

Titelblad

Projektittel: Ombygning af Skodborghuskrydset

Vejleder: Egil Sønderby

Periode: 8. december 2008 – 5. marts 2009

Udarbejdet af:

Julie Grønlund-Mikkelsen

Forord

Dette afgangsprøjet er skrevet ved Aalborg Universitet Esbjerg i vinteren 2008/2009. Projektet er skrevet i samarbejde med Vejen Kommune og tager udgangspunkt i et projekt, som kommunen ønsker udført i løbet af 2009.

I forbindelse med udarbejdelsen af projektet skal der rettes en tak til Vejen Kommune, hovedvejleder Egil Sønderby samt Anne Mette Helstrup Jensen for god vejledning undervejs.

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	6
2	Projektets formål	7
3	Præsentation af projektet.....	8
3.1	Notat vedr. etablering af rundkørsel i Skodborghuskrydset	8
4	Beskrivelse af detailprojekt.....	12
4.1	Dimensionsgivende køretøjer og ønsket hastighed.....	12
4.2	Udformning af midterø samt cirkulations- og overkørselsareal	12
4.3	Placering.....	13
4.4	Vejgrenenes sekundærheller og kørespor	14
4.5	Cyklistarealer	14
4.6	Længde- og tværprofiler	15
4.7	Oversigtsforhold	15
4.8	Afvanding.....	18
4.9	Belysning	22
4.10	Vejafmærkning	22
5	Projektets realisering.....	24
5.1	Politisk vedtagelse	24
5.2	Ekspropriation.....	24
5.3	Udbudsmateriale og licitation	24
5.4	Arbejdets igangsættelse og udførelse.....	25
6	Bilag 1	26
7	Bilag 2.....	41
8	Bilag 3	43

1 Indledning

Dette projekt omhandler etablering af en rundkørsel i Skodborghuskrydset. Krydset, der ligger i Vejen Kommune, har de seneste år været uheldsramt, hvilket er grunden til at det skal ombygges. Rapporten er delt op i 3 hovedafsnit, der hver indeholder besvarelsen på en del af målet med projektet. Der indledes med en forklaring af disse mål.

Derudover er rapporten ledsaget af et tegningssæt, der indeholder følgende:

1. Oversigtskort
2. Plantegning
3. Plan med radier
4. Plan med koter
5. Længdeprofil nord-syd
6. Længdeprofil øst-vest
7. Normaltværprofil
8. Afvandingsplan
9. Afmærkningsplan
10. Ekspropriationsplan

Der findes til rapporten tre bilag. Det ene er en uddybende forklaring bag de valg der er taget for udformningen af rundkørslen. Bilaget er lavet ud fra vejreglernes hæfte 4.2, der beskriver hvordan en rundkørsel kan udformes. Bilag 2 er en beskrivelse af de love, der har indflydelse på vejbygning generelt. I selve rapporten er kun kort beskrevet hvilke tilladelser, der skal gives i henhold til de relevante love. Det sidste bilag er en dimensionering af befæstelserne.

2 Projektets formål

Hovedformålet med udarbejdelsen af dette projekt, er at projektere en rundkørsel samt at beskrive processen for projektets realisering.

Der er opsat tre mål, som skal opfyldes:

- Detailprojektere ombygning af Skodborghuskrydset fra et 4 benet lysreguleret kryds til en rundkørsel med hovedvægt på geometri, herunder oversigter iht. vejreglerne
- Beskrive øvrige delelementer i et færdigt detailprojekt og arbejde i dybden med udvalgte emner
- Give en overordnet beskrivelse af lovgrundlag og proces for projektets realisering, herunder at præsentere projektet i et notat, der kan danne baggrund for en politisk beslutning for udførelse af projektet

Det færdige projekt skal fremstå som et eksempel på udformningen af et detailprojekt, der kan udføres i praksis. Der vil dog være delelementer, der kun er beskrevet overordnet.

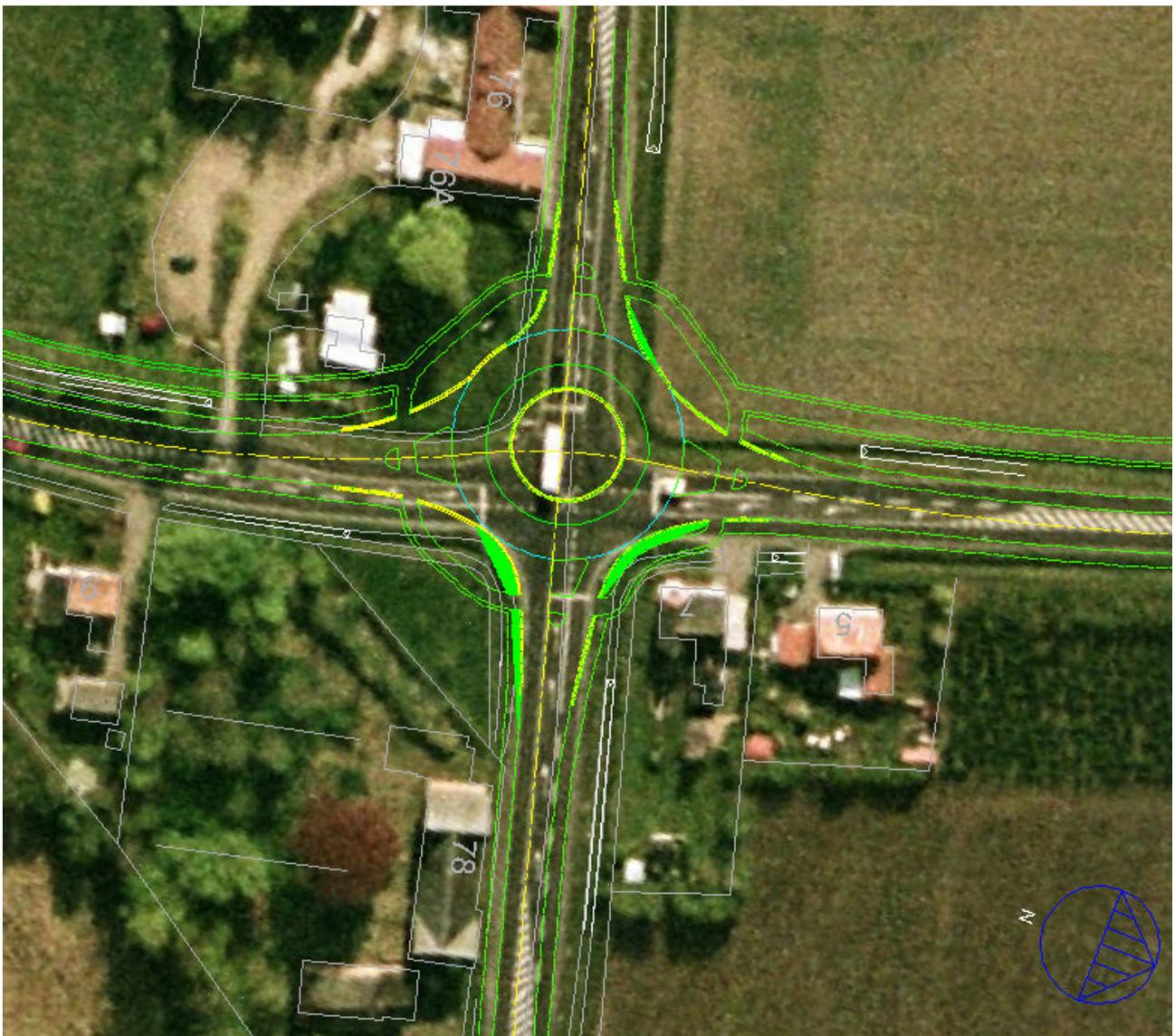
Projektet skal bestå af en rapport samt en række tegninger, der understøtter og overskueliggør projektet.

