

HÅNDBOG

TOPLANSKRYDS I ÅBENT LAND

ANLÆG OG PLANLÆGNING

OKTOBER 2012

VEJREGLER

FORORD

Denne håndbog omhandler detailplanlægning og projektering af toplanskryds i åbent land.

Håndbogen er en del af vejregelserien "Udformning af veje og stier i åbent land", som indeholder følgende håndbøger:

- Planlægning af veje og stier i åbent land + eksempelsamling
- Grundlag for udformning af trafikarealer
- Tracéring i åbent land
- Tværprofiler i åbent land
- Planlægning af vejkryds i åbent land
- Prioriterede vejkryds i åbent land
- Rundkørsler i åbent land
- Signalregulerede vejkryds i åbent land
- Toplanskryds i åbent land

Vejregelserien "Udformning af veje og stier i åbent land" er oprindeligt udarbejdet af arbejdsgruppen for "Vej og stier i åbent land", som blev nedsat i 1994. Følgende medlemmer fra denne gruppe har især bidraget til arbejdet:

- Lars Juhl Poulsen
- Jerrick Gro Jensen
- Poul Mathiassen
- Per Borges
- Adriaan Schelling
- Henning Sørensen

De enkelte håndbøger har løbende været sendt i høring, og et samlet forslag blev præsenteret på vejreglerådsmøde i september 2008. Det blev i den forbindelse besluttet, at der var behov for justeringer af vejregelforslaget inden godkendelse. Sidst i 2009 påbegyndte arbejdsgruppen arbejdet med at færdiggøre vejregelforslaget fra 2008.

Vejregelserien er udført under vejregelgruppen, der i perioden havde følgende sammensætning:

- Erik Birk Madsen, Vejdirektoratet (formand)
- Ulrich Bach, COWI (sekretær)
- Elisabeth Helms, Vejdirektoratet
- Ulrik Larsen, Vejdirektoratet
- Kenneth Kjemtrup, Vejdirektoratet
- Kristian Nørgaard, Vejdirektoratet
- Helle Petersen, Odense Kommune
- Marianne Rask, Roskilde Kommune
- Carsten Husum Møller, Silkeborg Kommune
- Stig V. Jeppesen, Grøntmij
- Anders Aagaard Poulsen, Rambøll
- Petra Schantz, Vejdirektoratet (projektleder fra vejregelsekretariatet)

Vejregelrådet blev den 19. januar 2012 orienteret om håndbogen "Toplanskryds i åbent land".

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING	5
1.1	Indholdet i denne håndbog	5
1.2	Forholdet til andre vejregler	5
1.3	Anvendte begreber	5
2	PLANLÆGNING AF TOPLANSKRYDS	8
2.1	Generelt om planlægning og udformning af toplanskryds	8
2.2	Planlægnings- og projekteringsforløb	8
2.3	Vejnet- og krydsstrategi	10
2.4	Placering af toplanskryds	11
2.5	Trafikgrundlag	14
2.6	Trafiksikkerhed	15
2.7	Vejvisning og afmærkning	19
2.8	Valg af toplanskrydsets udformning	21
2.9	Generel vurdering af de mulige udformninger	21
2.10	Trafikal vurdering af de mulige udformninger	22
2.11	Kvalitativ vurdering af trafikafviklingen	24
3	TYPER AF TOPLANSKRYDS	28
3.1	Former for toplanskryds	28
3.2	Tilslutningsanlæg	29
3.3	Forbindelsesanlæg	33
4	ELEMENTERNE I ET TOPLANSKRYDS	39
4.1	Sporbalance	39
4.2	Parallelspor	39
4.3	Fordelingsstrækninger	40
4.4	Vekselstrækninger	40
4.5	Tilkørsler	40
4.6	Frakørsler	41
4.7	Ramper	41
4.8	Sløjferamper	42
4.9	Rampekryds	43
5	FREMKOMMELIGHED	48
5.1	Generelt	48
5.2	Dimensionsgivende timetrafik	48
5.3	Kapacitet for gennemgående vej	49
5.4	Dimensionsgivende trafik på ramper	49
5.5	Kapacitet for til- og frakørsler	49
5.6	Kapacitet for rampekryds	50
6	STRÆKNINGERS GEOMETRI	51
6.1	Hastighed	51
6.2	Acceleration	54
6.3	Deceleration	58
6.4	Tværsprofil	62
6.5	Ramper	64
6.6	Oversigt	72

6.7	Sporbortfald	74
6.8	Kantbane og nødspor	75
7	TIL- OG FRAKØRSLERS GEOMETRI	76
7.1	Tilkørsler	76
7.2	Frakørsler	82
7.3	Parallelle til- og frakørsler	90
7.4	Sammenløb og forgrening af ramper	91
7.5	Tætliggende til- og frakørsler	95
8	MOTORVEJSFORGRENINGER OG -SAMMENLØB	97
8.1	Y-anlæg	97
8.2	Afmærkning af motorvejsforgrening	97
8.3	Afmærkning af motorvejsammenløb	103
9	KOMPAKTE TOPLANSKRYDS	107
9.1	Formål og baggrund	107
9.2	Planlægning	108
9.3	Trafiksikkerhed	111
9.4	Trafikantgrupper	113
9.5	Fremkommelighed	114
9.6	Geometrisk udformning	114
BILAG A	ORDFORKLARING	118

1 INDLEDNING

1.1 Indholdet i denne håndbog

Denne håndbog indeholder:

- beskrivelse af planlægningen af toplanskryds
- hvilke typer af toplanskryds, der er relevante at anvende
- hvorledes man foretager en trafikale vurdering af mulige krydsudformninger.

Endvidere beskrives den geometriske udformning af såvel ramper som til- og frakørsler og forgreninger, herunder også når sådanne anvendes ved sideanlæg på motorveje og ved shuntspor. I et særskilt kapitel behandles kompakte toplanskryds. Håndbogen slutter i et bilag med en ordforklaring over begreber vedrørende toplanskryds.

1.2 Forholdet til andre vejregler

Forudsætningerne for denne håndbog er beskrevet i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer i åbent land" og i håndbogen "Planlægning af vejkryds i åbent land".

Håndbogen skal endvidere i nødvendigt omfang suppleres med håndbøgerne "Prioriterede vejkryds i åbent land", "Signalregulerede vejkryds i åbent land" og "Rundkørsler i åbent land", når der i toplanskrydsene indgår disse etplans-krydstyper.

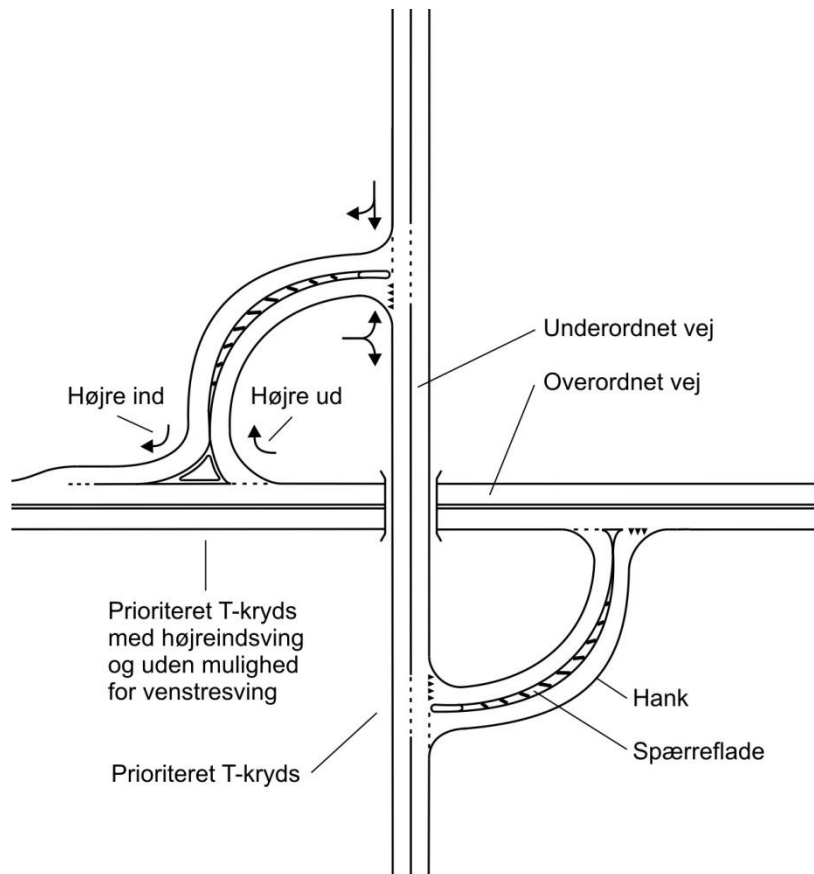
1.3 Anvendte begreber

Terminologien i håndbogen følger så vidt muligt håndbogen "Vej- og trafikteknisk ordbog".

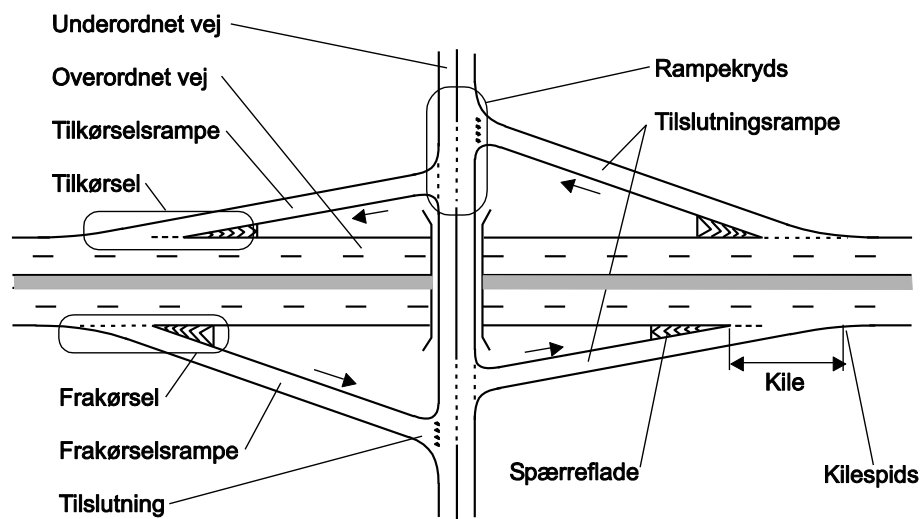
Begrebet toplanskryds benyttes også om de forholdsvis sjældne udformninger, hvor krydsningerne foregår i mere end to planer.

På figur 1.1 – 1.3 er vist forenklede billeder af henholdsvis et kompakt toplanskryds, et tilslutningsanlæg og et forbindelsesanlæg med betegnelser for de vigtigste geometriske elementer, se i øvrigt kapitel 3 om typer af toplanskryds.

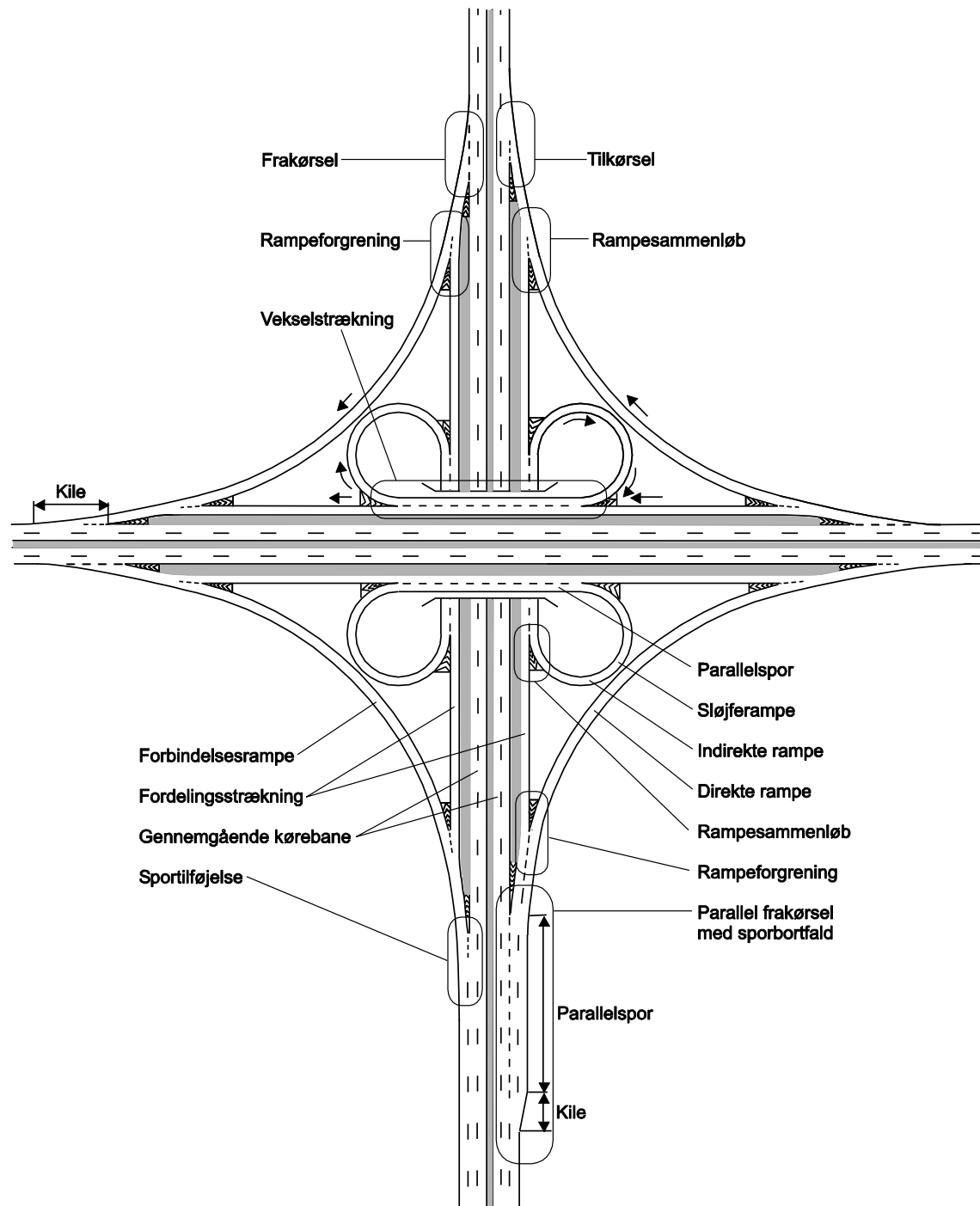
I bilag A bag i håndbogen er givet en kort forklaring på disse typer og flere andre betegnelser, som er særligt knyttet til toplanskryds.



Figur 1.1 Kompakt toplanskryds (hankeanlæg), principskitse.



Figur 1.2 Tilslutningsanlæg (ruderanlæg), principskitse.



Figur 1.3 Forbindelsesanlæg (kløverbladsanlæg), principskitse.

2 PLANLÆGNING AF TOPLANSKRYDS

2.1 Generelt om planlægning og udformning af toplanskryds

Planlægning og udformning af toplanskryds er en proces med mange tilbagekoblinger, som hænger nøje sammen med projekteringsprocessen for vejprojekter som helhed.

Ved et toplanskryds møder trafikanten – ofte efter lang tids problemfri kørsel – et område, hvor der skal træffes beslutninger hurtigt og sikkert. Det er derfor vigtigt, at elementerne i toplanskryds udformes så overskuelige og genkendelige som muligt. Når forholdene således virker kendte på trafikanten, opnås mere bekvemme flettemuligheder og en sikrere og mere komfortabel afvikling af trafikken. Trafikanter bør ikke overraskes af sjældent anvendte udformninger, når de bruger krydset.

Dette betyder ikke, at alle toplanskryds skal være af den samme type. Det er de enkelte geometriske elementer, såsom fra- og tilkørsler, rampernes forgreninger og sammenløb m.v., der bør udformes ensartet.

Toplanskrydset skal ikke nødvendigvis projekteres, så den overordnede vejs høje hastighed kan fastholdes gennem ramperne. Hastighedsreduktioner er acceptable, når disse – foruden på skilte med begrænsende eller vejledende hastighedsangivelser – tilkendes i en selvforklarende udformning af rampens tracé.

Udformningen og placeringen af toplanskryds kan være bestemmende for de gennemgående vejes kapacitet. Placeringen kan dog også være bestemt ud fra servicebetonede og andre hensyn.

Særligt bemærkes, at toplanskryds på grund af omfanget har en væsentlig direkte og visuel indflydelse på omgivelserne, herunder såvel det bebyggede som det åbne landskab og de kulturelle elementer, der indgår heri. Ud over de trafikale og tekniske hensyn er det derfor vigtigt at tage vidtgående visuelle hensyn ved planlægningen af toplanskryds.

2.2 Planlægnings- og projekteringsforløb

2.2.1 Generelt for toplanskryds

1. Bestemmelse af vejklasse og vejtype for de gennemgående veje og fastlæggelse af en indledende strategi for vejnet og vejryds, herunder hvilke forbindelser og svingretninger, der skal etableres, se afsnit 2.3 – 2.4. Beslutning, om der særskilt for toplanskrydset skal udarbejdes en vurdering af virkningerne på miljøet (VVM) efter de formelle regler herfor.
2. Bestemmelse af trafikintensiteter for alle gennemgående og svingende trafikstrømme i det dimensiongivende år – typisk mindst 15 år frem i tiden – på grundlag af tællinger og trafikmodelberegninger, se afsnit 2.5.
3. Udarbejdelse af alternative forslag til projekt med tracéring af disse forslag. Indledende dimensionering af antal kørespor på de enkelte delstrækninger, herunder også antal i til- og frakørsler, og om det i den forbindelse vil være nyttigt at etablere fordelingsstrækninger, se kapitel 3 og 4.

Hvis ikke resultatet er tilfredsstillende, genoptages proceduren med vejnetsstrategien, se pkt. 1.

4. Vurdering af de trafikikkerhedsmæssige forhold, se afsnit 2.6.
5. Undersøgelse af landskabets topografiske og kulturhistoriske forhold, herunder indledende arkæologiske undersøgelser. Undersøgelse af miljøkonsekvenserne for omgivelserne, herunder indvirkningerne på flora/fauna, geologi og grundvand.
6. Overslag over anlægsomkostninger og generel vurdering af de forskellige projektforslag.
7. Skitseprojektering af udvalgte forslag, se afsnit 2.8.
8. Dimensionering af frakørsler og tilkørsler, herunder længder af strækninger med acceleration og deceleration samt vekselstrækninger, se kapitel 6 og 7.
9. Skitseprojektering af rampekryds, se relevante håndbøger om etplanskryds.
10. Vurdering af:
 - om antal og placering af beslutningspunkter er tilfredsstillende med hensyn til klarhed og entydighed, se afsnit 2.10 – 2.11
 - om den geometriske standard med hensyn til ind- og udfletninger, afstande og ændringer i sporantal er tilfredsstillende, se kapitel 6 og 7
 - om sporbalance og kontinuitet er tilfredsstillende, se afsnit 4.1
 - om det er muligt at vejvise på forståelig måde, se afsnit 2.7, 4.9, 7.1, 7.2 og kapitel 8Hvis ikke resultatet er tilfredsstillende, genoptages proceduren fra pkt. 7.
11. Detailprojektering af de enkelte dele af toplanskrydset (strækninger, til- og frakørsler og rampekryds), se kapitel 6 – 9 og relevante håndbøger om etplanskryds.

2.2.2 Planlægningsprocessen for ombygning til kompakt toplanskryds

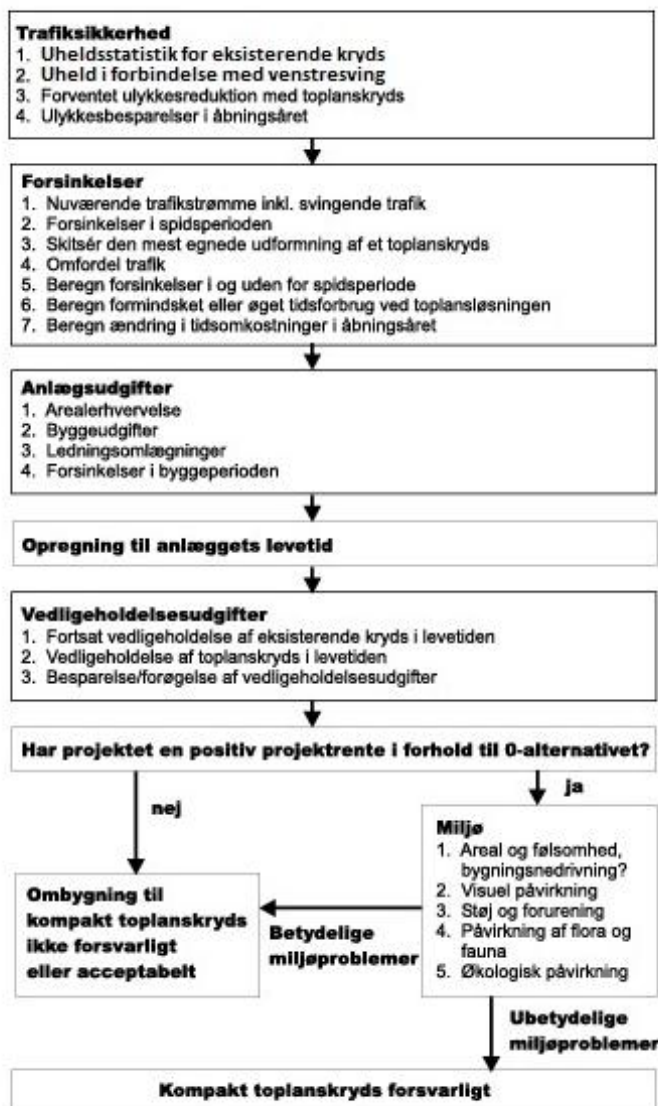
Hovedtrækkene fremgår af eksemplet i figur 2.1, hvorfra idéer kan hentes til planlægningen, se i øvrigt håndbøgerne "Grundlag for udformning af trafikarealer" og "Planlægning af vejryds i åbent land".

Ved vurdering af kapacitet og forsinkelse bør hvert enkelt af toplanskrydsets elementer (kryds og strækninger) betragtes. De nye hanke giver visse trafikstrømme længere kørsel. Den forøgede rejsetid medregnes i hele døgnet. Det kan med rimelighed antages, at ventetid kun vil optræde i spidsperioderne, se afsnit 9.5.

Ved vurderingen af det forventede uheldstal bør hver enkelt af de kryds, der indgår i toplanskrydset, vurderes.

Fjernelse af venstresvingsbevægelser og etablering af midteradskillelse i form af dobbelt spærrelinje antages at være til fordel for trafikikkerheden, se i øvrigt afsnit 9.3

I afsnit 9.4 er nævnt de hensyn til lette trafikanter m.v., der skal tages i planlægningen.



Figur 2.1 *Idéer til planlægning af ombygningen af et eksisterende kryds til et kompakt toplanskryds.*

2.3 Vejnet- og krydsstrategi

Det er vigtigt at fastlægge helt fra starten, hvor mange tilslutninger der kan tillades på veje. Det kan vise sig umuligt at tilgodese alle ønsker. Fordi en vej krydses, er det ikke givet, at der etableres en tilslutning, og fordi der er en tilslutning, er det ikke givet, at alle svingbevægelser skal kunne finde sted.

Ofte bør bestemte bevægelser netop undgås for at begrænse lokaltrafik af hensyn til fjerntrafikken eller for at beskytte de omkringboende mod uvedkommende trafik på det lokale vejnet, jf. betragtningerne vedrørende vejsystemet i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer", kapitel 2.

På veje, hvor krydsene generelt er udformet som toplanskryds, er det vigtigt, at udformningen er ensartet fra kryds til kryds. Dette indebærer et ensartet valg af planlægningshastighed. Behovet

for ensartethed gælder også skiltning og kørebaneafmærkning og ikke mindst, hvor ansvaret for en vej er fordelt på flere vejmyndigheder.

Et godt toplanskryds er opbygget af standardelementer og tilbyder bekvemme flettemuligheder. Trafikanter bør ikke overraskes af sjældent anvendte udformninger, når de bruger krydset.

2.4 Placering af toplanskryds

Placeringen af et toplanskryds kan have stor betydning, både for dets trafikale funktion og for påvirkningen af omgivelserne. I planlægningsfasen skal en lang række faktorer så som vejenes karakter, trafikintensiteter, trafikens hastighed og sammensætning, geometrisk udformning, miljøpåvirkninger, arealforbrug, vedligeholdelse, anlægspris, topografi og landskab og trafikøkonomi overvejes for at opnå et optimalt grundlag for sammenligning mellem alternative krydstyper.

Gode toplanskryds giver trafikanterne færrest mulige, men klare og entydige beslutningspunkter, mens de bevæger sig gennem krydset. Det gælder både toplanskrydsets strækninger og fra- og tilkørslerne.

2.4.1 Afstand mellem toplanskryds

En overordnet vej vil i princippet have to funktioner i forhold til det omgivende landområde. Den ene er at trafikbetjene området så effektivt som muligt, og den anden er at lede trafikken gennem området med så få forstyrrelser af trafikstrømmen som muligt.

Disse to forhold modarbejder hinanden, og man må derfor i hvert tilfælde overveje, med hvilken maksimal afstand tilslutningsanlæggene bør placeres afhængigt af de geografiske og befolkningsmæssige forhold. I et tættere bebygget område vil der blive mindre afstand mellem tilslutningsanlæggene end i et tyndt befolket område.

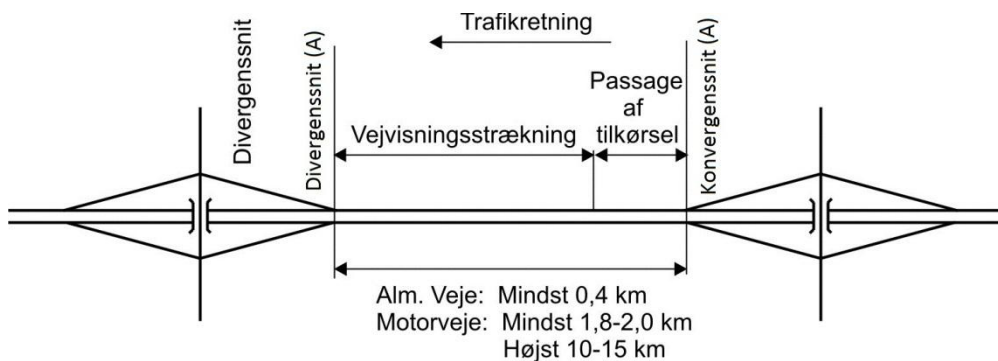
Den mindste afstand mellem toplanskryds er først og fremmest bestemt ved, at der på strækningen mellem to kryds bør være plads til at etablere den normale vejvisning inkl. forvarsling. Dernæst bør der yderligere være afstand til, at tilkørslen og indfletningsmanøvrerne, der kræver trafikantens opmærksomhed, bør være afviklet før forvarslingen. På motorveje må 1500 m forvarslingstavlen stå ved kilespidsen af den førlliggende tilkørsel, men helst mindst 200 m efter denne.

Hvis ikke disse afstande er tilgodeset, vil vejvisningen og manøvrerne for to på hinanden følgende tilslutningsanlæg overlappe hinanden, hvilket går ud over forståeligheden og muligheden for i tide at vælge den rigtige vej gennem anlæggene. Dette er af afgørende betydning for, at også ældre trafikanter kan færdes sikkert. Det er derfor væsentligt, at vejvisningen er med allerede ved planlægningen, se afsnit 2.7.

Generelt anbefales af disse grunde en afstand mellem en tilkørsel og frakørslen i det næst følgende toplanskryds på mindst 3 km af hensyn til trafikanterne.

Afstanden bør ikke være mindre end ca. 0,4 km på almindelige veje og 1,8 – 2,0 km på motorveje, se figur 2.2 og afsnit 2.6.1 og 7.5. Mindsteafstanden bør dog kun anvendes undtagelsesvist og kun, hvis en nøjere undersøgelse, bl.a. af trafikstrømmenes størrelse og destinationer og af flettestrækningens kapacitet, har vist, at mindsteafstanden er acceptabel.

Korte afstande gør det lettere for udrykningskøretøjer at nå frem til ethvert punkt på den overordnede vej. Ved lange afstande, som ikke bør være større end 10 – 15 km, er der risiko for U-sving og andre uhensigtsmæssige manøvrer.



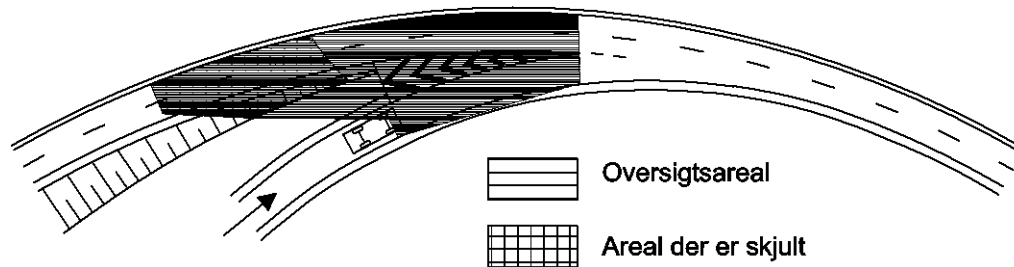
Figur 2.2 Største og mindste afstande mellem toplanskryds.

2.4.2 Placering i planen

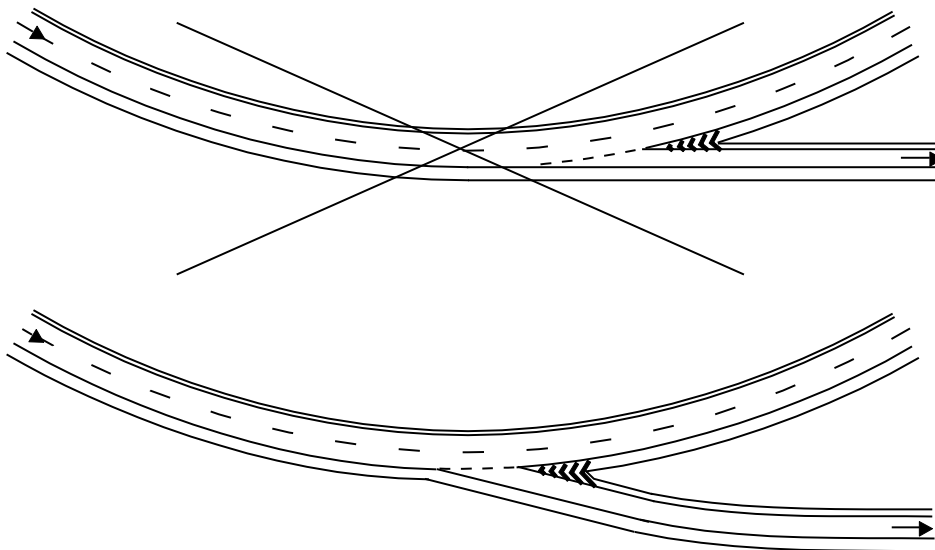
De gennemgående kørebaner tracéres som på fri strækning. Desuden gælder følgende principper:

- Ved at placere frakørsler og tilkørsler på lige strækninger eller horisontalkurver med meget store radier opnås dels størst sikkerhed for, at trafikanten ikke fejlagtigt forlader det gennemgående kørespor, dels at der er de bedste sigtforhold ved tilkørslen. Alternativt bør frakørsler ligge på højredrejende og tilkørsler på venstredrejende strækninger. Dette kan opnås ved om muligt at placere tilslutningsanlægget midt på en horisontal vendekurve.
- Tilkørsler i højredrejende kurver bør undgås, fordi trafikanterne i det gennemkørende spor derved har vanskeligere sigtforhold bagud til rampen, og fordi højdemæssige forhold lettere kan give problemer for de indflettendes sigt bagud til det gennemgående spor, se figur 2.2. Endvidere medfører bortfald af kantlinjen ved tilkørslen, at trafikanter i det gennemgående kørespor mister deres ledelinje (øjet følger linjen i indersiden af kurven).
- Frakørsler i venstredrejende kurver bør undgås for at forebygge, at trafikanter fejlagtigt kører op ad rampen, men tror, at de fortsætter på den gennemgående vej. Hvis frakørsel i venstredrejende kurve ikke kan undgås, bør frakørslen ikke føres tangentielt ud fra den gennemgående kørebane, men begynde med en tydelig kile, se figur 2.4 og 7.9. Der er dog undtagelser fra denne anvisning, se beskrivelsen til figur 7.9.
- Frakørslen bør altid placeres før tilkørslen, dels fordi det medfører de færreste indfletninger på den gennemgående kørebane, dels fordi afstanden mellem beslutningspunkterne derved bliver større. Endelig forhindrer denne rækkefølge, at den mellemliggende strækning bliver en flaskehals ved store tilkørende trafikstrømme. Hvis denne placering ikke er mulig, som f.eks. i kløverbladsanlæg, bør der tilføjes et parallelspor, hvorpå udvekslingen kan finde sted, se figur 1.3.
- Frakørsler bør tilstræbes placeret før og tilkørsler efter brokonstruktionen. Ved en konsekvent anvendelse af dette princip vil trafikanten til stadighed kunne forvente at møde en tilkørsel efter et bygværk, når der har været en frakørsel før bygværket.
- Køresporenes antal bør være i balance. Ved dette forstås, at der efter en frakørsel højst må være 1 kørespor mere for rampe og gennemgående kørebane tilsammen end for gennemgående kørebane før frakørslen. Før en tilkørsel må der højst være 1 kørespor mere for rampe og gennemgående kørebane tilsammen end for gennemgående kørebane efter tilkørslen, se figur 2.5 og afsnit 4.1.

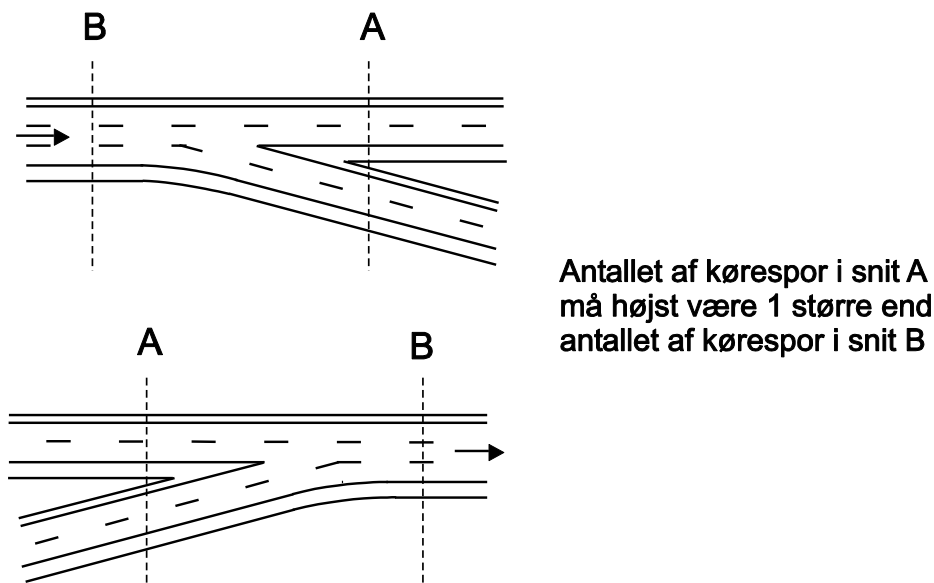
- Frakørselsrampers tilslutning til den mindst betydende, overførte vej må af hensyn til oversigtsforholdene ikke placeres for tæt på bygværket. Et firevejs rampekryds bør derfor være venstreforsat, se figur 1.2.



Figur 2.3 Tilkørsel i højredrejende kurve, hvor oversigten er begrænset af skråning, princip-skitse.



Figur 2.4 Frakørsel i venstredrejende kurve, principskitser. Udformningen øverst giver øget risiko for at trafikanterne fejlagtigt kører ad rampen. Udformningen nederst formindsker denne risiko.



Figur 2.5 Udformning med 2-sporede fra- og tilkørsler med deraf følgende sporbortfald og sportilføjeelse, principskitser.

2.4.3 Placering i højden

Placeringen i højden bør ske efter følgende principper:

- For at give bedst mulig oversigt bør toplanskrydsets beslutningspunkter placeres således, at det følgende vejelement er konkavt beliggende.
- Af hensyn til trafikafviklingen ved til- og frakørslerne og for at muliggøre en god tracéring af ramperne bør længdefaldet på de gennemgående veje være lille.
- Stigende frakørselsramper og faldende tilkørselsramper giver god overskuelighed og er med til at understøtte det ønskede hastighedsforløb.

Ovennævnte principper tilgodeses i reglen bedst ved at føre den mindste betydende vej over den overordnede vej, hvis de topografiske forhold i øvrigt tillader det.

Imidlertid kan der opstå oversigtsproblemer i rampekrydsene på den underordnede vej, hvis rampekrydsene er prioriterede kryds, og den underordnede vej anlægges med en lille vertikalradius gennem toplanskrydset, f.eks. hvis den underordnede vej forløber hen over en bakketop. I en sådan situation kan der også opstå problemer med blanding fra lav sol og med at læse vejskilte, som ses i silhuet mod himlen. Endvidere kan brorækværket blive en hindring for oversigten, hvis frakørselsrampens tilslutning placeres for tæt på broen.

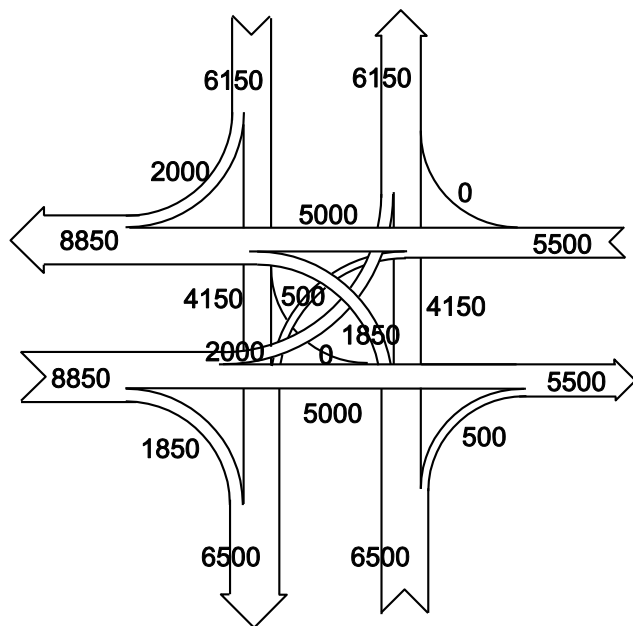
2.5 Trafikgrundlag

Trafikgrundlaget har væsentlig indflydelse på valg af type af toplanskryds og bør derfor være undersøgt så grundigt som muligt. Det bør være opdelt i trafikintensitet, gennemgående og svingende trafikstrømme og i trafikarter, hvoraf de væsentligste er personbiler og lastbiler.

Der vil i de fleste tilfælde være behov for at kende døgn- og spidstimetrafik til henholdsvis økonomiske vurderinger og dimensioneringsformål med en planlægningshorisont på mindst 15 år. Desuden bør vurderes, om mulig byudvikling kan påvirke trafikudviklingen.

Trafikmodelberegningerne, specielt hvad angår de svingende strømme, kan være bestemt med betydelig usikkerhed. I betragtning af de store økonomiske og miljømæssige omkostninger bør konsekvenserne af at tage fejl belyses gennem følsomhedsanalyser.

De forventede trafikstrømme fremstilles bedst grafisk i et diagram, se eksemplet i figur 2.6.



Figur 2.6 Grafisk illustration af trafikstrømme og deres størrelse.

2.6 Trafiksikkerhed

Toplanskryds optræder typisk på de dele af vejnettet, der er højest klassificerede. Her er trafikintensiteterne store, og der køres med høje hastigheder. På de frie strækninger er trafikanterne vænnet til høj standard, hvad angår tracéring og tværprofil.

Velfungerende toplanskryds kan imidlertid være lige så sikre som de tilstødende vejstrækninger, dvs. uden uheldsophobninger omkring frakørsler og tilkørsler.

For at et toplanskryds kan være sikkert, især for ikke-stedkendte trafikanter, må alle dele af krydset:

- kunne erkendes i tide
- være overskuelige
- være forståelige
- kunne gennemkøres uden vanskeligheder.

2.6.1 Erkendelse

Erkendelse af krydset eller dele af krydset kan som regel opnås ved hjælp af en iøjnefaldende og rettidig vejvisning. Punkter, hvor vejen deler sig, eller hvor andre trafikstrømme udmunder, bør

markeres tydeligt gennem tracéringen og ved hjælp af tavleafmærkning, baggrundsafmærkning og kørebaneafmærkning.

Med hensyn til belysning henvises til håndbogen "Vejbelysning".

2.6.2 Overskuelighed

I alle delområder af et toplanskryds sikres der tilstrækkelig oversigt, så trafikanten tydeligt kan se forløbet af det følgende vejelement, f.eks. en kurve på en rampe eller kilestrækningen i en indfletning, på sin vej gennem anlægget. Trafikanten bør hele tiden kunne se forløbet så langt frem, at der kan foretages de nødvendige manøvrer, men behøver ikke at kunne se hele anlægget. Specielt hvis senere informationer kan virke forvirrende, kan det være hensigtsmæssigt ikke at kunne se for langt frem.

Principielt bør frakørslerne i et toplanskryds placeres før tilkørslerne. Flettemanøvrer mellem svingende strømme i toplanskrydset bør afvikles uden for den gennemgående kørebane eller på fordelingsstrækninger.

Hvis de ud- og indflettende trafikintensiteter er af en størrelse, der medfører kapacitetsproblemer eller et uacceptabelt serviceniveau i fra- og tilkørsler med ét kørespor, kan det være hensigtsmæssigt og nødvendigt at etablere parallelspor i form af sportilføjelser og efterfølgende sporbortfald.

2.6.3 Forståelighed

Det er vigtigere for forståeligheden, at samme elementtyper udformes ensartet fra kryds til kryds, end at toplanskrydsene i sin helhed udformes ensartet. Derudover bør der af hensyn til ikke-stedkendte trafikanter kun være én vej gennem toplanskrydset til det ønskede mål. Endelig er det vigtigt at lede trafikanterne igennem toplanskrydset ved hjælp af en tydelig, enkel, entydig og rettidig vejvisning.

Overgang fra større til mindre kurveradius kræver længere overgangsstrækning end i det omvendte tilfælde. Det bør tilstræbes, at der sikres tilstrækkelig tidsmæssig og rumlig afstand mellem beslutningspunkterne, se afsnit 2.10.

