. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 1362-1366. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Schieber, F. (1988) Vision assessment technology and screening older drivers: Past practices and emerging techniques. *Transportation in an aging society: Improving mobility and safety for older persons. Special Report 218, Volume 2.*, 325-378. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Schieber, F. (1994a) Recent development in vision, aging and driving: 1988-1994. *Report No. UMTRI-94-26*. Ann Arbor, MI: Transportation Research Institute, University of Michigan.
- Schieber, F. (1994b) Using the "blur tolerance" technique to predict and optimize the legibility distance of symbol highway signs. Proceedings of the Human Factors Society, Volume 2, 912-915.
- Schieber, F. (1998) Optimizing the legibility of symbol highway signs. I: Gale, A.G. *Vision in vehicles - VI.*, 163-170. Amsterdam: North-Holland.
- Schieber, F. (1999) Highway research to enhance the safety and mobility of older road users. Conference on "Transportation in an Aging Society - A Decade of Experience". Washington: Transportation Research Board.
- Schieber, F. (2002) Searching for fluorescent colored highway signs: Bottom-up versus top-down mechanisms. 16th Biennial Symposium on Visibility and Simulation: University of Iowa. 2-6-2002.
- Schneider, W. & Shiffrin, R.M. (1977) Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review* 84(1), 1-66.
- Scifres, P.N. & Loutzenheiser, R.C. (1975) Wrong-way movements on divided highways. *JHRP-13-75, HS-017 293*. West Lafayette, IN: Purdue and Indiana State Highway Commission.
- Shinar, D. & Drory, A. (1983) Sign registration in daytime and nighttime driving. *Human Factors* 25, 117-122.
- Shinar, D. & Schieber, F. (1991) Visual requirements for safety and mobility of older drivers. *Human Factors* 33(5), 507-519.
- Shinar, D. (1977a) Curve perception and accidents on curves: An illusive curve phenomenon? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 23, 16-21.
- Shinar, D. (1977b) Driver visual limitations, diagnosis and treatment. Washington, D.C.: NHTSA, USDOT.
- Shinar, D., Rockwell, T.H. & Malecki, J.A. (1980) The effects of changes in driver perception on rural curve negotiation. *Ergonomics* 23(3), 263-275.

- Siegner, W. & Träger, T. (2001) Erstellung einer einheitlichen Logik für die Zielführung (Wegweisung) in Städten. *Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen Verkehrstechnik Heft V/85*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen.
- Simões, A. & Marin-Lamellet, C. (2002) Road users who are elderly: Drivers and pedestrians. I: Fuller, R. & Santos, J.A. (Red.) *Human factors for highway engineers*. Ch. 17, 255-275. Amsterdam: Pergamon.
- Smiley, A., Courage, C., Smahel, T., Fitch, G. & Currie, M. (2001) Required letter height for street name signs: An on-road study. *TRB 80th Annual Meeting*. Washington: Transportation Research Board.
- Smiley, A., MacGregor, C., Dewar, R.E. & Blamey, C. (1998) Evaluation of prototype highway tourist signs for Ontario. *TRB Annual Meeting, paper 981443*.
- Smith, B.L. & Lamm, R. (1994) Coordination of horizontal and vertical alinement with regard to highway esthetics. *Transportation Research Record* 1445, 73-85.
- Stamatiadis, N. (1994) IVHS and the older driver. *Transportation Quarterly* 48(1), 15-22.
- Stamatiadis, N., Taylor, W.C. & McKelvey, F.X. (1991) Elderly drivers and intersection accidents. *Transportation Quarterly* 45(3), 377-390.
- Staplin, L. & Fisk, A.D. (1991) A cognitive engineering approach to improving signalized left turn intersections. *Human Factors* 33(5), 559-571.
- Staplin, L. & Lyles, R.W. (1991) Age differences in motion perception and specific traffic maneuver problems. *Transportation Research Record* 1325, 23-33.
- Staplin, L. (1994) Screening of drivers' functional capabilities. *Transportation Research Circular* 429, 7-8.
- Staplin, L., Gish, K.W., Decina, L.E., Lococo, K.H., Harkey, D.L., Tarawneh, M.S., Lyles, R., Mace, D. & Garvey, P. (1997a) Synthesis of Human Factors research on older drivers and highway safety. Volume I: Older drivers research synthesis. *Report FHWA-RD-97-094*. Springfield, VA: National Technical Information Service (NTIS).