3 Præsentation af projektet

Denne del af projektet er en præsentation af rundkørslen. Det er udformet som et notat til politikere, og vil i praksis kunne danne baggrund for en politisk stillingtagen til projektets udførelse samt ekspropriation i forbindelse hermed.

3.1 Notat vedr. etablering af rundkørsel i Skodborghuskrydset

Skodborghuskrydset har de sidste mange år været uheldsramt. På den baggrund er der udarbejdet et projekt for etablering af en rundkørsel i krydset.



Figur 1: Illustration af projektet

Eksisterende forhold

Skodborghuskrydset er geografisk placeret mellem Vejen og Skodborg i Vejen Kommune. Krydset er lysreguleret og har 4 grene. Trafiktallene for de forskellige vejgrene kan ses i Tabel 1.

	ÅDT	Æ10
Nordlig vejgren	5300	52
Sydlig vejgren	4868	532
Østlig vejgren	2094	380
Vestlig vejgren	2116	336

Tabel 1: Trafiktal for skodborghuskrydset

Kilde: Egen tabel

Der er en del problemer med ulykker i krydset, hvilket gør, at det er aktuelt, at ombygge krydset til en rundkørsel.

Fordi det er en ombygning af et eksisterende kryds, kan der opstå problemer med arealet omkring det nuværende kryds. Der ligger på 3 af hjørnerne bebyggelse, henholdsvis en privat bolig, en café/beboelse, samt et ubenyttet byggeri. Disse bebyggelser skal gerne bevares og så lidt areal som muligt inddrages.

Der er i efteråret 2008 igangsat udførelsen af en cykelsti fra Vejen til Skodborg. Denne cykelsti kommer til at løbe gennem krydset, hvorfor der også skal tages hensyn til denne når der projekteres.

Beskrivelse af behovet for ombygning

Behovet for ombygning er opstået pga. mange uheld. Krydset har udviklet sig til en sort plet idet der de seneste 5 år er sket 5 uheld i krydset, deriblandt 3 personskadeuheld. Typen af uheld, der sker i krydset er svinguheld, hvor den ene part svinger ind foran, eller ind i en modkørende. Denne type uheld er situationen i 4 ud af 4 uheld. Det sidste er en trafikant, der er kørt over for rødt, og derved har ramt en anden trafikant.

Der er lavet en opgørelse over de samfundsøkonomiske omkostninger som følge af uheld i krydset i perioden fra 2004- 2008. Denne viser, at der har været en omkostning på 3.550.000 i Skodborghuskrydset. Erfaringerne viser, at uheldstætheden vil blive mindre samt at uheldssituationerne vil blive anderledes og mindre alvorlige ved ombygning af kryds til rundkørsel.

Rundkørslens udformning

Rundkørslen er udformet som en 4-benet rundkørsel med midterø, overkørselsareal og cirkulationsareal. Rundkørslen anlægges med størrelse efter forholdene på stedet. Arealbegrænsningerne i form af bebyggelserne på hjørnerne i det eksisterende kryds har været afgørende for valg af udformning og placering af rundkørslen. Placeringen bliver med centrum vest for det eksisterende kryds.

Alle vejgrene udføres med heller. Nord og sydgående vejgrene med en trompethelle og øst og vestgående med en asymmetrisk helle fordi det tilgængelige areal ikke tillader fulde trompetheller uden at vejgrene risikerer at komme for tæt på hinanden. Hellerne er valgt for at skabe en dynamisk rundkørsel, der skaber et godt flow i trafikken på stedet.

Udenfor cirkulationsarealet anlægges en cykelring, der tilgodeser cyklister og andre bløde trafikanter. Denne tilkøbes den dobbeltrettede cykelsti, der løber fra Vejen i nord til Skodborg i syd.

Krydsningen mellem cykelringen og vejgrenene bliver anlagt med en tilbagetrækning på 3 m. En større tilbagetrækning er desværre ikke muligt grundet arealbegrænsningerne.

Nødvendige tilladelser/dispensationer

Ekspropriationsbestemmelserne i lov om offentlige veje vil gælde i forbindelse med ekspropriation. Ekspropriationsbestemmelserne i lov om offentlige veje benyttes hvis det er vejbestyrelsen, der forestår ekspropriationen.

Såfremt Søndeskov museum ønsker at lave arkæologiske eller naturhistoriske udgravninger på stedet skal de have lov til dette i henhold til museumsloven.

Projektering af afvandingssystemerne og de ændringer, der skal etableres i forbindelse med ombygningen af krydset skal ske i henhold til vandløbsloven.

Inden udførelsen af en ombygning af Skodborghuskrydset skal politiet godkende projektet. Dette gøres ved at fremlægge projektet for dem inden anlægningen påbegyndes. Politiet kommer herefter med en udtalelse om projektet. Udtalelsen er nødvendigt for at sikre, at projektet bliver udformet så færdslen fortsat kan afvikles sikkert og forsvarligt.

Yderligere informationer om love, der har indflydelse på vejbygning kan ses i Bilag 2.