Minimumsradier, der kræver væsentlige hastighedsændringer, vises tydeligt gennem tracéringen ved den måde, at kombinationen af længde- og tværprofil tilrettelægges, også selv om det går ud over hensynet til en harmonisk og æstetisk tilfredsstillende linjeføring. Det sker bedst ved, at længdeprofilen frem mod og i kurven gives et konkavt forløb samtidig med, at tværprofilen gives størst mulig overhøjde i kurveforløbet. Sådanne steder understøttes af skiltning, der advarer om vejforløbet f.eks. baggrundsafmærkning, hastighedsbegrænsningstavler, anbefalet hastighed i vejkurver eller tavler, der viser vognbaneforløb.

2.6.4 Kvalitet i trafikafviklingen

Et toplanskryds kan gennemkøres uden problemer, hvis:

- der er tilstrækkelig længde til at gennemføre de nødvendige hastighedsændringer
- færdselsarealerne opfylder kravene til kørselsgeometri og kørselsdynamik
- køresporbegrænsningerne og rabatkanterne er tydeligt markeret
- der er sørget for en god afvanding af trafikarealerne.

Problematiske udformninger

Visse udformninger kan generelt ikke anbefales på grund af forringet trafiksikkerhed og bør derfor undgås ved nyanlæg. Det gælder for eksempel:

- frakørsler og tilkørsler i venstre side af den gennemgående kørebane
- prioriterede vejkryds med mulighed for venstresving på veje, der i øvrigt har toplanskryds.

2.6.5 Spøgelsesbilister

I rampekryds skal opmærksomheden være rettet mod risikoen for, at bilister fejlagtigt kører ind på en frakørselsrampe. Dette kan resultere i, at bilisten kommer til at køre i modsat retning af trafikken på den overordnede vejs ene kørebane. Sådanne bilister benævnes spøgelsesbilister.

Først og fremmest udformes den geometriske udformning af tilslutningen, hvor trafikanten kan komme til at vælge forkert, afvisende over for trafikanter, der forsøger at svinge ind på rampen.

Risikoen er til stede i ruderaanlæg, hvor rampekrydsene er udformet som T-kryds mellem den underordnede vej og den ensporede rampe – i mindre grad dog, hvis krydset er kanaliseret eller anlagt som rundkørsel eller signalreguleret.

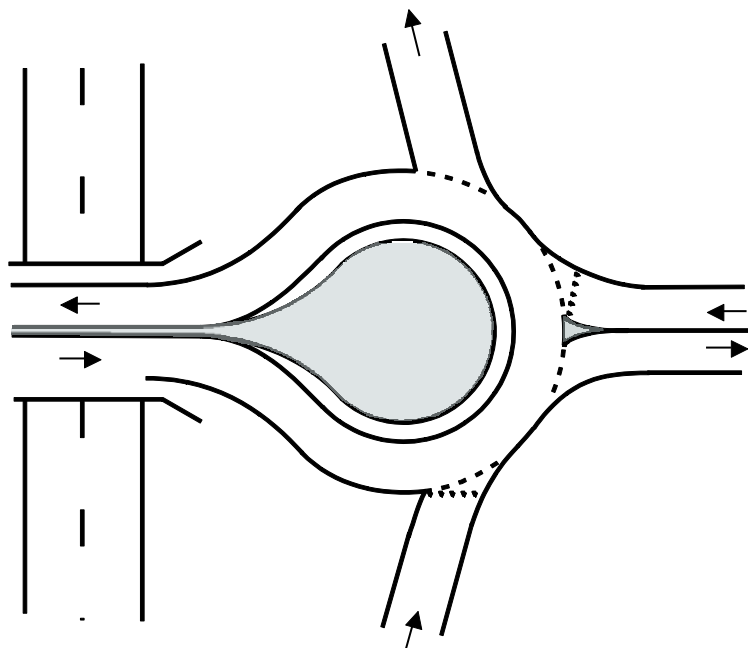
Risikoen er mindst i knogleanlæg med sammensmeltede rundkørsler, se figur 3.5 midterst. Risikoen er mindre i S-anlæg, hvor frakørsels- og tilkørselsramperne er tilsluttet den mindst betydende vej ved siden af hinanden som i et normalt T-kryds, se figur 3.3 og 3.4. Det er her vigtigt, at til- og frafarten i rampekrydset er tilstrækkelig bred til at placere forbudstavlen C 19, indkørsel forbudt, og påbudstavlen D 15, påbudt passage.

S- og B-anlæg med rampetilslutninger i modsat retning af den geografiske, hvor man altså f. eks. skal svinge til venstre for resulterende at komme til højre ad den overordnede vej, giver erfaringsmæssigt flere spøgelsesbilister.

4-grenede rundkørsler ved rampekryds giver færre spøgelsesbilister end 3-grenede. Fordelerringe giver ofte spøgelsesbilister.

Halve tilslutningsanlæg med tilslutning kun i den ene retning af den overordnede vej giver erfaringsmæssigt spøgelsesbilister.

Risikoen for spøgelsesbilister søges formindsket mest muligt ved passende udformning og afmærkning af rampekrydsene. Dette kan gøres med en forlænget midterhelle på den skærende vej for at forhindre venstresving ned ad rampen og et skarpt hjørne, der gør det ubehageligt eller vanskeligt at foretage højresving ind på rampen, se figur 4.4. Endvidere viser eksemplet i figur 2.7 en del af et knogleanlæg.



Figur 2.7 Eksempel på den principielle udformning af den ene halvdel af et knogleanlæg.

I det hele taget bør den geometriske udformning fortælle trafikanten, hvilken adfærd der er ønskelig. Frakørselsrampes tilsluttes den underordnede vej på en ikke-imødekomende måde set herfra. Som modsætning hertil udformes tilkørselsrampens tilslutning imødekomende, tragtformet og tangentielt i rundkørsler og med bekvemme hjørneafrundinger under opfyldelse af de normale krav til vigepligt.

Det er ønskeligt at geometrien tilrettelægges, så der bliver oversigt over tilkørselsrampens forløb frem til indfletningen i den overordnede vej. I det mindste bør det undgås, at oversigten hindres af autoværn, beplantning m.m.

Det er endvidere vigtigt, at afmærkningen udføres med henblik på at undgå, at trafikanterne vælger den forkerte rampe. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 4.9.2.

Også ved motorvejsafslutninger i et prioriteret kryds, et signalreguleret kryds eller en rundkørsel er det vigtigt at udforme krydset, så spøgelsesbilister undgås.

2.6.6 Uheldsanalyser

I England er der foretaget uheldsanalyser på motorveje for at belyse uheldsrisikoen ved forskellige geometriske udformninger. Resultaterne refereres kortfattet i dette afsnit. Det bemærkes, at undersøgelsen stammer fra ca. 1980, idet nyere undersøgelser ikke kendes.

Til- og frakørsler

Resultaterne var opdelt i tre grupper omfattende tilslutninger på 6-sporede motorveje henholdsvis 4-sporede motorveje med uændret sporantal på den gennemgående vej og tilslutninger, hvor der skete sporbortfald fra 6 til 4 spor efter frakørslen. Resultaterne viste, at tilslutninger på 6-sporede motorveje havde lavere uheldsrisiko end tilslutninger på 4-sporede motorveje. Tilslutninger med sporbortfald havde ikke højere uheldsrisiko end tilslutninger uden sporbortfald, men andelen af alvorlige uheld var større. Det understreger behovet for, at der lægges særlig vægt på skiltningen i form af portaler m.v. ved tilslutninger med sporbortfald.

Afstand mellem to toplanskryds – vekselstrækninger

Der kunne ikke påvises nogen stigning i uheldsrisikoen, hvis afstanden mellem til- og frakørsler var kortere end 3 km. Som et resultat af undersøgelsen blev den ønskelige minimumslængde på 3 km, som tidligere var anvendt, reduceret til 2 km. Den absolutte minimumslængde af afstanden på 1 km blev opretholdt.

Sløjfer

Generelt havde sløjfer en uheldsrisiko som var 5 gange så høj som risikoen på fri strækning. Andelen af alvorlige uheld var høj, hvilket sandsynligvis afspejler de høje hastigheder på motorveje.

Derfor er den mindsteradius for sløjfer, der er nødvendig for at opretholde sikkerheden, større for motorveje, end den er for veje for alle trafikarter, se tabellen figur 6.21. Resultaterne viste også, at sløjfer i frakørsler kræver større radius end sløjfer i tilkørsler.

2.7 Vejvisning og afmærkning

2.7.1 Generelt

Afmærkning af toplanskryds har som hovedformål,

- at oplyse trafikanterne om vejtilslutningen så betids, at de kan nå at reagere om nødvendigt
- at lede trafikanterne sikkert og komfortabelt gennem trafik anlægget.

En letforståelig, entydig og rettidig vejvisning er derfor en grundlæggende forudsætning for, at trafikanterne kan orientere sig og finde vej i et toplanskryds.

Det er vigtigt at sikre, at der er fuld overensstemmelse mellem den information, trafikanterne indhenter fra vejens geometri, fra kørebaneafmærkningen og fra vejtavlerne, således at trafikanterne ikke kommer i tvivl, vildledes eller forvirres af modstridende information. Her er det vigtigt, at der er fuld overensstemmelse mellem portaltavler, der ses på længere afstand, og kørebaneafmærkning, der ses på kortere afstand.

Især i situationer, hvor de gennemgående kørebaner og ramperne ikke er orienteret efter logikken i vejnettet, men efter trafikintensiteten, er vejvisningen helt afgørende for, om trafikanterne kan finde deres mål. Her kan med fordel anvendes vognbanepile og afmærkning med rutenumre på kørebanen.

Det bemærkes, at vejtavlemateriellet udformes med brudled eller er eftergiveligt, jf. håndbøgerne om afmærkningsmateriel, eller materiellet afskærms med autoværn. Portalkonstruktioner beskyttes dog altid med autoværn. Behovet for autoværn og den heraf følgende nødvendige plads i tværprofilet tænkes ind i planlægningen på et tidligt tidspunkt.

I afsnit 2.7.2 er omtalt generelle retningslinjer for informationer på og læseafstande til vejvisningstavlerne. Afmærkning af særlige problemområder i øvrigt er beskrevet som vist i følgende oversigt:

- Afmærkning på ramper og i rampekryds, se afsnit 4.9.2
- Afmærkning af motorvejtilkørsler, se afsnit 7.1.4
- Afmærkning af sporbortfald efter motorvejtilkørsler, se afsnit 7.1.5
- Afmærkning af motorvejsfrakørsler, se afsnit 7.2.4
- Frakørsler med sporbortfald, se afsnit 7.2.5

- Afmærkning af rampeforgreninger, se afsnit 7.4.4
- Afmærkning af motorvejsforgreninger, se afsnit 8.2
- Afmærkning af motorvejsammenløb, se afsnit 8.3.

Vedrørende generelle regler for udformning og dimensionering af afmærkningen henvises til håndbøgerne "Vejvisning på almindelige veje", "Vejvisning på motorveje", håndbøgerne om afmærkning på kørebanen, samt øvrige håndbøger der vedrører Færdselsregulering og Vejudstyr.

2.7.2 Informationer og læseafstande

I forbindelse med den geometriske udformning af toplanskryds, herunder frakørsler, forgreninger eller sammenløb, skal der tages stilling til, hvilke vejtafver der opsættes, og hvorledes disse kan placeres, så trafikanterne kan læse tavlerne og træffe de rigtige valg i den rigtige rækkefølge. Det sikres, at tavlerne ikke skjules i kurver eller skjules af udstyr eller beplantning.

Afstanden mellem vejtafver bør være så stor, at trafikanterne efter passage af den ene tavle kan nå at observere og læse informationen på den næste.

Den nødvendige læsestrækning er afhængig af planlægnings hastigheden og antallet af informationer på tavlen, som fremgår af håndbøgerne der vedrører vejvisning.

Trafikanter i fart har vanskeligt ved at håndtere mere end 4 informationer af gangen.

Tavler placeres således, at trafikanterne har mindst 4 sekunder til at træffe beslutning, når de har læst informationen og endvidere 4 sekunder til køresporsskift, såfremt informationen medfører denne manøvre.

På grund af begrænsning af synsfeltet, som er foranlediget af køretøjets tag eller forrudestolper, er den nødvendige frie sigt til en vejtafve lig den nødvendige læseafstand plus afstanden L fra tavlen til køretøjet, når læsningen ophører, se tabellen figur 2.8.

F.eks. er den frie sigt til en frakørselsvejviser, som er placeret som jordtavle, med 4 informationer på en motorvej med en hastighedsbegrænsning på 110 km/h lig med $102 + 25 = 127$ m.

I håndbøgerne "Tavleoversigt", "Vejvisning på motorveje" og "Tavletyper for vejvisning på almindelige veje", er beskrevet, hvilke skriftstørrelser eller symbolstørrelser der anvendes for at sikre, at det er muligt at læse tavlens information i dagslys og i belysning fra billygter.

Placering af tavlen	Afstanden L (m)
Jordtavler i højre side ved 2-sporede veje	15
Andre jordtavler	25
Portaltavler	50

Figur 2.8 Afstanden L før tavlen, hvor læsningen må ophøre.

Afmærkning i broområder

Ved afmærkning i toplanskryds udgør broer med underføringer under den underordnede vej et særligt problem i forbindelse med opsætning af vejtafver. Selv om trafikanten kan se ind under broen og derved se vejen på den anden side af broen, kan tavler først observeres og læses, når trafikanten har passeret broen. Broen tiltrækker sig ganske enkelt trafikantens fulde opmærksomhed. Endvidere kan skilte under broen ikke læses på grund af broens skyggevirkning.

Vejtavler placeres derfor altid:

- i god afstand før en bro, idet portaltavler dog kan placeres tæt før broen
- efter broen skal afstanden til første vejtavle være lig med den nødvendige læseafstand, som er afhængig af hastigheden, tillagt 2 sekunders reaktionslængde.

2.8 Valg af toplanskrydsets udformning

I kapitel 3 er beskrevet forskellige typer af toplanskryds, og i kapitel 4 er givet en fremstilling af toplanskrydsets enkelte elementer. Den ideelle løsning kan være en kombination af dele af de omtalte typer, hvorfor det vil være nødvendigt at udarbejde et større antal skitser med henblik på en trafikal vurdering af mulighederne, se afsnit 2.10.

For at kunne bedømme skitserne korrekt gøres deres udstrækning så realistisk som muligt. Det er derfor nødvendigt at tage hensyn til ikke alene de principper, som er beskrevet i dette kapitel, men også de faktorer, der er afgørende ved detailprojekteringen, se kapitel 5, 6 og 7.

Skitserne vurderes herefter med hensyn til standard, indpasning i landskabet, byplanmæssige dispositioner etc. Der udarbejdes økonomiske overslag, hvorefter det besluttes, hvilke skitser der skal arbejdes videre med.

Tracéring af den valgte udformning

Projektets veje og ramper tracéres og stationeres, kørebanekanter indtegnes, og der udarbejdes foreløbige længdeprofiler, idet den principielle udformning af de valgte skitser fastholdes.

Ved tracéringen må der tages hensyn til projektets indvirkning på miljøet og vejens omgivelser såvel som de økonomiske konsekvenser som følge heraf.

2.9 Generel vurdering af de mulige udformninger

Efter at tracéringen af de udvalgte typer er foretaget, dvs. at der er foretaget en optegning af linjeføring og længdeprofil og visse betydende detaljer, må der foretages en generel vurdering, hvor anlæggene gennemgås kritisk ud fra følgende kriterier:

1. Tilpasning til vejnettet samt trafikal og kvalitativ vurdering af trafikafviklingen og sikkerheden, se afsnit 2.10 – 2.11.
2. Topografi, herunder eventuelle store afgravnings- eller påfyldningshøjder, afvandingsmuligheder og geotekniske forhold.
3. Projektets hovedtræk, herunder linjeføring, længdeprofil, fra- og tilkørsler og mulighed for belyningsanlæg.
4. Operationskarakteristik, herunder hastighedsprofiler, sigtforhold og muligheder for afmærkning.
5. Forhold til omgivelserne, herunder æstetisk virkning, fredede områder, bygninger, parker, kirkegårde, lodsejerforhold, miljøforhold, herunder støjforurening og afløbsforhold.

6. Afvikling af trafikken i anlægsperioden.
7. Mulighed for senere videreudbygning.

For at gøre den samlede vurdering af de forskellige forslag lettere kan man anvende et skema som vist i figur 2.9, hvor ovenstående punkter vurderes med et antal kryds, hvor et kryds betyder en lav vurdering, to kryds en jævn vurdering og tre kryds en høj vurdering, mens en streg betyder, at en vurdering ikke er mulig.

Det bemærkes, at man ikke blot ved at tælle antal kryds finder den bedste løsning, idet forskellige kriterier kan tillægges forskellig vægt. Det kan imødekommes ved f.eks. at tildele kriterierne en procentuel vægtfaktor, hvis samlede sum er 100 %.

Vurderingskriterium		Forslag 1	Forslag 2	Forslag 3
1	Trafikafvikling			
2	Topografi			
3	Projektets hovedtræk			
4	Operationskarakteristik			
5	Forhold til omgivelserne			
6	Trafikken i anlægsperioden			
7	Senere udbygning			
8				
9				
10				

Figur 2.9 Eksempel på skema til anvendelse ved vurdering af flere forslag til udformning af et toplanskryds.

2.10 Trafikal vurdering af de mulige udformninger

Et vigtigt led i vurderingen af egnetheden af de forskellige løsningsforslag i den konkrete situation er en analyse af, hvor indviklet et toplanskryds er at køre i. Derfor bør krydssets beslutningspunkter og trafikantens manøvrer kortlægges, og trafikantens kørselsmæssige vanskeligheder i øvrigt vurderes ved en kvalitativ analyse.

Beslutningspunkter er de steder, hvor trafikanten kan vælge mellem flere ruter, dvs. alle steder, hvor trafikanten skal træffe en beslutning og – hvor det er nødvendigt – foretage en dertil svarende manøvre for at nå den valgte rute eller foretage en standsning.

Manøvrer kan også forekomme andre steder end ved beslutningspunkterne, f.eks. ved indfletninger, ved indkørsel i rundkørsler og ved krydsning af tværgående trafikstrømme.

2.10.1 Beslutningspunkter

Beslutningspunkter forekommer i følgende situationer:

- Hvor der er en udfletning fra den gennemgående kørebane. Bilisten skal beslutte enten at køre væk fra den gennemgående kørebane eller fortsætte lige ud. Beslutningen skal tages

under trafikale omstændigheder, der varierer fra kørsel med lav hastighed i tæt trafik til kørsel med den dimensionerende hastighed.

- Hvor en fordelingsstrækning deler sig. Her skal beslutningen træffes ved den dimensionerende hastighed for strækningen.
- I rampekryds anlagt som prioriterede eller signalregulerede kryds. Her skal trafikanten træffe beslutning om, hvilken svingretning der skal vælges, og hvornår svingning kan foregå uden at komme i konflikt med den prioriterede trafik.
- Ved udkørsel fra en rundkørsel. Her skal trafikanten beslutte at svinge ud af rundkørslen eller fortsætte rundt i rundkørslen.

En indfletning betragtes ikke som et beslutningspunkt, selv om manøvren kan kræve erfaring og færdighed.

2.10.2 Manøvrer

Manøvrer forekommer i følgende situationer:

- Når trafik fletter ind på eller ud fra den gennemgående kørebane. Mindre manøvrer foretages også af den øvrige trafik på den gennemgående kørebane som følge af de forstyrrelser i trafikstrømmen, der opstår ved, at køretøjer fletter ind eller ud.
- Når der foretages udfletning i forgreninger eller sammenfletning i sammenløb.
- Ved indfletninger eller udfletninger på fordelingsstrækninger.
- Når en trafikstrøm deler sig for at svinge i forskellige retninger i et prioriteret eller signalreguleret rampekryds.
- Når trafikstrømme fra forskellige retninger forener sig i et prioriteret eller signalreguleret rampekryds.
- Når en trafikstrøm skal krydse en anden trafikstrøm i et prioriteret eller signalreguleret rampekryds.
- Ved ind- eller udkørsel i en rundkørsel.

2.10.3 Trafikstrømme

Beslutningspunkter og manøvre skal ses i sammenhæng med et trafikstrømdiagram, som angiver antallet af køretøjer, der ønsker at fortsætte ligeud henholdsvis foretage hver svingbevægelse, se figur 2.6.

Antallet af køretøjer, der foretager hver manøvre, er en meget afgørende faktor, idet en lavere standard kan være acceptabel for små trafikstrømme, mens svingbevægelser for store trafikstrømme kræver en høj standard.

Det er herunder vigtigt at skelne mellem, om trafikanten skal:

- foretage beslutninger og manøvrer på de gennemgående kørebaner eller ramper
- flette ind eller ud

- svinge ind i en langsom eller hurtig trafikstrøm
- krydse en langsom eller hurtig trafikstrøm.

Med andre ord bør beslutningspunkterne og især manøvrerne vurderes under hensyntagen til den trafikintensitet og den sværhedsgrad, der er forbundet med de enkelte trafikale situationer.

2.11 Kvalitativ vurdering af trafikafviklingen

Vurderingen af trafikafviklingens kvalitet har til formål at inddrage de faktorer, som påvirker trafikanternes komfort i et toplanskryds. Denne vurdering er mest relevant i forbindelses anlæg, fordi der for hvert tilslutningsanlæg og kompakt toplanskryds sjældent er alternative løsningsforslag af betydning for trafikafviklingens kvalitet.

Når kvalitetsvurderingen af de forskellige løsningsforslag beslutningspunkter, manøvrer, trafikantforhold og andre betydende faktorer er gennemført, har den projekterende den nødvendige information til at argumentere for valget af det mest passende alternativ. Det er også muligt at udpege de dele af det valgte alternativ, hvor behovet for ændringer for at opnå en forbedret løsning for trafikanterne er størst.

2.11.1 Beslutningspunkter og manøvrer

Generelt bør et toplanskryds have så få beslutningspunkter og manøvrer som muligt. Det er også ønskeligt, at beslutninger træffes og manøvrer foretages, hvor det nemmest kan ske – uden at det fører til kødannelser eller forstyrrelser. Det sker i almindelighed bedst på fordelingsstrækninger og forbindelsesramper frem for på de gennemgående kørebaner; men denne prioritering betyder ikke, at flere end én frakørsel og én tilkørsel helt er udelukket. To tætliggende frakørsler er dog altid forbundet med særlige afmærkningsmæssige vanskeligheder og kan derfor være en særlig belastning for trafikanterne at køre igennem, se afsnit 2.11.4.

Det lavest mulige antal beslutningspunkter og manøvrer er dog ikke det eneste, der skal overvejes. De forskellige løsninger bør også vurderes i forhold til trafikafviklingen og i forhold til den mentale belastning, som trafikanterne kan blive udsat for. Alle opgaver for trafikanterne, som kan medføre stress og ubehag eller føre til sikkerhedsproblemer i toplanskrydset, noteres og vurderes, når man sammenligner løsningsforslagene.

Det er herunder vigtigt at vurdere fordele og ulemper ved den aktuelle sammenhæng mellem vejen og tavlerne ved siden af eller over vejen og trafikanternes muligheder for at kunne nå at opfange og reagere på den information, som tavlerne giver. Dernæst skal de træffe de nødvendige beslutninger med deraf følgende manøvrer.

Især er afstanden mellem beslutninger og manøvrer vigtig. Større afstande giver trafikanterne mere tid til at vælge rute og/eller udføre den ønskede manøvre. Nogle beslutninger og manøvrer er vanskeligere og vigtigere end andre og opfattes tillige forskelligt af trafikanterne.

2.11.2 Andre faktorer

Analysen af beslutningspunkter og manøvrer dækker ikke alle aspekter af den praktiske kvalitet af trafikafviklingen og eventuelle kørselsmæssige vanskeligheder, som kan hæmme trafikafviklingen og føre til sikkerhedsproblemer.

Ud over beslutningspunkter og manøvrer bør blandt andet følgende faktorer overvejes, når et større toplanskryds skal vurderes:

- radius og gradient i sløjferamper
- type og opbygning af ind- og udfletninger
- antal spor på de gennemgående kørebaner og i til- og frakørsels-områder
- sammenhæng i vejnettet
- sigtforhold, også i mørke
- andelen af store køretøjer.

Mulighederne for at lede trafikken igennem, når dele af toplanskrydset er spærret efter uheld eller på grund af vedligeholdelse, skal også tages med i betragtning.

2.11.3 Trafikanterne

Tid og afstand mellem to på hinanden følgende beslutninger bør overvejes. Trafikanterne kan stadig være påvirket af den første beslutning eller søge efter at få den bekræftet. Når afstanden mellem beslutningspunkter mindskes, stiger intensiteten af vognbaneskift og forstyrrelser, når trafikanterne søger at komme ind i de spor, der fører til det ønskede mål.

Ikke-stedkendte trafikanter som målestok

Vurderingen af trafikafviklingens kvalitet bør tage udgangspunkt i ikke-stedkendte trafikanters opfattelse. Især skal opmærksomheden koncentreres om de nødvendige manøvrer for at nå et bestemt mål og om de opfattelsesmæssige vanskeligheder og belastninger, som de udgør for sådanne trafikanter. Komplicerede forbindelsesanlæg med sporbortfald kan især stille førere af store, langsomme køretøjer over for særlige vanskeligheder.

For trafikanter, der regelmæssigt kører igennem toplanskrydset, vil beslutningerne betyde mindre, efterhånden som de bliver fortrolige med, hvordan der skal køres gennem krydset. De vil kun være optaget af at tilrettelægge deres egne manøvrer på en sådan måde, at de slipper hurtigst muligt igennem. Derfor bliver antallet af beslutninger mindre vigtigt i situationer, hvor andelen af stedkendte bilister (f.eks. bolig-arbejdssteds trafik) er høj, men betydningen af manøvrerne forbliver uændret.

Beslutningernes sværhedsgrad

Nogle beslutninger kan være ret ukomplicerede sammenlignet med andre, og derfor er den projekterende tilbøjelig til at anse dem for mindre vigtige, f.eks. at fortsætte lige ud igennem et toplanskryds. Men det indebærer stadig at læse skilte og at sammenligne frakørsels- og rutenumre med kort eller hukommelse, og det kan kræve vognbaneskift. Trafikanten kan også være påvirket af andre trafikanters vognbaneskift. En sådan beslutning kan derfor udgøre en belastning, der først forsvinder, når en bekræftende tavle opfattes, og trafikstrømmen bliver roligere.

Mere komplicerede beslutninger omfatter påvirkning fra et stort antal faktorer, herunder:

- forudgående kortstudier eventuelt via internet
- brug af GPS navigationssystemer, herunder forkerte informationer fra disse
- afmærkning med færdsels- og vejvisningstavler
- kørebaneafmærkning
- retningsændringer, som ikke passer med geografien
- kendskab til målet og rute- og frakørselsnumre
- pres fra andre trafikanter
- afstand til forankørende køretøjer.

Disse faktorer kan føre til en betydelig belastning af trafikanterne.

Ældre bilister

Store forbindelses anlæg udgør et særligt problem for ældre bilister. Der er dokumenteret erfaring for, at nogle ældre bilister bevidst undgår at køre igennem store anlæg på grund af deres komplerede beskaffenhed.

Ældre bilisters problemer kan reduceres ved, at afstanden mellem beslutningspunkterne øges, eller hastighederne sænkes. Den øvrige trafik tvinger ofte de ældre til at køre hurtigere, end de ønsker, og øger derved deres problemer. Generelt kræver ældre bilister enkel information og mere tid til at vælge og reagere, og dette behov for enkelhed skal tages i betragtning i vurderingen.

2.11.4 Eksempel på kvalitativ vurdering

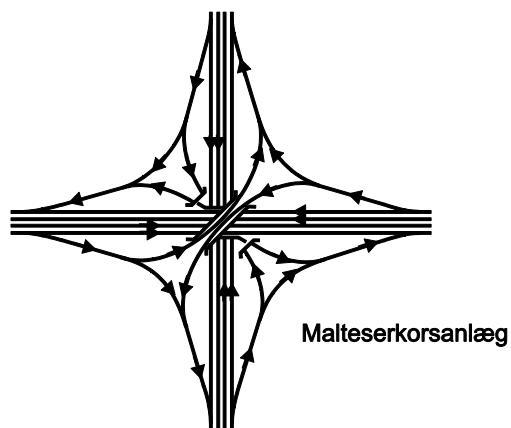
Som eksempel på kvalitativ vurdering anvendes en sammenlignende udformning af til- og frakørslerne i et malteserkorsanlæg, se figur 2.10, og et turbineanlæg, se figur 2.11.

Kvalitetsvurderingen af de to udformninger er mindre omfattende, end den vil være i en virkelig situation, da mange af de faktorer, der påvirker kvaliteten, afhænger af det konkrete projekt snarere end af typen.

Vurderingen kan præsenteres som en beskrivende analyse af trafikafviklingens kvalitet. Det vil give den projekterende mulighed for at overveje alle relevante faktorer i det enkelte projekt og ikke kun dem, der er beskrevet her.

Malteserkorsanlæg med enkelt til- og frakørsel

Udformningen med enkelt til- og frakørsel som vist på figur 2.10 er i overensstemmelse med almindelig praksis på motorvejsnettet og vil derfor forekomme velkendt for trafikanterne. Også vejvisningen af én frakørsel til én anden rute giver trafikanterne et ukompliceret valg mellem ruter. Men udformningen kræver beslutning nummer to uden en tydelig forvarsling hurtigt efter, at trafikanten har besluttet at forlade den gennemgående kørebane.



Figur 2.10 Eksempel på enkelt til- og frakørsel.

Udformningen med en stor parallel frakørsel er nemmere at køre i end flere frakørsler efter hinanden. Den store trafikmængde, der forlader den gennemgående kørebane, begrænser imidlertid fordelen ved udformningen. Tilsvarende vil den store trafikmængde ved tilkørslerne også gøre det vanskeligere at køre igennem disse områder.

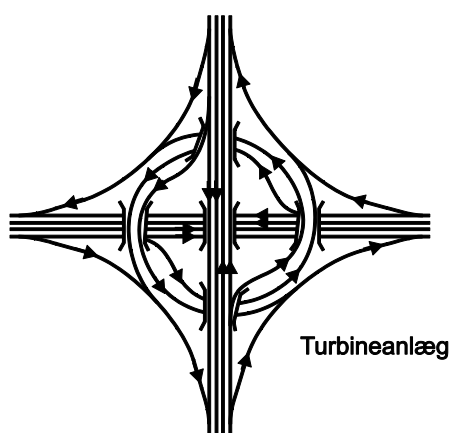
Trafik, der skal lige igennem forbindelses anlægget, vil opleve et minimum af forstyrrelse fra ud- og indflettende trafik.

Denne løsning, der omfatter et bygværk i fire planer, har en høj geometrisk standard og giver svingende trafikanter et bekvemt kørselsforløb gennem forbindelsesanelægget.

Med kun én frakørsel og én tilkørsel opnår man den største længde mellem tilslutningerne. Det er gavnligt for flettemulighederne på den gennemgående kørebane.

Turbineanlæg med dobbelt frakørsel

Udformningen med dobbelt frakørsel som vist på figur 2.11 findes sjældent på motorvejsnettet og vil derfor være ny for flertallet af trafikanterne. Vejvisningen med samme rutenummer både ligeud og til højre øger muligheden for, at trafikanter vælger den forkerte retning. Til gengæld er de dobbelte udfletninger, især hvis de udføres med sporbortfald, velegnede til at vejvise et bestemt mål til et bestemt spor. Det fører i sig selv til en veldefineret vej til det ønskede mål og den ønskede retning.



Figur 2.11 Eksempel på dobbelt frakørsel.

Der er mindre trafik i de enkelte udfletninger, hvilket vil øge kvaliteten af afviklingen; men på grund af pladsforhold bliver der ofte en lavere standard, hvad angår tværprofil og tracéring.

Ligeudkørende trafikanter vil opleve flere forstyrrelser fra trafik fra den gennemgående kørebane, hvilket vil reducere kvaliteten for disse trafikanter. En stor del af det samlede antal beslutningspunkter og manøvrer i denne udformning stammer fra den ligeudkørende trafik ved udfletningerne. En stor del af disse trafikanter vil dog opleve disse beslutninger og manøvrer som ubetydelige.

Udformningen er i to planer og har krumme tracéring gennem fordelingsanlægget. For de venstresvingende indebærer det modkurver.

Udformninger med dobbelte frakørsler giver kortere afstand mellem indfletninger på den gennemgående kørebane. Det gør det vanskeligere for trafikanter at placere sig i det ønskede spor inden indfletninger og giver også mere forstyrrelse for den ligeudkørende trafik.

3 TYPER AF TOPLANSKRYDS

I dette kapitel er beskrevet forskellige typer af toplanskryds, og i kapitel 4 er givet en fremstilling af toplanskrydsets enkelte elementer. Den ideelle løsning kan være en kombination af dele af de omtalte typer, hvorfor det vil være nødvendigt at udarbejde et større antal skitser med henblik på den trafikale vurdering af mulighederne, som er beskrevet i kapitel 2.

For at kunne bedømme skitserne korrekt skal deres udstrækning være så realistisk som muligt. Det er derfor nødvendigt at tage hensyn til ikke alene foranstående principper, men også de faktorer, der er afgørende ved detailprojekteringen, se kapitel 5 – 8.

Skitserne vurderes herefter med hensyn til standard, indpasning i landskabet, byplanmæssige dispositioner etc., og der udarbejdes økonomiske overslag. Herefter besluttet det hvilke skitser, der skal arbejdes videre med.

3.1 Former for toplanskryds

Der skelnes i det følgende mellem følgende tre former for toplanskryds, se figur 3.1:

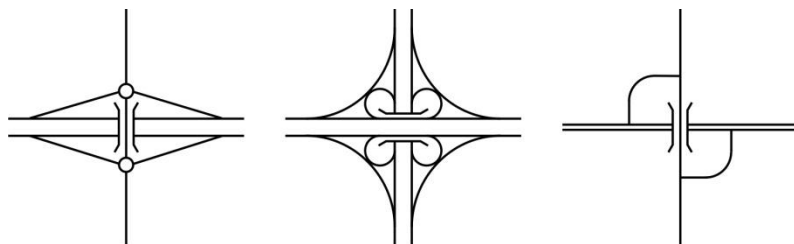
- tilslutningsanlæg
- forbindelsesanlæg
- kompakte toplanskryds.

Tilslutningsanlæg er toplanskryds, hvor alle ramper er tilslutningsramper, dvs. ramper, der i den ene ende er tilsluttet et étplanskryds (i denne håndbog også benævnt rampekryds), mens den anden ende af ramperne enten er en frakørsel eller en tilkørsel.

Forbindelsesanlæg er toplanskryds, hvor alle ramper er forbindelsesramper, dvs. ramper, der starter i en frakørsel og slutter i en tilkørsel, eller med andre ord, i forbindelsesanlæg afvikles alle trafikstrømme med fletning eller vognbaneskift.

Kompakte toplanskryds er hankeanlæg med to eller flere hanke, der er dimensioneret til lav hastighed, og uden venstresvingmulighed til eller fra den overordnede vej. For at fremme anvendelsen af toplanskryds som den sikre krydsløsning udformes kompakte toplanskryds i beskeden, men sikkerhedsmæssigt forsvarlig standard, som er beskrevet nærmere i kapitel 9.

Hankeanlæg med kun én hank anbefales normalt ikke, da der stadig forekommer venstresving til og fra den overordnede vej. Udformningen er dog acceptabel, hvis hanken er tilsluttet den overordnede vej i en rundkørsel, men så forringes fremkommeligheden på den overordnede vej.



Figur 3.1 Tilslutningsanlæg, forbindelsesanlæg og kompakt toplanskryds.

I rækkefølge efter stigende trafik kan følgende udformninger anbefales:

- Kompakte toplanskryds, se figur 1.1
- Ruderanlæg eller S-anlæg med prioriterede kryds, se figur 3.3
- B-anlæg, se figur 3.4
- Ruderanlæg med to rundkørsler, se figur 3.5, venstre
- Ruderanlæg med signalregulering
- Toplanskryds med fordelerring, se figur 3.5, højre
- Treplanskryds med fordelerring, se figur 3.6
- Forbindelsesanlæg, se figur 1.3.

Etplanskrydsene, der indgår i toplanskrydsene ved tilslutning til de underordnede veje, udformes i overensstemmelse med anvisningerne i de relevante håndbøger ”Prioriterede vejkryds i åbent land”, ”Rundkørsler i åbent land” og ”Signalregulerede vejkryds i åbent land”.

3.2 Tilslutningsanlæg

Denne form for toplanskryds indebærer anvendelse af etplanskryds ved begyndelsen eller slutningen af ramperne.

Etplanskrydsene, også kaldet rampekryds, kan være prioriterede kryds, rundkørsler eller signalregulerede kryds. De anvendes i tre typer af tilslutningsanlæg:

- ruderanlæg
- S- og b-anlæg
- toplanskryds med fordelerring.

Disse tre typer beskrives i afsnit 3.2.1 – 3.2.5.

For at minimere risikoen for spøgelsesbilister bør der vælges tilslutningsanlæg, hvor rampernes retning svarer til geografien. Derfor bør ruderanlæg og S-anlæg foretrækkes, mens der skal være specielle grunde til at vælge B-anlæg, f.eks. en dobbeltrettet sti gennem rampekrydsene, terrænforhold, bebyggelse mv.

I et rampekryds bør der af hensyn til vejvisningen og risiko for spøgelsesbilister ikke være mere end 4 vejgrene i en eventuel rundkørsel.

Vejvisning udformes, så kun et kryds ad gangen vises.

3.2.1 Ruderanlæg

Ruderanlægget er godt ved lave mængder af svingende trafik. Ruderanlægget har den fordel, at arealforbruget er mindst, og at ramperne er så enkle som muligt. Ruderanlægget har også den fordel, at rampernes retning svarer til geografien. Ulempen er, at alle krydsets fire kvadranter tages i brug, hvilket i vanskeligt terræn, og specielt i bebyggede områder, kan give problemer, herunder uheldige miljøpåvirkninger.

Ruderanlæg har den fordel, at de er relativt billige, fordi der kun kræves én bro, men det skal overvejes fra starten, om der er eller senere vil blive behov for kanalisering på broen, da det vil blive dyrt at udvide broen i en senere fase.

Den almindelige udformning af rudieranlægget som vist på figur 3.2 medfører svingmanøvrer til og fra den underordnede vej i forsatte, prioriterede T-kryds. Prioriterede firevejskryds bør undgås.

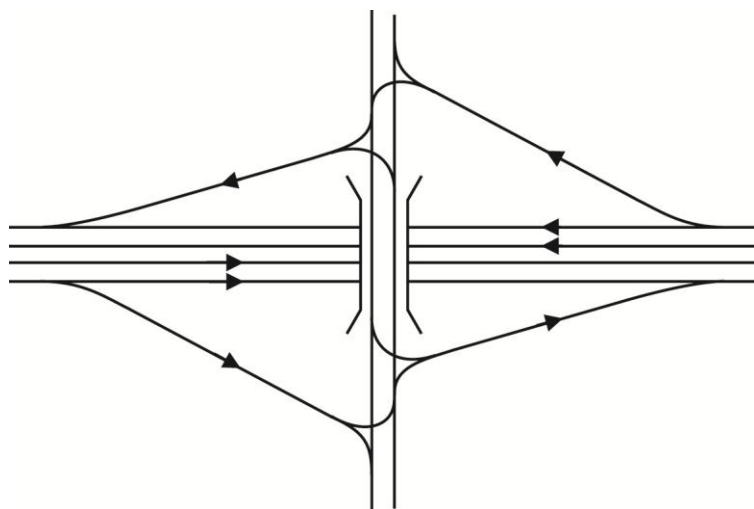
Forsætningen som vist på figur 3.2 indebærer, at den venstresvingende trafikstrøm på den underordnede vej får vigepligt for den venstreindsvingende trafikstrøm fra rampen. Det kan få afgørende indflydelse på krydssets kapacitet og eventuelle kødannelser.

I stedet for forsatte kryds bør det overvejes at anvende rundkørsler, se figur 3.5 til venstre. Rundkørsler giver større kapacitet for ramperne og bedre trafiksikkerhed og dæmper hastigheden på den underordnede vej. Rundkørsler stiller også mindre krav til oversigt hen over broen og kan spare et eventuelt svingspor på broen. Til gengæld nedsætter rundkørsler fremkommeligheden på den underordnede vej. Som en variant kan det vælges kun at etablere rundkørsel i det ene rampekryds.

Anvendelse af signalregulerede kryds skal også overvejes. Signalkryds giver generelt en god trafikafvikling og giver mulighed for at styre de enkelte strømme, så der f. eks. ikke opstår uacceptable kødannelser på frakørselsramperne. Normalt medfører signalregulering af det ene rampekryds, at også det andet bør signalreguleres, og at de to signalanlæg samordnes.

Anlæg med en rundkørsel i det ene rampekryds og et signalreguleret kryds i det andet rampekryds er en løsning, som også skal overvejes. For netop trafikstyringen i et signalreguleret vejekryds kan også bruges til i en vis grad at styre trafikafviklingen i rundkørslen og undgå kødannelser mellem de to kryds.

Det er vigtigt at fastlægge en strategi for fremtidige udbygninger af rampekrydsene, således at krydsene fremtidssikres bedst muligt.



Figur 3.2 Rudieranlæg, principskitse.

3.2.2 S-anlæg

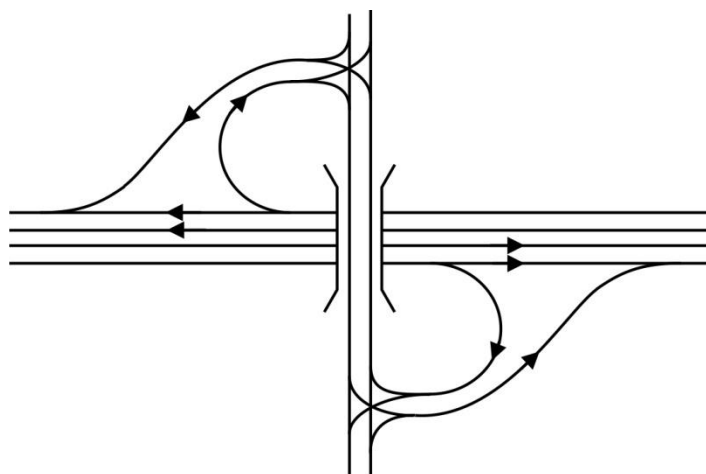
Et S-anlæg kan bruges ved de samme trafikmængder som rudieranlæg, især hvor det er vanskeligt at få plads, og hvor det ikke er muligt at bruge alle fire kvadranter. Etplanskrydsene, se figur 3.3, består traditionelt af kanaliserede T-kryds, men kan udformes som rundkørsler eller signalregulerede kryds. Rundkørsler giver større kapacitet for ramperne og bedre trafiksikkerhed, idet de dæmper hastigheden på den underordnede vej. Rundkørsler stiller også mindre krav til oversigt

hen over broen og kan spare et eventuelt svingspor på broen. Til gengæld nedsætter rundkørsler fremkommeligheden på den underordnede vej. Som en variant kan det vælges kun at etablere rundkørsel i det ene rampekryds.