- Staplin, L., Gish, K.W., Decina, L.E., Lococo, K.H., Harkey, D.L., Tarawneh, M.S., Lyles, R., Mace, D. & Garvey, P. (1997b) Synthesis of Human Factors research on older drivers and highway safety. Volume II: Human Factors and highway Safety Research synthesis. *Report FHWA-RD-97-095*. Springfield, VA: National Technical Information Service (NTIS).
- Staplin, L., Lococo, K., Byington, S. & Harkey, D. (2001a) Guidelines and recommendations to accommodate older drivers and pedestrians. *FHWA-RD-01-051*. McLean, VA: U.S. Department of Transportation.
- Staplin, L., Lococo, K., Byington, S. & Harkey, D. (2001b) Highway design handbook for older drivers and pedestrians. *FHWA-RD-01-103*. McLean, VA: U.S. Department of Transportation.
- Statens vegvesen (1992) Veg- og gateutforming - normaler. *Håndbok 017*. Oslo: Vegdirektoratet.
- Stelmach, G.E. & Nahom, A. (1992) Cognitive-motor abilities of the elderly driver. *Human Factors* 34(1), 53-65.
- Steyvers, F.J.J.M. & deWaard, D. (2000) Road-edge delineation in rural areas: effects on driving behaviour. *Ergonomics* 43(2), 223-238.
- Steyvers, F.J.J.M. (1998) Increasing safety removing visual cues - a contradiction? I: Gale, G.A., Brown, I.D., Haslegrave, C.M. & Taylor, S.P. *Vision in Vehicles VI*, 271-278. Amsterdam: Elsevier.
- Stutts, J.C., Stewart, J.R. & Martell, C. (1998) Cognitive test performance and crash risk in an older driver population. *Accident Analysis and Prevention* 30(3), 337-346.
- Summala, H. & Mikkola, T. (1994) Fatal accidents among car and truck drivers: Effects of fatigue, age, and alcohol consumption. *Human Factors* 36(2), 315-326.
- Summala, H. (1998) American drivers in Europe: Different signing policy may cause safety problems at uncontrolled intersections. *Accident Analysis and Prevention* 30(2), 285-289.
- Tamburri, T.N. & Theobald, D.J. (1966) Wrong-way driving /phase 2/. *Highway Research Record*
- Tamburri, T.N. (1969) Wrong-way driving accidents are reduced. *Highway Research Record* 292, 24-50.
- Theeuwes, J. & Godthelp, H. (1995) Self-explaining roads. *Safety Science* 19, 217-225.
- Theeuwes, J. & Hagenzieker, M.P. (1993) Visual search of traffic scenes: On the effect of location expectations. I: Gale, A.G. *Vision in Vehicles - IV*. London: Elsevier.
- Theeuwes, J. (1991) Visual selection: Exogenous and endogenous control. I: Gale, A.G. *Vision in Vehicles III*, 53-61. Amsterdam: North-Holland.

- Transportation Research Board (1988) Transportation in an aging society: Improving mobility and safety for older persons. *Special Report 218, Volume 1 and 2*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Transportation Research Board. (1998) *Managing speed: Review of current practice for setting and enforcing speed limits. Special report 254*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Treat, J.R. (1980) A study of precrash factors involved in traffic accidents. *HSRI Research Review* 10(6), 1-35.
- Triggs, T.J. & Berenyi, J.S. (1982) Estimation of automobile speed under day and night conditions. *Human Factors* 24, 111-114.
- Urbanik II, T. (1994) Factors affecting selection of lane width and shoulder width on urban freeways. *Transportation Research Record* 1445, 125-129.
- Vaa, T. (1990) Registrering av faktisk skiltbruk i Norden - resultater fra registrering og evaluering av 32 vegstrekninger i Danmark, Finland, Norge og Sverige. *TØI rapport 69/1990*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Vaa, T. & Bjørnskau, T. (2002) Hvordan vurderes risiko? Drøfting av mulige indre mekanismer ved bilføreres fartsvalg. *TØI rapport 607*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Vaa, T., Christensen, P. & Ragnøy, A. (1994) Fartsvisingstavle i Vestfold - virkning på fart. *TØI rapport TØI rapport 284/1994*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Vägverket (2001) Vägutformning 1994. Version S-1. *VV publikation 2001:122*.
- van der Molen, H.H. & Bötticher, A.M. (1988) A hierarchical risk model for traffic participants. *Ergonomics* 31(4), 537-555.
- van Wolfelaar, P., Rothengatter, T. & Brouwer, W. (1991) Elderly drivers' traffic merging decisions. I: Gale, A.G. *Vision in Vehicles- III*. Amsterdam: North-Holland.