Ekspropriation

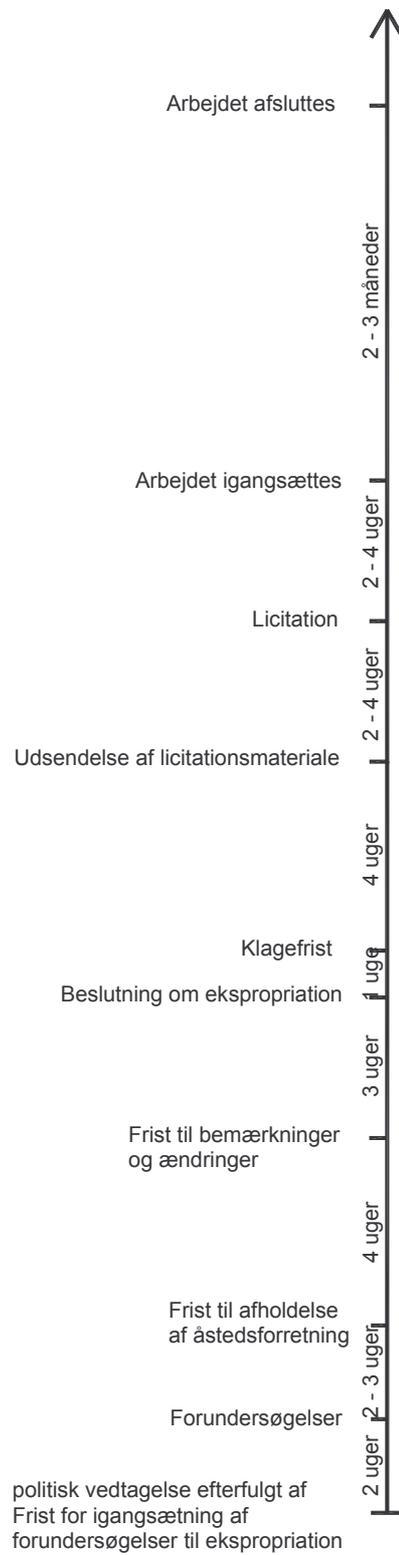
Det er nødvendigt at ekspropriere nord og syd for den vestgående vejgren. I alt eksproprieres ca. 400 m².

Tidsplan

En tidsplan for projektet kan ses i Figur 2.

Pris

Erfaringerne viser, at et projekt af denne type koster ca. 2.500.000 kr.



Figur 2: Tidsplan for projekt

4 Beskrivelse af detailprojekt

Dette afsnit er en beskrivelse af de valg, der er taget for udformning af rundkørslen.

Projektet er udformet efter vejreglernes hæfte 4.2, Rundkørsler. Bilag 1 indeholder en mere uddybende forklaring af valgene, der er taget for udformningen.

4.1 Dimensionsgivende køretøjer og ønsket hastighed

I dette projekt er sættevognstoget valgt som dimensionsgivende køretøj og specialkøretøjet som tilgængelighedskrævende køretøj. Desuden er personbilen valgt som hastighedsmaksimeret køretøj.

Den ønskede hastighed vælges både udenfor rundkørselens til- og frafartsområder og for gennemkørsel af rundkørslen.

Uden for til- og frafartsområderne sættes den til 70 km/t, der er den tilladte hastighed i dag. For gennemkørsel af rundkørslen sættes V_o til mellem 30 og 35 km/t, hvilket kan gøres fordi det er besluttet, at cyklisterne skal trækkes væk fra cirkulationsområdet og har vigepligt ved krydsningen af vejgrene.

4.2 Udformning af midterø samt cirkulations- og overkørselsareal

Som udgangspunkt vælges en midterø med en diameter på 10 meter. På grund af arealbegrænsningerne i krydset, er det nødvendigt at overveje at gøre midterøens radius mindre end 10 m. Midterøens radius kunne f.eks. vælges til 7,5 m, men dette vil være ugunstigt for de store køretøjer. Med i overvejelserne er også, at hverken en \emptyset på 10 m eller 7,5 m vil kunne placeres med centrum i det nuværende kryds' centrum. Derfor vælges øens radius til 10 m, og vil blive placeret med centrum enten sydøst eller vest for det nuværende kryds, da det er her arealbegrænsningerne er mindst.

For at dimensionere cirkulationsarealet og overkørselsarealet benyttes de dimensions- og tilgængelighedskrævende køretøjer. Der findes en radius b_{co} , så det tilgængelighedskrævende køretøj kan passere gennem rundkørslen og en radius b_c , så det dimensionsgivende køretøj kan passere gennem rundkørslen. Forskellen mellem disse to radier giver hvor stort overkørselsarealet skal være, b_o . I figur 2.2.2 i vejdirektoratets hæfte 4.2, Rundkørsler er opgivet radier for midterø og cirkulationsareals indre og ydre begrænsningslinier for de valgte dimensionsgivende køretøjer (SVK/SK). Heraf kan b-værdierne findes. Et uddrag af tabellen kan ses i Tabel 2, der viser udformning af radierne R_{ci} og R_{cy} for en rundkørsel med en midterø, der har en radius på 10 m.

Radius til midterøens begrænsningsline $R_{m\emptyset}$ (m)	Radius til cirkulationsareals indre begrænsningslinie R_{ci} (m)	Radius til cirkulationsareals ydre begrænsningslinie R_{cy} (m)
10	14,1	20,2

Tabel 2: Radiusbestemmelse for midterø samt cirkulationsareals indre og ydre begrænsningslinier

Kilde: Uddrag af tabel 2.27, vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