Anvendelse af signalregulerede kryds skal også overvejes. Signalkryds giver generelt en god trafikafvikling og giver mulighed for at styre de enkelte strømme, så der f. eks. ikke opstår uacceptable kødannelser på frakørselsramperne. Normalt medfører signalregulering af det ene rampekryds, at også det andet bør signalreguleres, og at de to signalanlæg samordnes.

Anlæg med en rundkørsel i det ene rampekryds og et signalreguleret kryds i det andet rampekryds er en løsning, som også skal overvejes. For netop trafikstyringen i et signalreguleret vejekryds kan også bruges til i en vis grad at styre trafikafviklingen i rundkørslen og undgå kødannelser mellem de to kryds.

Det er vigtigt at fastlægge en strategi for fremtidige udbygninger af rampekrydsene, således at krydsene sikres til fremtidige udbygninger.



Figur 3.3 S-anlæg, principskitse.

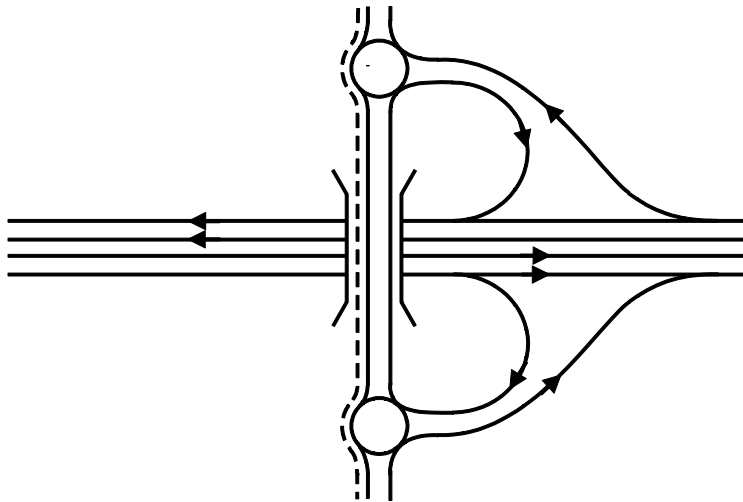
S-anlæg udformes, så tilkørselsrampernes retning svarer til geografien. Dette betyder, at frakørselsramperne bliver sløjferamper, og disse skal derfor udformes, så trafikanterne tydeligt kan opfatte den rigtige hastighed.

Anvendelse af S-anlæg eller B-anlæg kan også imødekomme et ønske om at undgå store venstresvingende trafikstrømme i rampekrydsene i ruderanlæg, fordi de kan ændres til højresvingende trafikstrømme i S-anlæg eller B-anlæg. Endvidere vil rampekrydssets udformning som et almindeligt T-kryds med trafik i begge retninger på den underordnede vej formindske risikoen for, at der optræder spøgelsesbilister.

3.2.3 B-anlæg

B-anlæg bør normalt ikke anvendes, fordi den ene af tilkørselsramperne ikke vil få en retning, der svarer til geografien. Et B-anlæg kan dog være den eneste mulige løsning på steder, hvor den overordnede vej har stor hældning, eller hvor arealet på den ene side af den underordnede vej ikke er til rådighed.

Et B-anlæg med alle tilslutningsramper på samme side af den underordnede vej giver mulighed for at føre en dobbeltrettet gang- og cykelsti konfliktfrit gennem tilslutningsanlægget, se figur 3.4.

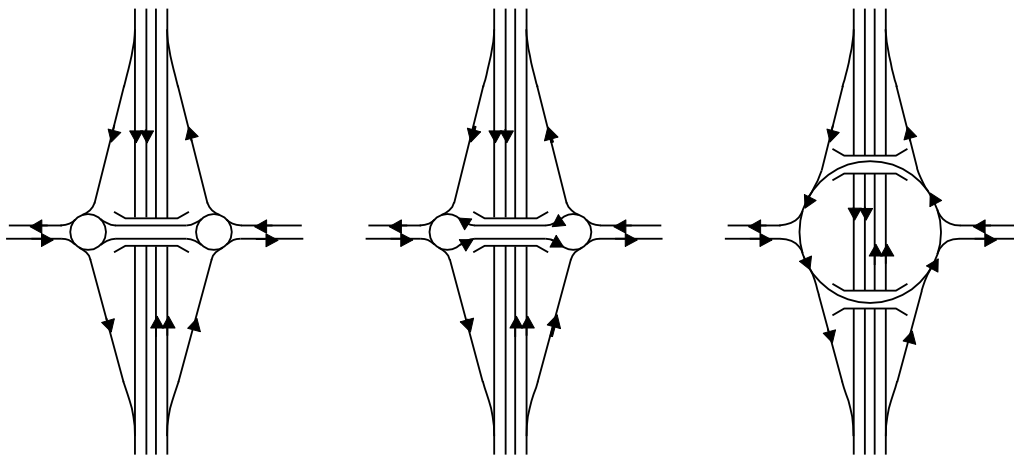


Figur 3.4 B-anlæg med dobbeltrettet sti, principskitse.

3.2.4 Knogleanlæg og fordelerring

I forhold til en udformning med en rundkørsel i hvert af de to rampekryds, som kun kræver én bro, se figur 3.5 til venstre, kan de to rundkørsler smelte sammen hen over broanlægget, hvor der også kun er én bro (knogleanlæg), se figur 3.5 i midten. Denne udformning giver færre vigepligter og et enklere kryds.

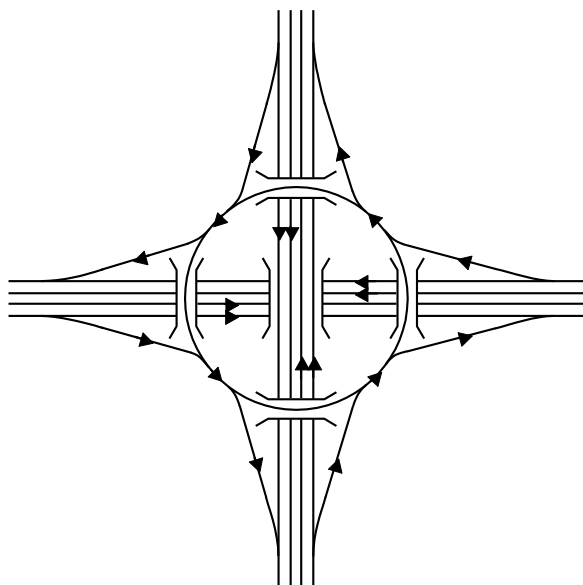
Tilslutningsanlægget kan også udformes med en enkelt stor rundkørsel (fordelerring), se figur 3.5 til højre. Lige som knogleanlægget giver denne udformning færre vigepligter og et enklere kryds, men højere hastighed, så der vil være større risiko for, at trafikanten ledes i den forkerte retning på den overordnede vej. Endvidere kræves to broer.



Figur 3.5 Ruderanlæg med to rundkørsler, knogleanlæg og fordelerring, principskitser.

Hvor to vigtige veje krydser hinanden og et forbindelsesanlæg ikke kan forsvares økonomisk eller pladmæssigt, kan et treplanskryds med fordelerring overvejes, se figur 3.6. Fordelerringe kan dog på baggrund af hastigheder og radier give problemer med etablering af stopsigt i forhold til brorækværker.

Meget store fordelerringe kan give konflikter på grund af de høje cirkulationshastigheder sammenholdt med de korte afstande mellem beslutningspunkterne og kan også give vejvisningsproblemer. Store rundkørsler anbefales derfor ikke generelt ved nyanlæg. Der findes dog eksempler på velfungerende fordelerringe.



Figur 3.6 Treplanskryds med rundkørsel (fordelerring), principskitse.

Ulempen ved treplanskryds er, at der skal bygges mange broer, og at hvis de svingende trafikstrømme bliver større end forventet, kan køddannelser på rundkørselens tilfarter medføre problemer med afvikling af trafikken. Køddannelser kan eventuelt afhjælpes ved anlæg af shunts (separate højresvingsspor uden om rundkørslen). Ekstra spor i cirkulationsarealet bør overvejes, før der etableres signalregulering.

3.2.5 Varianter

Der kan forekomme varianter af de ovenfor omtalte udformninger af tilslutningsanlæg, hvor ikke alle svingbevægelser behøver at være mulige, f.eks. et halvt rudernlæg.

3.3 Forbindelses anlæg

Denne form for toplanskryds omfatter ikke brug af etplanskryds, men giver ved anvendelse af forbindelsesramper alle svingende trafikstrømme en uafbrudt bevægelse fra den ene gennemgående vej til den anden. Ind- og udletningsmanøvrerne gøres så sikre og forståelige som muligt ved god udformning og ved effektiv afmærkning og vejvisning. En vurdering heraf indgår i planlægningsprocessen, se afsnit 2.2.

3.3.1 Forbindelses anlæg i T-kryds

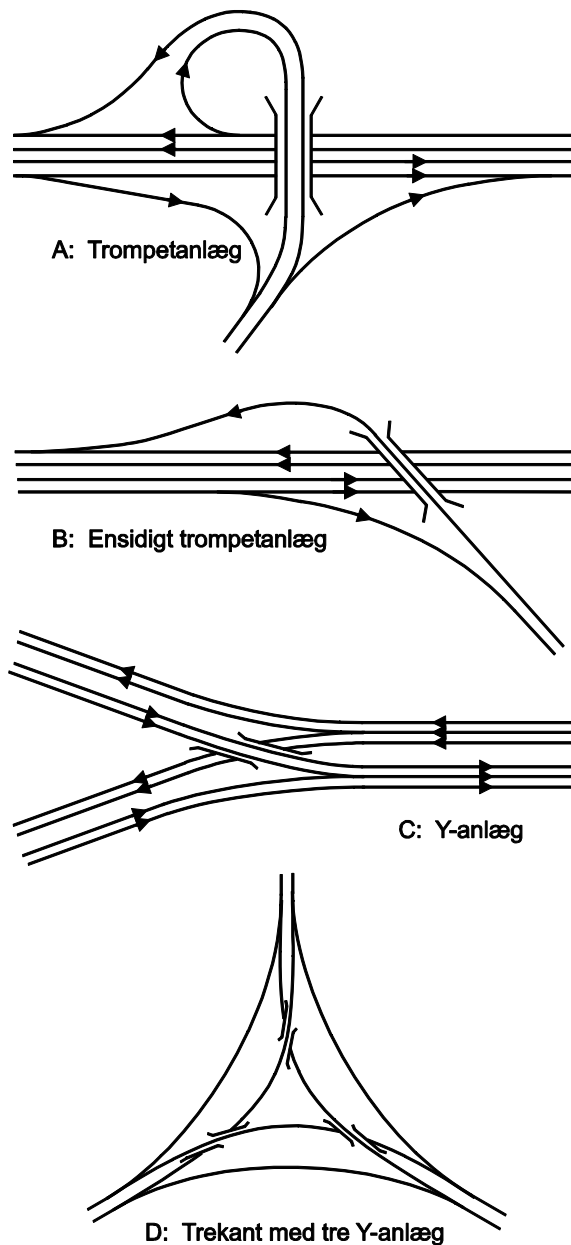
Figur 3.7 viser fire forskellige forbindelses anlæg i T-kryds.

Eksempel A (trompetanlæg) bør udformes, så det uden ændring af det eksisterende kan udbygges til et firevejsanlæg, dog kun hvis det vurderes som et muligt fremtidigt behov. Eksempel B (ensidigt trompetanlæg) viser et forbindelses anlæg med begrænsede svingmuligheder mellem en overordnet og en underordnet vej. Den overordnede vej er gennemgående, og fra- og tilkørsel sker ved normale flettemanøvrer. Det tillader høj hastighed med et begrænset arealforbrug. Det

kræver imidlertid en kostbar skæv bro og udelukker fremtidig udbygning til flere svingbevægelser eller til et firevejsanlæg.

Eksempel C (Y-anlæg) er et forbindelsesanlæg mellem to overordnede veje af nogenlunde samme betydning udført uden ramper, men med forgrening og sammenløb af ensrettede kørebaner efter det direkte princip. Det har en geometrisk udformning, der gør det muligt at opretholde samme hastighed i Y-anlægget som på den frie strækning.

Eksempel D viser tre Y-anlæg kombineret til et overordnet forbindelsesanlæg, hvor alle svingbevægelser er mulige med meget høj standard, men med et stort arealforbrug.



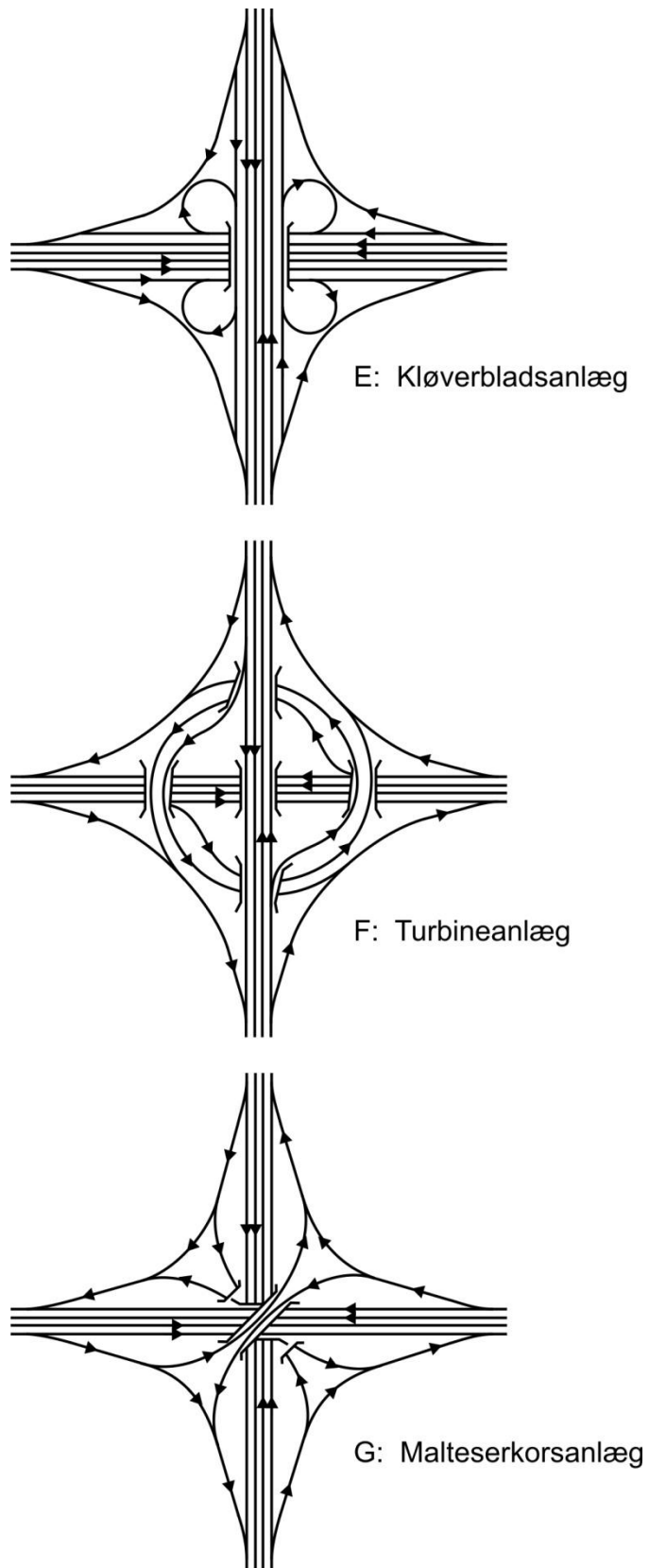
Figur 3.7 Typiske udformninger af forbindelses anlæg i T-kryds, principskitser.

3.3.2 Forbindelses anlæg i firevejskryds

Figur 3.8 viser tre forskellige forbindelses anlæg i firevejskryds mellem to overordnede veje.

Eksempel E (kløverblads anlæg) i to planer er den traditionelle udformning af et forbindelses anlæg i et firevejskryds mellem to overordnede veje af nogenlunde samme betydning. Der er kun én (omend meget stor) bro, og arealforbruget er mindre end i eksempel F. Endvidere kan der i krydset foretages den manøvre, der i princippet svarer til U-vendinger. Eksemplet har i forhold til de to andre markant flere manøvre punkter (fire for højresvingende og otte for venstresvingende). Der er brugt sløjfer for alle venstresvingningsbevægelserne.

Eksempel F (turbine anlæg) i to planer bruger modkurver og har et lavt antal manøvrer (tre for højresvingende og fire for venstresvingende).



Figur 3.8 Typiske udformninger af forbindelsesanlæg i firevejskryds, principskitser.

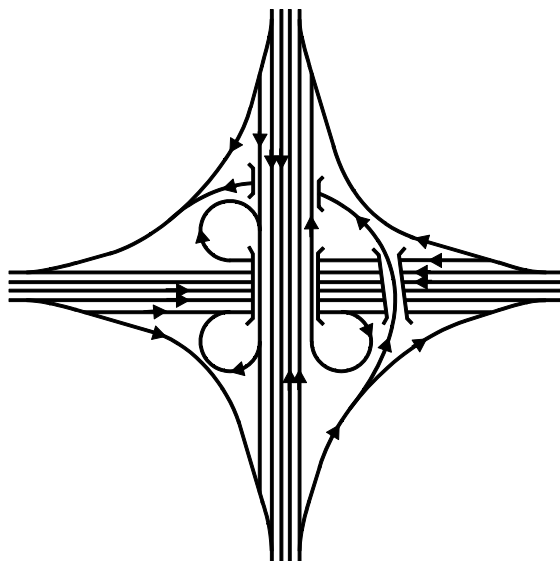
Eksemplet har to på hinanden følgende frakørsler væk fra den gennemgående kørebane og én tilkørsel for hver retning. En variant, som er en spejlvendt udgave, bruger én frakørsel og to tilkørsler. Disse skal placeres så langt fra hinanden som muligt for at undgå konflikter.

Én frakørsel fra den gennemgående kørebane og én tilkørsel bør foretrækkes. Det endelige valg af rute sker så på fordelingsstrækningen. Herved undgås forstyrrelser i den gennemgående trafik. Det vil ofte forudsætte en passende udformning med flere spor på fordelingsstrækningen, og pladsmæssige bindinger på stedet gør det ikke altid muligt at opfylde dette krav. Endvidere medfører det udvidede broanlæg, og at antallet af manøvrer forøges med ét for de højresvingende.

Eksempel G (malteserkorsanlæg) i fire planer har fordelene af, at arealforbruget er reduceret, at der ikke bruges sløjfer, og at der kun er ét (men kompliceret) bygværk. Ulemperne er, at anlægget er visuelt meget påtrængende, og at der er flere manøvrer end i eksempel F (fire for højresvingende og fire for venstresvingende). Eksemplet anvendes sjældent.

Yderligere ligger der beslutningspunkter lige efter, at man er passeret under broen. Kløverbladsanlægget opleves som vanskeligt at køre i og er derfor ikke egnet ved store venstresvingende trafikstrømme. De fire vekselsstrækninger bruges hver af to venstresvingende strømme, og her opstår hurtigt kapacitetsproblemer.

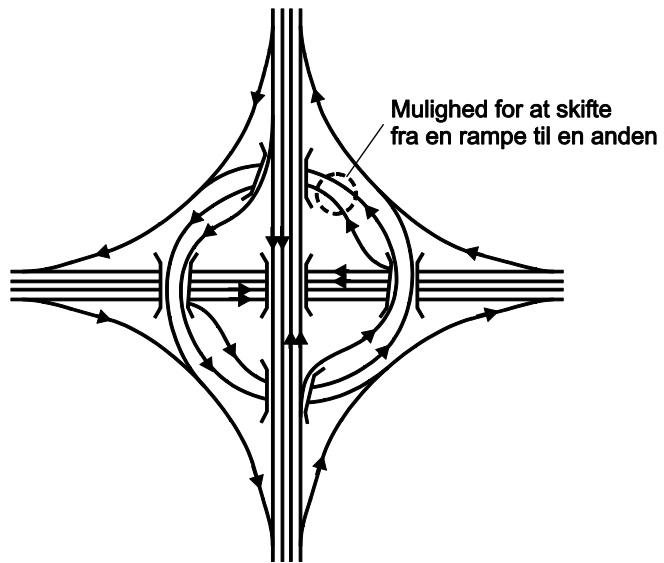
Som alternativ kan anvendes et modificeret kløverbladsanlæg, se figur 3.9, hvor en betydelig venstresvingende trafikstrøm ledes uden om snævre sløjferamper og flere rampeforgreninger og -sammenløb. Dette giver dog ikke mulighed for ovennævnte U-vending.



Figur 3.9 Kløverbladsanlæg tilpasset en større venstresvingende trafikstrøm ved hjælp af en halvdirekte rampe, principskitse.

Vendemulighed for vedligeholdelses- og redningskøretøjer

Bortset fra i kløverbladsanlæg kan man i forbindelsesanlæg normalt ikke foretage U-vendinger med vedligeholdelseskøretøjer såsom saltspredere. Derfor bør det overvejes, om der er behov for en "kortslutning" inden for forbindelsesanlægget for vedligeholdelses- og redningskøretøjer, se figur 3.10.



Figur 3.10 *Åbning for vedligeholdelses- og redningskøretøjer for at muliggøre U-vending, principskitse.*

4 ELEMENTERNE I ET TOPLANSKRYDS

4.1 Sporbalance

Antallet af kørespor styres af to principper:

- det grundlæggende antal spor
- sporbalance.

Overordnet bør længere motorvejsstrækninger tildeles et bestemt antal kørespor af hensyn til konsistens, trafikantforventninger og vejvisning. Hvor der lokalt er brug for flere spor, tilføjes og fjernes disse som parallelspor. Når det overordnede sporantal er fastlagt, skal tilkørsler og fra-kørsler sporantal bestemmes ud fra kapacitets- og serviceniveaubetragtninger.

Ideelt set skal en komfortabel, konfliktfri og sikker kørsel opretholdes gennem hele krydset og især gennem ud- og indfletningsområderne, som erfaringsmæssigt er de farligste områder på overordnede veje bortset fra rampekryds.

Det betyder, at antallet af kørespor på den gennemgående vej og rampen tilsammen efter en frakørsel henholdsvis før en tilkørsel højst må være én mere end antallet af kørespor på den gennemgående vej før en frakørsel henholdsvis efter en tilkørsel, se figur 2.5. Kørebaneafmærkningen og tavleafmærkningen skal tilrettelægges, så det er tydeligt for trafikanterne, hvordan sporene er disponeret, og hvor antallet af kørespor skifter.

Sporbortfald på den overordnede vej gennem et toplanskryds, dvs. ét spor mindre på strækningen mellem frakørsel og tilkørsel end på den frie strækning før og efter krydsområdet, kan ikke anbefales af kapacitets- og trafikikkerhedsmæssige grunde, se afsnit 6.7. En sådan udformning kan skabe forvirring og fejlmanøvrer for den gennemgående trafik. Selv om trafikmængden normalt er reduceret gennem tilslutningsanlægget, kan den forøges i særlige situationer. F.eks. kan de opstå som følge af lukning af parallelveje eller lukning af frakørslen som følge af trafikuheld eller vejarbejde.

Sporbortfald og sportilføjelse kan kun anbefales anvendt, når sporantallet på en gennemgående kørebane skal formindskes eller forøges med ét spor som følge af toplanskrydsets samlede indflydelse på trafikintensiteten på den gennemgående vej. Den konkrete udformning af fra- eller tilkørslen bør vælges under hensyn til den ud- eller indflettende trafiks mængde og sammensætning. Hvor trafikintensiteterne er beskedne, bør den svare til udformningerne i figur 7.2 A og 7.7 A.

Hvis sporbortfald undtagelsesvis gennemføres ved frakørsler, skal de udføres som beskrevet i afsnit 7.10. Ved sammenløb udføres sporbortfaldet normalt som vist i figur 8.6.

4.2 Parallelspor

Hvor store trafikstrømme, tæt på kapacitetsgrænsen, skal flette ind på eller ud fra den overordnede vej i et toplanskryds, kan der opstå turbulens med korte afstande mellem bilerne og pludselige opbremsninger. Det kan være nødvendigt at overveje at tilføje et parallelspor for lokalt at give ekstra kapacitet. Dette beskrives nærmere i afsnit 7.1 og 7.2.

Hvis andelen af tunge køretøjer er større end 10 % ved en tilkørsel, der ligger på en stigning med en gradient over 20 ‰ og inden for 500 m fra den foranliggende bakketop, bør det overvejes at etablere et parallelt tilkørselsspor og forlænge det til bakketoppen for at give de indflettende trafikanter mulighed for at tilpasse deres hastighed til trafikken på den gennemgående kørebane.

Parallelspor kan ikke anbefales som frakørsel til sløjferamper i tilslutningsanlæg. Det skyldes, at denne udformning fremmer høj hastighed og øger risikoen for at trafikanterne mister herredømmet ved sløjferampens begyndelse.

4.3 Fordelingsstrækninger

Fordelingsstrækninger kan begrænse antallet af direkte tilslutninger til den gennemgående vej med det formål at lette fletteproblemer og bevare en uforstyrret trafikstrøm med høj kapacitet på den gennemgående vej. Fordelingsstrækninger kan også bruges til at flytte en tilslutning fra et umuligt eller farligt sted på den gennemgående vej.

4.4 Vekselstrækninger

Vekselstrækninger dimensioneres med hensyn til længde og sporantal i henhold til en kapacitetsberegning. Vekselstrækningers dimensioner afhænger foruden af trafikbelastningen også af planlægningshastigheden.

Ved kapacitetsberegningen af vekselstrækninger vil de givne trafikintensiteter sammen med de veksellængder, det er muligt at opnå, ofte medføre behov for et antal spor på flettestrækningen, der ligger mellem to hele tal. Hvorvidt der rundes op eller ned, er en vigtig beslutning, som skal overvejes grundigt.

Det kan i den forbindelse være værd at overveje følgende:

- Antal spor der er nødvendige for indfletning og udfletning.
- Om usikkerheden på de forventede trafikmængder kan tale for at runde op (fra 2 til 3 spor).
- På veje med udflugts- og ferietrafik kan andelen af ikke-stedkendte trafikanter være høj og deres adfærd være mindre effektiv end for pendlere ved den samme trafikintensitet.
- I bebyggede områder vil ekstra areal være vanskeligt og dyrt at erhverve.

4.5 Tilkørsler

Den indflettende trafik bør kanaliseres ind i tilkørslen, så en sikker og komfortabel indfletning kan finde sted. I den anledning bør der foretages en kapacitetsberegning af tilkørslen.

Hvis den indflettende trafik sammen med trafikken på den gennemgående kørebanes højre spor derved viser sig at overstige kapaciteten for ét spor, bør et parallelspor føjes til den gennemgående kørebane. Hvis der er flere end ét rampespor, bør i så fald hvert enkelt af de disse spor indflettes separat, og der bør være en afstand imellem tilkørslerne, så den gennemgående trafik kan tilpasse sig situationen.

Hvor trafikstrømmene er tæt på kapacitetsgrænsen både på rampen og på den gennemgående vej, bør der ved hjælp af parallelspor sikres tilstrækkelige flettemuligheder.

Sporantallet bestemmes ved en kapacitetsberegning. Her er det vigtigt ikke at overdimensionere, både fordi det er dyrt og fordi det kan føre til ukontrolleret indfletningsadfærd.

Skæve trafikstrømme

Inden for toplanskryds kan der være behov for at flette trafikstrømme sammen, f.eks. hvor den indflettende trafik fra højre er større end eller lig med trafikken på den gennemgående kørebane. Erfaringerne viser, at den gennemgående kørebanes trafik skal prioriteres. Hvis den indflettende trafikstrøm overstiger kapaciteten for et enkelt spor i tilkørslen, vil der være behov for en sportilføjeelse.

Under alle omstændigheder skal det sikres, at tunge køretøjer kan nå frem til deres normale placering på den gennemgående vej på en sikker og hurtig måde. Andre afviklingsproblemer har vist sig, hvor det indflettende spor fra højre har et langt fald mod tilkørslen, og hvor det gennemgående spor har en stigning med forskelle i hastighed i tilkørslen til følge. Denne udformning må derfor frarådes.

4.6 Frakørsler

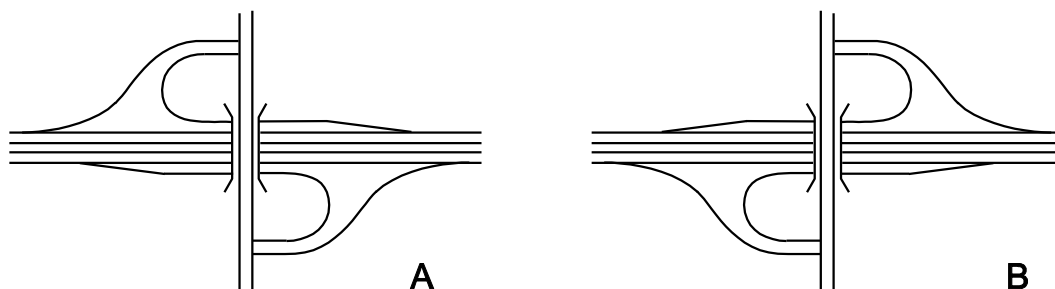
Trafikken bør kunne forlade den gennemgående vej så nemt som muligt. Det bør sikres bedst muligt, at eventuelle køddannelser fra krydset med den underordnede vej ikke når ud på den overordnede vej.

Hvor den udflettende trafik overstiger kapaciteten for ét spor, og trafikintensiteten på den overordnede vej er stor, bør der etableres ekstra muligheder for at forlade den gennemgående kørebane i tide ved hjælp af parallelspor. Hvor der er risiko for køddannelse tilbage på den gennemgående kørebane, bør rampekrydsets kapacitet søges forøget. Hvis dette ikke er muligt eller tilstrækkeligt, bør der etableres parallelspor i frakørslen.

Sporantallet og udformningen bestemmes ved en kapacitetsberegning.

4.7 Ramper

Ramper bør udføres, så tilkørselsramperne svarer til geografien. Dette betyder, at udformningen i figur 4.1 A foretrækkes frem for figur 4.1 B. Herved bliver frakørselsrampen en sløjferampe, og den skal derfor udformes omhyggeligt for at minimere uheld, som kan forårsages af den kraftige hastighedsnedsættelse, som er nødvendig, før man kører ind i sløjferampen, se afsnit 4.8.



Figur 4.1 Alternative anvendelser af sløjferamper, principskitser.

Ramper er altid ensrettede. To ensrettede ramper i hver sin retning kan forløbe parallelt som f.eks. i S-anlæg og i trompetanlæg. I så fald skal de to retninger være adskilt fysisk med rabat med autoværn. Sikkerhedsundersøgelser af sløjferamper, se afsnit 2.6.6, viser øget uheldsrisiko ved dobbeltrettede ramper uden midteradskillelse, og resultaterne viser, at en fysisk adskillelse forbedrer sikkerheden og forhindrer frontalkollisioner.

Uheldsrisikoen på ramper er nogenlunde den samme, hvad enten den overordnede vej føres over eller under den underordnede vej. Såfremt den underordnede vej føres over den overordnede vej, vil det være lettere for rampetrafikken at reducere hastigheden efter udfletningen og at nå op på den rette hastighed ved indfletning.

På ramper bør der aldrig forekomme sidevejstilslutninger eller overkørsler til ejendomme.

Enkeltsporede ramper

Enkeltsporede rampestrækninger i forbindelsesanlæg har betragtelige fordele i pris i forhold til tosporede, især i anlæg med lange broer. De har også afviklingsmæssige fordele ved skæve trafikintensiteter på tilkørslerne, se afsnit 4.5. Ved lange tilkørselsramper bør det dog overvejes at anlægge to spor af hensyn til hurtigt accelererende biler.

Omvendt må man, hvis de forventede trafikstrømme er i nærheden af den dimensionsgivende kapacitet, vurdere usikkerheden på prognoseberegningen, idet prisen for at tage fejl er særdeles betydelig. Den kan blokere for senere ombygning til en tosporet strækning.

Hvis nødsporet på en enkeltsporet rampe ikke kan bære trafikken under vejarbejdet, er det endvidere en ulempe ved en enkeltsporet rampe, at den eventuelt skal lukkes i forbindelse med vejarbejder.

4.8 Sløjferamper

Minimumsradius for sløjfer skal, for at opretholde sikkerheden, være større for motorveje, end den er for veje for alle trafikarter, se afsnit 2.6.6 om resultatet af engelske undersøgelser. Resultaterne viste også, at sløjfer i frakørsler kræver større radius end sløjfer i tilkørsler.

For de mindre radier er advarselsforanstaltninger nødvendige for at opretholde sikkerheden. Følgende punkter skal overvejes:

- Tydelig oversigt over sløjfens forløb, herunder anvendelse af konkavt længdeprofil, specielt forbi underføringer
- Vejledende hastighedsbegrænsning og/eller kurvevarsling og baggrundsafmærkning
- Breddeudvidelse af køresporene på sløjferne i overensstemmelse med tabellerne figur 6.14
- Korrekt brug af maksimal sidehældning
- Autoværn på ydersiden
- Fysisk adskillelse af modsatrettede trafikstrømme og autoværn i midterrabatterne
- Belysning

- Særligt skridsikker belægning.

4.9 Rampekryds

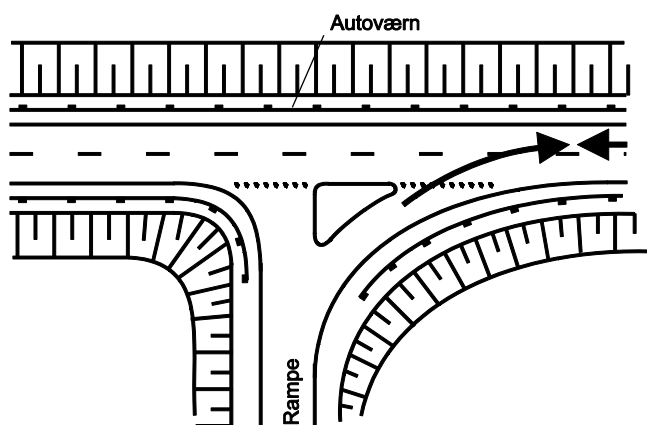
4.9.1 Udformninger

Hvor trafikanter forlader ramper, der er stigende efter frakørslen, kan det være vanskeligt at overskue det efterfølgende rampekryds, hvis det er udformet som et prioriteret T-kryds. Derfor kan være vanskeligt at overskue, og rampekrydset bør ikke være udformet dynamisk, så det ikke indbyder til relativt høje hastigheder i krydsmanøvrerne.

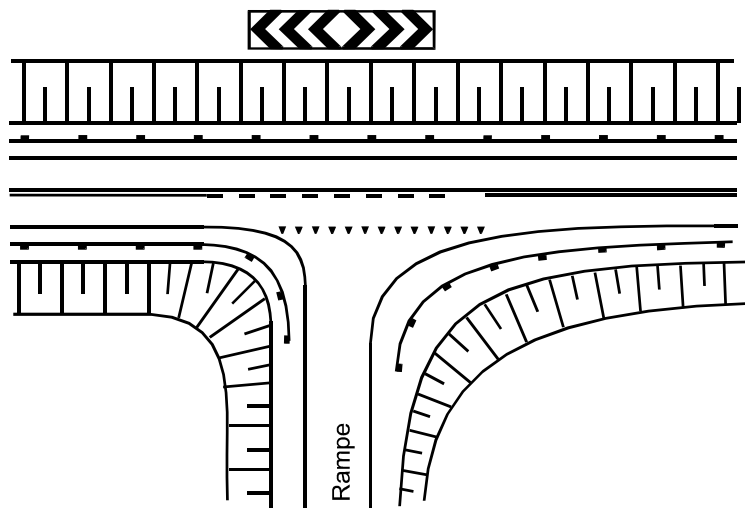
Trekant heller og højreindsvingsspør og det, at trafikanten netop har forladt en 4-sporet vej, kan være medvirkende til, at autoværnet på den modsatte side opfattes, som om det står i en midter-rabat.

Derved kan den underordnede vej opfattes som 4-sporet, hvilket kan forlede højreindsvingende køretøjer til at køre direkte over i det modgående kørespor, se figur 4.2. Denne effekt har især vist sig i kryds, hvor trafikanterne har kørt lange strækninger på overordnede veje, som er fuldt separerede.

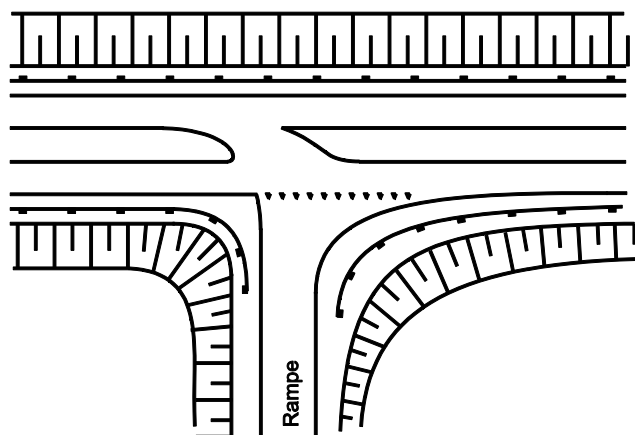
På sådanne steder bør rampekrydsene udformes som rundkørsler. Hvis dette ikke er gennemførligt, må rampekrydset udformes som et prioriteret kryds med så vinkelret udformning som mulig, se figur 4.3, eller med midterhelle på den underordnede vej, hvorved spøgelsesbilister mere effektivt forhindres, se figur 4.4.



Figur 4.2 Uheldig dynamisk udformning af et rampekryds, principskitse.



Figur 4.3 *Simpel og tydelig udformning af rampekryds, principskitse.*



Figur 4.4 *Kanaliseret udformning af rampekryds, principskitse.*

4.9.2 Afmærkning på ramper og i rampekryds

Afmærkningen i rampekrydset (vejtavler og kørebaneafmærkning) udføres som anført i håndbøgerne om etplanskryds, afhængigt af krydstypen.

Tavleafmærkningen på eller for enden af rampen må ikke opsættes således, at den skaber forvirring hos trafikanter, som ikke har til hensigt at benytte rampen og derfor skal fortsætte ligeud på den overordnede vej. F.eks. gælder det signalanlæg i rampekryds, hvor lanternerne skal indstilles, så de ikke retter sig mod trafikanter, der skal ligeud på den overordnede vej, eller forbudstavler, f.eks. hastighedsbegrænsningstavler, som kun gælder rampetrafikanterne.

Diagramorienteringstavler, f.eks. før rundkørsler i rampekryds, placeres på rampestrækningen, således at den ikke kan ses fra motorvejen. Hvis tavlen placeres tættere på krydset end 150 – 250 m fra vigelinjen, skal afstanden angives på tavlen. Endvidere opsættes de således, at refleksionerne fra de ligeudkørendes billygter reduceres mest muligt, f.eks. ved at dreje tavlen 5 – 10° ind mod rampetrafikanten og 5 – 10° ned mod jorden. Her anvendes en skriftstørrelse på 143 mm.

Der bør ikke anvendes pile på rampen i tilfarten før rundkørsler. Hvis der anvendes ligeudpil på rampen i tilfarten før almindelige prioriterede kryds, skal den placeres mindst 50 m før vigelinjen for at undgå, at trafikanterne får opfattelsen af, at de skal køre ligeud og glemmer, at de kører mod et vejkryds.

4.9.3 Spøgelsesbilister

Hvor der er etableret ramper med ensretning, skal disse sikres mod spøgelsesbilister.

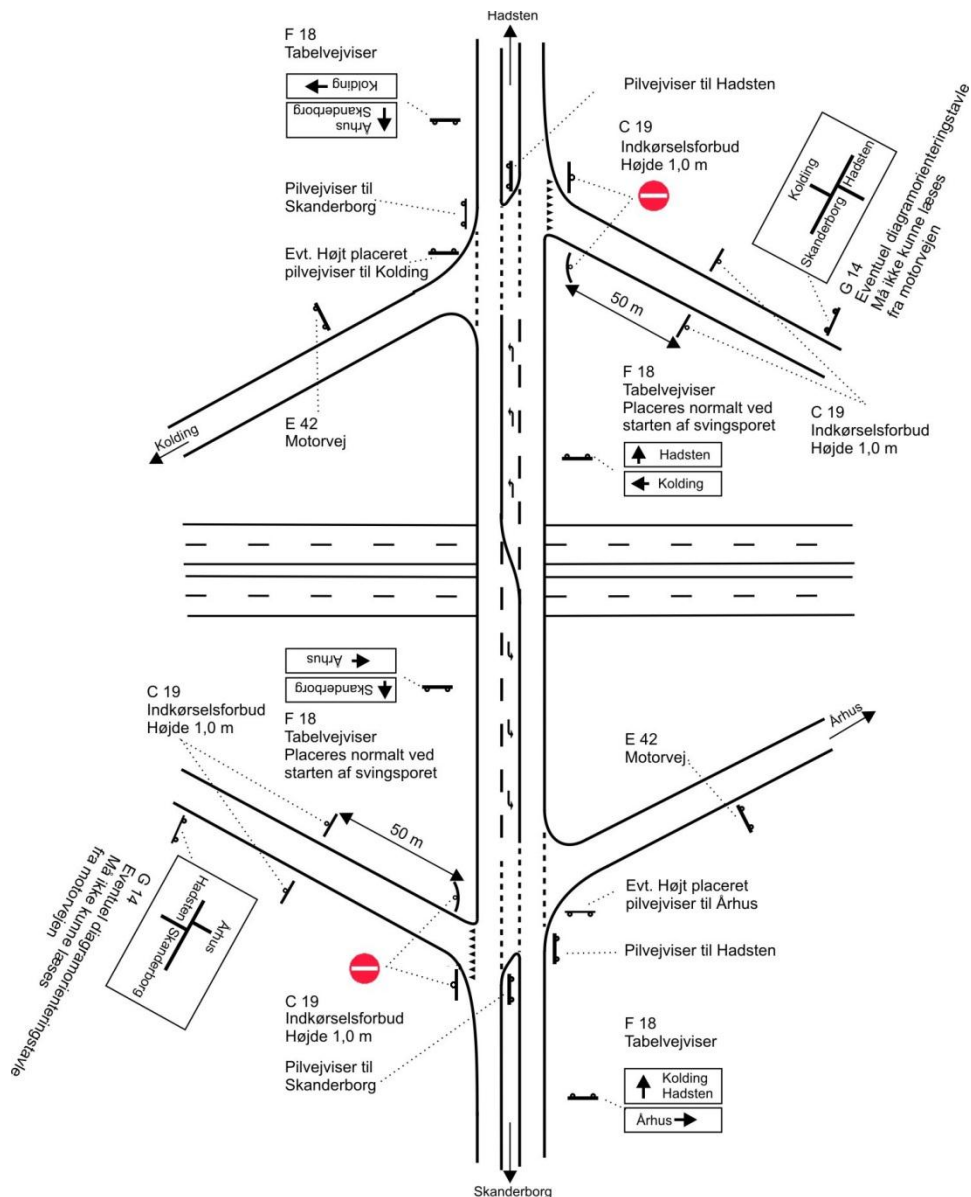
Først og fremmest skal den geometriske udformning af tilslutningen, hvor trafikanten kan vælge forkert, udformes afvisende over for trafikanter, der forsøger at svinge ind på rampen. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 2.6.