- van Wolfelaar, P.C., Brouwer, W.H. & Rothengatter, J.A. (1991) Older drivers handling road traffic informatics: Divided attention in a dynamic driving simulator. VTI report 372A, Part3 Linköping: VTI.
- Várhelyi, A. (1998) Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: A case study. *Accident Analysis and Prevention* 30(6), 731-743.
- Vaswani, N.K. (1974) Case studies of wrong-way entries at highway interchanges in Virginia. *Transportation Research Record* 514, 16-28.
- Vaswani, N.K. (1977) Virginia's crash program to reduce wrong-way driving. *Transportation Research Record* 644, 84-90.
- Vejdirektoratet (1999) Notat om spøgelsesbilister. København: Vejdirektoratet.
- Ward, N.J. & Wilde, G.J. (1995) Field observation of advance warning/advisory signage for passive railway crossings with restricted lateral sightline visibility. *Accident Analysis and Prevention* 27(2), 185-197.
- Watts, G.R. & Quimby, A.R. (1980) Aspects of road layout that affect drivers' perception and risk taking. *TRRL Laboratory Report 920*. Crowthorne: Transport Research Laboratory.
- Whitaker, L.A. (1985) Drivers' unconscious errors in the processing of traffic signs. *Transportation Research Record* 1027, 42-45.
- Wickens, C.D. (1984) *Engineering psychology and human performance*. Columbus: Charles E. Merrill.
- Wilde, G.J. (1988) Risk homeostasis theory and traffic accidents: Propositions, deductions and discussion of dissension in recent reactions. *Ergonomics* 31(4), 441-468.
- Wist, E.R., Schrauf, M. & Ehrenstein, W.H. (2000) Dynamic vision based on motion-contrast: changes with age in adults. *Experimental Brain Research* 134(3), 295-300.
- Wong, Y.D. & Nicholson, A. (1992) Driver behavior at horizontal curves - risk compensation and the margin of safety. *Accident Analysis and Prevention* 24(4), 425-436.
- Woods, D.L., Rowan, N.J. & Johnson, J.H. (1970) Summary report of the significant points from the diagnostic field studies. 606-4. Texas A& M University: Texas Transportation Institute.
- Wooldridge, M.D. (1994) Design consistency and driver error. *Transportation Research Record* 1445
- Wooldridge, M.D., Fitzpatrick, K., Koppa, R. & Bauer, K. (2000) Effects of horizontal curvature on driver visual demand. *Transportation Research Record* 1737, 71-77.
- Wouters, P.I.J. (1997) Urban safety management in Europe. An overview of current practice in nine countries in the context of the DUMAS project. *SWOV Report R-97-57*. Leidschendam: SWOV.
- Yagar, S. & van Aerde, M. (1983) Geometric and environmental effects on speeds of 2-lane highways. *Transportation Research* 17A(4), 315-325.

- Zaidel, D., Hakkert, A.S. & Barkan, R. (1986) Rumble strips and paint stripes at a rural intersection. *Transportation Research Record* 1069, 7-13.
- Zakowska, L. (1995) The effect of environmental and design parameters on subjective road safety - a case study in Poland. *Safety Science* 19, 227-234.
- Zakowska, L. (1997) Speed effect on the perception of road safety and road environment. I: Albuquerque, P., Santos, J.A. & Rodrigues, C. *Human Factors in Road Traffic II.*, 48-52. Braga: Universidade do Minho.
- Zakowska, L. (2001) Perception and recognition of traffic signs in relation to drivers' characteristics and safety - a case study in Poland. 14th ICTCT workshop
- Zegeer, C.V., Stewart, J.R., Council, F., Reinfurt, D.W. & Hamilton, E. (1992) Safety effects of geometric improvements on horizontal curves. *Transportation Research Record* 1356, 11-19.
- Zegeer, C.V., Stewart, R., Council, F. & Neuman, T.R. (1994) Accident relationships of roadway width on low-volume roads. *Transportation Research Record* 1445, 160-168.
- Zervas, A., Polak, J. & Kanellaidis, G. (1998) Subjective hazard assessment of geometric design elements in relation to accident causation. *IATSS research* 22, 86-93.
- Zwahlen, H.T. & Park, J.Y. (1995) Curve radius perception accuracy as function of number of delineation devices (chevrons). *Transportation Research Record* 1495, 99-116.
- Åberg, L. & Rimmö, P.A. (1998) Dimensions of aberrant driver behaviour. *Ergonomics* 41(1), 39-56.