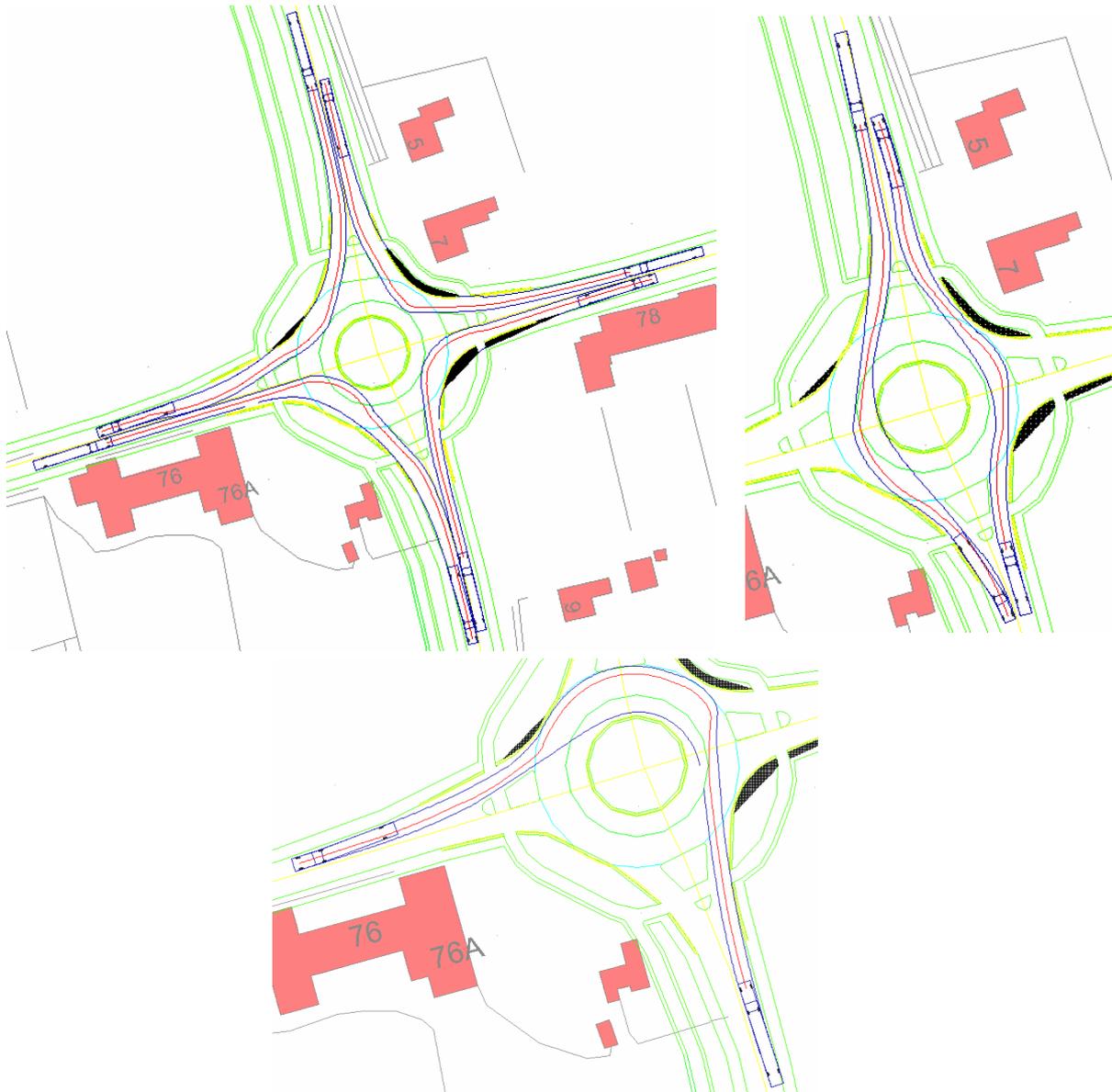
b-værdierne bestemmes efter følgende formler:

$$\text{Cirkulationsareal inkl. overkørselsareal: } b_{co} = R_{cy} - R_{m\emptyset} \Rightarrow 20,2 - 10 = 10,2m$$

$$\text{Cirkulationsareal ekskl. Overkørselsareal: } b_c = R_{cy} - R_{ci} \Rightarrow 20,2 - 14,1 = 6,1m$$

$$\text{Overkørselsareal: } b_o = R_{ci} - R_{m\emptyset} \Rightarrow 14,1 - 10 = 4,1m$$

Tegning nr. 3, plan med radier, viser størrelsen af midterø, overkørselsareal og cirkulationsareal. Det er efterprøvet om det tilgængelighedskrævende køretøj kan passere gennem rundkørslen ved den givne størrelse. Resultaterne kan ses i Figur 3. Det er nødvendigt at lave overkørselsarealer langs 3 af hjørnerne. Overkørselsarealerne udføres i græsarmeringssten. Det skal desuden bemærkes, at cykelringens befæstning skal forstærkes der, hvor kørekurven krydser. Figur 3 viser kørekurverne for SK.



Figur 3: Kørekurver for SK ved højresving, ligeudkørsel samt et venstresving i rundkørslen

4.3 Placering

Det umiddelbare valg for placering af rundkørslen vil være med centrum i det eksisterende kryds' midte. Dette kan dog ikke lade sig gøre pga. arealbegrænsningerne. Det er hovedsageligt cykelringen, der har bestemt placeringen, da denne er yderste begrænsning.

Det har vist sig, at en placering vest for det nuværende kryds er den mest optimale. Placeringen giver plads nok til udformning af en dynamisk rundkørsel, der lever op til ønskerne for udformningen.

4.4 Vejgrenenes sekundærheller og kørespor

Rundkørslen skal udformes så dynamisk som muligt, hvorfor det vil være oplagt at vælge trompetheller som sekundære heller i vejgrene. Det kan dog blive et problem pladsmæssigt at udføre trompetheller på alle 4 vejgrene, da afstanden mellem vejgrene herved kan blive for lille.

Tabel 3 indeholder informationer om de forskellige hellers udformning. Udformningen er besluttet ved optegning af rundkørslen.

Vejgren	Type	Max bredde (m)	Min bredde (m)	Længde (m)
Nordlig	Trompet	10	1,5	22
Østlig	Asymmetrisk	6	1,5	33
Sydlig	Trompet	10	1,5	22
Vestlig	Asymmetrisk	6	1,5	33

Tabel 3: Oversigt over udformning af sekundærheller

Kilde: Egen tabel

For de valgte heller gælder, at længden af den kantstensbegrænsede del ikke må være under 2 m eller over 15 m. Dette krav gælder, for at sikre at det tilgængelighedskrævende køretøj vil kunne passere frit evt. ved brug af den resterende del af hellen, der udformes som en spærreflade. Hellen vil være kantstensbegrænset 6 m, hvorefter resten udformes som spærreflade.

Hellerne bliver alle krydset af cykelringen, der er tilbagetrukket med 3 m. Hellerne må ved krydsningen ikke være mindre end 2,5 m bred, hvilket også er opfyldt.

Køresporene i til- og frafarterne skal have en bredde. Denne sættes til hhv. 4,5 m for tilfarer og 5 m for frafarer. Køresporene skal begrænses med kantsten langs den ydre del af sporene langs hele til- og frafartssporene. Kantstenene er med til at reducere hastigheden, idet det visuelt får tværprofilet til at syne smallere.

Vejgrenenes og hellernes udformning fremgår af tegning nr. 2, plantegning samt tegning nr. 3, plan med radier.

4.5 Cyklistarealer

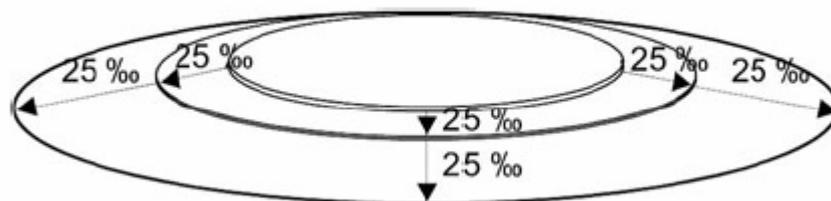
Cyklisterne tilgodeses med en cykelring, der anlægges i minimum 2 m afstand fra cirkulationsarealets yderkant. Den dobbelttreppede cykelsti, der i øjeblikket anlægges mellem Vejen og Skodborg, og løber i den vestlige side af Skodborghusvej tilkobles cykelringen. At der bliver anlagt en cykelring betyder, at cykelstien ikke bliver betragtet som en del af rundkørslen.