Tavler skal være rigtigt placerede, læsbare og forståelige. Hvor der er valgmulighed mellem skriftstørrelser, vælges den større af hensyn til ældre bilister.

Tabelvejvisere bør foretrækkes og bør opsættes på den skærende vej efter det princip, som er vist på figur 4.5. Tabelvejviseren skal placeres i landfæstet lige efter broen, også selvom den herved kommer meget tæt på rampekrydset; men den må ikke placeres, så den er til gene for rampetrafikantens oversigt.

Før rundkørsler anvendes i stedet for tabelvejviseren en diagramorienteringstavle. Tavlen må kun vise én rundkørsel.

Trafikanternes mulighed for at læse tavleinformation, herunder versalhøjden, skal tilpasses hastigheden på den skærende vej.



Figur 4.5 Eksempel på principafmærkning på den skærende vej i et ruderanlæg.

Pilvejviserne ved tilkørselsrampen gøres tydelige, læsbare og placeres med en højde, så de ikke skjules af forankørende biler. Her anvendes en skriftstørrelse på mindst 170 mm. Der henvises til typetegning for nr. 24080 F12-Pilvejvisere, Ramper ved motorvej, i Vejdirektoratets Standarder og paradigmer.

Orienteringstavlen E 42, motorvej, placeres i højre side af tilkørselsrampen. Der henvises til typetegning nr. 24042 E42-Tavle, På motorvejsrampe, i Vejdirektoratets Standarder og paradigmer.

Forbudstavlen C 19, indkørsel forbudt, placeres i begge sider af frakørselsrampen og tydeligt vendt mod trafikstrømmen. Der opsættes et sæt tavler i begge sider af rampetilslutningen med en højde på ca. 1,0 m, og et sæt tavler gentages ca. 50 m fra rampekrydset, se figur 4.5. Der henvises til typetegningerne for Spørgelsesforanstaltning på rampe nr. 24074 I normal situation ved vigepligtsskryds og signalanlæg, Placering af B11, C19 og pile, og nr. 24075 I normalsituation ved rund-

kørsel, eksisterende anlæg og B-anlæg, Placering af B11, C19-Tavler og pile, i Vejdirektoratets Standarder og paradigmer.

Afmærkningen på kørebanen skal understøtte geometrien og være sammenhængende og tydelig. Længden af den punkterede kantlinje ud for frakørselsrampens tilslutning bør ikke være større end nødvendig, fordi det er tilladt rampetrafikanten at krydse afmærkningen, se figur 4.3. Afmærkningen på tilkørselsrampens tilslutning udformes derimod tydeligt inviterende.

5 FREMKOMMELIGHED

5.1 Generelt

Fremkommeligheden i toplanskryds vurderes ved at analysere fremkommeligheden i hvert enkelt af følgende dele af krydset:

- de gennemgående veje
- rampestrækningerne
- til- og frakørslerne inkl. eventuelle parallelspor og sportilføjelser
- rampekrydsene.

For eksisterende toplanskryds viser erfaringer, at det ofte er i rampekrydsene, at der er dårlig fremkommelighed. Det er specielt vigtigt, at der sikres en tilstrækkelig god fremkommelighed i rampekryds, således at bagenden af en kø på frakørselsrampen ikke kommer tæt på frakørslen og den gennemgående kørebane. Dårlig fremkommelighed ved en tilkørsel er typisk forårsaget af, at den efterfølgende vejstrækning har for lav kapacitet til afvikling af den samlede trafik efter tilkørselsrampen.

5.2 Dimensionsgivende timetrafik

Grundlaget for dimensioneringen af toplanskryds er den dimensionsgivende timetrafik.

Den enkelte vejmyndighed vælger selv, ud fra dens egne målsætninger og afhængig af formålet og forholdene på stedet, for hvilken tidsperiode at trafikintensiteten skal beskrives.

Som udgangspunkt kan følgende dimensioneringsgrundlag anvendes:

- trafikveje i bytrafik: 30. største time
- regionale og fjerntrafikveje i åbent land: 50. største time
- fritids- og ferietrafik: 200. største time.

Den dimensionsgivende timetrafik kan korrigeres for trafikens variation over timen ved indregning af spidstimefaktor. Endvidere korrigeres for store køretøjer og for stigninger ved procentvist tillæg til timetrafikken, således at denne udtrykkes i antal personbilenheder, se tabellen figur 5.1. Timetrafikken sammenholdes herefter med vejens aktuelle kapacitet.

Andel store køretøjer %	Gennemgående vej		Rampe	
	Stigning < 20 ‰	Stigning ≥ 20 ‰	Stigning < 40 ‰	Stigning ≥ 40 ‰
5	6 %	13 %	9 %	15 %
10	13 %	25 %	18 %	30 %
15	19 %	38 %	26 %	45 %
20	25 %	50 %	35 %	60 %

Figur 5.1 Korrektion for store køretøjer og stigninger.

5.3 Kapacitet for gennemgående vej

Idealkapaciteten for en 2-sporet vej er 1.700 pe (personbilenheder) pr. time pr. retning og for en 4-sporet vej 4.600 pe pr. time pr. retning. Den aktuelle kapacitet for en vej findes ved at korrigere idealkapaciteten afhængigt af de faktiske forhold for vejen, f.eks. vedrørende køresporsbredde.

For 2-sporede veje er den aktuelle kapacitet endvidere afhængig af overhalingsmulighed og trafikens retningsfordeling i den dimensionsgivende time, og efter korrektion for overhalingsmulighed og retningsfordeling er den aktuelle kapacitet normalt højst 1.600 pe/time i mest belastende retning. Der henvises til håndbogen "Kapacitet og serviceniveau".

5.4 Dimensionsgivende trafik på ramper

Idealkapaciteten for en 1-sporet rampe med en længde på højst 1.400 m er 1.900 pe/time og for en 2-sporet rampe 4.600 pe/time. Den aktuelle kapacitet findes ved at korrigere for køresporsbredde, fri sidebredde og andelen af store køretøjer. Der henvises til håndbogen "Kapacitet og serviceniveau".

Tabellen figur 5.2 viser anbefalede tværprofiler for ramper afhængig af den beregnede dimensionsgivende trafikbelastning. Anbefalingerne sikrer, at trafikken på selve rampen under normale omstændigheder foregår ved et rimeligt godt serviceniveau, og at trafikken kan afvikles forbi et nedbrudt køretøj.

Med hensyn til tværprofiler for ramper henvises til håndbogen "Tværprofiler i åbent land" (2013).

Dimensionsgivende trafik (motorkøretøjer/time)	Tilkørselsrampe	Frakørselsrampe	Forbindelsesrampe/sløjfe
0 – 800	1 spor med nødspor		
800 – 1100	1 spor med bredt nødspor	2 spor uden nødspor	1 spor med bredt nødspor
1100 – 2800	2 spor med bredt nødspor		2 spor med bredt nødspor

Figur 5.2 Rampers tværprofil ved forskellige dimensionsgivende trafikintensiteter. Den dimensionsgivende trafik er beregnet for 10 % store køretøjer, spidstimefaktor på 0,85 og rampehældning < 40 %.

5.5 Kapacitet for til- og frakørsler

Kapaciteten for en til- eller frakørsel beregnes i henhold til håndbogen "Kapacitet og serviceniveau", afsnit 7.4. Der kræves kendskab til trafikken på den gennemgående kørebane og trafikken på rampen. Først undersøges det, om kapaciteten for den gennemgående kørebane før og efter til- og frakørslen er tilstrækkelig, og om rampen har tilstrækkelig kapacitet.

Såfremt der er 3 spor på den gennemgående kørebane i den pågældende retning, findes dernæst ved hjælp af en faktor, som er angivet "Kapacitet og serviceniveau", figur 7.3, andelen af trafik i det højre kørespor og i midtersporet. Kapaciteten for disse spor skal ligeledes være tilstrækkelig i forhold til trafikken. Middelhastigheden i fletteområdet kan herefter beregnes.

5.6 Kapacitet for rampekryds

Kapaciteten for rampekryds fastsættes i henhold til håndbogen "Kapacitet og serviceniveau". Man skal specielt være opmærksom på beregnede kølængder på rampekrydsets tilfart på frakørselsramper og på tilfarter mellem to rampekryds. Hvis køerne disse steder bliver for lange, kan trafikafviklingen i frakørslen eller i det andet rampekryds blive påvirket.

6 STRÆKNINGERS GEOMETRI

6.1 Hastighed

6.1.1 Gennemgående veje

Planlægningshastigheden for de gennemgående veje i krydsområdet er den samme som for de tilsvarende frie strækninger, med mindre der er hastighedsbegrænsninger, rundkørsler o.l.

6.1.2 Ramper

På ramperne derimod varierer planlægningshastigheden hen ad rampestrækningen afhængigt af, hvilke hastighedsniveauer der er gældende for de veje, som ramperne forbinder. Ramperne bør derfor ved udformning og afmærkning bibringe trafikanterne et klart indtryk af, hvilken adfærd der forventes af dem.

Planlægningshastigheden bør skiltes som en hastighedsgrænse eller en anbefalet hastighed, og følgen af forskellige hastigheder skal være letforståelig. Af den grund bør der i projekteringen tages udgangspunkt i et begrænset antal forskellige hastighedsniveauer, typisk aftagende i spring på 20 km/h fra hastigheden på den overordnede vej. Som grundlag for projekteringen bør der udarbejdes skitser, der viser hastighedsfordelingen, se eksemplerne i figur 6.2 og 6.3. Der bør her lægges vægt på at give trafikanterne ensartede oplevelser af ensartede anlæg ved at sørge for, at disse får ensartede hastighedsprofiler.

I frakørsels- og tilkørselsområder er hastigheden bestemt af hastigheden på den gennemgående kørebane, og i rampekryds er den ofte ensbetydende med standsning eller tæt på standsning på grund af trafikreguleringen i form af signalanlæg eller vigepligt. Desuden kan ramperne have kurvede forløb, hvor planlægningshastigheden er bestemt af horisontalkurvens geometri.

På de mellemliggende strækninger skal trafikanterne ændre hastigheden enten opad eller nedad for at tilpasse den til den næste delstrækning. På fordelingsstrækninger forekommer der flettestrækninger, hvor de sammenflettende trafikstrømme bør have nogenlunde samme hastighed af hensyn til både trafikafvikling og trafiksikkerhed.

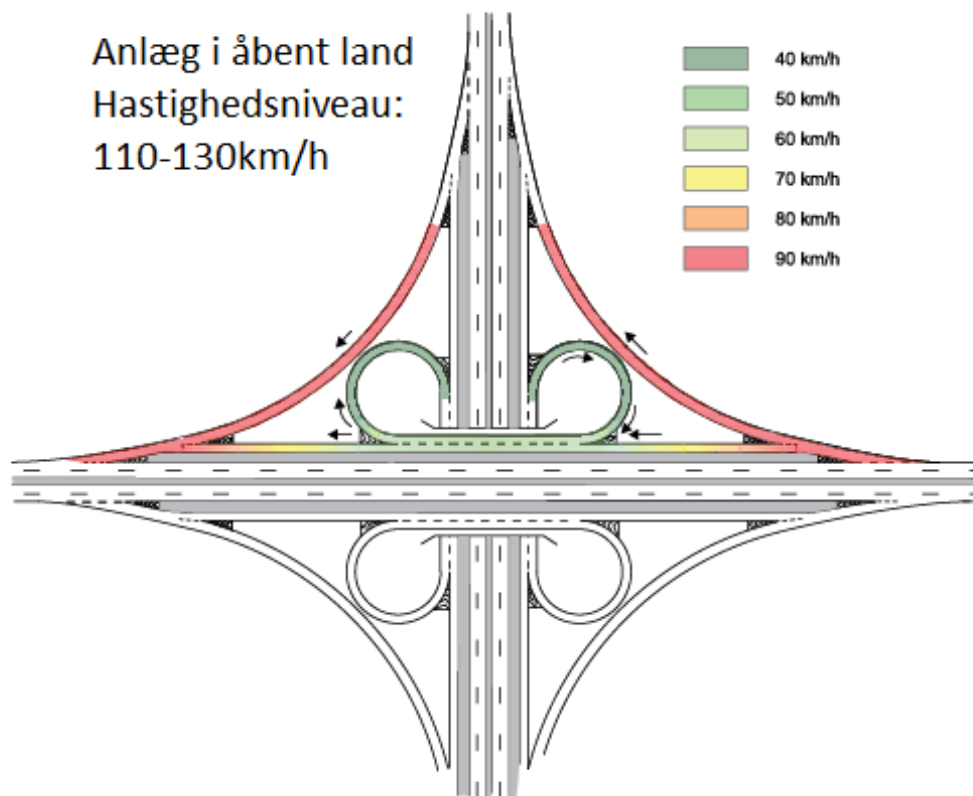
6.1.3 Til- og frakørsler

Forslag til dimensionerende hastighed på rampers forskellige delstrækninger fremgår af tabellen figur 6.1.

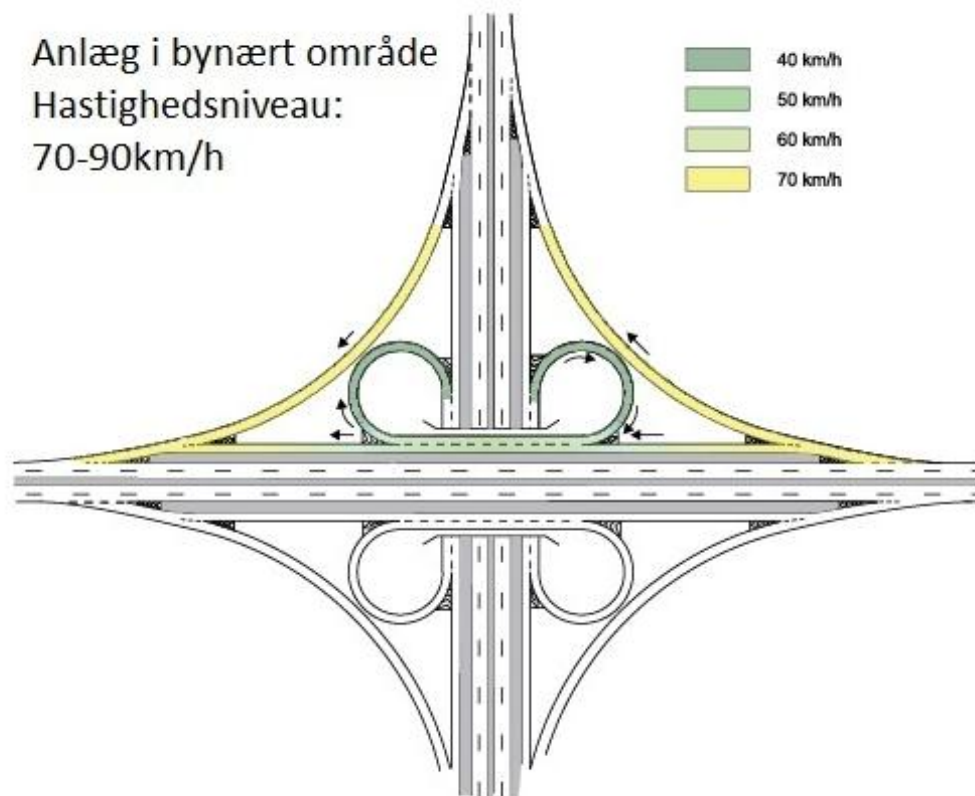
Ind- og udfletningshastigheden bør ideelt set svare til gennemsnitshastigheden på den overordnede vej. I praksis kan ind- og udfletningshastigheden sættes til 0,8 gange planlægningshastigheden på den overordnede vej (dog maksimalt 110 km/h).

Rampetype		Planlægningshastighed på den gennemgående vej	
		70 – 90 km/h	110 km/h
Forbindelsesrampe	Direkte rampe	50 – 70	60 - 90
	Halvdirekte rampe	40 – 70	40 - 70
	Indirekte rampe (sløjferampe)	40	40 - 50
Tilslutningsrampe	Direkte rampe	40 – 70	40 – 90
	Indirekte rampe (sløjferampe)	40	40 – 50
Fordelingsstrækning	Uden for vekselstrækning	60 – 70	70 – 90
	På vekselstrækning	50	50 – 60
Hank		30 - 40	

Figur 6.1 Planlægningshastighed på ramper.



Figur 6.2 Planlægningshastigheder på ramper, principskitse.



Figur 6.3 Planlægningshastigheder på ramper, principskitse.

6.1.4 Hastighed i små horisontalkurver

Ramper kan indeholde sløjfer, som er kurver med stor vinkeldrejning og lille radius, hvor den dimensionerende hastighed er væsentligt lavere end på resten af rampen, se afsnit 6.5.5.

Sammenhængen mellem hastighed og kurveradius er behandlet i håndbogen "Tracéring i åbent land", afsnit 8.3.1, hvor sammenhængen beskrives med formel (8.2).

Beregningsresultaterne, som fremgår af tabellerne figur 6.4 og 6.5, fører til radier, hvor det netop er muligt at køre igennem kurven med den angivne hastighed under forudsætning af, at den standardiserede friktion er til stede. I praksis vælger trafikanterne dog meget forskellige hastigheder.

6.1.5 Overgangskurver

Overgangskurver på steder, hvor den dimensionerende hastighed skifter, skal udformes svarende til den højeste af de to hastigheder.

Hastighed V (km/h)	Side- friktions- koefficient	Minimumsradius R (m) ved sidehældning i (‰)				
		$i = 70$	$i = 60$	$i = 50$	$i = 40$	$i = 30$
30	0,21	25	26	27	28	30
40	0,19	48	50	52	55	57
50	0,17	82	86	89	94	98
60	0,16	123	129	135	142	149
70	0,14	184	193	203	214	227
80	0,13	252	265	280	296	315
90	0,12	336	354	375	399	425
100	0,11	437	463	492	525	562
110	0,10	560	595	635	681	733

Figur 6.4 Hastighed, sidehældning og minimumsradius i kurver med lille radius. Friktionsværdierne er taget fra håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer", afsnit 7.2.3.

Radius R (m)	Maksimal hastighed V (km/h) ved sidehældning i (‰)				
	$i = 70$	$i = 60$	$i = 50$	$i = 40$	$i = 30$
30	32	32	31	31	30
40	37	36	36	35	34
50	41	40	39	38	37
60	44	43	42	42	41
75	48	47	47	46	45
100	55	53	53	52	50
150	65	63	62	62	60
200	72	71	69	68	68
250	80	78	77	75	72
300	86	84	82	80	78
350	92	89	87	86	83
400	97	94	92	90	87
450	101	99	96	94	91
500	105	102	101	98	96
600	112	110	107	105	101
700	119	117	114	110	108
800	125	121	119	115	113

Figur 6.5 Radius, sidehældning og maksimal hastighed i kurver med lille radius. Friktionsværdierne svarer til figur 6.4.

6.2 Acceleration

Accelerationsværdier

Accelerationsværdien g_a (m/s^2) for et køretøj er afhængig af den aktuelle hastighed og sammensat af dels den acceleration, som udnyttelsen af køretøjets motor giver, dels en ændring, der afhænger af længdegradienten i kørselsretningen.

Her er taget udgangspunkt i danske målte accelerationsværdier ved forskellige hastigheder på vandrette vejstrækninger eller motorvejsramper med fald i længdegrader. De kan bruges på

vejstrækninger i åbent land ved acceleration, hvor den er fri, altså ingen kryds eller andet, der vil give en mindsket accelerationsadfærd.

For at kunne korrigere for længdegradienten er benyttet en metode i en norsk model, som antager forskellig motorkraftsudnyttelse, afhængigt af længdegradienten.

Herudfra er opstillet formel (6.1) for accelerationsværdien.

$$g_a = 2,2 \quad \text{for } V \leq 30 \text{ km/h} \quad (6.1)$$

$$g_a = 4,492 \cdot e^{(-0,024V)} \quad \text{for } V > 30 \text{ km/h og vandret strækning} \quad (6.1)$$

$$g_a = 4,492 \cdot e^{(-0,024V)} + \frac{V}{60} \cdot (-0,00521 \cdot i_t + 0,0171) \quad \text{for } V > 30 \text{ km/h og hældende strækning} \quad (6.1)$$

hvor V er den aktuelle hastighed inden for de angivne hastighedsintervaller
 i_t er gradienten, som regnes positiv ved stigning og negativ ved fald (‰).

I tabellen figur 6.6 er angivet accelerationsværdier for forskellige hastighedsintervaller på vandret strækning.

Hastighedsinterval (km/h)	Accelerationsværdi g_a (m/s ²)
0 < V ≤ 30	2,2
30 < V ≤ 40	2,0
40 < V ≤ 50	1,6
50 < V ≤ 60	1,2
60 < V ≤ 70	1,0
70 < V ≤ 80	0,8
80 < V ≤ 90	0,6
90 < V ≤ 100	0,5

Figur 6.6 Dimensionsgivende accelerationsværdier for personbiler på vandret strækning.

Accelerationslængder

Ved at anvende formel (6.1) for accelerationsværdien g_a inden for de hastighedsintervaller i figur 6.2.1, hvor accelerationsværdien g_a tilnærmes til at være konstant, kan accelerationslængden findes af formel (6.2).

$$L_a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g_a} \quad \text{eller} \quad L_a = \frac{V_2^2 - V_1^2}{25,92 \cdot g_a} \quad (6.2)$$

hvor L_a er accelerationslængden (m)
 v og V er hastigheden (m/s, henholdsvis km/h), hvor $v_2 > v_1$, henholdsvis $V_2 > V_1$
 g_a er accelerationen (m/s²).

Af tabellen figur 6.7 fremgår accelerationslængden L_a for hastighedsintervaller på 10 km/h med varierende gradienter.

ΔV km/h	Fald (‰)										
	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
0 – 10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10 – 20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20 – 30	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
30 – 40	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14
40 – 50	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	23
50 – 60	29	29	30	30	31	32	32	33	33	34	35
60 – 70	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	53
70 – 80	53	54	56	58	60	62	64	67	69	72	77
80 – 90	67	69	72	75	79	82	86	91	96	101	111
90 – 100	81	85	89	94	99	105	112	119	128	138	158

ΔV km/h	Stigning (‰)										
	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
0 – 10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10 – 20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20 – 30	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
30 – 40	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15
40 – 50	23	23	23	23	24	25	25	25	25	25	26
50 – 60	35	35	36	37	38	38	39	40	41	42	43
60 – 70	53	53	55	57	59	61	63	65	67	70	73
70 – 80	77	79	82	86	91	95	101	107	114	122	130
80 – 90	111	114	122	131	141	153	168	185	207	234	269
90 – 100	158	163	180	200	226	258	302	364	458	618	947

Figur 6.7 Accelerationslængder (m) for hastighedsintervaller på 10 km/h.

Af tabellen figur 6.8 fremgår accelerationslængden L_a ved acceleration fra rampehastigheden V_{rampe} til indfletningshastigheden V_{ind} med varierende gradienter.

V_{rampe} (km/h)	Fald (‰)										
	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
0	238	242	249	256	264	271	278	290	299	309	329
10	236	240	247	254	262	269	276	288	297	307	327
20	231	235	242	249	257	264	271	283	292	302	322
30	222	226	233	240	248	255	262	274	283	293	313
40	209	213	220	227	235	242	249	261	269	279	299
50	189	193	200	206	214	221	228	239	247	257	276
60	160	164	170	176	183	189	196	206	214	223	241
70	120	123	128	133	139	144	150	158	165	173	188
80	67	69	72	75	79	82	86	91	96	101	111
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_{ind} (km/h)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

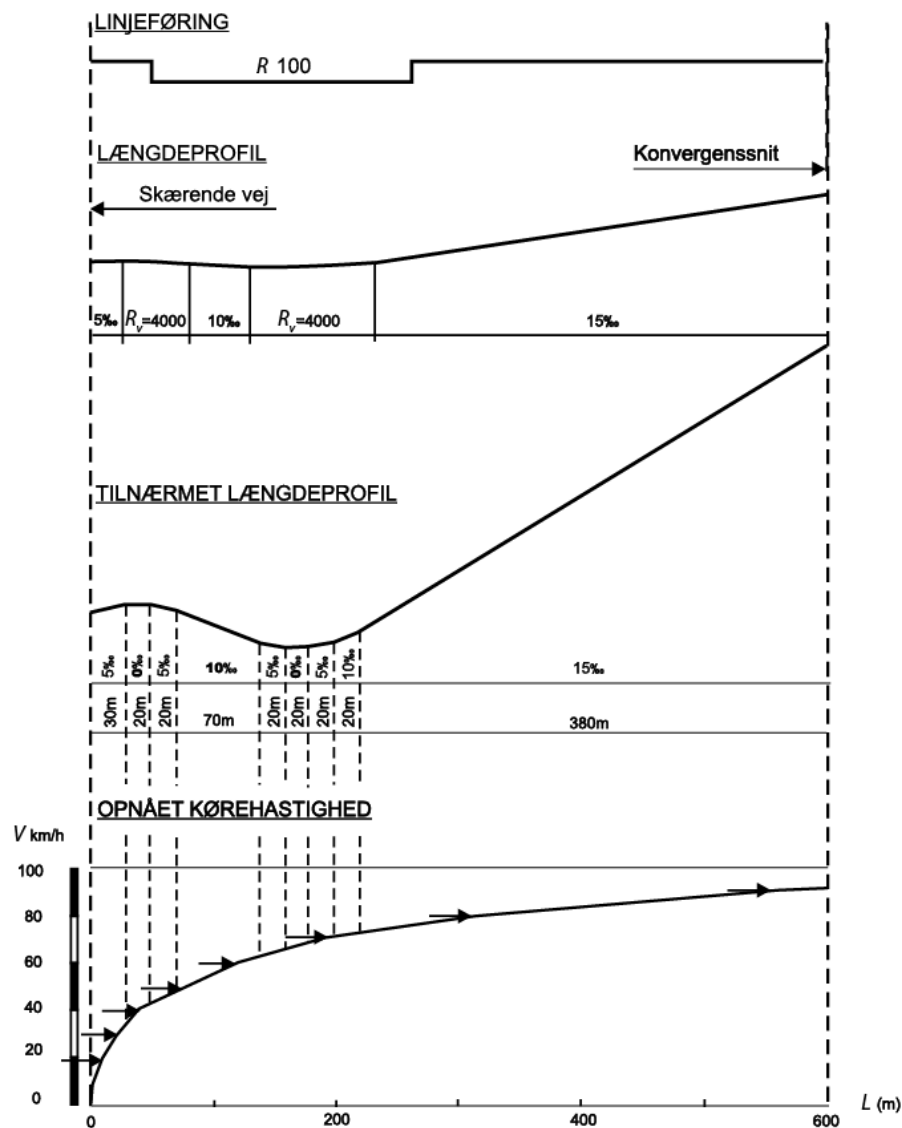
V_{rampe} (km/h)	Stigning (‰)										
	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
0	329	334	348	364	383	402	426	453	485	524	572
10	327	332	346	362	381	400	424	451	483	522	570
20	322	327	341	357	376	395	419	446	478	517	565
30	313	318	332	348	367	384	410	437	469	508	556
40	299	304	318	334	353	370	396	422	454	493	541
50	276	279	295	311	329	345	371	397	429	468	515
60	241	246	259	274	291	307	332	357	388	426	472
70	188	193	204	217	232	248	269	292	321	356	399
80	111	114	122	131	141	153	168	185	207	234	269
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_{ind} (km/h)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Figur 6.8 Accelerationslængder (m) for hastigheds-øgning fra rampehastigheden V_{rampe} til indfletningshastigheden V_{ind} .

For at vurdere, om en skitseret rampe har tilstrækkelig accelerationslængde, indeles rampestrækningens linjeføring først i homogene intervaller, svarende til planlægningshastighed og kurver med radius mindre end 800 m, se figur 6.9. Kurver med radius større end 800 m betragtes som rette linjer. For hvert interval bestemmes hastigheden, dels den hastighed, der bestemmes af bindingerne i rampens endepunkter, dels den, der følger af andre bindinger, herunder kurvernes størrelse, se figur 6.4 og 6.5. På strækninger med hastighedsbegrænsning betragtes denne som intervallets hastighed, se i øvrigt afsnit 6.5.3.

For at vurdere hvilken indflydelse gradienten har på accelerationen, opdeles længdeprofilen i et tilnærmet, stykkevis retlinjet længdeprofil med hældninger på et multiplum af 5 ‰, se figur 6.9.

Dernæst kombineres de horisontale og vertikale intervaller, så hvert interval bliver geometrisk homogent. Endelig gennemregnes rampestrækningen fra begyndelsen til slutningen ved at interpolere på baggrund af de bundne hastigheder i tabellen figur 6.7. Derved bestemmes, om man kan opnå den nødvendige indfletningshastighed.



Figur 6.9 Eksempel på vurdering af rampelængde.

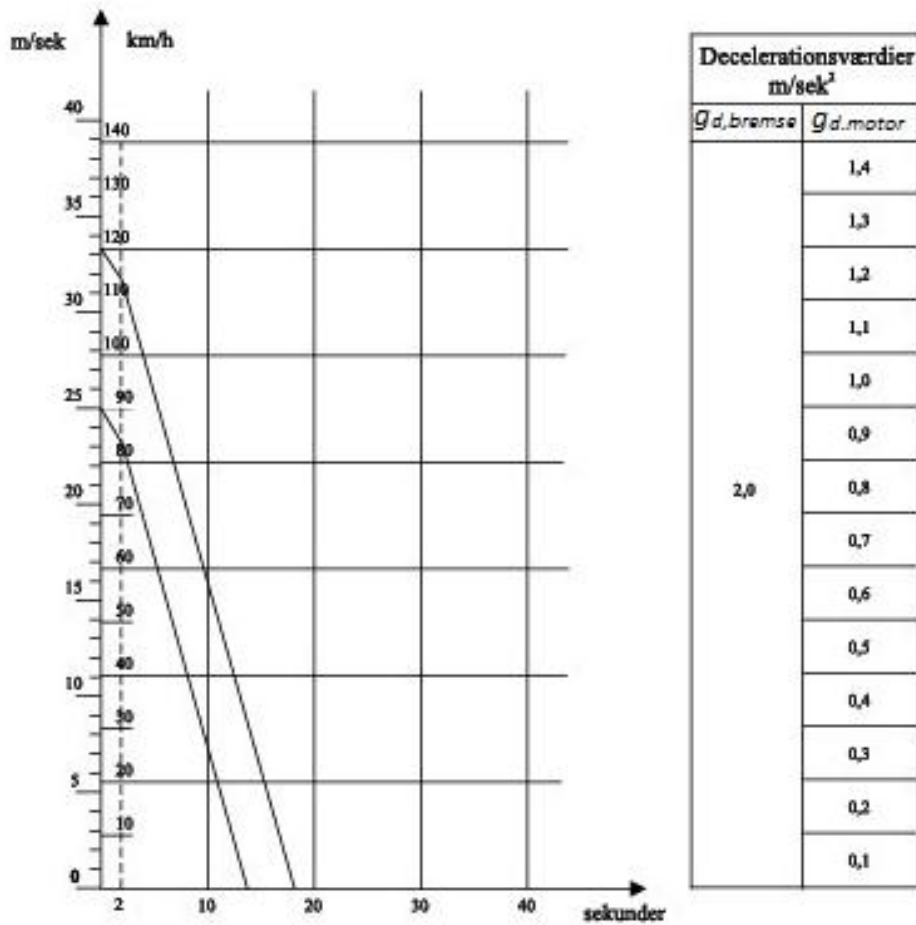
6.3 Deceleration

Decelerationsværdier

Decelerationen af et køretøj er sammensat af dels en motorbremsning af 2 sekunders varighed, der finder sted, når speederen slippes, dels den egentlige bremsning med fodpedalen.

Motorbremsning i ca. 2 sekunder svarer til, at køretøjets begyndelseshastighed på vandret vej falder med 7,5 %, som er uafhængig af hastighedens størrelse. Decelerationsværdien ved aktivering af bremsen på vandret vej er bestemt af hensynet til kørekomfort og er ved forsøg her i landet fundet til at være ca. 2 m/s^2 , som er uafhængig af hastigheden.

Decelerationsværdien af motorbremsningen kan findes af figur 6.10.



Figur 6.10 Dimensionsgivende decelerationsværdier for personbiler på vandret vej.

Hvor vejen har fald eller stigning i kørselsretningen, findes de to decelerationsværdier af formlerne (6.3) og (6.4).

$$g_d = g_{d,motor} + g \cdot i_t / 1000 \quad (6.3)$$

$$g_d = g_{d,bremse} + g \cdot i_t / 1000 \quad (6.4)$$

hvor $g_{d,motor}$ er decelerationen for motorbremsning (m/s^2)
 $g_{d,bremse}$ er decelerationen for bremsning ved aktivering af bremsepedal (m/s^2)
 g er tyngdeaccelerationen ($9,81 m/s^2$)
 i_t er gradienten, negativ ved fald og positiv ved stigning (%).

Decelerationslængder

Decelerationslængden L_d med indledende motorbremsning beregnes af formel (6.5):

$$L_d = v_{ud} - 1/2 \cdot g_{d,motor} \cdot t + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot g_{d,bremse}}$$

eller

$$L_d = V_{ud}/3,6 - 1/2 \cdot g_{d,motor} \cdot t + \frac{V_1^2 - V_2^2}{25,92 \cdot g_{d,bremse}} \quad (6.5)$$

hvor v og V er hastigheden (m/s og km/h), hvor $v_1 > v_2$ og $V_1 > V_2$
 t er motorbremsningens varighed (sekunder), her 2 sekunder
 g_d er decelerationen (m/s²), se figur 6.10
 $v_1 = v_{ud} - g_{d,motor} \cdot t$ og $V_1 = V_{ud}/3,6 - g_{d,motor} \cdot t$.

Tabellen figur 6.11 uden parentes angiver herefter L_d (m) uden indledende motorbremsning for hastighedsintervaller på 10 km/h og med varierende stigningsforhold. Tallene i parentes angiver L_d (m), hvis nedbremsningen indledes ved intervallets tophastighed med 2 sekunders motorbremsning.

ΔV km/h	Fald (‰)										
	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
100 - 90	49(85)	47(82)	46(79)	44(77)	43(74)	42(72)	41(70)	40(68)	39(67)	38(65)	37(62)
90 - 80	43(79)	42(77)	41(74)	40(72)	39(70)	37(68)	36(66)	35(64)	35(63)	34(61)	33(60)
80 - 70	38(73)	37(71)	36(69)	35(67)	34(64)	33(63)	32(61)	31(59)	30(57)	30(56)	29(55)
70 - 60	33(66)	32(64)	31(62)	30(60)	29(58)	29(57)	28(55)	27(54)	26(52)	26(51)	25(49)
60 - 50	28(59)	27(57)	26(55)	26(54)	25(52)	24(50)	24(49)	23(47)	22(46)	22(45)	21(44)
50 - 40	23(50)	22(49)	22(47)	21(46)	20(44)	20(43)	19(42)	19(41)	18(39)	18(38)	17(37)
40 - 30	18(42)	17(39)	17(39)	16(37)	16(36)	15(35)	15(34)	15(33)	14(32)	14(32)	14(31)
30 - 20	13(32)	12(31)	12(30)	12(29)	11(28)	11(27)	11(26)	10(25)	10(25)	10(24)	10(23)
20 - 10	8(22)	7(21)	7(20)	7(19)	7(19)	7(18)	6(17)	6(17)	6(16)	6(16)	6(15)
10 - 0	3(11)	3(10)	2(10)	2(9)	2(9)	2(9)	2(8)	2(8)	2(8)	2(7)	2(7)

ΔV km/h	Stigning (‰)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
100 - 90	37(62)	36(62)	35(60)	34(59)	33(58)	33(57)	32(55)	31(54)	31(53)	30(51)	29(50)
90 - 80	33(60)	32(58)	31(56)	31(55)	30(54)	29(52)	29(51)	28(50)	27(49)	27(48)	26(47)
80 - 70	29(55)	28(53)	28(52)	27(51)	26(49)	26(48)	25(47)	25(47)	24(45)	24(44)	23(43)
70 - 60	25(49)	25(48)	24(47)	23(46)	23(45)	22(44)	22(43)	21(41)	21(41)	21(40)	20(39)
60 - 50	21(44)	21(43)	20(42)	20(40)	19(39)	19(39)	19(38)	18(37)	18(36)	17(35)	17(35)
50 - 40	17(37)	17(36)	17(36)	16(35)	16(34)	16(33)	15(32)	15(32)	15(31)	14(30)	14(29)
40 - 30	14(31)	13(30)	13(29)	13(28)	12(28)	12(27)	12(27)	12(26)	11(25)	11(25)	11(23)
30 - 20	10(23)	9(22)	9(22)	9(21)	9(21)	9(20)	8(20)	8(19)	8(19)	8(18)	8(18)
20 - 10	6(15)	6(15)	6(15)	5(14)	5(14)	5(13)	5(13)	5(13)	5(12)	5(12)	5(12)
10 - 0	2(7)	2(7)	2(7)	2(6)	2(6)	2(6)	2(6)	2(6)	2(6)	2(5)	2(5)

Figur 6.11 Decelerationslængder L_d for hastighedsintervaller på 10 km/h. Tal uden parentes er uden indledende motorbremsning og tal i parentes med indledende motorbremsning af 2 sekunders varighed.

Tabellen figur 6.12 angiver L_d (m) ved deceleration fra udfletningshastigheden $V_{ud} = 90$ km/h til rampehastigheden V_{rampe} under varierende stigningsforhold.

V_{rampe} (km/h)	Fald (‰)										
	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	79	77	74	72	70	68	66	64	62	61	59
70	117	114	110	107	104	101	98	95	92	91	88
60	151	146	141	137	133	130	126	123	119	116	113
50	179	173	168	163	158	154	149	145	141	138	134
40	202	193	189	184	179	174	169	164	159	156	152
30	220	213	206	200	194	189	184	179	174	170	165
20	232	225	218	212	206	200	194	189	184	180	175
10	240	232	225	219	213	207	201	195	190	185	181
0	243	235	228	221	215	209	203	197	192	187	182

V_{rampe} (km/h)	Stigning (‰)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	59	58	56	55	54	52	51	50	49	48	47
70	88	86	84	82	80	78	76	75	73	72	70
60	113	110	108	105	103	101	98	96	94	92	90
50	134	131	128	125	122	119	117	114	112	110	107
40	152	148	144	141	138	135	132	129	126	124	121
30	165	161	157	154	151	147	144	141	138	135	132
20	175	171	166	163	159	156	152	149	146	143	140
10	181	176	172	168	165	161	157	154	151	148	144
0	182	178	174	170	167	162	159	155	152	149	146

Figur 6.12 Decelerationslængder for hastighedsnedsættelse fra udfletningshastigheden $V_{ud} = 90$ km/h til V_{rampe} .

Vurderingen af om en skitseret rampe har en tilstrækkelig decelerationslængde, foretages analogt til vurderingen af accelerationslængden.

6.4 Tværprofil

Gennemgående veje

De gennemgående vejes tværprofil føres uændret igennem krydsområdet. Eventuelle parallelspor i forbindelse med frakørsler og tilkørsler omtales i afsnit 4.2 samt afsnit 7.1 og 7.2.

Ramper

Antallet af kørespor på de enkelte ramper, der indgår i et toplanskryds, fastlægges som beskrevet i afsnit 5.3.

Enkeltsporet rampe

En enkeltsporet rampe udføres med princip-tværfiler som angivet i afsnit 5.4. Til venstre for kørebanen anlægges en yderrabat med en bredde på mindst 2,0 m og en sidehældning bort fra kørebanen på 50 ‰. Kørebanens sidehældning afhænger af linjeføringens radius og bør være mindst 25 ‰.

Nødsporet anlægges af hensyn til rampens kapacitet og sikkerhed og gives en sidehældning på 25 – 40 % bort fra kørebanen. Til højre for nødsporet anlægges en yderrabat med en bredde på mindst 1,0 m og en tværhældning på 50 %.

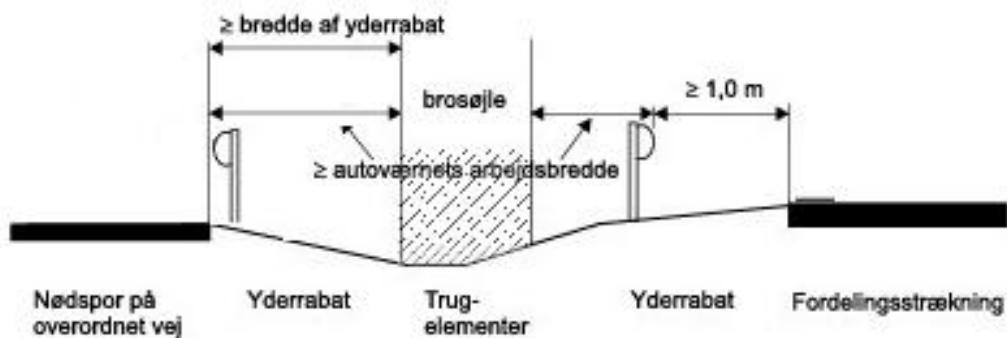
Skillerabat

En enkeltsporet fordelingsstrækning udføres med et princip-tværsnit som angivet i afsnit 5.4. Mellem den overordnede vejs nødspor og fordelingsstrækningens kørebane anlægges en skillerabat. Skillerabatten rummer den overordnede vejs højre yderrabat, trugelementer, eventuelt autoværn og eventuelle brosjøler, portaler, skilte og hegn samt fordelingsstrækningens venstre yderrabat. Skillerabatten kan være beklædt med græs, asfalt eller betonsten. Asfalterede skillerabatter kan være forsynet med rumlestribes i hele deres bredde, som er udført med sribemateriale eller ved nedfræsninger. Foranstaltninger for at hindre overkørsel af skillerabatten foretages ikke med påkørselsfarlige genstande.