På grund af arealbegrænsningerne bliver tilbagetrækningen ved krydsningen af vejgrene ikke på mere end 3 m. Dette kan betyde bl.a. øget utryghed for cyklisterne, da det kan være svært at overskue om et køretøj i cirkulationsarealet vælger den frafarer, som cyklisten skal krydse. Derimod betyder det også, at køretøjerne har lavere fart ved krydsningen. Der laves et støttepunkt på sekundærhellerne, så cyklisterne kan krydse vejgrene ad to tempi.

4.6 Længde- og tværprofiler

Terrænet omkring Skodborghuskrydset er tilnærmelsesvis fladt. Hældningen er på max 8 ‰. Derfor anlægges rundkørslen som en vandret rundkørsel, da det er begrænset hvilke vertikale ændringer, der sker indenfor rundkørselens begrænsningslinier. At rundkørslen kan anlægges som en vandret rundkørsel gør bl.a. afvandingsforholdene enkle.

Rundkørslen vil blive udført med en hældning på 25 ‰ på overkørselsareal samt cirkulationsareal. Der er optegnet længdeprofiler fra nord mod syd og fra øst mod vest. Disse kan ses som tegning nr. 5 og tegning nr. 6. Derudover er der lavet et tværprofil, der kan ses som tegning nr. 7 samt en plan med koter i selve rundkørslen såvel som på vejgrenene. Denne kan ses som tegning nr. 4.



Figur 4: Eksempel på vandret rundkørsel

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Vejgrenene har ved tilslutning til cirkulationsarealet, grundet de flade forhold i området, ikke større hældninger end 4 – 8 ‰. Derfor tilsluttes vejgrenene uden en forudbestemt radius. Der vil under anlægning blive skabt en naturlig overgang fra vejgren til cirkulationsareal.

For optegning af tværprofilet er lavet en dimensionering af befæstelserne. Denne ses i Bilag 3. En dimensionering af befæstelserne vil altid være vejledende. Dimensioneringen gav det resultat, at der skulle benyttes 20 cm bundsand, 30 cm stabilt grusbærelag og tilsammen 30 cm asfalt. Det er dog valgt, at benytte 30 cm bundsand, 25 cm stabilt grusbærelag samt i alt 15 cm asfalt som opbygning af rundkørslen. Valgene er taget ud fra den erfaring, at der normalt vil benyttes et højere lag BS end SG, samt at 15 cm asfalt normalt er tilstrækkeligt på veje af denne type.

4.7 Oversigtsforhold

Der skal sikres stopsigt til vigepligtslinien for bilister på vejgrenene med retning mod krydset og samtidig skal der sikres den nødvendige oversigt for bilister i stopposition på vejgrenene samt for cirkulerende trafikanter.

For cyklister skal der sikres opfyldte oversigtskrav under kørsel samt for både cyklister og fodgængere med vigepligt.

Oversigt til kryds

Af Tabel 4 fremgår det hvor stor stopsigten for bilister skal være. Da den ønskede hastighed er sat til 30-35 km/t, skal stopsigten ifølge Tabel 4 være mellem 55 og 75 m. Da vejen ikke kan betragtes fuldstændig vandret og lige sættes afstanden til 75 m. Denne afstand er opfyldt pga. terrænets fladhed og linieføringen på vejgrenene, såfremt der ikke opstilles objekter, der skærmer for udsynet.

Ønsket hastighed V_o (km/t)	30	40
Længde (m)	55	75

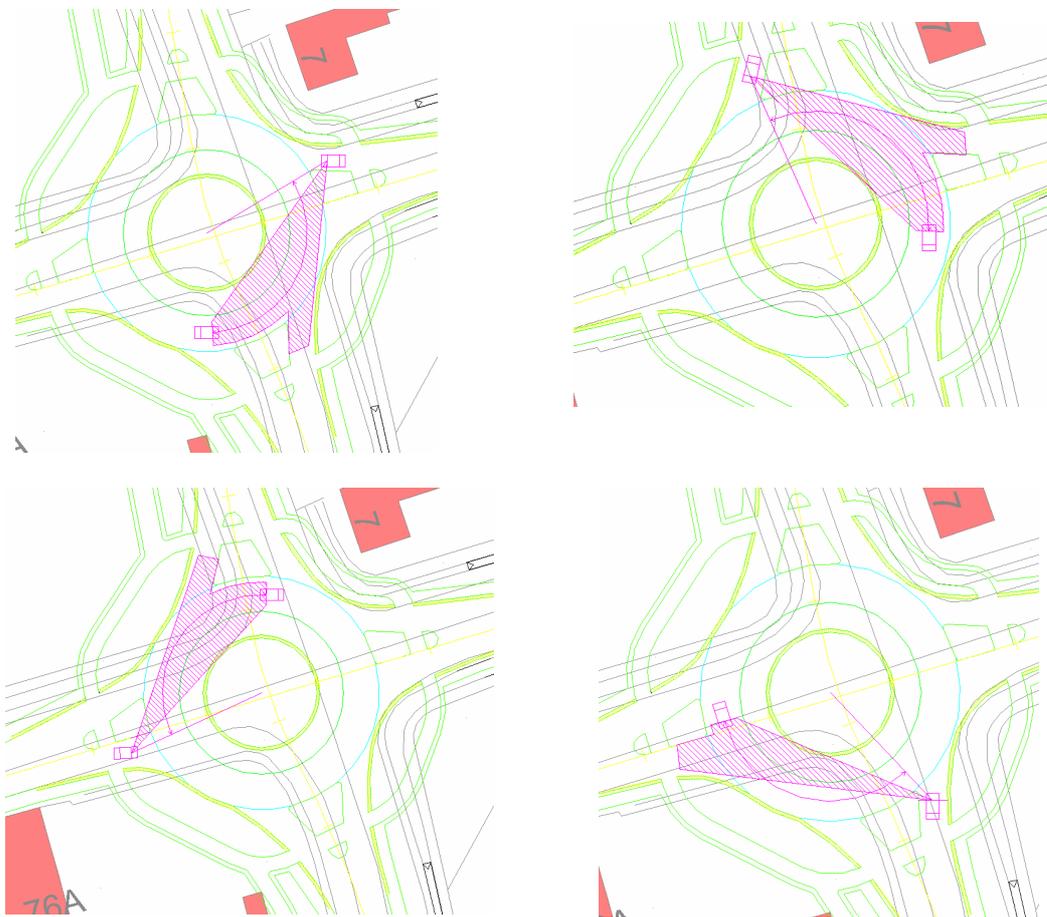
Tabel 4: Stopsigt for biler på vandret og lige vej

Kilde: Figur 1.5.1, vejreglernes hæfte 4.2, Rundkørsler

Oversigt fra stopposition

Fra et punkt 3 m bag vigelinien skal man både kunne se forrige tilfart mindst 5 m bag vigelinien og cirkulationsarealet i en længde, $l_{p,1}$, der fremgår af Tabel 5. Igen er der grundet de flade terrænforhold og mulighed for hensigtsmæssig udformning af midterøen ingen problemer med oversigtsforholdene. Figur 5 viser oversigtsforholdene fra stopposition.