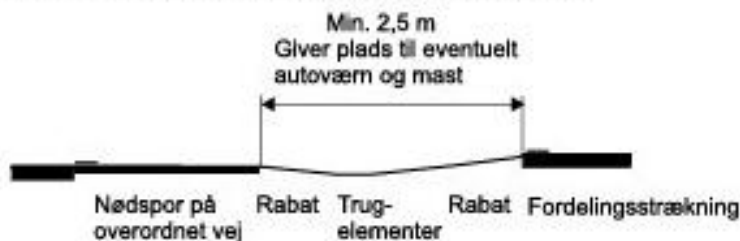
Bestemmende for den samlede bredde er følgende mindstekrav til bredder og afstande, jf. figur 6.13:

- Afstand fra nødspor til autoværn mindst 0,5 m og til brosjøle mindst yderrabattens bredde
- Afstand fra fordelingsstrækningens kørebane til autoværn mindst 1,0 m
- Autoværnets afstand til brosjøle mindst svarende til autoværnets arbejdsbredde.

Skillerabat med brosjøle eller lignende fast genstand:



Skillerabat uden brosjøle eller lignende fast genstand:



Figur 6.13 Tværsnit af skillerabat mellem overordnet vej og fordelingsstrækning henholdsvis med og uden plads til brosjøle, principskitser.

Desuden gælder, at brospøjlen må placeres i trugelementerne, og at der altid opstilles dobbeltsidigt autoværn i skillerabatten, når der i denne befinder sig påkørselsfarlige elementer (f.eks. brospøjler, portaler etc.).

Skillerabattens samlede bredde bør dog være mindst mulig af hensyn til arealerhvervelse og til spændvidden af broen.

Breddeudvidelse i kurver

I kurver vil store køretøjer stille ekstra krav til køresporets bredde afhængigt af kurvens radius og længde. Alle ramper udvides derfor i kurver i overensstemmelse med tabellen figur 6.14.

Kurveradius <i>R</i> (m)	Kurvevinkel <i>β</i> (gon)	Mindste bredde af kørespor	
		Sporareal (m)	Sporareal + friareal (m)
30	20	3,5	3,8
30	40	3,9	4,2
30	over 80	4,3	4,5
50	20	3,3	3,5
50	40	3,5	3,7
50	over 80	3,6	3,8
100	20	3,2	3,4
100	40	3,4	3,6
100	over 80	3,5	3,7
200	20	3,0	3,2
200	40	3,1	3,3
200	over 80	3,2	3,4

Figur 6.14 Mindste bredde af køresporet i kurver for typekøretøjet SVT.

6.5 Ramper

De enkelte ramper opdeles projekteringsmæssigt i tre afsnit:

- begyndelsesområde
- afslutningsområde
- mellemliggende strækning.

6.5.1 Længder

En tilslutningsrampe, der er længere end 750 m, projekteres som en forbindelsesrampe og bør udføres med 2 spor. Det skyldes, at trafikanterne på lange ramper vil køre hurtigere end på korte ramper, og derfor bør standarden svare dertil.

1-sporede forbindelsesramper med vandret eller faldende længdeprofil bør kun etableres, hvis længden kan holdes under 1 km. Hvis den gennemsnitlige stigning er 30 ‰ eller mere, bør ramperne maksimalt være 500 m lange. Længden måles fra spidsen af frakørslen til spidsen i den følgende tilkørsel.

Hvis disse betingelser ikke er opfyldt, udføres rampen 2-sporet.

6.5.2 Tracéring

Ved tracéring af ramper indgår en lang række parametre, hvis rigtige samspil i de fleste tilfælde kun vanskeligt lader sig gennemføre, men er overordentlig vigtig, dersom man vil sikre sig et både kørselsdynamisk, æstetisk og sikkerhedsmæssigt godt resultat. Det vil som en del af dette være en fordel at kunne overskue rampen fra beslutningspunktet.

Tracéingsstandarden for de gennemgående veje og for alle ramper, der indgår i toplanskryds, bør være i overensstemmelse med planlægningshastigheden som beskrevet i håndbogen "Tracéring i åbent land".

Dimensioneringsforudsætningerne for tracéringen er hovedsagelig de egenskaber, der knytter sig til kørsel i personbiler.

De forskellige rampetyper konstrueres ved kombinationer af nedennævnte elementer, således at man opnår det bedst mulige hastighedsprofil samtidig med, at man tilstræber en sådan sammenhæng mellem horisontale og vertikale kurver, så man får en æstetisk god optisk føring. Det anbefales at anvende perspektivbilleder og optegning af længdeprofilen for begge kørebaneanter. Endvidere må man sørge for, at der for hvert punkt på rampen kan opnås en passende sidehældning.

Tracéringen af ramper er en pusleopgave. Når placeringen af de to skærende veje er kendt, kan man med kendskab til niveauforskelle og rampernes principielle tracé søge at fastlægge konvergens- og divergenssnit og øvrige tilslutningspunkter, se figur 7.5 og 7.8. Under den videre tracéring søger man herefter at opbygge bundne hastighedsprofiler, således at hastigheden kan øges/mindskes efter de dimensionsgivende accelerations- og decelerationsværdier. Samtidig bør de herved opnåede hastigheder i ethvert punkt så vidt muligt svare til de maksimale hastigheder, som tracéen giver mulighed for. Dette er den ideelle tracéring og kan naturligvis ikke altid opnås, men bør tilstræbes.

6.5.3 Hastighedsprofiler

Et hastighedsprofil for en rampestrækning er den hastighedskurve, der for ethvert punkt af strækningen angiver hastigheden ved en bestemt køremåde. Denne bestemte køremåde er fastlagt af hastigheden i rampens endepunkter, af den hastighed, som rampegeometrien medfører, og af en adfærdstilpasset acceleration og deceleration. På delestrækninger af rampen kan valget af hastighed eventuelt være overladt til trafikanten, f. eks. på lange ramper.

Bundet hastighedsprofil

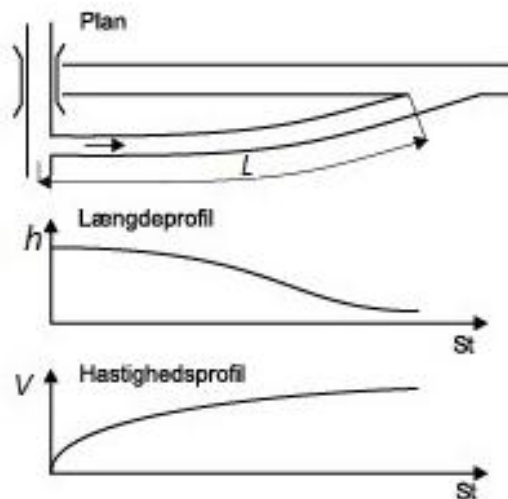
Flere typer ramper og rampestrækninger har en sådan geometrisk udformning, at trafikanten bliver tvunget til at udnytte de angivne accelerations- og decelerationsegenskaber i afsnit 6.2 og 6.3 fuldt ud. Det er nødvendigt for at kunne accelerere henholdsvis decelerere mellem indfletningshastigheder henholdsvis udfletningshastigheder og hastigheder ved skærende vej. Ligeledes kan en mellemliggende kurvestrækning eller en flettestrækning give en hastighedsbinding. En sådan rampe eller rampestrækning siges at have et bundet hastighedsprofil.

På figur 6.15 er vist et eksempel på et bundet hastighedsprofil. De geometriske forhold i plan og længdeprofil medfører i sig selv ikke så stor rampelængde (L), at den er tilstrækkelig til, at der kan accelereres fra 0 km/h til den planlagte indfletningshastighed. Rampen forlænges derfor så meget, at denne længde opnås. Med disse bindinger er kun én køremåde mulig.

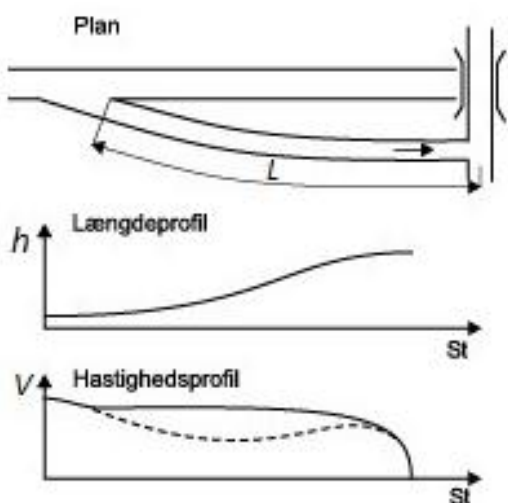
Frit hastighedsprofil

De typer af ramper eller rampestrækninger med en geometrisk udformning, som tillader en trafikant – inden for visse grænser – frit at vælge sin hastighed, siges at have et frit hastighedsprofil. For dog entydigt at kunne optegne et hastighedsprofil, som svarer til en given rampestrækning, vælger man den kurve, der overalt giver de højeste værdier. Her forudsættes det, at trafikanterne gennemkører strækningen med den størst mulige hastighed. Den maksimale hastighed fastsættes i overensstemmelse med tabellen figur 6.1.

På figur 6.16 er vist et eksempel på et frit hastighedsprofil. De geometriske forhold i plan og længdeprofil medfører i sig selv større rampelængde (L) end den, der er tilstrækkelig til, at der kan decelereres fra udfletningshastigheden til standsning. Der er derfor mulighed for uendelig mange køremåder, eksempelvis som de to kurver, der er vist på hastighedsprofilet. Det hastighedsprofil, som knyttes til rampen, defineres ved den fuldt optrukne kurve, svarende til den hurtigste køremåde.



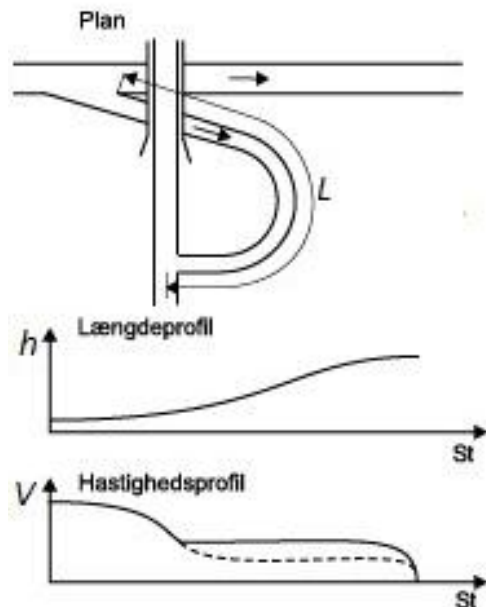
Figur 6.15 Eksempel på et bundt hastighedsprofil.



Figur 6.16 Eksempel på et frit hastighedsprofil.

Kombinerede hastighedsprofiler

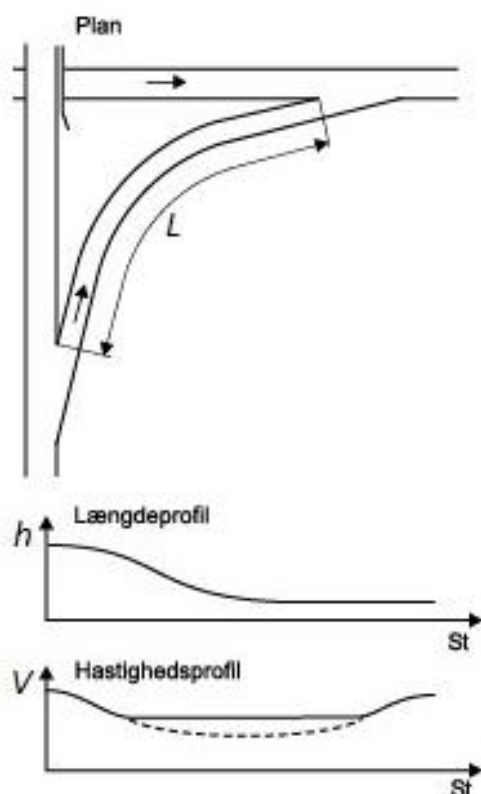
Foruden de ovenfor nævnte eksempler kan der forekomme kombinationer af bundne og frie hastighedsprofiler, f.eks. ved sammensætning af forskellige rampetyper, se eksemplerne i figur 6.17 og 6.18.



Figur 6.17 Eksempel på kombineret hastighedsprofil.

På figur 6.17 er vist et eksempel på en rampe med bundet hastighedsprofil fra udfletningspunktet til kurvestrækningen og med frit hastighedsprofil på kurvestrækningen frem til den overførte vej. På grund af den lille kurveradius er den maksimale hastighed på kurvestrækningen imidlertid så lav, at den køremåde, der er karakteriseret ved den fuldt optrukne hastighedskurve, fornemmes som den eneste naturlige.

På figur 6.18 er vist et eksempel på en rampe med et bundet hastighedsprofil fra udfletningspunktet til kurvestrækningen og fra kurvestrækningen til indfletningspunktet. Kurvestrækningen har en maksimal hastighed, som er bestemt af kurveradius, og tillader altså flere køremåder, hvoraf to er vist på hastighedsprofilet. Rampestrækningerne med de bundne hastighedsprofiler er derimod så lange, at de med det givne længdeprofil netop muliggør den deceleration henholdsvis acceleration, der er nødvendig for at tilpasse sig kurvehastigheden henholdsvis den planlagte indfletningshastighed. Også i dette tilfælde defineres den køremåde, der giver den fuldt optrukne hastighedsprofil, som rampens hastighedsprofil.



Figur 6.18 Eksempel på kombineret hastighedsprofil.

Det må i almindelighed antages, at det bundne hastighedsprofil giver den mest ensartede og bekvemme og dermed den sikreste form for kørsel på ramper og derfor bør tilstræbes. Også økonomiske forhold kan pege mod anlæg af ramper med et bundet hastighedsprofil, fordi sådanne ramper ofte er de korteste. Det er normalt ensbetydende med de mindste anlægs- og driftsomkostninger. Som eksemplerne viser, er det dog ikke altid muligt at opnå dette. På ramper, hvor et frit hastighedsprofil er uundgåeligt, må man derfor søge at udforme rampen således, at hastighedsprofilen får et så jævnt forløb med så få maksimums- og minimumspunkter som muligt.

6.5.4 Linjeføring

Ved rampers linjeføring benyttes rette linjer, cirkelbuer og klotoider.

Minimumsradier sættes ved sløjferamper på motorveje til $R = 50$ m, se figur 6.21, men vil i øvrigt afhænge af rampens ønskede hastighedsprofil og den opnåelige sidehældning.

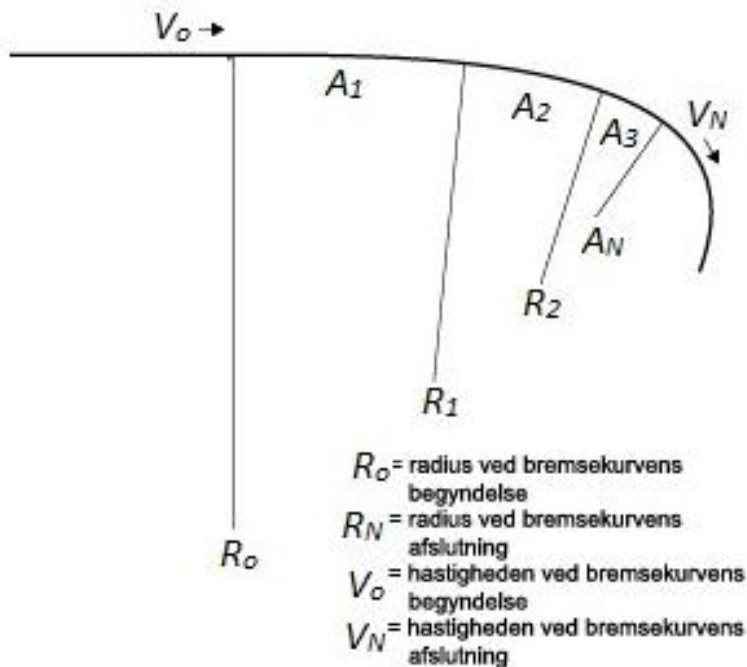
Klotoideparameteren A vælges normalt i intervallet $1/3 R < A < R$, hvor den største A -værdi vælges for de små værdier af R .

Bremsekurve

Ved frakørselsramper, som er udformet som sløjferamper, må hastigheden nedsættes betydeligt samtidigt med, at der foretages en drejning. Den overgangskurve, der tilgodeser en sådan køremåde, kaldes en bremsekurve.

Bremsekurver udformes således, at sikkerhed, kørselsdynamik og komfortkrav tilgodeses. Sikkerhedshensyn kræver, at køretøjet ikke skrider ud i kurven. De dynamiske krav er, at et køretøj gennemkører bremsekurven med konstant decelerationsværdi, idet rattet samtidig drejes med en

passende vinkelhastighed. Af hensyn til komforten må decelerationen og sideaccelerationen samt rykket ikke overstige visse maksimalværdier. Med en decelerationsværdi på 2 m/s^2 , jf. afsnit 6.3, og ved overholdelse af kravet til sideaccelerationen, jf. håndbogen "Tracéring i åbent land", kapitel 7, vil rykket svarende til de bremsekurveparametre, som er vist i figur 6.20, ikke overskride $0,5 \text{ m/s}^3$.



Figur 6.19 Bremsekurve sammensat af tre klotoider.

Den teoretiske bremsekurve kan tilnærmes med en kurve, som er sammensat af tre klotoider, se figur 6.19. Værdierne af de tre klotoideparametre A_1 , A_2 og A_3 og af overgangsradierne R_1 og R_2 er afhængige af R_0 , R_N , V_0 , V_N , decelerationsværdien g_d og gradienten i_t (der reducerer g_d). Gradienten har dog kun ringe indflydelse på bremsekurveparametrene. Figur 6.20 viser bremsekurveparametrene for karakteristiske værdier af R_0 , R_N , V_0 og V_N .

Den praktiske bremsekurve

De geometriske parametre, der danner indgangsværdier til beregning af den teoretiske bremsekurve, må også gælde for den kurve, der skal tilnærme den teoretiske kurve. Herudover må der stilles krav om, at den praktiske bremsekurve er kontinuert med kontinuert aftagende krumningsradius. Den praktiske bremsekurve sammensættes af tre klotoider og findes ved forsøg og beregninger. Resultaterne af beregningerne ses af tabellerne 1 – 6 figur 6.20.

I tabellerne er A_1 , A_2 og A_3 klotoideparametrene og R_1 og R_2 overgangsradierne, se figur 6.19. L_{total} er den tilnærmede bremsekurves totale længde og τ_{total} dens totale tangentdrejning i 360° -systemet.

Indgangshastigheden $V_0 = 80 \text{ km/h}$ forudsætter, at der etableres en decelerationsstrækning, før sløjfen begynder.

$R_n = 50$ m

R_o (m)	A_1 (m)	R_1 (m)	A_2 (m)	R_2 (m)	A_3 (m)	R_n (m)	L_{total} (m)	τ_{total} (360° syst.)
1000	125	245	70	100	40	50	93,2	32,5
1500	130	305	70	100	40	50	93,1	31,3
2000	135	380	70	100	40	50	92,9	30,6
2500	140	415	70	100	40	50	92,6	30,1
3000	140	430	70	100	40	50	92,7	30,0
4000	140	445	70	100	40	50	93,1	29,9
5000	140	455	70	100	40	50	93,4	29,8
∞	140	510	70	100	40	50	93,8	29,4

Tabel 1. $V_o = 80$ km/h, $V_n = 40$ km/h, $g_d = 2,0$ m/s²

Længde af den teoretiske kurve: 92,5 m

 $R_n = 60$ m

R_o (m)	A_1 (m)	R_1 (m)	A_2 (m)	R_2 (m)	A_3 (m)	R_n (m)	L_{total} (m)	τ_{total} (360° syst.)
1000	125	280	70	105	45	60	83,8	27,1
1500	130	350	70	105	45	60	84,2	26,2
2000	135	415	70	105	45	60	84,1	25,7
2500	135	450	70	100	45	60	84,8	26,2
3000	135	470	70	100	45	60	84,8	25,0
4000	135	490	70	100	45	60	85,1	25,9
5000	135	505	70	100	45	60	85,2	25,6
∞	135	555	70	100	40	60	83,7	23,4

Tabel 2. $V_o = 80$ km/h, $V_n = 45$ km/h, $g_d = 2,0$ m/s²

Længde af den teoretiske kurve: 84,4 m

 $R_n = 70$ m

R_o (m)	A_1 (m)	R_1 (m)	A_2 (m)	R_2 (m)	A_3 (m)	R_n (m)	L_{total} (m)	τ_{total} (360° syst.)
1000	120	315	75	110	45	70	75,1	22,5
1500	125	415	75	110	45	70	75,3	21,8
2000	125	470	75	110	45	70	75,1	21,6
2500	125	500	75	110	45	70	75,4	21,4
3000	125	525	75	110	45	70	75,5	21,4
4000	125	550	75	110	45	70	75,9	21,3
5000	125	570	75	110	45	70	76,1	21,2
∞	125	570	70	105	45	70	75,1	20,3

Tabel 3. $V_o = 80$ km/h, $V_n = 50$ km/h, $g_d = 2,0$ m/s²

Længde af den teoretiske kurve: 75,2 m

$R_n = 80$ m

R_o (m)	A_1 (m)	R_1 (m)	A_2 (m)	R_2 (m)	A_3 (m)	R_n (m)	L_{total} (m)	τ_{total} (360° syst.)
1000	120	280	80	130	50	80	75,4	20,3
1500	125	380	80	130	50	80	75,1	19,4
2000	130	465	80	130	50	80	75,4	19,1
2500	130	505	80	130	50	80	75,3	18,9
3000	130	535	80	130	50	80	75,2	18,8
4000	130	575	80	130	50	80	75,3	18,7
5000	130	600	80	130	50	80	75,4	18,6
∞	130	600	75	115	45	80	75,4	17,5

Tabel 4. $V_o = 80$ km/h, $V_n = 50$ km/h, $g_d = 2,0$ m/s²

Længde af den teoretiske kurve: 75,2 m

 $R_n = 90$ m

R_o (m)	A_1 (m)	R_1 (m)	A_2 (m)	R_2 (m)	A_3 (m)	R_n (m)	L_{total} (m)	τ_{total} (360° syst.)
1000	120	370	80	140	55	90	64,9	16,9
1500	120	470	80	140	55	90	65,1	16,5
2000	120	535	80	140	55	90	65,5	16,3
2500	120	580	80	140	55	90	65,8	16,3
3000	120	610	80	140	55	90	66,0	16,2
4000	120	655	80	140	55	90	66,3	16,1
5000	120	685	80	140	55	90	66,5	16,1
∞	120	685	75	130	50	90	64,6	14,7

Tabel 5. $V_o = 80$ km/h, $V_n = 55$ km/h, $g_d = 2,0$ m/s²

Længde af den teoretiske kurve: 65,1 m

 $R_n = 100$ m

R_o (m)	A_1 (m)	R_1 (m)	A_2 (m)	R_2 (m)	A_3 (m)	R_n (m)	L_{total} (m)	τ_{total} (360° syst.)
1000	120	385	85	150	55	100	65,3	15,4
1500	120	425	85	150	55	100	65,5	15,0
2000	120	485	85	150	55	100	65,8	14,8
2500	120	530	85	150	55	100	66,0	14,7
3000	120	550	85	150	50	100	64,8	13,8
4000	120	580	85	150	50	100	65,3	13,8
5000	120	610	85	150	50	100	65,4	13,7
∞	120	610	80	145	50	100	65,0	13,1

Tabel 6. $V_o = 80$ km/h, $V_n = 55$ km/h, $g_d = 2,0$ m/s²

Længde af den teoretiske kurve: 65,1 m

Figur 6.20 Bremsekurveparametre.

Længdeprofil

Ved projekteringen af rampernes længdeprofil benyttes rette linjer og cirkelbuer. Som maksimal hældning benyttes normalt ikke større hældning, end at lastbilerne har sikkerhed for at kunne accelerere. Hvor højdeforskellene er meget store, kan undtagelsesvis benyttes hældninger op til 50 %.

Denne større hældning kan især bruges ved stigning i en decelerationsrampe og ved fald i en accelerationsrampe. Derimod kan det modsatte være betænkeligt, navnlig på grund af lastvognenes køreegenskaber.

For så vidt angår udformningen af længdeprofilen for rampernes tilslutning til den underordnede vej, henvises til håndbogen "Prioriterede vejkryds i åbent land", afsnit 1.4.2.

6.5.5 Sløjferampers radius og sidehældning

Der er erfaring for, at sløjferamper kan have væsentligt mindre radius end strækningskurver med mindre vinkeldrejning. Det er en forudsætning, at trafikanterne gives den fornødne advarsel, at der er etableret en decelerationsstrækning før sløjfen, og at der er sikret fri oversigt. Overvejelser om udformningen er beskrevet i afsnit 4.8. I tabellerne figur 6.4 og 6.5 er vist sammenhængen mellem radius, sidehældning og hastigheder. Mindste radius i sløjferamper er angivet i tabellen figur 6.21.

Vejkategori	Motorvej		Veje for alle trafikarter	
	Til- og frakørsel	Tilkørsel	Frakørsel	
Vejledende mindste radius (m)	75	40	60	
Minimumsradius (m)	50 *)	30	50	
*) Mindste radius i henhold til den intereuropæiske AGR-aftale				

Figur 6.21 Mindste radier for sløjferamper. De tilhørende hastigheder findes af figur 6.5.

Sidehældning i sløjfer etableres som beskrevet i håndbogen "Tracéring i åbent land". Den resulterende hældning bør ikke overstige 70 ‰, fordi en større værdi kan give problemer i glat føre.

Hvor sløjfer sluttes til den gennemgående vej, skal sidehældningen være rettet op til det normale for sidehældningen i frakørslen og tilkørslen.

6.6 Oversigt

Stopsigt

Stopsigt for den dimensionerende hastighed tilvejebringes gennem hele toplanskrydset. Stopsigt for biler fremgår af håndbogen "Planlægning af vejkryds i åbent land", tabellen figur 10.7.

Beslutningssigt for ældre trafikanter

Oversigtslængderne sikrer, at en trafikant, som kører ad en vandret vej med den dimensionerende hastighed V_a , og som ser en genstand på vejen, kan bringe sit køretøj til standsning før genstanden med en reaktionstid på 2 sekunder og en kraftig deceleration på $3,7 \text{ m/s}^2$. De beregnes af formelen i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer", afsnit 7.3, formel (7.4).

Af hensyn til især ældre trafikanters mulighed for at færdes sikkert i et toplanskryds skal der være beslutningssigt til beslutningspunkterne. Beslutningssigt giver trafikanterne en ekstra sikkerhedsmargen og derved tilstrækkelig afstand til at manøvrere køretøjet ved samme eller reduceret hastighed, snarere end blot at standse.

De nødvendige beslutningssigtlængder er beregnet på basis af en forventet adfærd hos ældre trafikanter. Den indebærer, at der bør regnes med større reaktionstid, men baseret på planlægningshastigheden, idet ældre trafikanter normalt ikke kan forventes at køre hurtigere end denne.

Beregninger viser, at med en reaktionstid på 3 sekunder vil den nødvendige beslutningssigtlængde for at bringe køretøjet til standsning i forhold til planlægningshastigheden, se formel (6.6), være mindre end den krævede stopsigtlængde, selv om den skulle beregnes for en dimensionerende hastighed, som var 20 km/h lavere end den anvendte planlægningshastighed. Det er derfor unødvendigt at stille særlige krav om beslutningssigt, der knytter sig til afværgemanøvreren standsning.

Derimod vil beslutningssigtlængden være større end stopsigtlængden, såfremt formålet er at give trafikanten (den ældre bilist) tilstrækkelig længde til ved samme eller reduceret hastighed at undgå fejlmanøvrer. De krævede sigtlængder i denne situation fremgår af figur 6.22.

Trafikanter har brug for beslutningssigt hver gang, der er en sandsynlighed for fejl ved enten informationsmodtagelse, beslutningstagning eller styre- og bremsehandlinger. Det følgende er eksempler på steder, hvor disse typer af fejl sandsynligvis kan indtræffe, og hvor det er ønskeligt at tilvejebringe beslutningssigt:

- Kryds, hvor der kræves uventede eller usædvanlige manøvrer
- Ved tværprofilændringer såsom betalingsanlæg eller sporbortfald
- Områder, hvor der er tilbøjelighed til at være "visuel støj", når forskellige informationer "konkurrerer" om trafikantens opmærksomhed, som f.eks. fra anden trafik og fra afmærkning, trafiksignaler og reklameskilte.

Beslutningssigtlængderne i tabellen figur 6.22 kan benyttes til at tilvejebringe beslutningssigt og til at vurdere, om den faktiske oversigt på kritiske steder er passende. I kolonne A er forudsat en beslutningsreaktionstid på 10,2 – 11,2 sekunder og i kolonne B en reaktionstid på 12,1 – 12,9 sekunder, idet der i begge kolonner er indsat afrundede middelværdier. De er beregnet ud fra formel (6.6).

$$L_{beslut} = 0,278 \cdot V_p \cdot t_{beslut} \quad (6.6)$$

hvor L_{beslut} er beslutningssigtlængden (m)
 V_p er planlægningshastigheden (km/h)
 t_{beslut} er beslutningsreaktionstiden.

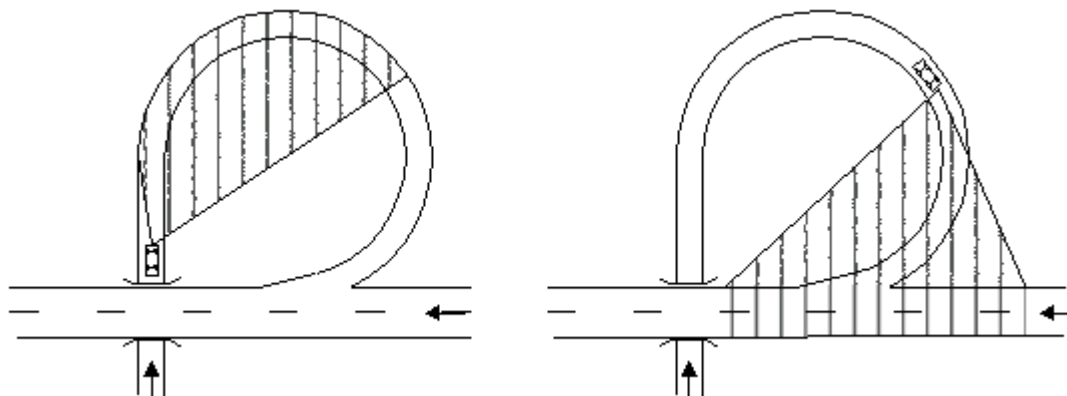
Planlægnings- hastighed V_p (km/h)	Beslutningssigtlængde for afværgemanøvre L_{beslut} (m)	
	A	B
110	330	385
100	300	350
90	270	315
80	240	280
70	210	245
60	180	210
50	150	175
40	120	140

Afværgemanøvre A: *Fart/kurs/retningsændring på vej i åbent land*

Afværgemanøvre B: *Fart/kurs/retningsændring på vej i forstadsområde*

Figur 6.22 *Beslutningssigtlængder.*

Hvis det af lokale årsager er vanskeligt eller umuligt at opnå den ønskede beslutningssigtlængde, bør afmærkningen suppleres med relevante færdselstavler.



Figur 6.23 Oversigtsareal ved en sløjferampe, principskitser.

Sløjferamper

For sløjferamper er det ønskværdigt, at en stor del af sløjfen samt indfletningsområdet på den gennemgående vej kan overskues, se figur 6.23. Beplantningen af arealet inde i sløjfen bør tilrettelægges under hensyn hertil.

Tilslutning til underordnet vej

Sigtforhold i etplanskryds er behandlet i en samlet oversigt i håndbogen "Planlægning af vejkyds i åbent land" og mere detaljeret i håndbøgerne "Prioriterede vejkyds i åbent land", "Rundkørsler i åbent land" og "Signalregulerede vejkyds i åbent land".

6.7 Sporbortfald

Sporbortfald fra tre til to spor på motorveje giver erfaringsmæssigt både trafikikkerhedsproblemer og en lavere kapacitet på den pågældende overgangsstrækning end på den 2-sporede strækning.

Tyske undersøgelser indikerer, at kapaciteten af disse sporbortfaldsstrækninger er ca. 85 % af den 2-sporede stræknings kapacitet. Undersøgelserne viser samtidigt, at en hastighedsbegrænsning på 100 km/h medfører en kapacitetsforøgelse på ca. 10 % i forhold til fri hastighed.

For at reducere kapacitetstab ved sporbortfald på strækninger bør dog anvendes en skiltet hastighedsbegrænsning på 90 km/h.

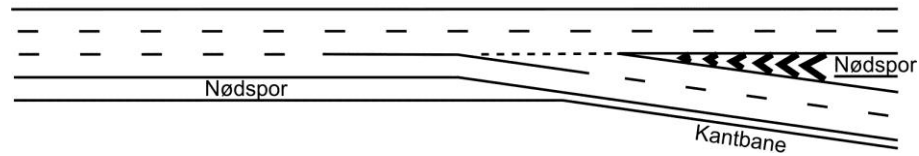
Sporbortfald bør gennemføres på fri strækning frem for i krydsområdet. Ved sporbortfald på strækninger opnås den højeste kapacitet og største trafikikkerhed ved at lade venstre spor falde bort. Sporbortfald før frakørsler afsluttes mindst 1500 m før første frakørselsvejviser, se figur 7.12 med eksempel på afmærkningen.

Sporbortfald bør ikke udføres under eller lige efter brokonstruktioner, dels fordi trafikanternes opmærksomhed vil være tiltrukket af broen, dels fordi eventuel tavleafmærkning under broen vil være vanskelig at få øje på i dagslys på grund af broens skyggevirkning.

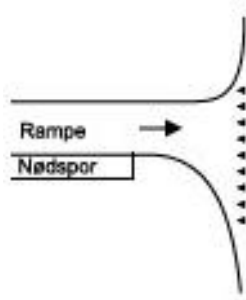
6.8 Kantbane og nødspor

Hvor nødsporet skal fortsætte i ændret bredde eller i en kantbane, udformes overgangen som vist på figur 6.24. Før etplanskryds afsluttes nødspor eller kantbane langs en rampe inden krydset som vist på figur 6.25.

Kileformet udfletning med sporbortfald



Figur 6.24 Overgang i bredde mellem nødspor og kantbane, principskitse.



Figur 6.25 Afslutning af nødspor inden etplanskryds, principskitse.

7 TIL- OG FRAKØRSLERS GEOMETRI

7.1 Tilkørsler

7.1.1 Geometriske parametre

Tilkørsler kan udformes på forskellige måder alt efter, hvor store trafikintensiteterne er på henholdsvis den gennemgående kørebane og tilkørslen.

Udformningen er som hovedregel kileformet, se dog afsnit 7.3. De geometriske parametre fremgår af tabellen figur 7.1, og deres anvendelse er illustreret i figur 7.2 og detailudformningen i figur 7.5.

Planlægnings- hastighed V_p (km/h) (1)	Indfletnings- hastighed (km/h) (2)	Længde af kilestrækning (m) (3)	Indfletnings- vinkel 1:x (4)	Spærrefladens længde (2-sporet tilkørsel) (m) (5)
≥ 90	90	200	1:50	180
80	64	140	1:35	150
70	56	120	1:30	-
60	48	110	1:28	-
50	40	90	1:22	-
40	32	70	1:18	-

Noter

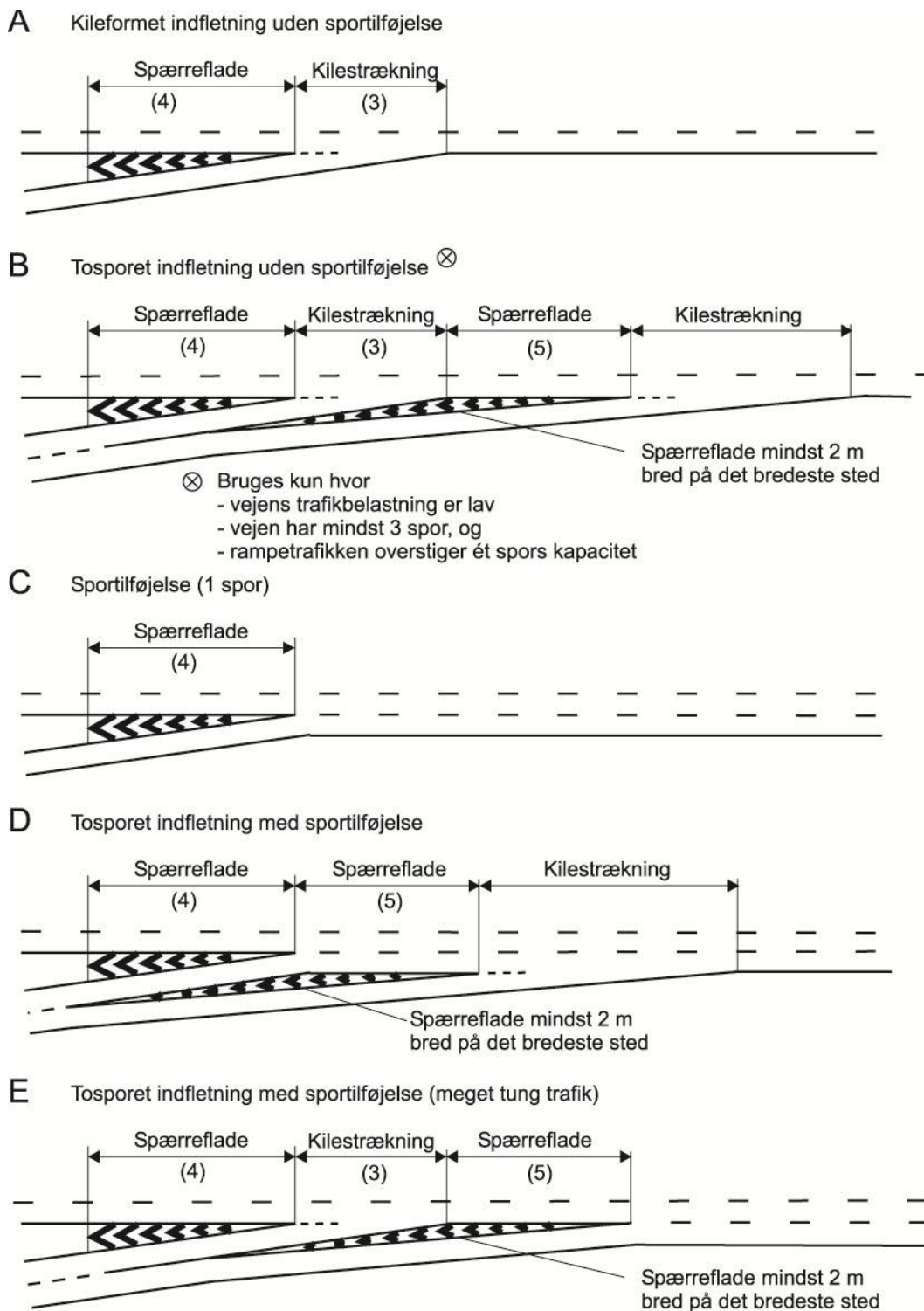
- (2): Indfletningshastigheden er mindst 0,8 gange planlægningshastigheden, og indfletningstiden er 8 sekunder
- (3): Ved bredde 4 m (kørespor + én kantbane)
- (5): Sikrer oversigt.

Figur 7.1 Geometriske størrelser i tilkørsler.

7.1.2 Udformninger

I figur 7.2 er i princippet vist 6 forskellige udformninger af tilkørselsområdet bestående af tilkørselsramper med ét eller to spor og i nogle tilfælde med sportilføjelser.

Længden af spærrefladens ved (4) er sat til mindsteværdien for oversigtslængden ad rampen (b i håndbog "Planlægning af vejkryds i åbent land", figur 10.12)



Figur 7.2 Udformning af tilkørsler, idet tal i parentes henviser til kolonnerne i figur 7.1, principskitser.

Udformning A er den normale kileformede type, der kan betragtes som standardløsningen.

Udformning B er en 2-sporet tilkørsel. Begge spor flettes ind i det højre spor på den gennemgående kørebane. Sporbalancen er ikke tilgodeset, og løsningen kan kun bruges, hvor der er mindst tre

spor på den gennemgående kørebane, samtidig med at trafikintensiteten på den gennemgående kørebane er lav, og at den tilkørende trafik overstiger kapaciteten for et spor.

Udformning C er en 1-sporet tilkørsel med sportilføjelse. Den benyttes, hvor trafikken fra tilkørslen sammen med trafikken på den gennemgående kørebane overstiger kapaciteten for den gennemgående kørebane før tilkørslen.

Udformning D er en 2-sporet tilkørsel, hvor det venstre spor fra rampen fortsætter som en sportilføjelse efter tilkørslen, og det højre spor flettes sammen med dette. Denne løsning er ikke velegnet, hvis der er mange store køretøjer fra rampen.

Udformning E fletter det venstre spor fra rampen sammen med det højre spor på den gennemgående kørebane, og det højre spor på rampen fortsætter som sportilføjelse. Denne løsning bør bruges, hvis der er mange store køretøjer fra tilkørslen.

Udformning F, der består af en 2-sporet tilkørsel, hvor begge spor fra rampen fortsætter som sportilføjelse på den gennemgående vej, er ikke vist.

Såfremt en sportilføjelse ved en tilkørsel er et parallelspor, der falder bort, bør sporbortfaldet ske ca. 400 m fra tilkørslen. Begrundelsen er, at sporbortfaldet skal kunne ses af trafikken i de gennemgående spor, så gennemgående store køretøjer ikke unødvendigt skifter til parallelsportet. Udformningen af sporbortfald på fri strækning uden for krydsområdet er vist på figur 7.12. Sportilføjelsen bør have en længde på mindst 200 m for ikke at ligne en parallelrampe.

Tabellerne figur 7.3 og 7.4 kan anvendes som første vurdering af en mulig udformning af tilkørslen i henhold til figur 7.2. Tabellen figur 7.3 anvendes, hvis motorvejen før tilkørslen har to spor i retning mod tilkørslen, og tabellen figur 7.4 anvendes, hvis motorvejen har tre spor. Indgangen i figurene er den dimensionerende trafik i personbilenheder pr. time (pe/time). Værdierne i figurene er fastsat således, at trafikafviklingen i og omkring indfletningen vil foregå ved et rimeligt serviceniveau; men det anbefales, at der i hvert tilfælde efterfølgende foretages en kapacitetsberegning med aktuelle værdier i henhold til håndbogen "Kapacitet og serviceniveau".