I forbindelse med oversigtsforholdene skal der også tages hensyn til, at sigtfladen overholdes samt at der ikke placeres generende genstande der hindrer udsynet for trafikanterne.



Figur 5: Stopsigt fra vejgrene

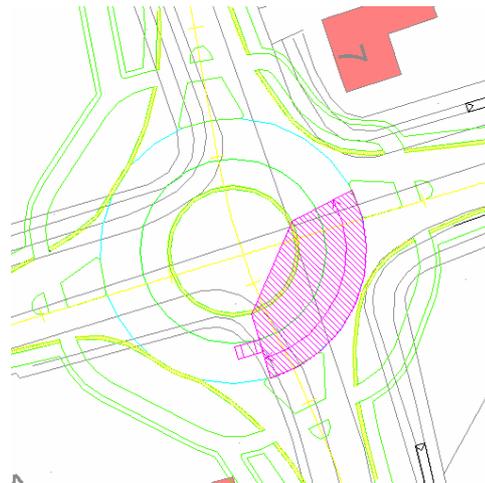
Kørekurvens radius (m)	Cirkulationshastighed (km/t)	Oversigtslængde ($l_{p,1}$) (m)	Oversigtslængde ($l_{p,2}$) (m)
20	25-30	35	30

Tabel 5: Oversigt fra stopposition

Kilde: Figur 1.5.4, vejreglernes hæfte 4.2, Rundkørsler

Oversigt for cirkulerende

Cirkulerende trafikanter i rundkørslen skal kunne se en 0,15 m høj genstand i en afstand, $l_{p,2}$, der fremgår af Tabel 5. Figur 6 viser oversigten for cirkulerende i rundkørslen.



Figur 6: Oversigt for cirkulerende

Oversigt for cyklister under kørsel

Cyklister bør kunne overskue vej- eller stiforløbet i en længde svarende til 8-10 sekunders kørsel med den ønskede hastighed, jf. Tabel 6. I dette projekt kan forventes både cykel- og knallertrafik, hvorfor den ønskede hastighed sættes til 30 km/t.

	Cykel- og knallertrafik
Ønsket hastighed (km/t)	30
Standselængde (m)	40
Oversigt under kørsel (m)	70-85

Tabel 6: Oversigt for cyklister

Kilde: Figur 1.5.2, vejreglernes hæfte 4.2, Rundkørsler

Oversigt for fodgængere og cyklister med vigepligt

Fodgængere og cyklister med vigepligt skal have oversigt til køretøjer, der kører mod rundkørslen samt køretøjer, der skal ud af den i henhold til Tabel 7 og Tabel 8. Til- og frafarterne har bredder på henholdsvis 4,5 m og 5,0 m, så oversigt til trafik med retning mod rundkørslen sættes til 125 m og oversigt til udkørende sættes til 56 m.

Trafikkens hastighed V_0 (km/t) på fri strækning:	70
Oversigtslængde (m) ved krydsning af kørebanebredde (m):	
4	100
6	150

Tabel 7: Oversigt for cyklister med vigepligt til trafik med retning mod rundkørslen

Kilde: Figur 1.5.7, vejreglernes hæfte 4.2, Rundkørsler

Hastighed V_{ud} (km/t) ved udkørsel til frafarten:	30	40
Oversigtslængde (m) ved krydsning af kørebanebredde (m):		
4	33	44
6	50	67

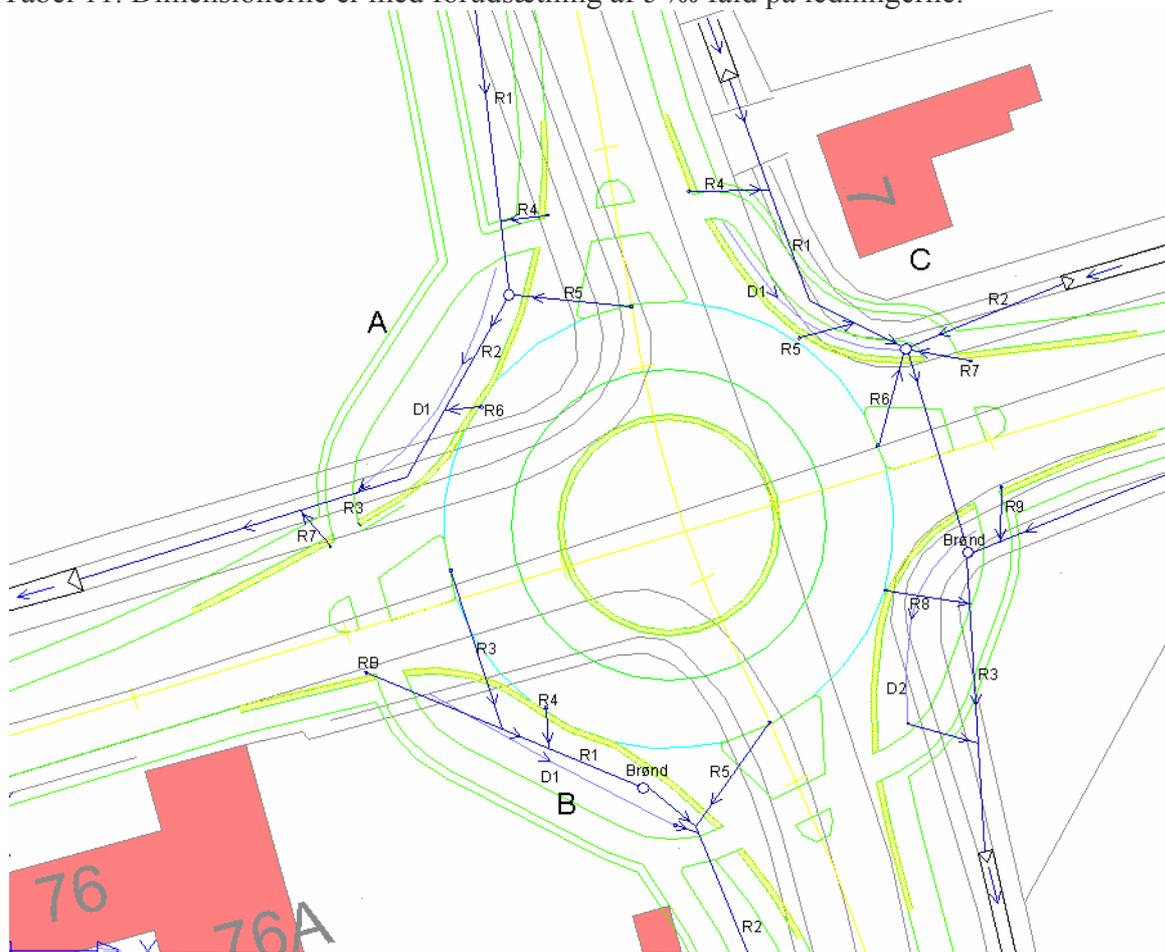
Tabel 8: Oversigt for cyklister med vigepligt til trafik med retning ud af rundkørslen