Rampetrafik (mktj./time)	Trafik på motorvej før tilkørsel (mktj./time)	Samlet <u>maksimal</u> trafik efter tilkørsel (mktj./time)	Udformning (se figur 7.2)
0 – 500	0 – 2900	2900	A
	2400 – 2900	3400	D
500 – 1100	0 – 2400	2900	A
	1800 – 2900	4000	D
1100 – 1500	0 – 1800	2900	C
	1400 – 2900	4400	E
1500 – 2800	0 – 2900	4400	E
	1600 – 2900	5700	F

Figur 7.3 Mulige tilkørsels-udformninger ved givne trafikintensiteter, når den gennemgående kørebane har **to spor** før tilkørslen (værdierne gælder for 10 % store køretøjer og spidstimefaktor på 0,85).

Rampetrafik (mktj./time)	Trafik på motorvej før tilkørsel (mktj./time)	Samlet maksimal trafik efter tilkørsel (mktj./time)	Udformning (se figur 7.2)
0 – 500	0 – 4400	4400	A
	3900 – 4400	4900	D
500 – 800	0 – 3500	4000	A
	3200 – 4400	5200	D
800 – 1100	0 – 4600	4400	C
	3300 – 4600	5700	D
1100 – 1500	0 – 4600	6100	E
1500 – 2800	0 – 4600	6100	E
	3100 – 4400	7200	F

Figur 7.4 Mulige tilkørsels-udformninger ved givne trafikintensiteter, når den gennemgående kørebane har **tre spor** før tilkørslen (værdierne gælder for 10 % store køretøjer og spidstimefaktor på 0,85).

7.1.3 Detailudformning af tilkørsler

Geometri ved planlægningshastighed ≥ 90 km/h

Rampen tilsluttes den overordnede vej i konvergensnittet, se figur 7.5. Konvergensnittet station A_t på den overordnede vej bestemmes således, at rampens tracé giver trafikanterne mulighed for at accelerere op til en indfletningshastighed på 90 km/h.

Rampen tilsluttes med en vinkel på 1:50. Denne vinkel er opretholdt mellem den overordnede vejs station A_t og station C_t over en længde på 150 m. Afstanden mellem rampens og den overordnede vejs nærmeste kørebaneanter bliver 2,5 m i station C_t . For veje med nødspor svarer den overordnede vejs kørebaneanter til en linje, der befinder sig i nødsporet, 0,5 m fra køresporskanten.

Hvor den overordnede vej ligger i kurve, tilnærmes rampens linjeføring mellem station a_t og station c_t med en cirkelbue, hvis radius sættes lig radius for den overordnede vejs linjeføring mellem station A_t og station C_t . Fra station c_t er rampens linjeføring ikke længere bundet til den overordnede vejs.

Rampens længdeprofil er bundet til den overordnede vejs længdeprofil mellem station a_t og station d_t , hvor station d_t er bestemt som det sted, hvor afstanden mellem rampens og den overordnede vejs nærmeste kørebaneanter er 5 m. På strækningen mellem station b_t og station d_t skal rampens og den overordnede vejs nærmeste kørebaneanter have samme længdeprofil. For veje med nødspor svarer den overordnede vejs kørebaneanter til en linje, der befinder sig i nødsporet, 0,5 m fra køresporskanten.

Flettestrækningen er kileformet med en vinkel på 1:50, og rampens kørebanebredde er 4 m i station a_t , hvorved flettestrækningens samlede længde fra konvergensnittet bliver 200 m.

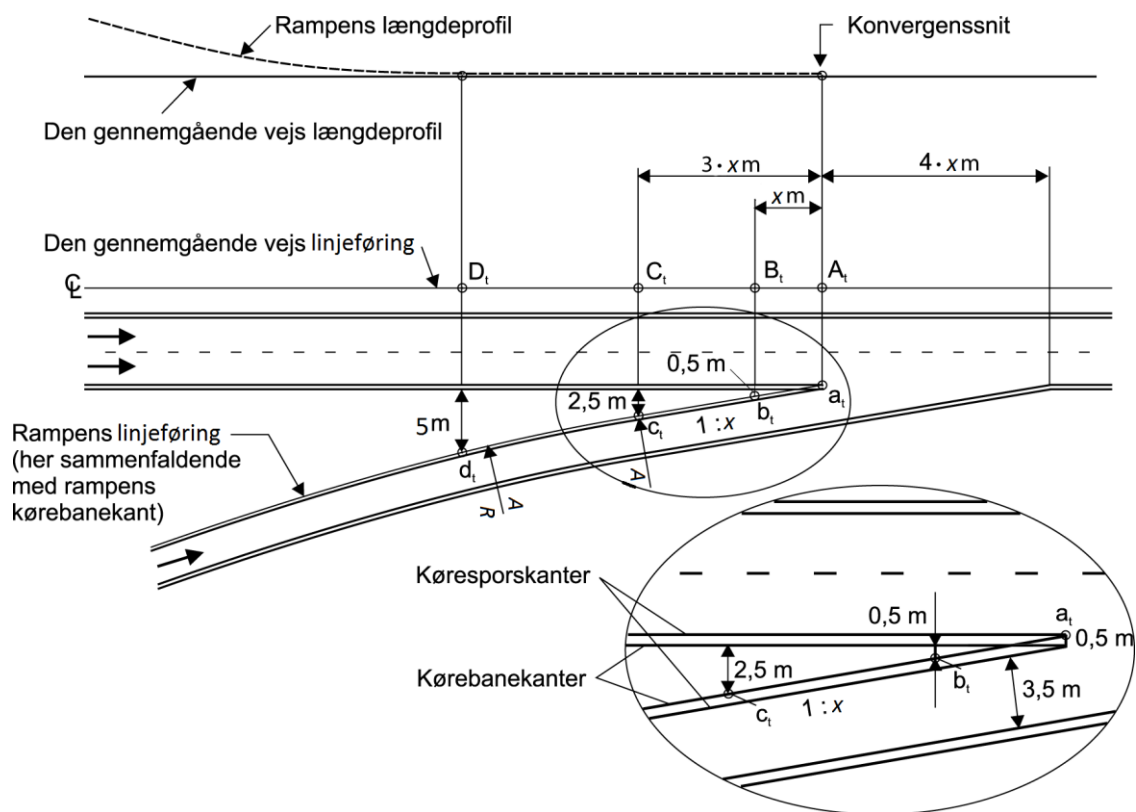
Tilkørselsrampens tilslutning til den overordnede vej bør have en geometrisk udformning, der nøje svarer til trafikanternes normale køreadfærd, og som giver størst mulig sikkerhed og kapacitet. Trafikanternes indfletningsmanøvre påvirkes af den geometriske udformning af området før konvergensnittet, som kaldes det kritiske område. Mens trafikanten er i dette område, skal vedkommende finde et passende gab mellem to biler i den overordnede vejs yderste spor, derpå accele-

rere og endelig foretage den egentlige indfletningsmanøvre. Under disse manøvrer skal trafikanten samtidig holde øje med foran- og bagvedkørende rampetrafikanter.

De fleste uheld ved tilkørselsramper er situationer, hvor en rampetrafikant, der er ved at se sig tilbage over skulderen, kører op bag i en forankørende rampetrafikant, som bremser op.

Beliggenheden af det kritiske område medfører, at rampen på en længere strækning før konvergensnittet anlægges med en lille vinkel med den overordnede vej. Så kan rampetrafikanterne benytte bakspejlet og således have større mulighed for at opdage forankørendes bremselygter. I tilkørselsområdet anlægges rampen i samme højde som den overordnede vej og uden hindrende beplantning eller faste genstande i den adskillende rabat.

Flettestrækningen bør udformes kileformet af tre grunde. Dels fordi trafikanter – også hvor parallelspor er anlagt – normalt foretager en direkte indfletning i stedet for en S-bevægelse. Dels fordi kilens kantbane giver en bedre optisk linjeføring med parallelsportet og derved fremmer en glidende trafikafvikling. Endelig fordi et acceptabelt gab i den overordnede vejs trafikstrøm for to på hinanden følgende rampetrafikanter først vil passere den bagerste, hvilket især langs et parallelspor vil fremme en uønsket form for køafvikling.



Figur 7.5 Detailudformning af tilkørsel, principskitse.

Geometri ved planlægningshastighed < 90 km/h

Her benyttes de geometriske parametre i figur 7.1, der svarer til den aktuelle planlægningshastighed V_p . Detailudformningen fremgår af figur 7.5. Geometrien i tilkørselsområdet tilpasses de aktuelle elementer.

Principperne for den bundne del af rampens linjeføring og længdeprofil er de samme, som gælder for tilkørselsramper med planlægningshastighed ≥ 90 km/h.

Sidehældning

Kilernes sidehældning er normalt den samme som for den gennemgående vejs kørebane langs flettestrækningen. Sidehældningens ændring fastlægges blandt andet under hensyn til at minimere indtrykket af optiske knæk i højre kantbane.

Skillerabat

Skillerabatten mellem rampe og gennemgående vej fra station B_r/b_t til station D_r/d_t udføres med en overflade, som er bæredygtig. Skillerabatten har et tværfald på 25 ‰ bort fra de to kørebane-kanter til en afløbsrende, som i enten den ene eller anden ende forbindes med vejens øvrige afløbssystem. Hvor afløbsrendens fald er mindre end ca. 5 ‰, må skillerabattens sidehældninger ændres, således at dette minimumsfald bevares.

Autoværn, faste genstande og beplantning placeres ikke i skillerabatten mellem rampe og den gennemgående vej på strækningen fra station B_r/b_t til station D_r/d_t .

Afvandingskonstruktioner i skillerabat mellem ramper og gennemgående vej bør udformes som trug af hensyn til trafikikkerheden.

7.1.4 Afmærkning af motorvejtilkørsler

Normalt udføres tilkørsler til motorveje som kiletilkørsler med flettepligt, se figur 7.2 A. Flettetavlen opsættes i skillerabatten mellem motorvejens højre spor og tilslutningsrampen ved begyndelsen af spærrefladeområdet.

Flettetavle anvendes ikke, hvor kørebaneafmærkningen angiver vognbaneskit (ved sportilføjelser).

7.1.5 Afmærkning af sporbortfald efter motorvejtilkørsler

Afmærkning af sporbortfald bør ikke følge tættere efter en eventuel tilkørselskile end 500 m. I denne afstand fra tilkørslen har trafikanten fundet plads efter indfletningen og er klar til nye manøvrer. Den første oplysningstavle E 16, sporbortfald, placeres normalt i begge vejsider mindst 500 m efter tilkørselskilen og ca. 1000 m før indsnævringen af venstre spor begynder.

7.1.6 Oversigt ved tilkørsler

For tilkørsler svarer stopsigtlængden på rampen til planlægningshastigheden på rampen frem til begyndelsen af spærrefladen i station d_t . Derfra svarer stopsigtlængden til planlægningshastigheden på den gennemgående vej.

I tilkørsler sikres trafikanter i den indflettende strøm oversigt bagud, så de – blandt andet ved brug af sidespejlet – kan tilrettelægge indfletningsmanøvreren.

For tilkørsler, som er udformet som rene kilestrækninger, betyder dette, at tilslutningsvinklen er mellem 1:18 og 1:50 afhængigt af planlægningshastigheden. Vinklen 1:18 bruges ved lave værdier af planlægningshastigheden og 1:50 ved høje værdier, se fig. 7.1.

Oversigtslængder fremgår af håndbogen ”Planlægning af vejkryds i åbent land”, afsnit 10.10.

7.2 Frakørsler

7.2.1 Geometriske parametre

Frakørsler kan udformes på forskellige måder alt efter hvor store trafikintensiteterne er på henholdsvis den gennemgående kørebane og frakørslen. Frakørsler udføres som hovedregel kileformede og retlinjede på den første del af rampen, se dog afsnit 7.3. De geometriske parametre fremgår af figur 7.6 og deres anvendelse er illustreret i figur 7.7 og detailudformningen i figur 7.8 og 7.9.

Planlægningshastighed V_p (km/h) (1)	Udfletningshastighed (km/h) (2)	Længde af kilestrækning			Udfletningsvinkel 1:x (6)	Mindste længde af parallelspor (m) (7)	Længde af kile ved parallelspor (m) (8)
		1 spor (m) (3)	2 spor (m) (4)	2 spor (m) (5)			
≥ 90	90	100	190	(150)	1:25	200	75
80	64	70	135	(110)	1:18	140	60
70	56	60	115	(90)	1:15	125	50
60	48	55	105	(85)	1:14	110	50
50	40	45	85	(65)	1:11	90	50
40	32	35	-	-	1:9	70	50

Noter

- (2): Udfletningshastigheden er mindst 0,8 gange planlægningshastigheden, og udfletningstiden er 4 sekunder
- (5): Tal i parentes er for 2 x 3,0 m spor
- (7): Tillader 8 sekunders kørsel med udfletningshastigheden
- (8): Giver vinkeldrejninger fra 1:12 til 1:22

Figur 7.6. Geometriske størrelser i frakørsler.

7.2.2 Udformninger

I figur 7.7 er i princippet vist 6 forskellige udformninger af frakørselsområdet, bestående af frakørselsramper med ét eller to spor og i nogle tilfælde med sportilføjelser.

Udformning A er den normale kileformede type, der kan betragtes som standardløsningen.

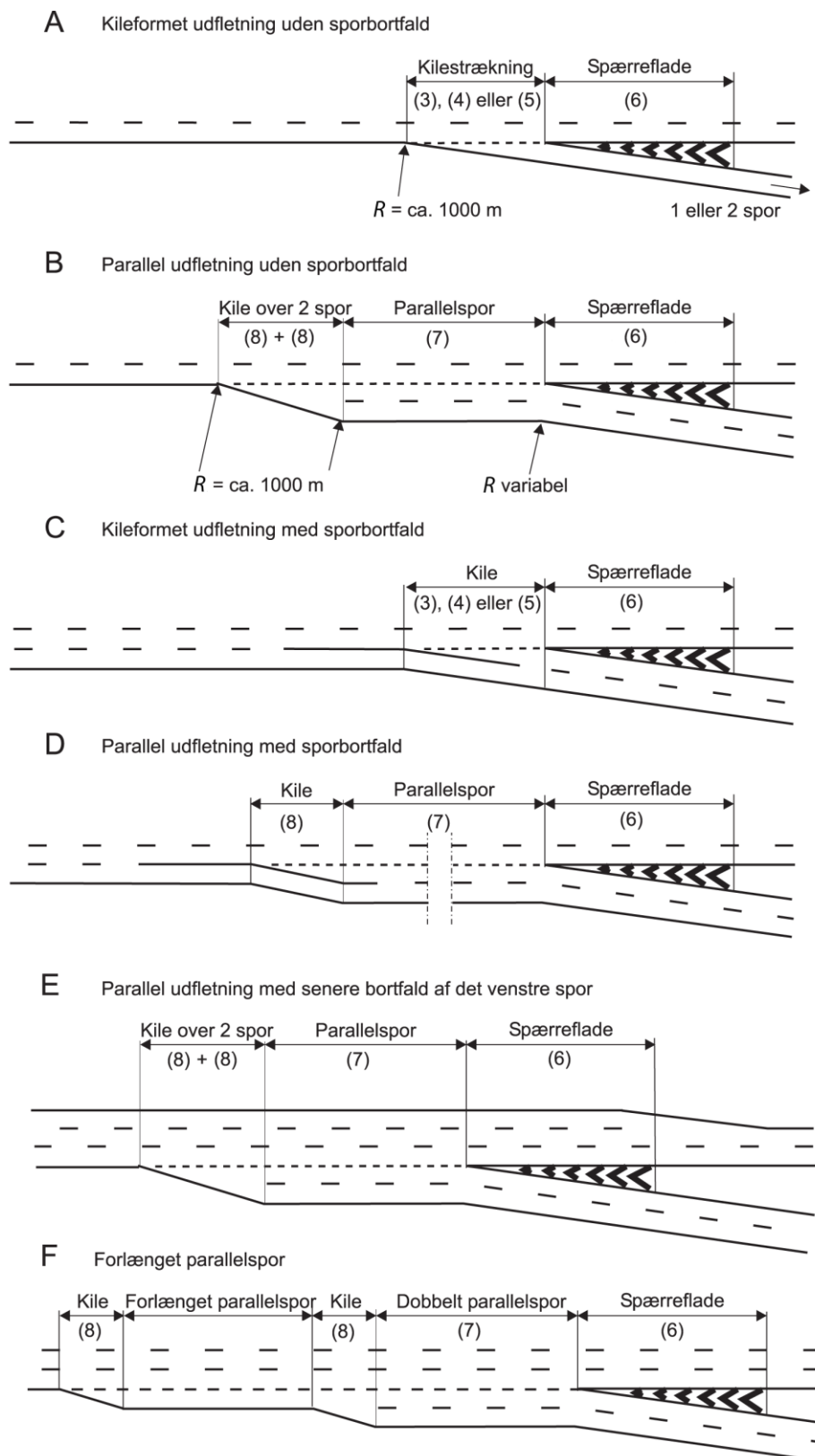
Udformning B tilgodeser ikke sporbalanceprincippet, men kan benyttes, hvor den frakørende trafik er stor, og hvor den gennemgående trafik stadig skal have alle gennemfartsspor til rådighed.

Udformningerne C og D formindsker antallet af gennemfartsspor. Ved meget store trafikintensiteter kan der være behov for at forlænge den sædvanlige kileformede udformning med parallelspor som vist i udformning D.

Udformning E med sporbortfald kan anvendes som alternativ til udformning D.

Udformning F indledes frakørslen med et enkelt parallelspor på yderligere 400 m's længde og anbefales, hvor det ved en frakørsel på en overordnet vej må forudses, at både rampen og den gennemgående vej vil få trafikintensiteter, der nærmer sig den dimensionsgivende kapacitet. Det forlængede parallelspor indledes med en kile som angivet i kolonne 8 i figur 7.6 og afsluttes med en udvidelse til et dobbelt parallelspor med en tilsvarende kile. Denne forøgelse bør overvejes,

når de forventede belastninger overstiger 85 % af den dimensionsgivende kapacitet i mere end 400 timer pr. år.

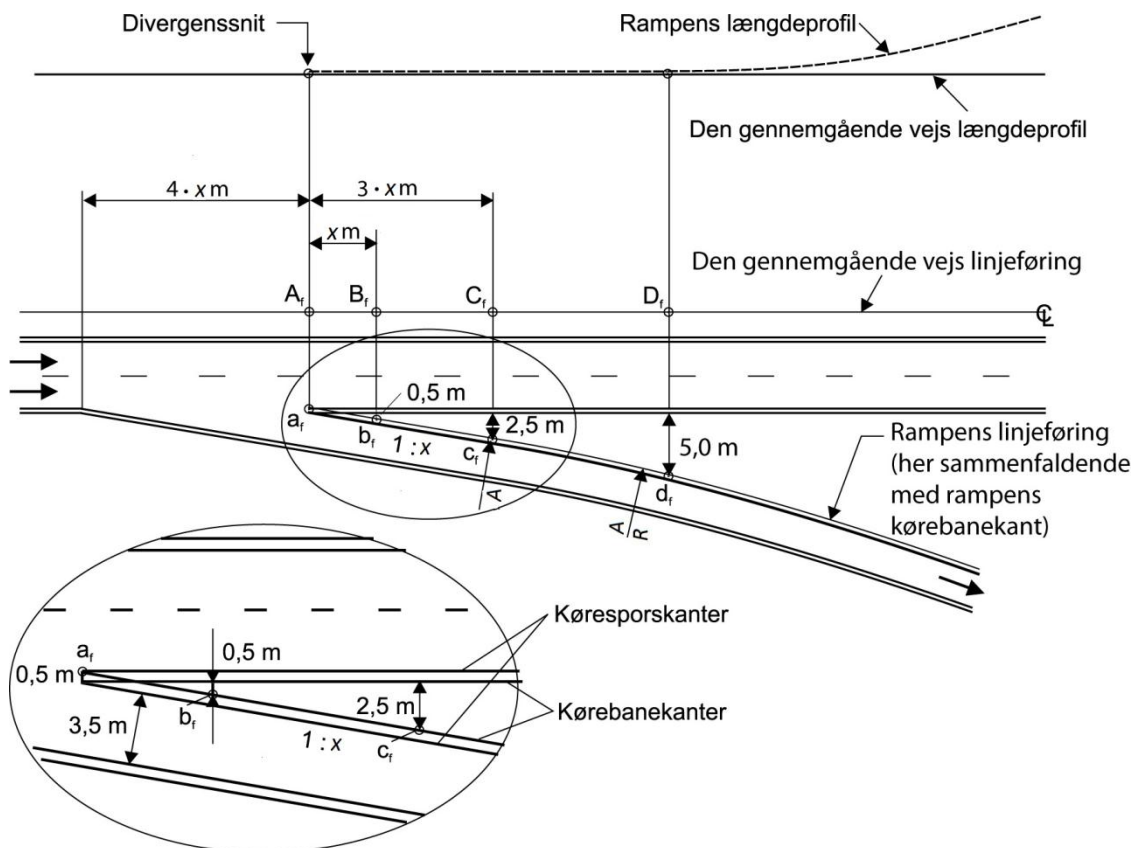


Figur 7.7 Udformning af frakørsler, idet tal i parentes henviser til kolonnerne i figur 7.6, principskitser.

7.2.3 Detailudformning af frakørsler

Geometri ved planlægningshastighed ≥ 90 km/h

Rampen tilsluttes den overordnede vej i divergensnittet, se figur 7.8. Divergensnittets station A_r på den overordnede vej bestemmes således, at rampens tracé giver trafikanten mulighed for at decelerere fra udfletningshastigheden 90 km/h til rampehastigheden.



Figur 7.8 Detailudformning af frakørsel, principskitse.

Rampen tilsluttes med en vinkel på 1:25. Denne vinkel opretholdes mellem den overordnede vejs station A_r og station C_r over en længde på 75 m. Afstanden mellem rampens og den overordnede vejs nærmeste kørebane kantar bliver 2,5 m i station C_r i lighed med forholdene ved tilkørselsrampen. For veje med nødspor svarer den overordnede vejs kørebane kant til en linje, der befinder sig i nødsporet, 0,5 m fra køresporskanten.

Principperne for den bundne del af rampens linjeføring og længdeprofil er de samme, som gælder for tilkørselsramper.

Flettestrækningen er kileformet som ved tilkørselsrampen, men med en vinkel på 1:25, og rampens kørebane bredde er 4 m i station a_r , hvorved flettestrækningens samlede længde fra divergensnittet bliver 100 m.

Også frakørselsrampens tilslutning til den overordnede vej bør have en geometrisk udformning, der harmonerer med trafikanternes normale køreadfærd, og som samtidig giver størst mulig sikkerhed og kapacitet. En trafikant, der ved et tilslutningsanlæg ønsker at forlade den overordnede vej, vil søge over i dennes yderste kørespor og samtidig orientere sig efter afmærkningstavler.

Derefter vil vedkommende søge af få overblik over rampens tracéring og herudfra vurdere, hvordan hastigheden skal tilpasses under udfletningsmanøvren. Endelig vil trafikanten flette ud og køre ind på rampen. Under disse manøvrer skal trafikanten tillige holde øje med andre – især forankørende – trafikanter, som kan have helt afgørende indflydelse på manøvrer muligheden.

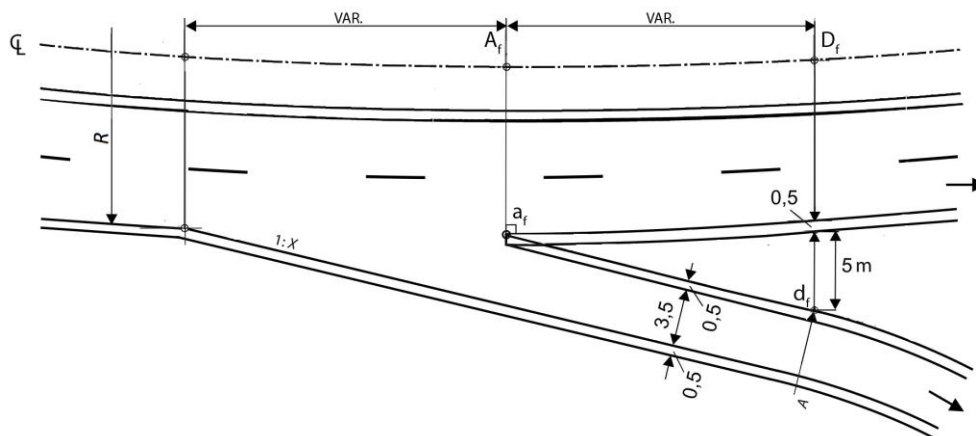
Kapacitetshensyn taler for, at rampetrafikanten uden at nedsætte kørehastigheden skal kunne forlade den overordnede vej og først derefter decelerere. Dette betyder imidlertid, at trafikanten på lang afstand skal kunne se, at der kan decelereres på betryggende måde uden for den overordnede vej. Hvis dette er tilfældet, vil udfletningshastigheden kun være afhængig af kørehastigheden på den overordnede vejs yderste spor. Frakørselsrampen har altså også et kritisk område, beliggende umiddelbart efter divergenssnittet, hvor rampens tracé derfor bør være nær tilknyttet den overordnede vejs. Ønsket om oversigt taler endvidere for, at frakørselsrampen hæver sig, dvs. at den skærende vej føres over den overordnede vej.

Udfletningsstrækningen bør udformes kileformet, først og fremmest fordi trafikanterne uanset flettestrækningens udformning stort set alle kører direkte ind på rampen umiddelbart før divergenssnittet. Observationer ved flettestrækninger med parallelspor viser, at der her opstår større trafikforstyrrelser. Nogle rampetrafikanter benytter hele parallelsportet – som forudset – og decelererer på parallelsportet, mens hovedparten som nævnt foretager en direkte udfletning, hvilket skaber konfliktsituationer ved divergenssnittet. Endelig vil kantbanen langs en kileformet flettestrækning give den bedste optiske linjeføring.

Frakørsel på venstredrejende vej ved planlægningshastighed ≥ 90 km/h

Frakørselsramper i en venstredrejende kurve udføres retlinjet på den første del af rampen, hvor ved det normalt uskønne S-sving på rampen elimineres. Det anvendes såvel ved tilslutnings- og forbindelses anlæg som ved sideanlæg, men ikke ved tilkørselsramper. Den første del af rampen gøres heller ikke retlinjet, hvis frakørslen i en venstredrejende kurve leder til en fordelingsstrækning, fordi skillerabatten mellem den gennemgående kørebane og fordelingsstrækningen derved bliver for stor.

Frakørselsviklen i 1:25 fastlægges et passende sted på kilestrækningen, dog senest i divergenssnittet station A_f . Rampens linjeføring er retlinjet frem til station d_f , hvor station d_f er bestemt som det sted, hvor afstanden mellem rampens og den overordnede vejs nærmeste kørebane kantar er 5 m, se figur 7.9. For veje med nødspor svarer den overordnede vejs kørebane kant til en linje, der befinder sig i nødsporet, 0,5 m fra køresporskanten.



Figur 7.9 Detailudformning af frakørsel i venstredrejende kurve, principskitse.

Geometri ved planlægningshastighed <math>< 90\text{ km/h}</math>

Her benyttes de geometriske parametre i figur 7.6, der svarer til den aktuelle planlægningshastighed V_p . Detailudformningen fremgår af figur 7.8 og 7.9. Geometrien i frakørselsområdet tilpasses de aktuelle elementer.

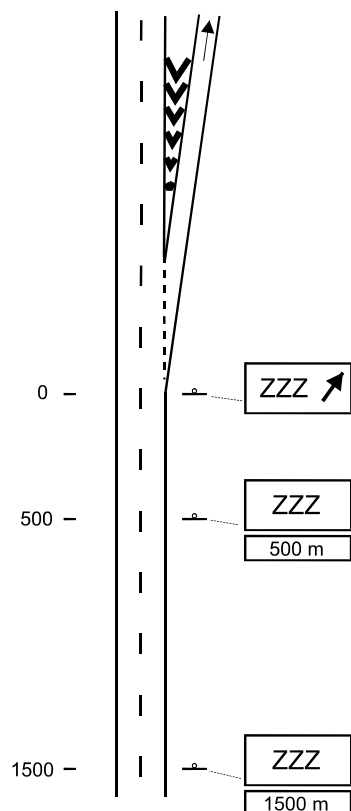
Principperne for den bundne del af rampens linjeføring og længdeprofil er de samme, som gælder for frakørselsræmper med planlægningshastighed $\geq 90\text{ km/h}$.

Sidehældning og skillerabat

Principperne for kilernes sidehældning og skillerabatten mellem rampe og gennemgående vej fra station B_f/b_f til station D_f/d_f er de samme, som gælder for tilkørselsræmper.

7.2.4 Afmærkning af motorvejsfrakørsler

Det grundlæggende princip for udformning og afmærkning af motorvejsforgreninger og frakørsler bør være, at den langsomme og usikre trafikant i højre kørespor ikke skifter til kørespor, hvor der skal viges for andre trafikanter.

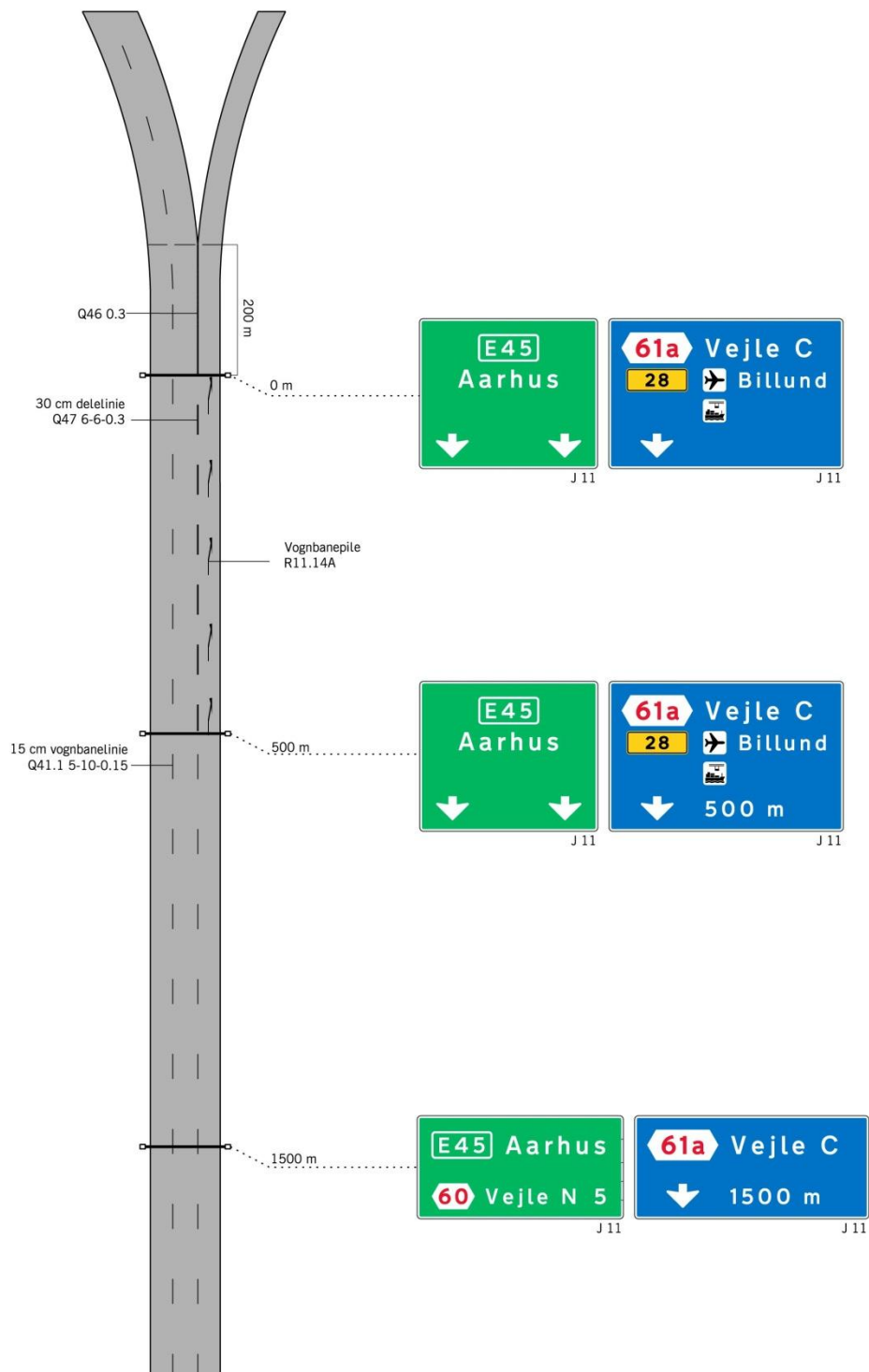


Figur 7.10 Eksempel på principafmærkning med frakørselstavler ved en normal frakørsel (for detaljer, se håndbogen "Vejvisning på motorveje").

Normalt bør frakørsler udføres som en rampe, der begynder med en kile, se figur 7.10 og afsnit 7.2.3. I sådanne tilfælde udføres tavleafmærkningen som anført i håndbogen "Vejvisning på motorveje" og kørebaneafmærkningen som anført i håndbøgerne om afmærkning på kørebanen.

7.2.5 Frakørsler med sporbortfald

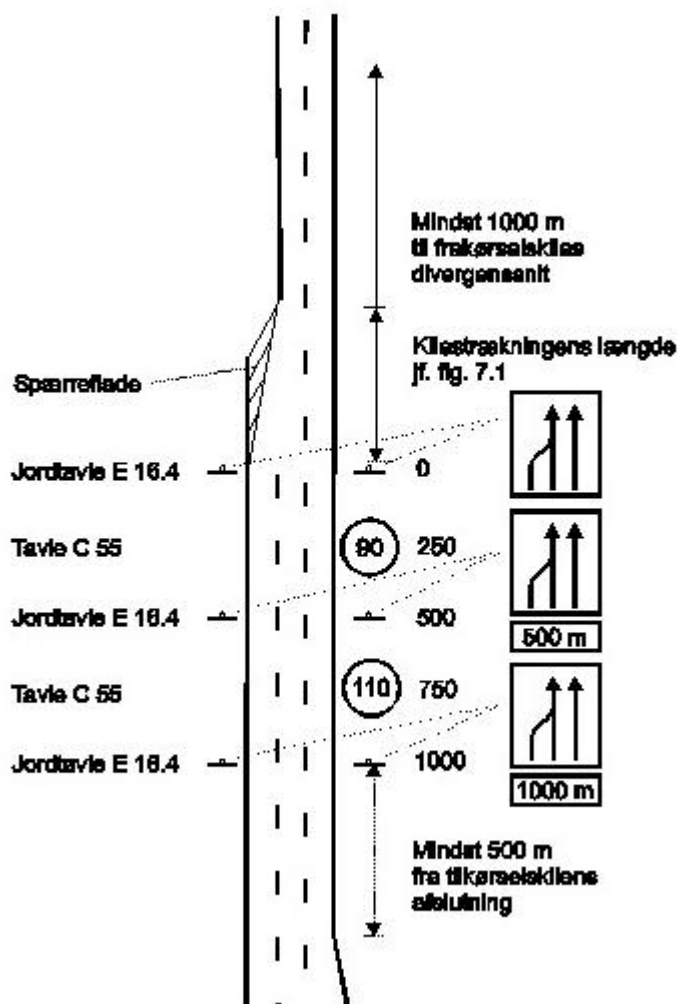
Hvis frakørslen undtagelsesvis, se afsnit 6.7, udføres som sporbortfald af højre kørespor, anvendes vognbaneorienteringstavlen J 12, forvarsling af vognbaneforløb, henholdsvis 2 km og 1 km før frakørslen og J 11 Anviste vognbaner som portaltavle 1500 m og 500 m før frakørslen, se figur 7.11.



Figur 7.11 Eksempel på principafmærkning ved en frakørsel med sporboortfald.

Kørebaneafmærkningen suppleres med vognbanepile $R_{11.1}$ og $R_{11.5}$ i frakørselssporet for hver 100 m fra 1500 m til 200 m før frakørslen.

Der anvendes brudt kantlinje (0,3 – 2,0 – 2,0) som vognbanelinje mod frakørselssporet fra 1500 m til divergenssnittet, se figur 7.11.



Figur 7.12 Eksempel på afmærkning på strækning med sporbortfald i venstre side.

7.2.6 Oversigt ved motorvejsfrakørsler

For frakørsler svarer stopsigtlængden på rampen til planlægningshastigheden på den gennemgående vej frem til afslutningen af spærrefluden i station d_f . Derfra kan stopsigtlængden reduceres svarende til planlægningshastigheden på rampen.

7.3 Parallelle til- og frakørsler

I særlige tilfælde bør de kileformede til- og frakørsler erstattes af parallelle. Det gælder:

- for tilkørsler, hvor den gennemgående vej ligger i en højredrejende kurve med en horisontalradius, som er mindre end den vejledende minimumsradius for stopsigt ved kø, se håndbogen "Tracéring i åbent land", kapitel 5

- hvis den gennemgående vej stiger mere end 30 ‰ på en strækning på mere end 1,5 km før kilens begyndelse
- hvis den gennemgående vej falder mere end 30 ‰ på en strækning på mere end 1,5 km før kilens begyndelse
- hvis rampen til en tilkørsel ligger på en over 500 m lang stigning på mere end 30 ‰
- hvis der ikke kan tilvejebringes tilstrækkeligt areal til det retlinjede, kileformede forløb mellem stationerne a og c, se figurerne 7.5 og 7.8, på grund af arealbegrænsninger langs rampen.

Med hensyn til geometrisk udformning henvises til afsnit 9.6.4, idet der dog til både ind- og ud-fletningshastighed benyttes en værdi på 0,8 x planlægningshastigheden på den gennemgående vej.

7.4 Sammenløb og forgrening af ramper

Afstande

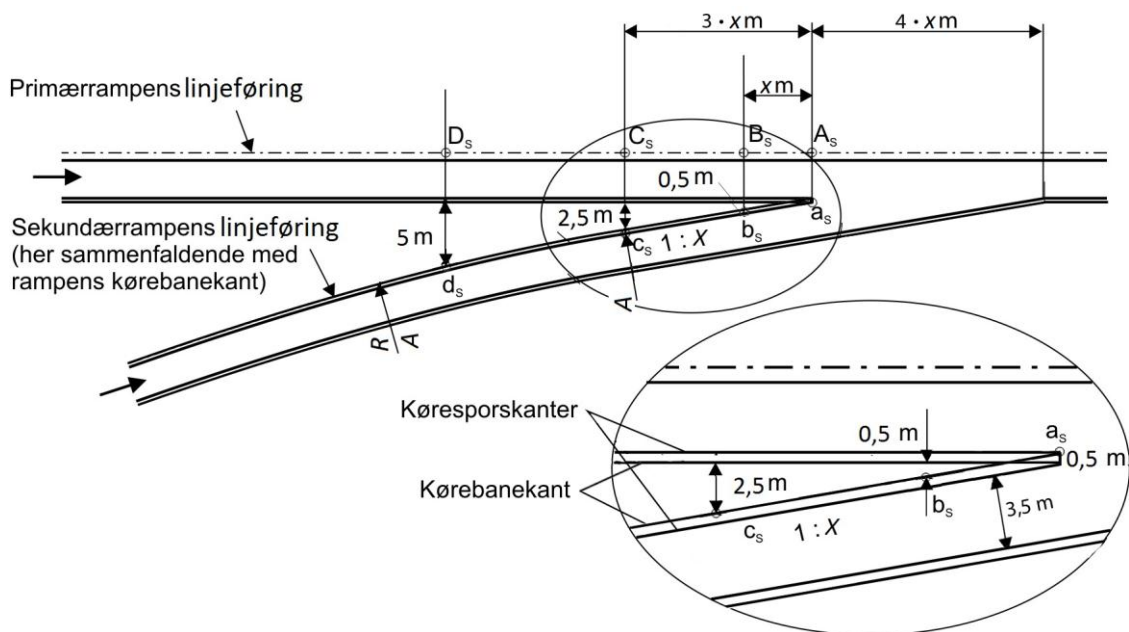
I visse tilslutningsanlæg og i næsten alle former for forbindelsesanlæg vil der forekomme sammenløb og forgreninger af ramper. Det er vigtigt, at der er så stor afstand mellem sådanne sammenløb og forgreninger, at trafikanterne kan nå at læse vejvisningsinformationen, træffe beslutning og eventuelt skifte spor, se afsnit 7.4.4. Herved tilgodeses trafiksikkerheden og trafikafviklingen bedst muligt.

Geometrisk udformning

Ud fra trafikale og geometrisk mulige forhold afgøres, hvilken af to ramper der skal betragtes som den gennemgående, der betegnes primærrampen, i forhold til den anden, som betegnes sekundærrampen. Sekundærrampen kan tilsluttes primærrampen både i dens højre og venstre side. Den geometriske udformning baseres på planlægningshastigheden på primærrampen, se figur 6.2, og længde af kilestrækning og indfletningsvinkel fremgår herefter af figur 7.1.

7.4.1 Sammenløb af ramper

Sekundærrampen tilsluttes primærrampen i konvergenssnittet, se figur 7.13. Konvergenssnittets station A_s på primærrampen bestemmes således, at rampens tracé giver trafikanterne mulighed for at accelerere op til planlægningshastigheden før konvergenssnittet. De geometriske parametre fremgår af figur 7.1.



Figur 7.13 Detailudformning af sammenløb af ramper, principskitse.

Sekundærrampen tilsluttes med en vinkel på $1:x$. Denne vinkel opretholdes mellem primærrampens station A_s og station C_s i en længde på $3 \cdot x$ m. Afstanden mellem rampernes nærmeste kørebaneanter bliver $2,5$ m i station C_s . For ramper med nødspor svarer primærrampens kørebane kant til en linje, der befinder sig i nødsporet, $0,5$ m fra køresporskanten.

Hvor primærrampen ligger i kurve, tilnærmes sekundærrampens linjeføring mellem station a_s og station c_s med en cirkelbue, hvis radius sættes lig radius for primærrampens linjeføring mellem station A_s og station C_s . Fra station c_s er sekundærrampens linjeføring ikke længere bundet til primærrampens linjeføring.

Sekundærrampens længdeprofil er bundet til primærrampens længdeprofil fra station b_s til station d_s , hvor station d_s er bestemt som det sted, hvor afstanden mellem sekundærrampens og primærrampens nærmeste kørebaneanter er 5 m. På strækningen mellem station b_s og station d_s skal sekundærrampens og primærrampens nærmeste kørebaneanter have samme længdeprofil. For ramper med nødspor svarer primærrampens kørebane kant til en linje, der befinder sig i nødsporet, $0,5$ m fra køresporskanten.

Flettestrækningen er kileformet med en vinkel på $1:x$ og rampens kørebanebredde er 4 m i station a_s , hvorved flettestrækningens samlede længde fra konvergenssnittet bliver $4 \cdot x$ m. Flettestrækningen gøres kileformet i analogi med rampers tilslutning til den overordnede vej, se afsnit 7.1.

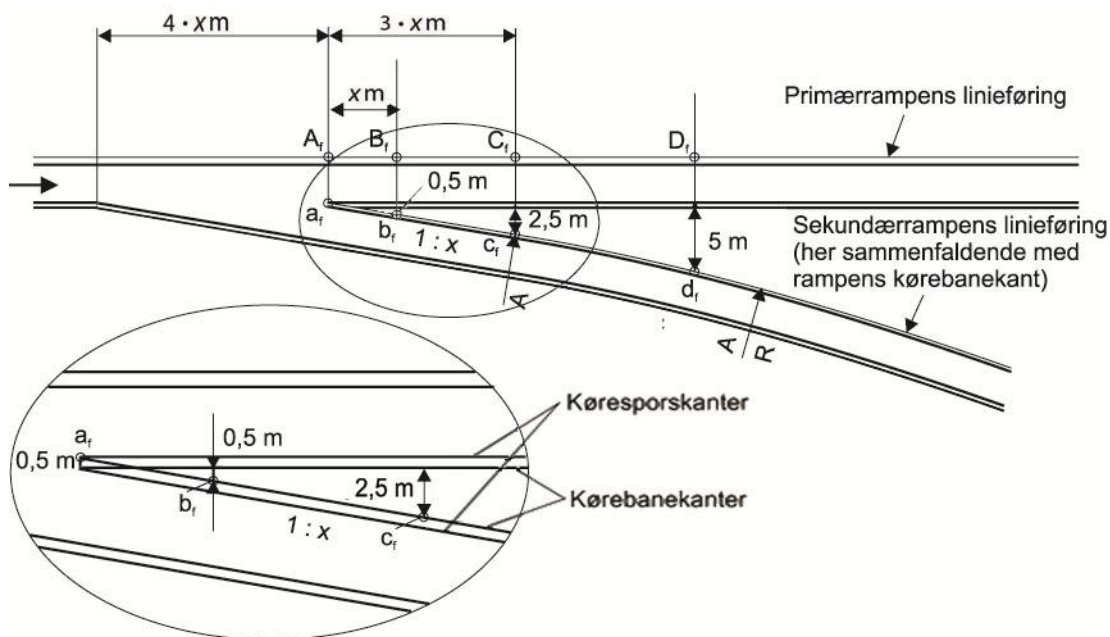
7.4.2 Forgrening af ramper

Sekundærrampen tilsluttes primærrampen i divergenssnittet, se figur 7.14. Divergenssnittets station A_f på primærrampen bestemmes således, at rampernes tracé giver trafikanten mulighed for at decelerere fra hastigheden ved divergenssnittet til en eventuelt lavere rampehastighed længere fremme. De geometriske parametre fremgår af figur 7.6.

Sekundærrampen tilsluttes med en vinkel på 1:x. Denne vinkel opretholdes mellem primærrampens station A_f og station C_f i en længde på $3 \cdot x$ m. Afstanden mellem rampernes nærmeste kørebane kanter bliver 2,5 m i station C_f , i lighed med forholdene ved sammenløb af ramper. For ramper med nødspor svarer primærrampens kørebane kant til en linje, der befinder sig i nødsporet, 0,5 m fra køresporskanten.

Principperne for den bundne del af sekundærrampens linjeføring og længdeprofil er de samme, som gælder for sammenløb af ramper.

Flettestrækningen er kileformet med en vinkel på 1:x, og rampens kørebanebredde er 4 m i station a_f , hvorved flettestrækningens samlede længde fra divergenssnittet bliver $4 \cdot x$ m. Flettestrækningen gøres kileformet i analogi med rampers tilslutning til den overordnede vej, se afsnit 7.2.



Figur 7.14 Detailudformning af forgrening af ramper, principskitse.

Sammenløb efterfulgt af forgrening

De normale kileformede flettestrækninger udformes som en flettestrækning med 2 kørespor i fuld bredde.

7.4.3 Detailudformning

Sidehældningen for kilerne er normalt den samme som for primærrampens kørebane langs flettestrækningen. Sidehældningens ændring fastlægges blandt andet under hensyn til at minimere indtrykket af optiske knæk i højre kantbane.

Kantbaners linjeføring fra sekundærrampen langs flettestrækningen går i et knæk over i primærrampens kantbane.

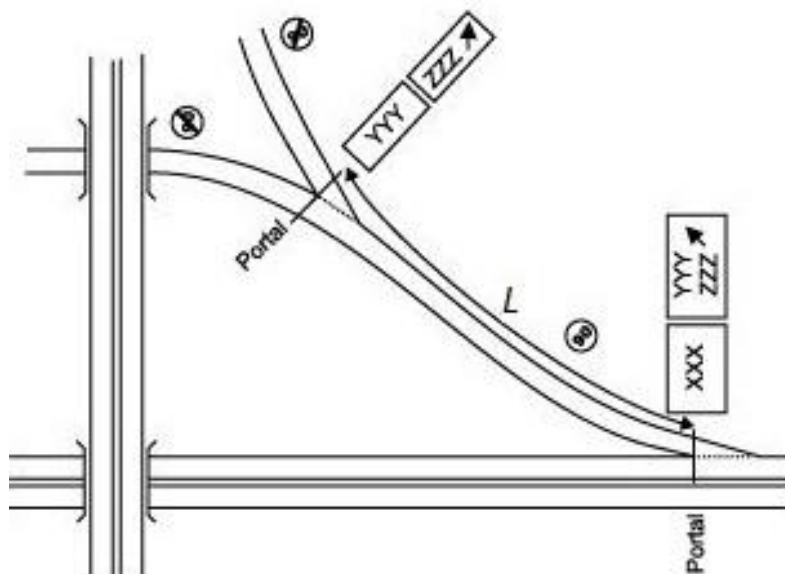
Skillerabatten mellem ramperne mellem station B og station D udføres med en overflade, som er bæredygtig. Skillerabatten har et tværfald på 25 ‰ bort fra de to kørebaneanter til en afløbsrende, som i enten den ene eller den anden ende forbindes med rampernes øvrige afvandingsystem. Hvor afløbsrendens fald er mindre end ca. 5 ‰, må skillerabattens sidehældninger ændres, således at dette minimumsfald kan opretholdes.

Autoværn, faste genstande og beplantning placeres ikke i skillerabatten mellem ramperne mellem station B og station D.

En afvandingskonstruktion i området mellem ramperne ud over station D bør udformes som trug af hensyn til trafikikkerheden.

7.4.4 Afmærkning af rampeforgreninger

Afstanden L mellem frakørsler og forgreninger eller mellem forgreninger i et forbindelsesanlæg skal være så lang, at trafikanterne kan nå at læse vejvisningsinformationen, træffe beslutning (4 sekunder) og eventuelt skifte spor (4 sekunder), se figur 7.15.



Figur 7.15 Eksempel på afstand mellem frakørsler og rampeforgreninger eller mellem rampeforgreninger indbyrdes i forhold til principafmærkning.

Dette skal forstås således, at hvis strækningen er 1-sporet, anvendes værdierne for 1 spor i tabellen figur 7.16. Hvis strækningen er 2-sporet, tillægges en afstand svarende til 4 sekunders kørsel, som er den nødvendige sporskiftetid, og værdierne for 2 spor i tabellen figur 7.16 anvendes i så fald.

Antal Informationer	2		3		4	
	1 spor (m)	2 spor (m)	1 spor (m)	2 spor (m)	1 spor (m)	2 spor (m)
Planlægnings- hastighed V_p (km/h)						
110	252	374	264	386	273	395
100	233	344	244	356	253	364
90	215	315	225	325	233	333
80	197	286	205	294	211	301

Figur 7.16 Afstanden L mellem frakørsler i et forbindelses anlæg.

Der anvendes altid portaltavler til vejvisning på forbindelses anlæg efter håndbogen "Vejvisning på motorveje".

7.5 Tætliggende til- og frakørsler

Afstanden mellem toplanskryds er behandlet i afsnit 2.4.1. Det fremgår heraf, at afstanden mellem en tilkørsel og frakørslen i det efterfølgende toplanskryds ikke må være mindre end 1,8 – 2,0 km på motorveje og 0,4 km på andre veje. Begrundelsen for disse afstandskrav er hovedsagelig at opnå plads til vejvisning med forvarsling. Såfremt afstandskravene er opfyldt, kan man analysere og dimensionere tilkørslen, frakørslen og den mellemliggende strækning hver for sig med hensyn til kapacitet og serviceniveau.

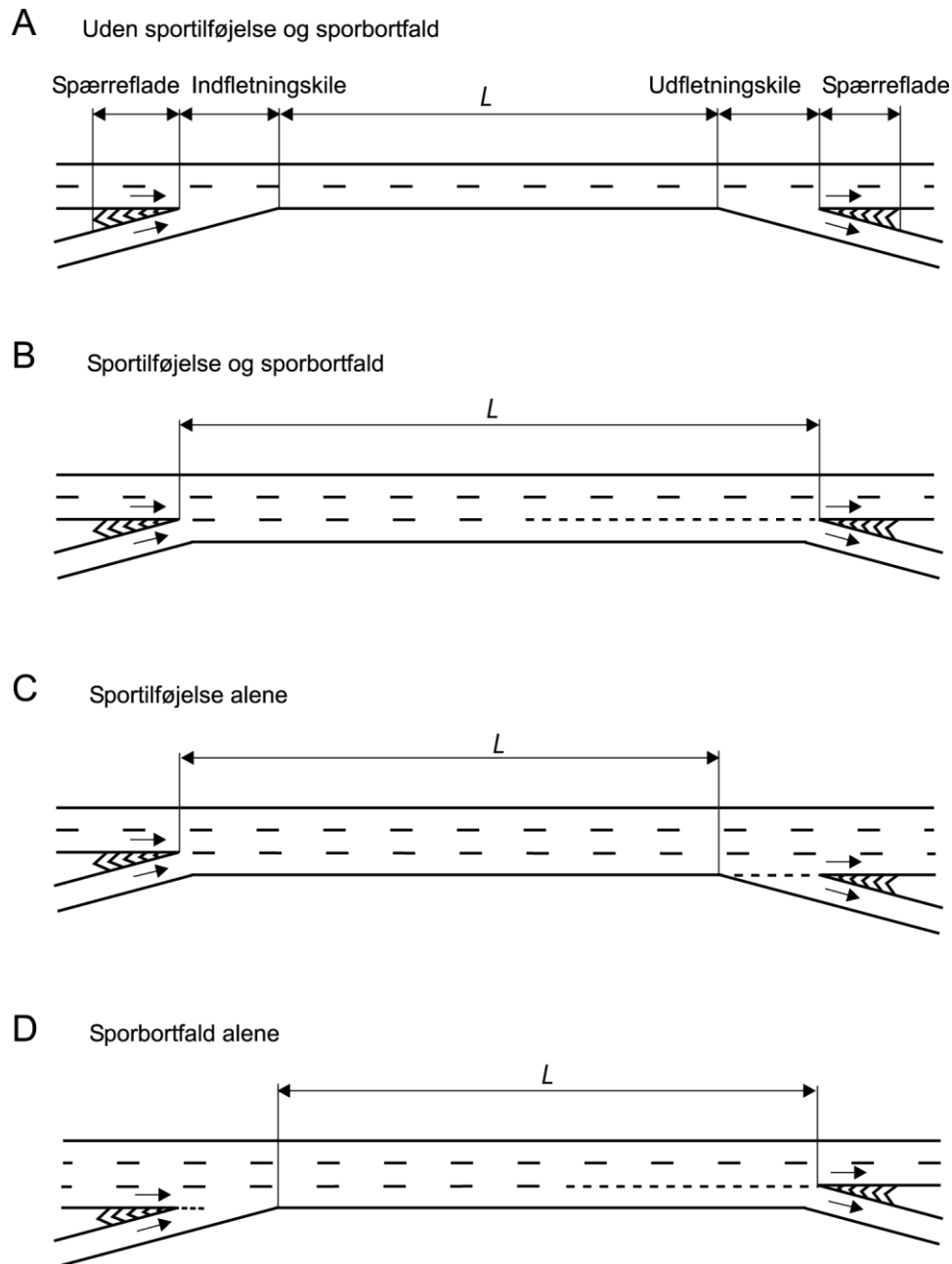
Hvis det er nødvendigt at placere toplanskrydsene så tæt på hinanden, at de sædvanlige afstandskrav ikke kan overholdes, må de to toplanskryds og den mellemliggende strækning analyseres samlet både vedrørende vejvisning og vedrørende kapacitet og serviceniveau. Dette gælder også tilfælde, hvor mindst ét af toplanskrydsene i stedet er enten et motorvejs sammenløb eller en motorvejs forgrening.

På figur 7.17 er vist forskellige principskitser for udformninger af anlæg, hvor en tilkørsel ligger tæt på den efterfølgende frakørsel.

I udformning A er trafikafvikling på strækningen mellem til- og frakørsel særlig sårbar, fordi indfletning og udfletning mellem ramper og højre spor på den gennemgående vej skal foregå over en kort strækning. Derfor bør det sikres, at belastningsgraden for denne strækning ikke bliver for høj. For beregning af kapacitet og serviceniveau henvises til håndbog om Kapacitet og serviceniveau.

Den korte strækning mellem til- og frakørslen for de to toplanskryds kan udgøre en flaskehals. For at forøge kapaciteten og serviceniveauet kan det derfor overvejes at etablere et ekstra spor, se udformningerne B, C og D i figur 7.17. I sådanne tilfælde, hvor en tilkørsel i kort afstand efterfølges af en frakørsel, og hvor til- og frakørsel forbindes med et ekstra spor, betegnes strækningen som en vekselsstrækning.

For udformning B, hvor det ekstra spor starter i forlængelse af tilkørslen og slutter i frakørselsrampen, skal alle biler fra tilkørselsrampen mod den gennemgående vej og alle biler fra den gennemgående vej mod frakørselsrampen skifte kørselsspor over veksellængden.



Figur 7.17 Tætliggende til- og frakørsler, principskitser.

Hvis der er tale om en særlig stor trafikintensitet, der kører ind på den gennemgående vej i tilkørslen i det første toplanskryds, eller en særlig stor trafikintensitet, der forlader den gennemgående vej ved det efterfølgende toplanskryds, kan det være aktuelt at udføre vekselstrækningen med henholdsvis en sportilføjelse alene eller et sporbortfald alene, se udformning C og D. Disse udformninger giver en særlig effektiv trafikafvikling, fordi det helt undgås, at de store trafikstrømme skal skifte spor over vekselstrækningen, og i stedet for to strømme som ved udformning B skal kun én strøm skifte kørespor over vekselstrækningen.

Vekselstrækningers længde L måles som vist i udformning A for standardudformningen og i udformning B-D for de viste specielle udformninger.

8 MOTORVEJSFORGRENINGER OG -SAMMENLØB

8.1 Y-anlæg

Ved Y-anlæg forstås forbindelsesanlæg, som er udført uden ramper, men med forgrening og sammenløb af ensrettede kørebaner, se figur 3.7.

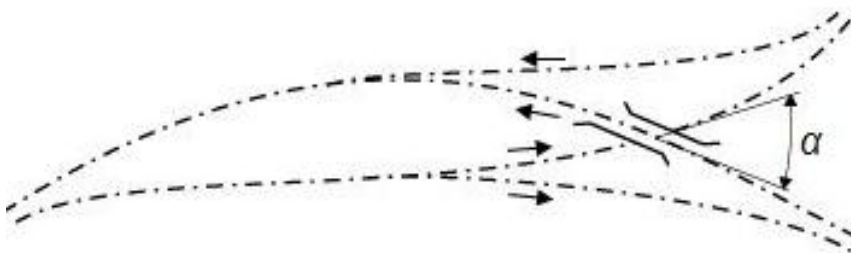
Det karakteristiske for Y-anlæg er, at to i princippet ligeberettigede trafikstrømme føres sammen henholdsvis forgrenes. Dette betyder, at forgrening og sammenløb bør gives en geometrisk udformning, der fremmer en trafikafvikling efter ovennævnte princip.

En første forudsætning herfor er, at såvel forgrening som sammenløb er direkte, idet en indirekte linjeføring fra en kørebaneretning for trafikanterne kan virke som en nedklassificering af den pågældende strækning fra overordnet vej til rampe. En anden forudsætning er, at den geometriske udformning svarer til, at der gennem toplanskrydset er en hastighedsbegrænsning på 110 km/h.

Som vist på figur 3.7 kan tre Y-anlæg sammensættes til et overordnet trekantknudepunkt. Såvel dette som Y-anlægget i sig selv er meget pladskrævende.

Tracé

Vinklen α mellem de to skærende linjeføringer, se figur 8.1, gøres af hensyn til brokonstruktionen mindst 30° , med mindre andre forhold, herunder økonomiske, taler for en mindre vinkel.



Figur 8.1 Linjeføring af et Y-anlæg.

Linjeføringens krumning forud for forgreningsstrækningen bør være mindst mulig. En retlinjet linjeføring forud for forgreningsstrækningen bidrager til en klarere opfattelse af den afmærkning, som er ophængt over kørebanen.

Den af de skærende linjeføringer, der leder trafik mod sammenløbsstrækningen, bør føres over den linjeføring, der leder trafik fra forgreningsstrækningen, fordi så skabes de bedste oversigts- og orienteringsforhold for trafikanterne, se figur 8.1. Det er endvidere ønskeligt, at der tilvejebringes konkave vertikalkurver omkring både sammenløbs- og forgreningsstrækningerne.

8.2 Afmærkning af motorvejsforgrening

Motorvejsforgreninger bør i princippet udføres som frakørsler, således at den langsomme trafikant i højre kørespor kan forblive i sporet, såfremt trafikanten ikke ønsker at benytte frakørslen (forgreningen) mod højre, se figur 8.2 og 8.3.

Motorvejsforgreninger varsles 3 km før forgreningen med tavlen J 13, diagramorienteringstavle for motorveje. Tavlen gentages 1 km før forgreningen. På en undertavle anføres symbol for motorvejskryds samt krydsets navn.

På figurerne 8.2 – 8.5 er vist eksempler på, hvorledes forgreningen af motorveje bør foretages. Normalt vil der i forgreningen være en hastighedsbegrænsning på 110 km/h.

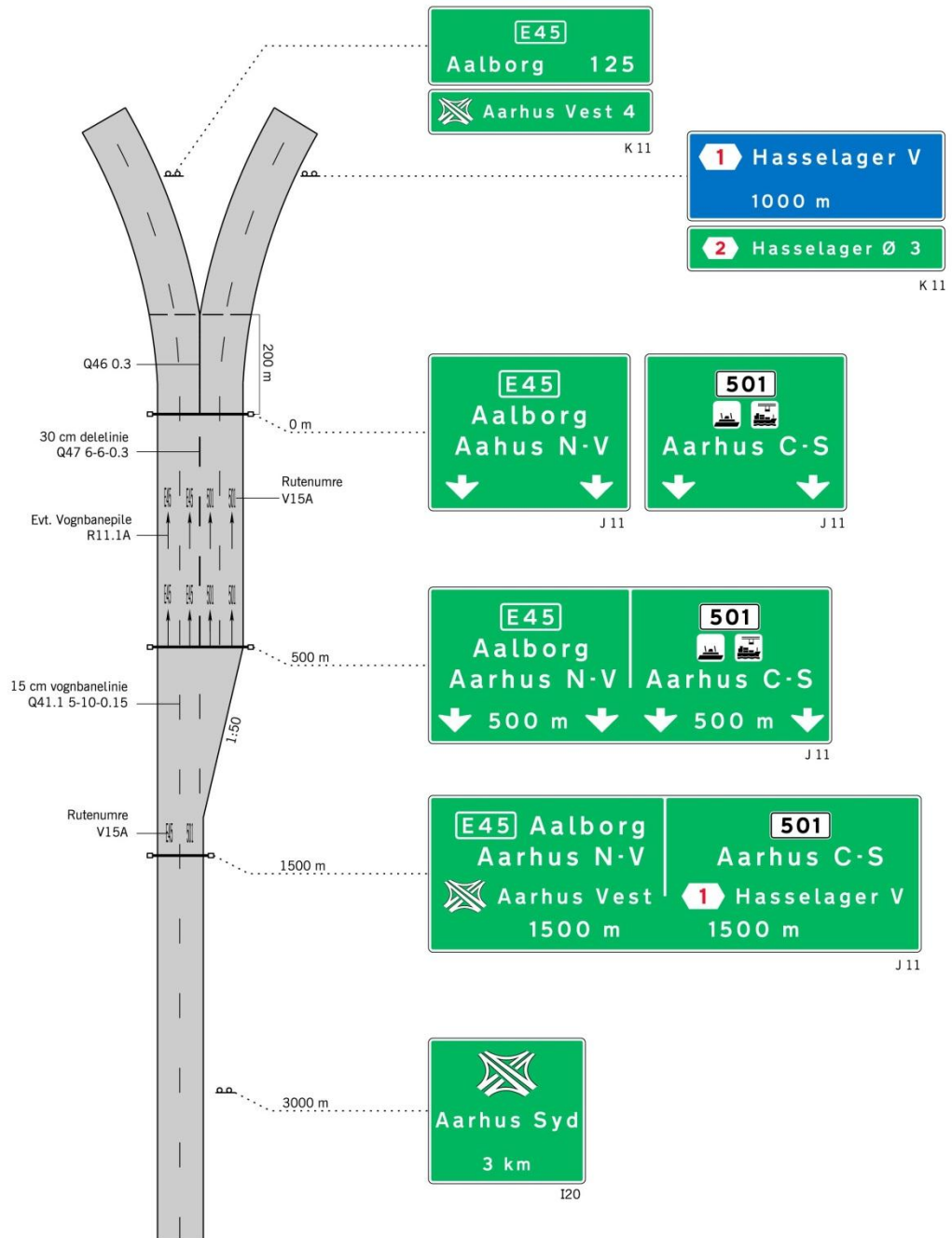
0 m punktet er placeret, hvor kørebaneafmærkningen skifter fra brudt vognbanelinje til ubrudt kantlinje, se figur 8.2.– 8.5.

0 m og 500 m før forgreningen opsættes portalorienteringstavlen, J 11, anviste vognbaner, med information som anført i håndbogen "Vejvisning på motorveje".

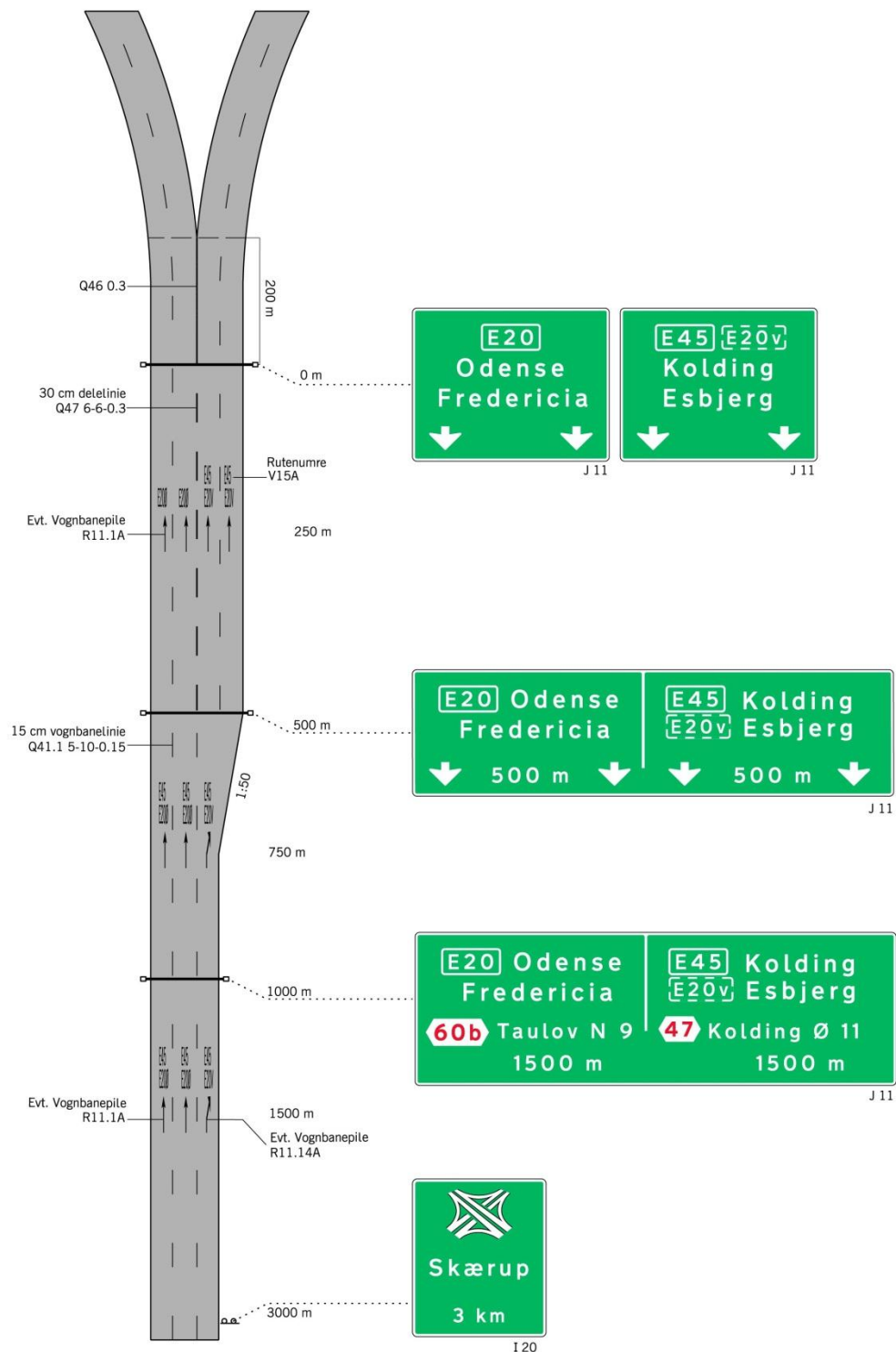
Udvidelse af kørebanelinjen med tillæg af kørespor i højre side begynder 1000 – 750 m før forgreningen. Kørebanelinjeudvidelsen afsluttes 500 m før forgreningen med alle kørespor etableret i fuld bredde.

Hvis der ved motorvejsforgreninger undtagelsesvis etableres frakørsel i højreforgreningen, etableres der lokal hastighedsbegrænsning på 90 km/h, fordi frakørslen ligger tæt på forgreningen. Vejvisningen udføres på portalorienteringstavler. Det sikres, at frakørslen ikke ligger tættere på forgreningspunktet end den nødvendige læseafstand til portaltavlen + beslutningsafstand (4 sekunder).

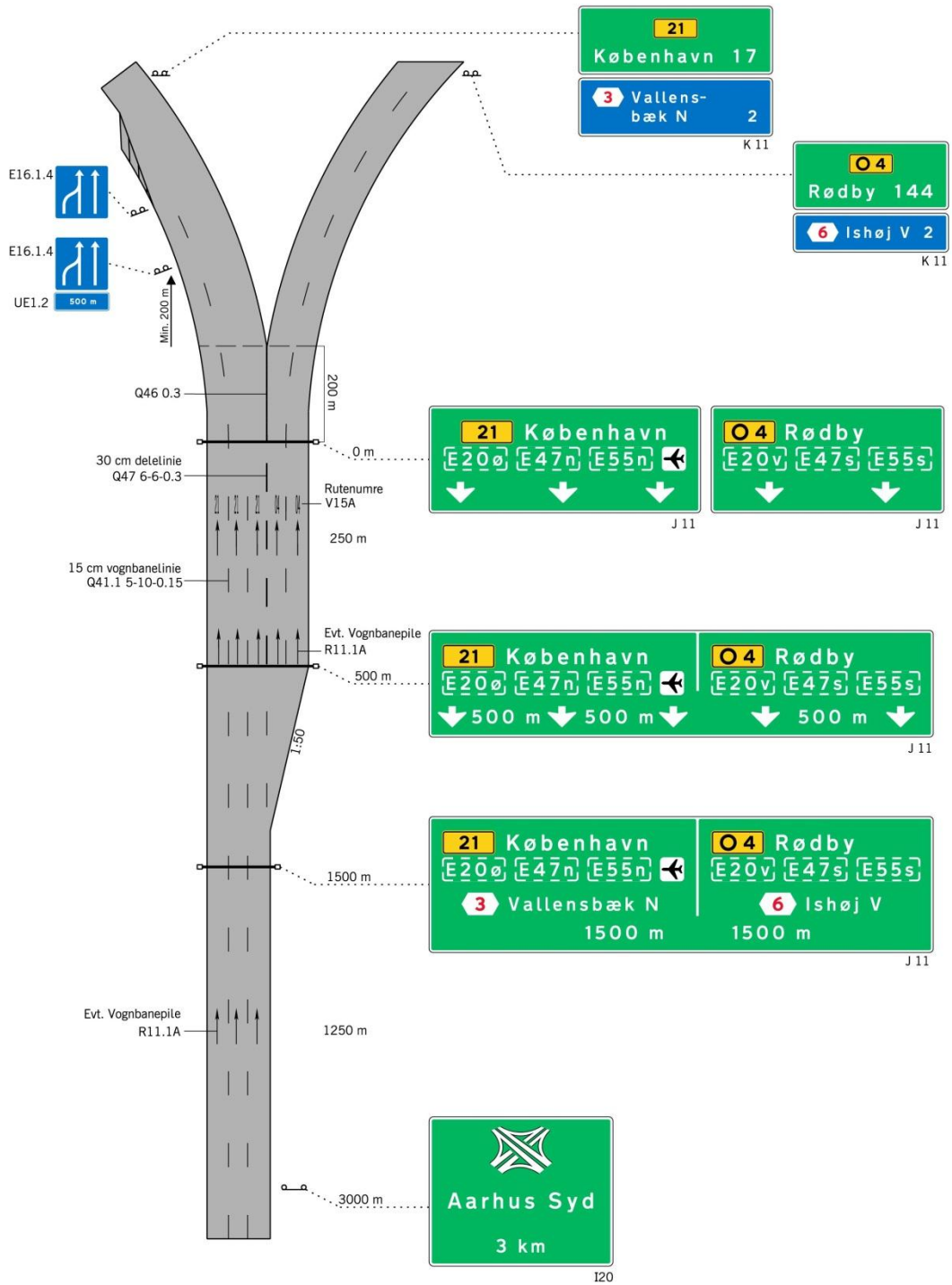
Såfremt forgreningen er 2-sporet, tillægges der 4 sekunder Sporskiftelængde, og der anvendes portaltavler med vognbanepile (anviste vognbaner) mindst 500 m før frakørslen. Endvidere placeres der frakørselsvejvisere på portalen ved frakørsels 0-punkt efter håndbogen "Vejvisning på motorveje". Afstande fremgår af figur 8.5.



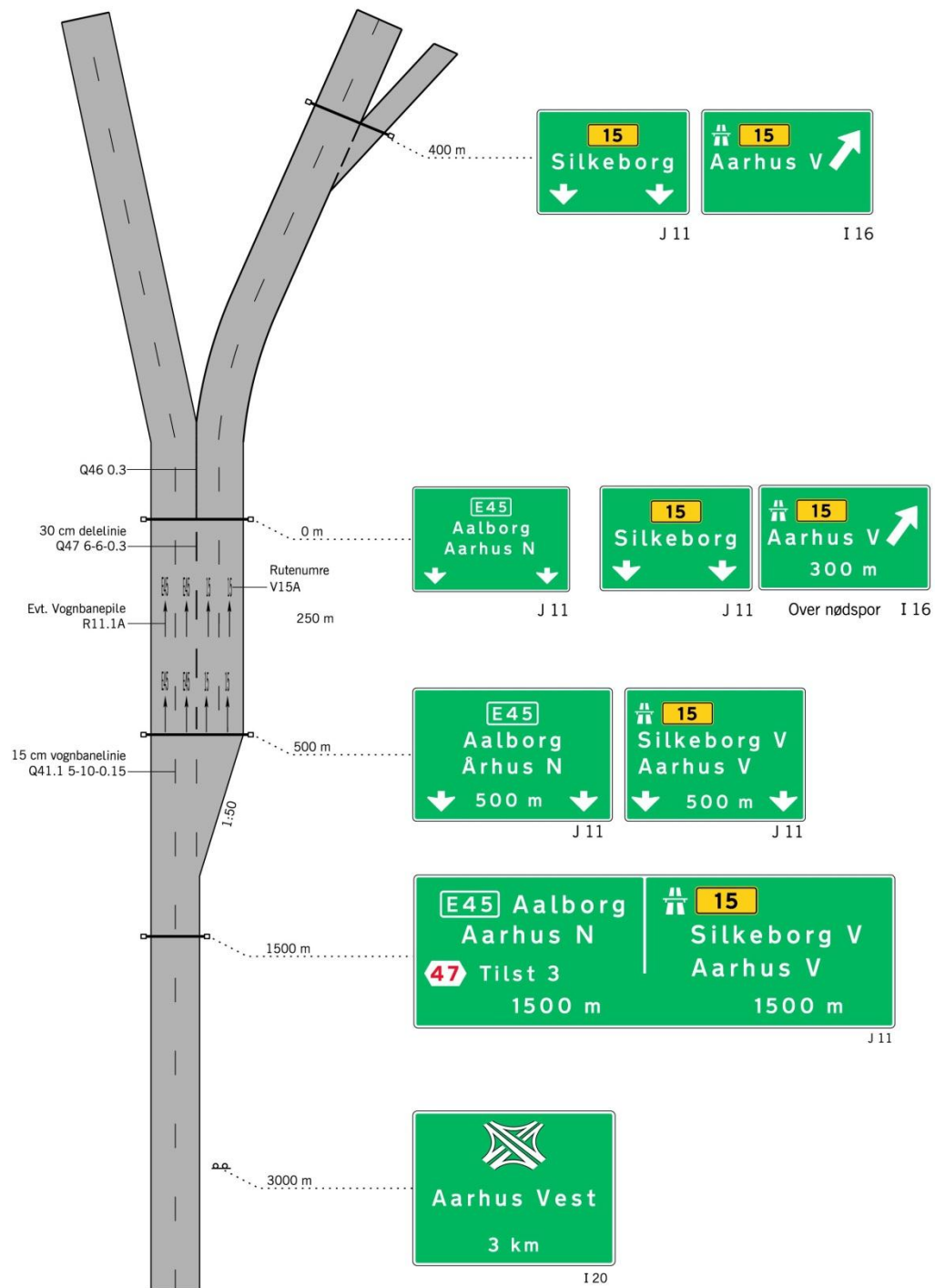
Figur 8.2 Eksempel på motorvejsforgrening fra 2 spor til 2 x 2 spor med principafmærkning.



Figur 8.3 Eksempel på motorvejsforgrening fra 3 spor til 2 x 2 spor med principafmærkning.



Figur 8.4 Eksempel på motorvejsforgrening fra 3 spor til 3 spor/2 spor med principafmærkning.



Figur 8.5 Eksempel på frakørsel i højreforgrening af motorvej med principafmærkning.

Hvis forvarslingsafstande, vejvisningsafstande eller strækningens længden af kørebaneudvidelsen ikke kan overholdes, fastsættes lokal hastighedsbegrænsning på maksimalt 90 km/h. Lavere hastighed etableres, såfremt nødvendig læseafstand, beslutningsafstand (4 sekunder) samt eventuel sporskifteafstand (4 sekunder) ikke kan opnås.

8.3 Afmærkning af motorvejssammenløb

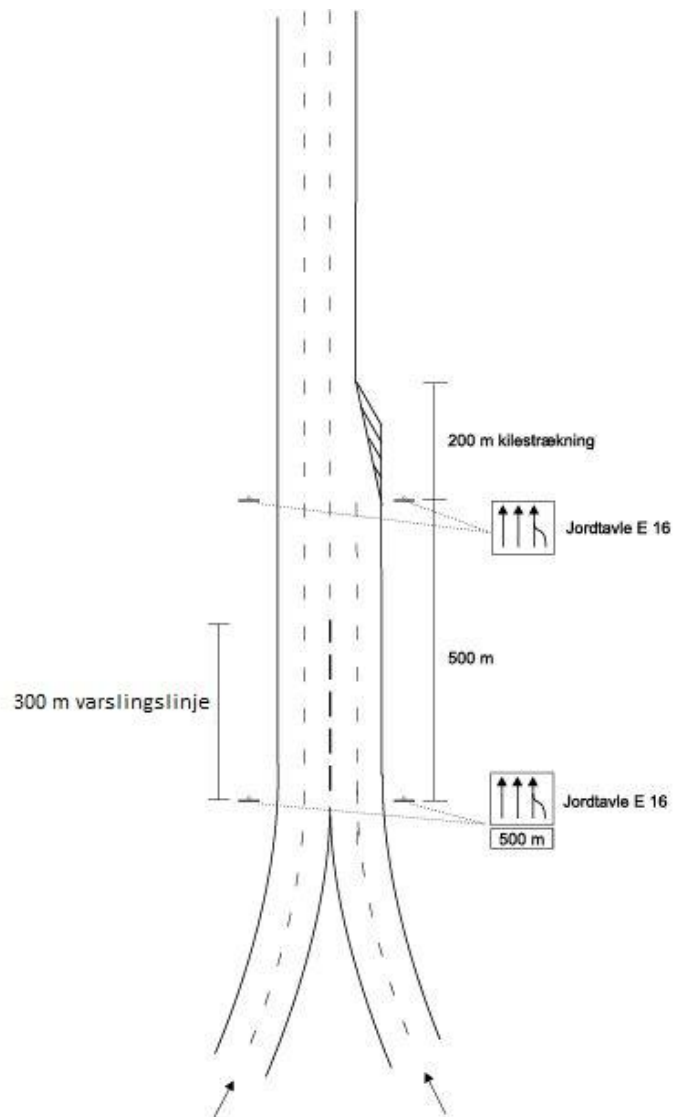
Figur 8.6 viser princippet for udformningen af sammenløb af 2 x 2 kørespor til 3 kørespor. Udformningen begrundes med, at de store køretøjer i højre vejgrens højre spor derved flettes ind i det spor, der bliver højre spor efter sammenløbet, mens de store køretøjer i venstre vejgrens højre spor kun foretager ét skift af kørespor efter sammenløbet. Princippet, som er vist i figur 8.6 med ét sporbortfald i højre side på sammenløbs-strækningen, gælder i øvrigt uafhængigt af antallet af kørespor.

Det vurderes samtidigt at være en fordel for de usikre trafikanter i den venstre motorvejs højre spor, at de kun skal krydse ét højreliggende spor for at komme ind i det langsomme højre spor efter sammenløbet.

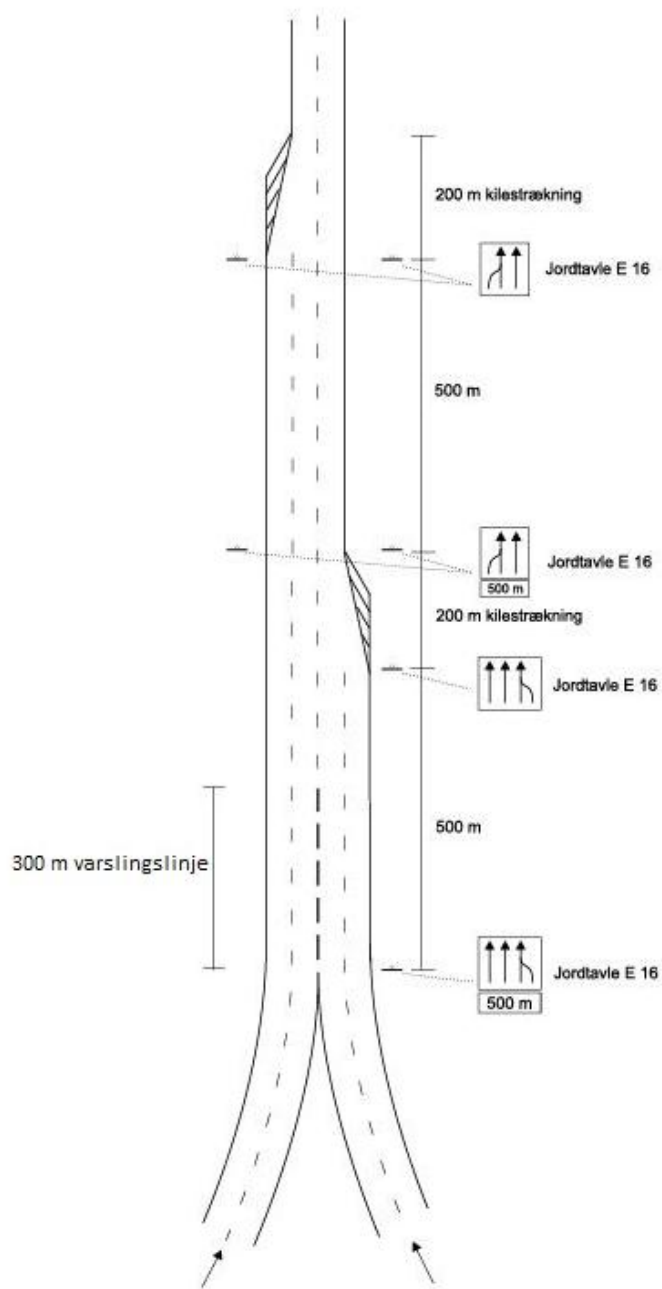
Ved et sporbortfald i det hurtige venstre spor skal den usikre trafikant krydse to spor. Hvor orientering i venstre sidespejl er rutine, er orientering i højre sidespejl i disse situationer utryk.

Figur 8.7 viser princippet for udformningen af sammenløb af 2 x 2 kørespor til 2 kørespor. Udformningen er en fortsættelse af udformningen i figur 8.6, idet de hurtige køretøjer i venstre vejgrens venstre spor skifter til sporet, der efter første sporbortfald i højre side rummer de hurtige køretøjer fra højre vejgren.