Kilde: Figur 1.5.8, vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

4.8 Afvanding

Der er foretaget en dimensionering af afvandingssystemet.

Systemet er delt i 3 sektioner, der fremgår af Figur 7. Dimensioneringen kan ses i Tabel 9, Tabel 10 og Tabel 11. Dimensionerne er med forudsætning af 5 ‰ fald på ledningerne.



Figur 7: Opdeling af afvandingssystem

Sektion A	Red areal (ha)	Regnintensitet (l/s/ha)	φ	Fra tidligere (l/s)	Q (l/s)	Dim (mm)
R1	0,37	61	0,2	0,29	22,9	Ø 300
R2	-	-	-	38,6	38,6	Ø 300
R3	-	-	-	39,5	39,5	Ø 300
R4	0,0047	150	1	0	0,71	Ø 110
R5	0,017	150	1	0	2,55	Ø 110
R6	0,025	150	1	0	3,75	Ø 110
R7	0,0038	150	1	0	0,57	Ø 110
D1	0,0213	150	1/0,2	0	3,195	Ø 110

Tabel 9: Afvandingsdimensionering af sektion A

Kilde: Egen tabel

Sektion B	Red areal (ha)	Regnintensitet (l/s/ha)	φ	Fra tidligere (l/s)	Q (l/s)	Dim (mm)
R1	0,0063	150	1	0,08	6,05	Ø 160
R2	-	-	-	9,65	9,65	Ø 160
R3	0,017	150	1	0	2,55	Ø 110
R4	0,017	150	1	0	2,55	Ø 110
R5	0,012	150	1	0	1,8	Ø 110
D1	0,012	150	1/0,2	0	1,8	Ø 110

Tabel 10: Afvandingsdimensionering af sektion B

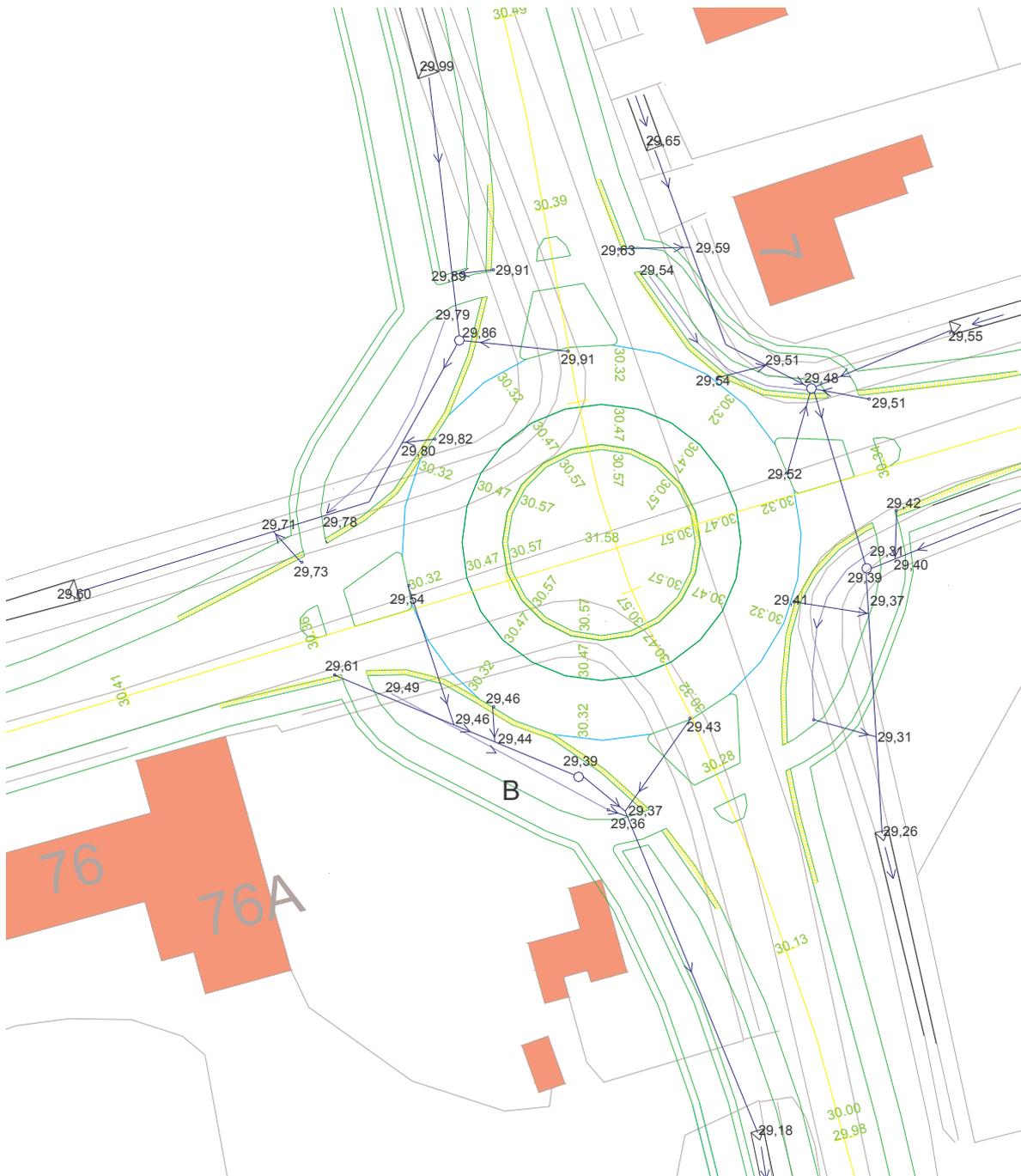
Kilde: Egen tabel

Sektion C	Red areal (ha)	Regnintensitet (l/s/ha)	φ	Fra tidligere (l/s)	Q (l/s)	Dim (mm)
R1	0,37	61	0,2	4,01	26,58	Ø 300
R2	0,043	150	0,2	0	2,55	Ø 300
R3	-	-	-	44,82	44,82	Ø 300
R4	0,0054	150	1	0	0,81	Ø 110
R5	0,0095	150	1	0	3,2	Ø 110
R6	0,009	150	1	0	3,15	Ø 110
R7	0,0086	150	1	0	1,29	Ø 110
R8	0,0165	150	1	0	2,5	Ø 110
R9	0,0094	150	1	0	1,41	Ø 110
D1	0,01	150	1	0	1,5	Ø 110
D2	0,12	150	0,5/1	0	1,83	Ø 110