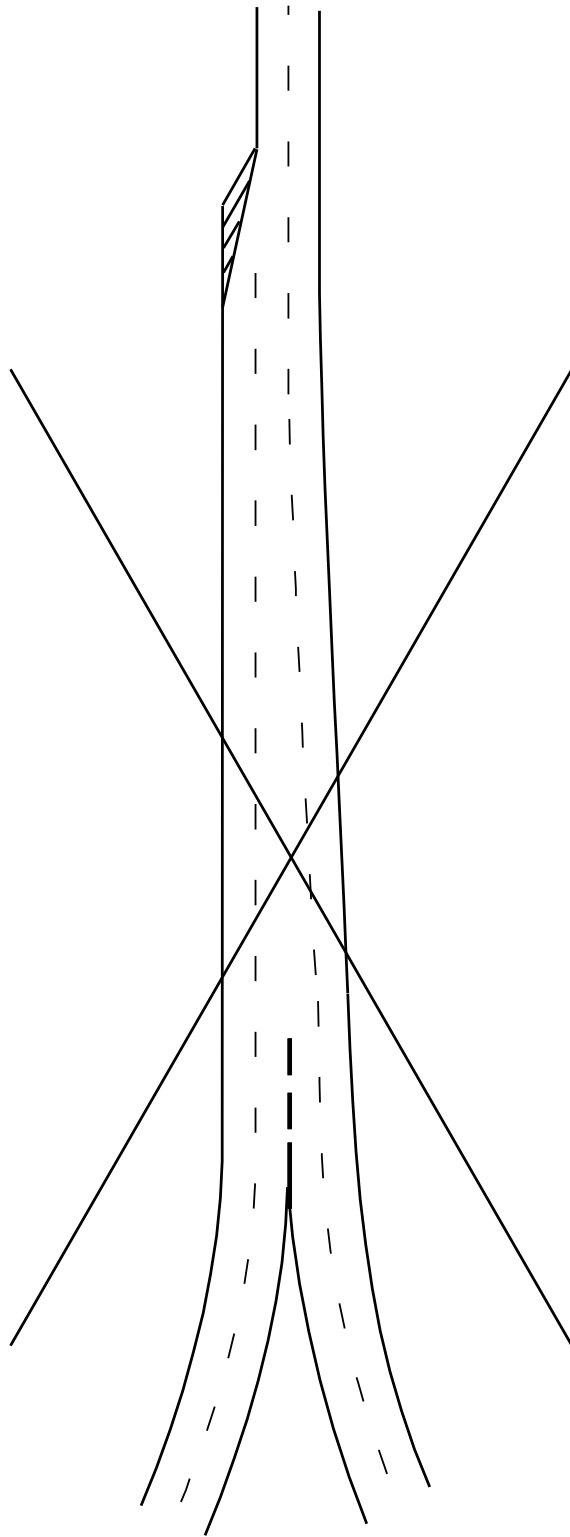
Etablering af fletning ved selve sammenløbet samt ét sporbortfald i venstre side, således som det er vist på figur 8.8, frarådes. Begrundelsen er, at store køretøjer og andre køretøjer med lavere hastighed fra venstre vejgren skal gennemføre fletning med de hurtige køretøjer fra højre vejgren og dernæst foretage skift af kørespor for at kunne fortsætte i højre spor efter sammenløbet.



Figur 8.6 Motorvejssammenløb med ét sporbortfald og tilhørende afmærkning, principskitse.



Figur 8.7 Motorvejssammenløb med to sporbortfald og tilhørende afmærkning, principskitse.



Figur 8.8 Udformning af motorvejssammenløb, der frarådes.

9 KOMPakte TOPLANSKRYDS

9.1 Formål og baggrund

9.1.1 Generelt

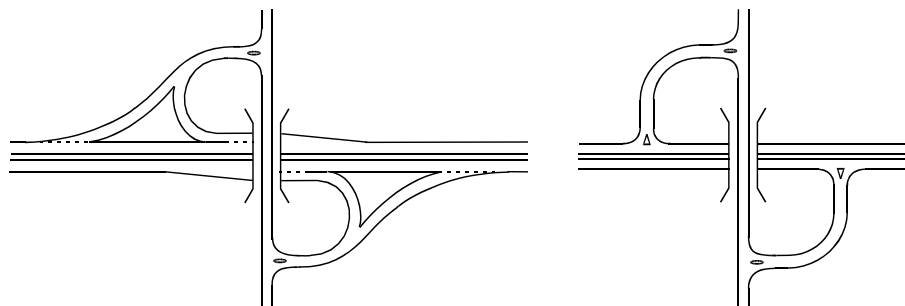
I dette kapitel beskrives geometrisk udformning af toplanskryds med hanke. De bruges i de situationer, hvor toplanskryds i fuld standard ikke er egnede på grund af omkostninger og areal- eller miljøforhold, men hvor toplanskryds trods alt vil være formålstjenlige ud fra betragtninger om vejklasser og trafikikkerhedsforbedringer, se i øvrigt håndbogen "Planlægning af vejkryds i åbent land".

Toplanskryds er en sikker krydstype; men udformet som forbindelses- og tilslutningsanlæg i fuld standard bliver de først økonomisk forsvarlige ved betydelige dimensionerende trafikintensiteter, hvilket erfaringsmæssigt er i en størrelsesorden på 30.000 biler pr. døgn totalt.

Mange af de toplanskryds, der anlægges i dag, er således ikke begrundet i trafikøkonomi, men fordi den valgte vejtype kræver – blandt andet af hensyn til trafikikkerheden, at krydsene er i to eller flere planer.

Toplanskryds i fuld standard anbefales som hovedregel ikke på 2-sporede veje uden fysisk midteradskillelse eller dobbelt spærrelinje-markering. Det skyldes den forøgede uheldsrisiko som følge af, at trafikanterne kan have vanskeligt ved at opfatte vejtypen. Sådanne løsninger bør derfor undgås ved nyanlæg.

En undersøgelse af uheld i kompakte toplanskryds viser, at der sker en del uheld med U-vendinger ved enderne af midterrabatterne. For trafikanter, der kører på den gennemgående strækning, er tværkørende trafik ved midterrabatterne uventet. Der bør derfor ikke kun etableres midterrabat igennem toplanskrydset.



Figur 9.1 Tilslutningsanlæg i fuld standard og som kompakt toplanskryds.

Toplanskryds bør overvejes i alle situationer, hvor det kan forsvares økonomisk, og hvor de miljømæssige krav kan opfyldes. Afhængigt af intensiteten af svingende trafik og uheldsfrekvenser kan kompakte toplanskryds være en økonomisk god løsning ved trafikmængder fra ca. 10.000 biler pr. døgn på 2-sporede veje med midteradskillelse i krydsområdet. Det er dog vigtigt at sørge for, at der ikke opstår afgørende standardforskelle i graden af krydsregulering langs en rute.

Yderligere fordele opnås ved, at uheldenes alvorlighed reduceres, samt at der bliver mindre behov for passager af landbrugskørsel i niveau.

9.1.2 Formål

Formålet med kompakte toplanskryds er at:

- forbedre trafiksikkerheden ved at reducere antallet og alvorligheden af trafikuheld
- tilbyde alle trafikantgrupper en sikrere mulighed for at krydse højhastighedsveje
- reducere miljøpåvirkninger og arealforbrug i toplanskryds ved en kompakt krydsudformning
- sikre fremkommelighed for den gennemgående trafik på den underordnede vej
- øge anvendelsen af toplanskryds, fordi de er billigere end normale toplanskryds
- fjerne venstresvingsmanøvrer fra højhastighedsveje

og i særdeleshed at:

- tilbyde en driftsmæssigt og økonomisk set attraktiv løsningsmulighed for at ombygge eksisterende kryds til toplanskryds.

9.2 Planlægning

9.2.1 Trafiksikkerhed

Hovedformålet med disse anvisninger er at fremme trafiksikkerheden for alle trafikantgrupper. Det er derfor afgørende, at alle sikkerhedsforhold undersøges grundigt og overvejes på alle trin i planlægnings- og projekteringsforløbet.

Anvisningerne gælder både for forbedringer af eksisterende kryds i åbent land og for etablering af kryds på nye veje. Kompakte toplanskryds kræver som minimum etablering af en dobbelt spærrelinje på den overordnede vej. På vejtyper med fysisk midteradskillelse føres denne gennem krydset uden afbrydelser.

Anvisningerne er i de fleste tilfælde udformet med henblik på at sikre ensartetheden i projekterne for at forebygge forvirring hos trafikanterne.

Anvisningerne omfatter blandt andet følgende dele af krydsene:

- Krydsenes opbygning
- Horisontalradier på hankene (anbefalet mindsteradius i forhold til en valgt planlægningshastighed)
- Vertikalkurver (anbefalet mindsteradius i forhold til en valgt planlægningshastighed)
- Køresporsbredde (tre valgmuligheder)
- Kurveudvidelse (tre valgmuligheder for hver radius).

9.2.2 Krydsstrategi

Krydsudformningen skal tilbyde trafikanterne en forståelig sammenhæng i standard. Derfor må kryds, der følger efter hinanden, ikke omfatte mange forskellige udformninger. Hvis et eksisterende etplanskryds erstattes af et kompakt toplanskryds, vil det have virkning på ruten ud over selve krydset. Det er derfor afgørende at vurdere effekterne på vejnettet og fastlægge en krydsstrategi. I den forbindelse omfatter placeringen af et kompakt toplanskryds grundige overvejelser af tilgængeligheden og forståeligheden af vejnettet.

På eksisterende 2-sporede veje vil kompakte toplanskryds skulle indgå i en rute med et antal etplanskryds. Disse kan variere fra enkle ukanaliserede vejtilslutninger til kanaliserede forsatte kryds, signalregulerede kryds og rundkørsler.

På eksisterende 4-sporede veje kan der i forvejen være toplanskryds og rundkørsler blandet sammen med prioriterede etplanskryds. Kompakte toplanskryds på en sådan rute har til formål at fjerne de sidste venstresvingsbevægelser fra den overordnede vej. Nogle højre ind/højre ud tilslutninger kan opretholdes eller etableres.

Når kompakte toplanskryds overvejes, bør følgende emner inddrages i planlægningen, se i øvrigt figur 2.1:

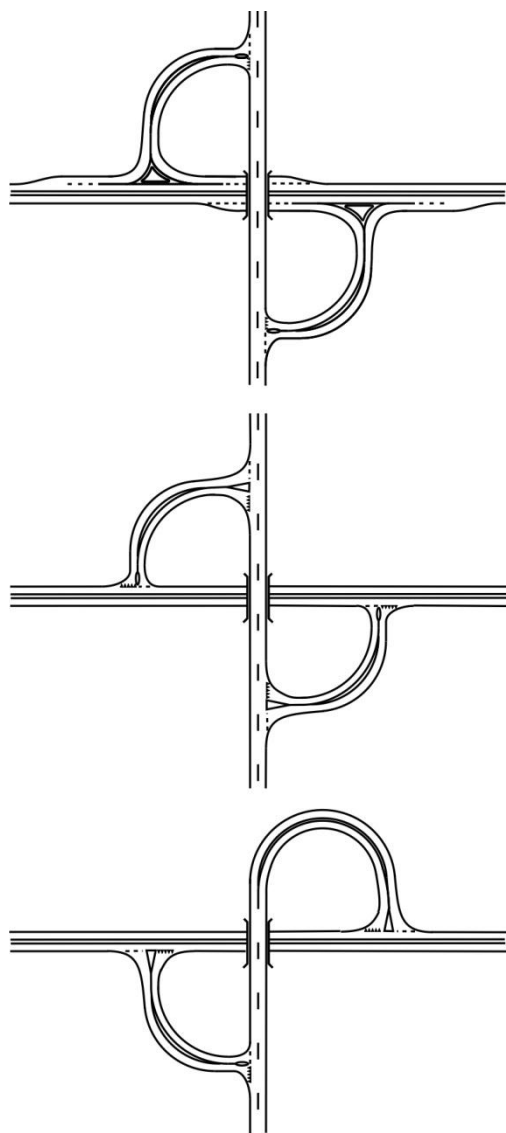
1. Lukning af visse mindre vejtilslutninger med meget lille trafik, hvor der findes alternative forbindelser. Omvejskørslen samt forsinkelser og ulemper, som lukningen medfører, vurderes i sammenhæng med den forventede sikkerhedsmæssige forbedring ved at fjerne venstresvingmulighederne.
2. Ændring af de tilbageværende etplanskryds til højre ind/højre ud tilslutninger
3. Hvor der ikke findes en alternativ rute, kan det være nødvendigt at genoverveje placeringen og antallet af kryds
4. Forbedringer i vejnettet for at gøre det muligt at gennemføre lukninger af kryds
5. Etablering af adgangsveje og cykel- og gangstier
6. Lukning af markoverkørsler
7. Samling af et antal mindre veje til et enkelt kompakt toplanskryds.

9.2.3 Eksempler på udformning af kompakte toplanskryds

Udformningen af et kompakt toplanskryds vil i mange tilfælde være bestemt af bindinger fra det eksisterende kryds, der skal ombygges, eller fra terræn og landskab i tilfælde af nye veje.

I visse tilfælde kan underføringer af sidevejene overvejes i stedet for overføringer, først og fremmest betinget af vejens indpasning i landskabet. I fladt og åbent terræn kan overføringer være synsmæssigt påtrængende og beplantning være et fremmedelement.

På figur 9.2 er vist eksempler på firevejskryds og T-kryds, som er udformet som kompakte toplanskryds med og uden højresvingsspor og højreindsvingsspor. Højreindsvingsspor bør ikke etableres, hvor der forekommer landbrugs- og cykeltrafik på kørebanen. Hvis dette er tilfældet, bør situationen dog vurderes nærmere.



Figur 9.2 Eksempler på udformning af kompakte toplanskryds.

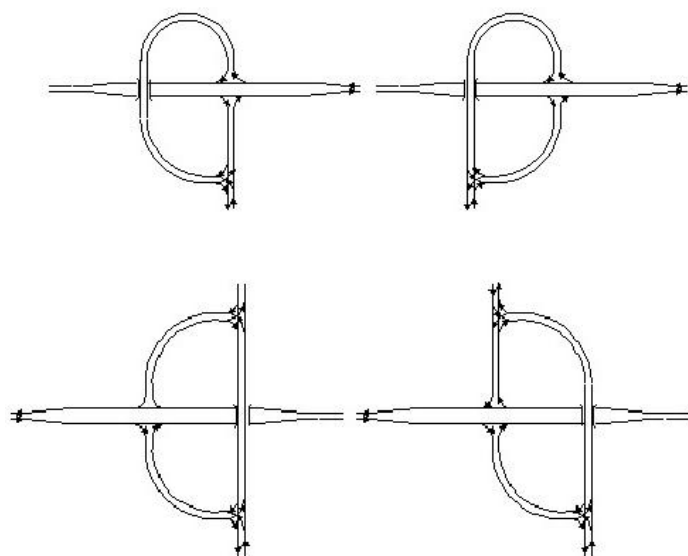
Ved valg af hankenes placering er det vigtigt, at den vejviste retning så vidt muligt svarer til trafikantens opfattelse af vejvisnings-målets geografiske beliggenhed. Det er således et godt princip at vejvise f.eks. mod højre til mål, som trafikanten ved ligger til højre set i kørselsretningen. En undersøgelse af uheld med toplanskryds peger i retning af, at brud på dette princip kan medføre fejkørsler og dermed uheldsmæssige manøvrer på den skærende vej. Det anbefales derfor at placere hankene som vist på figur 9.2 i de to øverste skitser.

På vejen med midteradskillelse er der kun ét kryds i kørselsretningen. I dette kryds vejvises som normalt til alle mål, der ligger på den skærende vej, og ved tilslutningen til den skærende vej vejvises som i et normalt kryds, hvor trafikanten kan køre i begge retninger. Vejvisningen efter broen på vejen med midteradskillelse skal forvarsles med tabelorienteringstavler for at sikre, at trafikanten kan nå at reagere hensigtsmæssigt ved eventuel svingning, se i øvrigt afsnit 9.3 om skiltning og kørebaneafmærkning.

Andre eksempler på udformninger af kompakte toplanskryds fremgår af figur 9.3. Udformningerne afspejler lokale geografiske forhold og en vægtning af trafikstrømmenes omvejskørsel. På figu-

ren er vist principskitser af en 2-sporet overordnet vej med skillerabat gennem krydsområdet, øverst gældende for T-kryds og nederst for firevejskryds. Ved at placere tilslutningerne til den overordnede vej over for hinanden på den 2-sporede vej opnås den korteste midteradskillelse. I udformningerne, som er vist til venstre, kan en forsætning af tilslutningerne være hensigtsmæssig, hvis de lokale forhold kan forlede en sydfra kommende trafikant til ikke i tide at erkende den tværgående vej. Udformningerne, som er vist til højre, er begrundet med forholdsvis beskedne svingende trafikstrømme.

Ved anvendelse af hanke i alle fire kvadranter og midteradskillelse i krydsområdet er det muligt at tilgodese alle trafikretninger samtidig med, at venstresvingende trafik fra de gennemgående kørebaner forhindres.



Figur 9.3 Eksempler på udformning af kompakte toplanskryds.

9.3 Trafiksikkerhed

Forventede uheldstal

Der foreligger ingen præcis uheldsstatistik om sikkerheden i højre ind/højre ud tilslutninger. Der er dog i forbindelse med et enkelt projekt (hankeanlæg ved Ølholm) foretaget beregninger på danske uheldsdata, som er baserede på den koordinerede uheldsstatistik. Disse beregninger viste, at hindring af venstresving kan medføre en forventet uheldsreduktion på 43 % i forhold til standardberegningen for T-kryds.

Engelske studier fra årene omkring 1990, her oversat til højrekørsel, viser, at 68 % af uheldene i T-kryds hænger sammen med venstresvingsmanøvrer. 19 % hænger sammen med højresvingsmanøvrer, og de sidste 13 % er enten knyttet til kombinationer af svingmanøvrer eller andre faktorer. Fjernelse af venstresvingsmulighed og etablering af midteradskillelse i form af spærrelinje forventes derfor at reducere uheldsrisikoen med ca. 75 %. En undersøgelse udført for Vejdirektoratet i 2007 viser, at dobbelt spærrelinje er en mere sikker løsning end midterrabat, hvor midterrabatten ikke er en del af vejtypen og dermed afbrudt efter krydset.

Alvorlighed

Desuden falder uheldenes alvorlighed med faldende hastighed, hvilket ligeledes klart fremgår af de engelske studier. Kompakte toplanskryds kan flytte venstresvingskonflikter fra højhastigheds-

veje til de underordnede veje, der normalt har lavere hastighed og trafikintensitet. Det bevirker, at den relative andel af dræbte og alvorligt tilskadede vil falde, men at andelen af materiel-skadeuheld og lette personskader formodentlig vil stige.

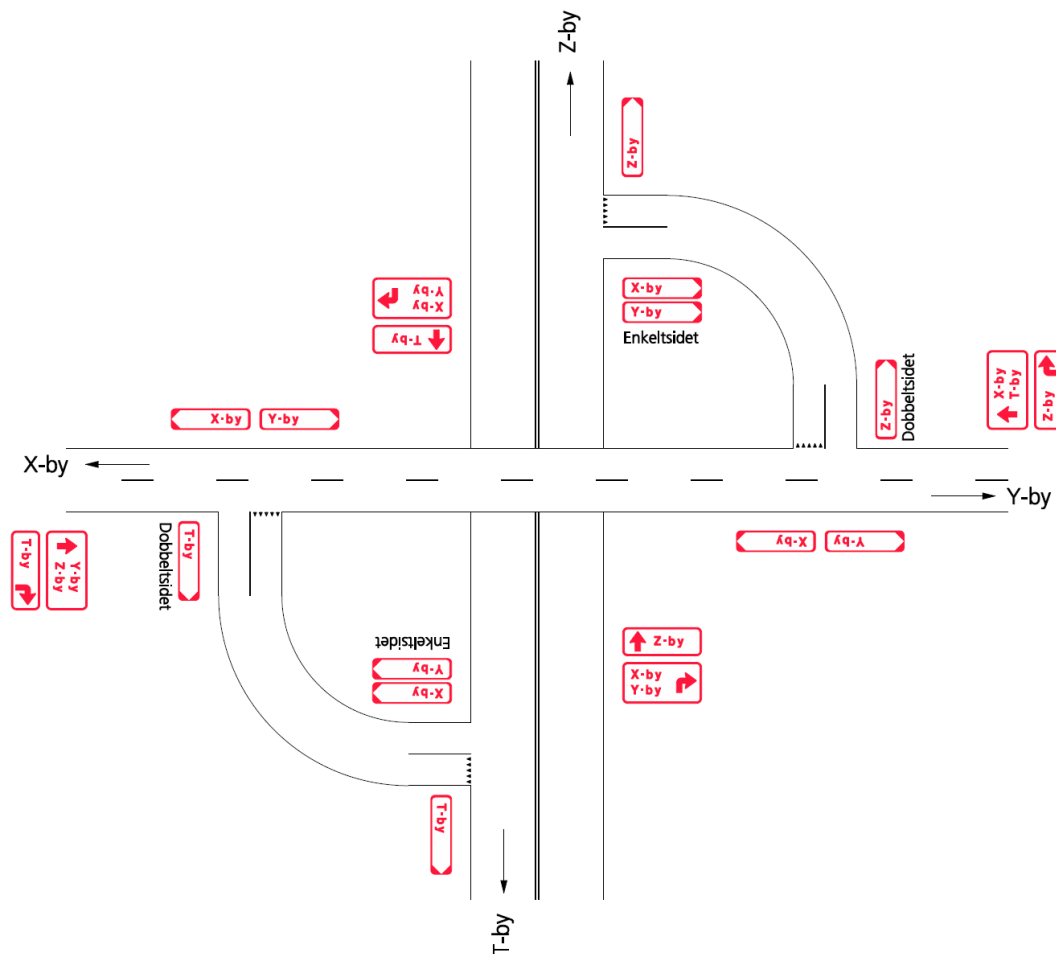
Andre sikkerhedsvirkninger

Den geometriske udformning af hankene er tilrettelagt med henblik på at sikre lave hastigheder på hele hanken, hvilket gavner sikkerheden for lette trafikanter.

Skiltning og kørebaneafmærkning

Tilrettelæggelsen af skiltning og afmærkning er en integreret del af projekteringsprocessen og skal gennemtænkes tidligt i projektforslaget. Vigtige punkter er her:

- Diagramorienteringstavler anvendes ikke på den underordnede vej på grund af risiko for, at trafikanterne vælger den forkerte hank. På den underordnede vej anvendes tabelorienteringstavler før krydset og pilvejvisere i selve krydset. På den overordnede vej anvendes normalt tabelorienteringstavler, se i øvrigt figur 9.4.
- Placering af tavler i krydsområdet udføres med omhu for, at oversigten ikke hindres eller forringes.
- Skiltning på hankene udføres med yderste forsigtighed for ikke at aflede bilisternes opmærksomhed fra det kurvede vejforløb.
- Krydsene bør klart fremstå som prioriterede T-kryds og ikke som til- eller frakørsler i fuld standard.



Figur 9.4. Princip for brug af orienteringstavler og pilvejvisere i et kompakt toplanskryds.

På hankene bør skiltningen begrænses til advarsler om vejforløbet og nærhed til kryds.

Afmærket midterareal som bred spærreflade vil kunne forbedre genkendeligheden af en hank og medvirke til et rigtigt hastighedsvalg og den rette adfærd. Det har vist sig at have en god trafikikkerhedsmæssig effekt.

Belægning

På grund af de ofte stejle stigninger bør belægningens friktion og slidstyrke ofres særlig opmærksomhed.

9.4 Trafikantgrupper

Det bør vurderes om følgende trafikantgrupper forekommer i et omfang, der gør det nødvendigt at vise særlige hensyn i form af kantbaner eller stier på hankene:

- fodgængere
- cyklister
- ryttere
- landbrugskøretøjer.

9.5 Fremkommelighed

Trafikintensiteter

Trafikintensiteten på den overordnede vej vil normalt være mellem ca. 10.000 og 30.000 køretøjer pr. døgn. På den underordnede vej vil trafikbelastningen oftest være væsentlig mindre.

Forsinkelser

Ved optimering af rejsehastigheden skal den ekstra køretid på hankene og passagen gennem hankenes tilslutninger regnes med. I forhold til etplanskryds bliver forsinkelserne i myldretiden som regel reduceret væsentligt; men rejsetiden uden for spidsbelastningsperioderne vil som regel stige noget. Ved vurdering af alternative udformningsmuligheder i forhold til de svingende strømme kan denne ulempe eventuelt begrænses.

Kapacitet

Da venstresvingsbevægelserne i etplanskryds bidrager væsentligt til forsinkelserne, vil kompakte toplanskryds som regel medføre betydelige kapacitetsforøgelser som følge af, at ligeudkørende trafik på de skærende veje kan køre uhindret.

Ved ombygning af eksisterende etplanskryds kan opnås kapacitetsforbedringer ved etablering af kompakte toplanskryds, hvis krydset allerede giver anledning til store forsinkelser, eller hvis toplanskrydset indgår i en adgangssanering på en længere strækning.

Også tilslutningerne til den underordnede vej bør gennemregnes.

9.6 Geometrisk udformning

Planlægningshastighed og geometri for den overordnede og den underordnede vej fastlægges efter håndbøgerne "Planlægning af veje og stier i åbent land", "Grundlag for udformning af trafikarealer" og "Tværprofiler i åbent land".

9.6.1 Planlægningshastighed

Køretøjernes hastighed på hankene begrænses normalt af den nødvendige lave hastighed ved svingningerne til og fra hankene. Derfor bør lange lige strækninger på hankene undgås.

Hankene udformes til en planlægningshastighed på 30 km/h. Derfor udformes krydsene også i forhold til denne hastighed, svarende til køremåde A for personbiler. Højere eller lavere standard bør undgås. En skala af andre mulige hastigheder ville føre til unødvendigt forskellige udformninger. Så kan der opstå problemer for trafikanterne med erkendelse af krydsene og dermed forringet trafiksikkerhed.

Hvis væsentligt højere hastigheder forekommer eller må forventes, bør det overvejes at etablere hastighedsbegrænsning.

9.6.2 Geometri

Hankene udformes i overensstemmelse med de geometriske parametre i figur 9.5.

Standselængderne er ikke knyttet til planlægningshastighed, men fastsat for at give trafikanterne tilstrækkeligt overblik over krydsets form.

Tracé

Tracéringen tilrettelægges på baggrund af parametrene i tabellen i figur 9.5.

Stopsigt	
Ønskelig værdi	70 m
Absolut mindste værdi	50 m
Horisontalkurver	
Ønskelig radius (maksimalt 25 ‰ sidehældning ~ ca. 30 km/h)	40 m
Absolut mindste radius med 50 ‰ sidehældning	30 m
Vertikalkurver	
Ønskelig radius i konveks kurve	330 m
Absolut mindste radius i konveks kurve	230 m
Absolut mindste radius i konkav kurve uden belysning	320 m
Absolut mindste radius i konkav kurve med belysning	230 m

Figur 9.5 Geometriske parametre for hankе, svarende til en planlægningshastighed på ca. 30 km/h.

Gradient

Der tillades en resulterende gradient på maksimalt 70 ‰, se håndbogen "Tracéring i åbent land", med mulighed for at gå op til 80 ‰ i særligt vanskelige situationer. Heraf bestemmes største længdegradient, når sidehældningen er bestemt.



Figur 9.6 Hankens gradienter.

Sidehældning

Her anvendes en maksimal værdi på 50 ‰ og gradvis nedtrapping mod begge ender af hanken.

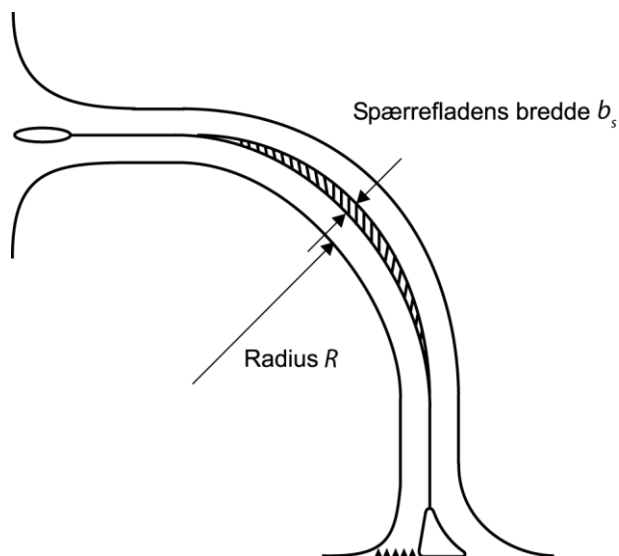
9.6.3 Tværprofil og breddeudvidelse i kurver

Mindste køresporsbredde på hankе fremgår af tabellen figur 9.7.

Overordnet vej	Underordnet vej	Hank	
Køresporsbredde (m)	Køresporsbredde (m)	Køresporsbredde uden spærreflade (m)	Standardbredde af midterafmærkning (m)
Alle bredder	< 3,0	3,0	0,3
	3,0 – 3,25	3,25	0,3
	3,5	3,5	0,3

Figur 9.7 Køresporsbredder på hankе.

Af hensyn til at modkørende store køretøjer skal kunne passere hinanden i kurven på hanken, bør kurverne udvides med en spærreflade, se figur 9.8.



Figur 9.8 Spærreflade som breddeudvidelse i kurver på hanke, principskitse.

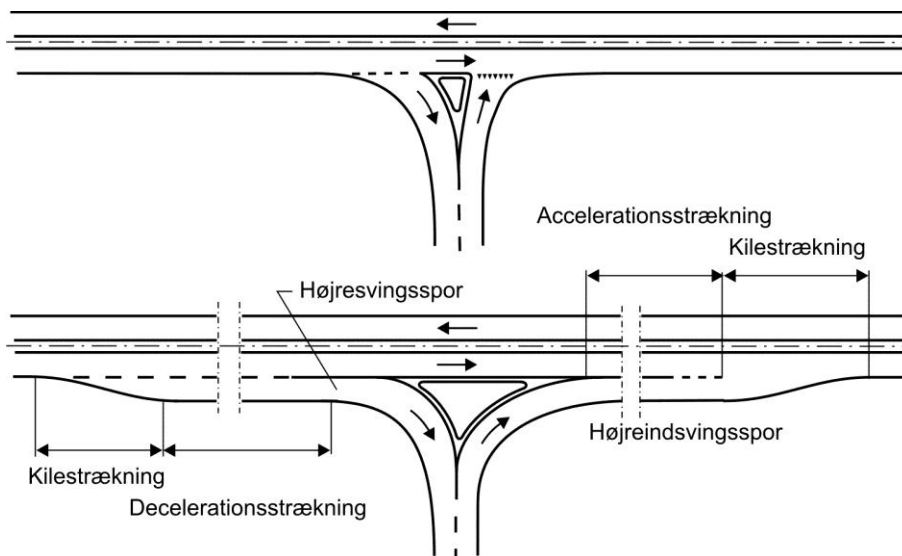
Breddeudvidelsen etableres i form af en spærreflade med mål som vist i tabellen figur 9.9. Afhængig af sandsynligheden for at store køretøjer mødes på hanken, kan der vælges ingen, mindste eller fuld breddeudvidelse. Breddeudvidelsen kan ses i håndbogen "Prioriterede vejkryds i åbent land", figur 3.1.

Bredde b_s af spærreflade i kurvens toppunkt (m)		
Ingen breddeudvidelse	Mindste breddeudvidelse	Fuld breddeudvidelse
0,30	1,90	3,40
0,30	2,60	3,80

Figur 9.9 Breddeudvidelse i kurver på hanke.

9.6.4 Krydsudformning

Med hensyn til hankens tilslutning til den underordnede vej henvises til håndbogen "Prioriterede vejkryds i åbent land". Hanken tilsluttes den overordnede vej som højre ind / højre ud, se figur 9.10 og håndbogen "Prioriterede vejkryds i åbent land". Øverst på figuren er vist den normale løsning, som er den økonomisk billigste. Nederst er vist en løsning med et højresvingsspor og/eller et højreindsvingspor, der kan bruges, når der er stor svingende trafik eller risiko for tilbagestuvning på hanken ud over hankens længde, i forhold til at er ønsket et højt sikkerhedsniveau. I begge tilfælde kan løsningerne kombineres med en hastighedsnedsættelse på den gennemgående vej.



Figur 9.10 Eksempler på udformning af hankens tilslutning til den overordnede vej.

Højresvingsspor

Højresvingssporet sammensættes af en kilestrækning og en decelerationsstrækning, hvorefter en kurve leder trafikanten ind på hanken.

Den højresvingende trafikants hastighed i gennemfartssporet umiddelbart før, at skiftet til højresvingssporet indledes, er forudsat reduceret til $0,7 \times$ planlægningshastigheden i gennemfartssporet uden for krydsområdet. Decelerationen skal bringe hastigheden ned på det niveau, der svarer til kurvens radius og sidehældning, se figur 6.5, for at slutte med planlægningshastigheden på 30 km/h på hanken.

Hvis der er tale om frakørsel til en sløjferampe eller hank, fremgår minimumsradius til denne af figur 6.21. Decelerationslængder i forbindelse med hastighedsnedsættelser fremgår af figur 6.12.

Det bemærkes, at såfremt der forekommer ligeudkørende lette trafikanter, suppleres der med en køstrækning som afslutning på decelerationsstrækningen. Hvis den indsvingende trafikant fra hanken er vigepligtig over for trafikken i gennemfartssporet, bør der mellem dette og højresvingssporet være en delehelle til sikring af oversigten, se håndbogen "Prioriterede vejkryds i åbent land", afsnit 2.4.3.

Højreindsvingsspor

Højreindsvingssporet sammensættes af en accelerationsstrækning og en kilestrækning. Accelerationsstrækningens længde bør svare til, at personbiler kan opnå en indfletningshastighed på $0,8 \times$ planlægningshastigheden i det kørspe, der skal flettes ind i.

Trafikanten forudsættes at passere hanken med planlægningshastigheden på 30 km/h, hvorefter trafikanten svinger ind i højreindsvingssporet gennem en kurve, hvor sammenhængen mellem hastighed, radius og tværhældning fremgår af figur 6.4.

Længden af accelerationsstrækningen kan beregnes ud fra figur 6.8, og kilestrækningens længde fremgår af figur 7.1.

BILAG A Ordforklaring

Dette bilag indeholder forklaringer på den anvendte terminologi i denne håndbog. Begreberne er ordnet alfabetisk. Ord i *kursiv* henviser til andre i bilaget.

Begreb	Definition
B-anlæg	<i>Tilslutningsanlæg</i> med to <i>sløjfer</i> og to direkte <i>ramper</i> , der ligger på samme side af den <i>underordnede vej</i> , se figur 3.4.
Beslutningspunkt	Sted, hvor en trafikant kan vælge mellem flere ruter og skal have truffet et valg, eventuelt efterfulgt af en manøvre, for at nå videre ad den valgte rute.
Beslutningssigt	Den sigt afstand, der er nødvendig for, at en trafikant kan nå at observere, erkende og på sikker og effektiv måde foretage de nødvendige manøvrer efter et <i>beslutningspunkt</i> .
Direkte rampe	<i>Forbindelsesrampe</i> , der fører en svingende trafikstrøm til samme side som dens svingretning set i forhold til dens oprindelige kørselsretning.
Forbindelsesanlæg	To- eller flerplanskryds, hvor de skærende veje udelukkende er forbundet med <i>forbindelsesramper</i> , se figur 1.3.
Forbindelsesrampe	Begynder i en <i>frakørsel</i> og slutter i en <i>tilkørsel</i> , se figur 1.3.
Forbindelsesstrækning	Strækning til udveksling af trafik mellem skærende veje i <i>toplanskryds</i> . Forbindelsesstrækninger kan være <i>ramper</i> , <i>fordelingsstrækninger</i> eller <i>hanke</i> .
Fordelerring	<i>Tilslutningsanlæg</i> , hvor den <i>underordnede vej</i> og <i>ramperne</i> er forbundet ved hjælp af én rundkørsel, se figur 3.6.
Fordelingsstrækning	<i>Forbindelsesrampe</i> , som i begge ender er forbundet til den samme gennemgående vej. Rampen forløber langs den <i>gennemgående kørebane</i> , men er adskilt fra denne og samler og fordeler de ind- og udsvingende trafikstrømme via <i>tilkørsler</i> og <i>frakørsler</i> , se figur 1.3.
Frakørsel	Vejknudepunkt, hvor trafikken på en <i>gennemgående kørebane</i> kan foretage udfletning til en kørebane (et kørespor), der grener af fra den <i>gennemgående kørebane</i> .
Gennemgående kørebane	Kørebane for den ligeudkørende trafikstrøm i et vejkryds, se figur 1.3.
Halvdirekte rampe	<i>Rampe</i> , der er anlagt således, at en venstresvingende trafikstrøm drejer af til højre i forhold til dens oprindelige kørselsretning, hvorefter den i en blød bue svinger mod venstre, se figur 3.9.
Hank	Dobbeltrettet <i>forbindelsesstrækning</i> mellem to gennemgående veje i et <i>toplanskryds</i> , som begynder og slutter i etplanskryds, se figur 1.3.

Højreindsvingsspor	Kørespor på den overordnede vej for en højreindsvingende trafikstrøm, som er sammensat af en accelerationsstrækning og en kile, se figur 9.10.
Højresvingsspor	Separat kørespor for den højresvingende trafikstrøm i et vejkryds.
Indirekte rampe	<i>Rampe</i> , der er anlagt således, at en højresvingende trafikstrøm drejer af til venstre, eller venstresvingende trafik drejer af til højre i forhold til dens oprindelige kørselsretning, se figur 1.3.
Indfletningshastighed	Den hastighed, som et køretøj har i <i>konvergensnittet</i> .
Kløverbladsanlæg	<i>Forbindelsesanlæg</i> med en <i>sløjferampe</i> og en <i>direkte rampe</i> i alle 4 kvadranter, se figur 3.8.
Knogleanlæg	<i>Ruderanlæg</i> , hvor <i>rampekrydsene</i> er udformet som delvise rundkørsler, hvis midterøer er forbundne med en rabat eller spærrelinjer, se figur 2.7.
Kompakt toplanskryds	<i>Toplanskryds</i> med to <i>hanke</i> , der er dimensioneret til lav hastighed og uden mulighed for direkte venstresving til eller fra den <i>overordnede vej</i> , se figur 1.3.
Malteserkorsanlæg	<i>Forbindelsesanlæg</i> , se figur 3.8.
Overordnet vej	Den mest betydende vej i et vejkryds, se figur 1.2.
Parallelspor	Specielt kørespor, som er placeret umiddelbart uden for det højre normale kørespor og parallelt med dette. Parallelspor kan i <i>til- og frakørsler</i> indeholde hele eller en del af accelerations- og decelerationsstrækningen, se figur 1.3.
Rampe	Ensrettet <i>forbindelsesstrækning</i> i et toplansknudepunkt, som i mindst én ende tilsluttes med en <i>tilkørsel</i> eller <i>frakørsel</i> . Ramper opdeles i <i>forbindelsesramper</i> og <i>tilslutningsramper</i> : <ul style="list-style-type: none"> • <i>Forbindelsesramper</i> begynder i en <i>frakørsel</i> og ender i en <i>tilkørsel</i> • <i>Tilslutningsramper</i> opdeles yderligere i tilkørselsramper, der starter i et etplanskryds og slutter i en tilkørsel, og frakørselsramper, der starter i en <i>frakørsel</i> og slutter i et etplanskryds.
Rampekryds	Etplanskryds i <i>tilslutningsanlæg</i> mellem <i>rampe</i> og <i>underordnet vej</i> , se figur 1.2.
Ruderanlæg	<i>Tilslutningsanlæg</i> med en omtrent retlinjet <i>rampe</i> i hver kvadrant, se figur 1.2, 3.2 og 3.5.
Sammenløb	<i>Vejkryds</i> i et plan, hvor to <i>ensrettede kørebaner</i> med samme prioritet samles i én <i>ensrettet kørebane</i> , se figur 8.6 – 8.8.

S-anlæg	<i>Tilslutningsanlæg</i> med to <i>sløjfer</i> og to direkte <i>ramper</i> i diagonalt modstående kvadranter, se figur 3.3.
Shuntspor	Separat, ensrettet spor for højresvingende trafik uden om et kryds.
Sløjferampe eller sløjfe	<i>Rampe</i> der drejer ca. 300 gon, se figur 1.3.
Sporbalance	Betyder, at antallet af kørespor på den gennemgående vej og <i>rampen</i> tilsammen efter en <i>frakørsel</i> henholdsvis før en <i>tilkørsel</i> højst må være ét mere end antallet af kørespor på den gennemgående vej før en <i>frakørsel</i> henholdsvis efter en <i>tilkørsel</i> , se figur 2.5.
Tilkørsel	Vejkryds med trafik på en <i>gennemgående kørebane</i> , hvor trafikstrømmen fra en fra siden (næsten parallelt) indkommende kørebane (kørespor) kan foretage indfletning, se figur 1.3..
Tilslutningsanlæg	<i>Toplanskryds</i> , hvor alle ramper er <i>tilslutningsramper</i> .
Tilslutningsrampe	Opdeles i en <i>tilkørselsrampe</i> , der begynder i et etplanskryds og slutter i en tilkørsel, og i en <i>frakørselsrampe</i> , der begynder i en <i>frakørsel</i> og slutter i et etplanskryds, se figur 1.2.
Toplanskryds	Vejkryds, hvor to skærende veje er anlagt i hver sit plan, så konflikt mellem ligekørende trafikstrømme på hver af de to veje undgås. Udvekslingen af trafik mellem de skærende veje sker via én eller flere <i>forbindelsesstrækninger</i> .
Trompetanlæg	<i>Forbindelsesanlæg</i> i et T-kryds. I et ensidigt trompetanlæg er der kun <i>forbindelsesramper</i> mellem den <i>underordnede vej</i> og den ene gren af den <i>overordnede vej</i> , se figur 3.7.
Turbineanlæg	<i>Forbindelsesanlæg</i> , se figur 3.8.
Udfletningshastighed	Den hastighed, som et køretøj har i konvergensnittet .
Underordnet vej	Mindst betydende vej i et <i>toplanskryds</i> , se figur 1.2.
Vekselstrækning	Strækning mellem en <i>tilkørsel</i> og en <i>frakørsel</i> , som befinder sig i kort afstand fra hinanden, og som forbindes med et ekstra spor for at øge kapaciteten, se figur 1.3.
Y-anlæg	Vejkryds i to planer mellem veje med midterrabat, som er udført uden <i>ramper</i> , men med <i>forgrening</i> og <i>sammenløb</i> af ensrettede kørebaner, se figur 3.1.



Niels Juels Gade 13
Postboks 9018
1022 København K
Telefon 7244 3333

vd@vd.dk
vejdirektoratet.dk

vejregler@vd.dk
vejregler.dk

EAN: 9788770608169