Tabel 11: Afvandingsdimensionering af sektion C

Kilde: Egen tabel

Der er desuden lavet udregninger for koterne til afvandingsystemet. Koterne er lavet ud fra antagelsen, at grøftebunden ligger 80 cm under vejmidten. Resultaterne ses i Tabel 12, Tabel 13 og Tabel 14. Konklusionen på udregningerne er, at afvandingsystemet godt vil kunne ligge med 5 % fald. Dog vil det nogle steder være fordelagtigt at sænke systemet ca. 20 – 30 cm for at få tilstrækkelig dybde på brøndene. Dette vil dog kunne ses mere klart når landindspektøren har været ude og måle området op, så de præcise højder foreligger.



Figur 8: Koter på afvanding

Sektion A	Start KT	Slut KT	Fald
Vestlig grøft – R7	29,60	29,71	5
R7	29,71	29,73	5
R7 – D1	29,71	29,78	5
D1 – R6	29,78	29,80	5
R6	29,80	29,82	5
R6 – R5	29,80	29,86	5
R5	29,86	29,91	5
R5 – R4	29,86	29,89	5
R4	29,89	29,91	5
R4 – nordlig grøft	29,89	29,99	5
D1	29,71	29,79	5

Tabel 12: Koter på afvandingsystemet for sektion A

Kilde: Egen tabel

Sektion B	Start KT	Slut KT	Fald
Sydlig grøft – D1	29,18	29,36	5
D1 – R5	29,36	29,37	5
R5	29,37	29,43	5
R5 - Brønd	29,37	29,39	5
Brønd – R4	29,39	29,44	5
R4	29,44	29,46	5
R4 – R3	29,44	29,46	5
R3	29,46	29,54	5
R3 – RB	29,54	29,61	5
D1	29,36	29,49	5

Tabel 13: Koter på afvandingsystemet for sektion B

Kilde: Egen tabel

Sektion C	Start KT	Slut KT	Fald
Sydlig grøft – D1	29,26	29,31	5
D1 – R8	29,31	29,37	5
R8	29,37	29,41	5
R8 - Brønd	29,37	29,39	5
Brønd – R9	29,39	29,40	5
R9	29,40	29,42	5
Rør under vejen	29,39	29,48	5
R2	29,48	29,55	5
R6	29,48	29,52	5
R7	29,48	29,51	5
Rør under vejen – R5	29,48	29,51	5

R5	29,51	29,54	5
R5 – R4	29,51	29,59	5
R4	29,59	29,63	5
R4 – nordlig grøft	29,59	29,65	5
D1	29,48	29,54	5
D2	29,31	29,44	5

Tabel 14: Koter på afvandingsystemet for sektion C

Kilde: Egen tabel

Terrænet er så fladt på stedet, at der er mulighed for at lave en rundkørsel, der vertikalt ligger som en vandret rundkørsel. Dette forenkler afvandsarbejdet betydeligt. Rundkørslen kan opbygges af koncentriske cirkler, der ligger med 25 % fald mod cirkulationsarealets yderkant.

Rendestensbrønde placeres i cirkulationsarealets yderkant. På vejgrene, der har fald mod rundkørselens cirkulationsareal placeres desuden rendestensbrønde umiddelbart inden cirkulationsarealets begyndelse, så der ikke løber overfladevand ind i cirkulationsarealet.

Overfladevand fra rundkørslen samles og ledes til grøfterne på Skodborghusvejs sydlige samt vestlige vejgren. Vandet fra de eksisterende grøfter fra nord og øst bliver opsamlet i et lukket rør og tilsluttes rundkørselens afvandingsystem. Herved ledes også vandet herfra i eksisterende grøfter mod syd og vest.

Mellem cirkulationsarealets ydre begrænsningslinie og cykelringen etableres et trug, der drænes og tilsluttes med en rendestensbrønd.

4.9 Belysning

Belysningen er et projekt for sig selv, der normalt vil blive udført af en ekstern rådgiver. Derfor er der ikke lavet detailprojektering af belysningen. Der er dog foretaget visse overvejelser i forbindelse med belysningen.

For at opfylde kravene til sigt i mørke er det nødvendigt at belyse rundkørslen. Sikkerhedsmæssigt er det også en stor fordel at belyse rundkørsler. Belysningen skal omfatte cirkulationsareal, til- og frafarter, overkørselsarealer, cykelstien samt dele af vejgrene. Kravene til belysningsklassen er som for kryds i byområder, og der henvises til vejreglernes hæfte herom for yderligere oplysninger. Belysningen udformes gradvist, så trafikanterne ikke risikerer at blive blændet.

Placeringen af masterne udformes så ensformigt som muligt. Der opstilles master i sekundærheller til belysning af cirkulationsareal, overkørselsareal, midterø og i rabatarealet mellem cirkulationsareal og cyklistarealer for belysning af cykelringen. Masterne til oplysning af cykelringen placeres minimum 0,4 m bag stikanten. Der placeres desuden master minimum 2 m bag vejbanekanten på vejgrene i begge sider.

4.10 Vejafmærkning

Der skal placeres en række vejvisnings- og færdselstavler for at oplyse om vigepligtsforhold samt vejvisning. På tegning nr. 9, afmærkningsplan er udført en detaljeret plan over afmærkningerne i rundkørslen. Der er desuden opgjort hvilke skilte og afmærkninger, der skal udføres i forbindelse med rundkørslen. Disse ses i Tabel 15 og Tabel 16.

Tavle	Placering	Undertavle	Tekst
B11 Ubetinget vigepligt	250 m før vigepligtslinien i rabat	U1,1	250 m
G 14 Diagramorienteringstavle	150 m før vigepligtslinien i rabat	Ingen	-
B 11 Ubetinget vigepligt	10 m før vigepligtslinien i rabat samt på helle	Ingen	-
F 11 Pilevejviser	På Sekundærheller	Ingen	-
D11,3 Påbudt kørselsretning	I midterø, overfor tilfartens midterlinie	Ingen	-

Tabel 15: Opgørelse af skilte

Kilde: Egen tabel

Afmærkning	Placering
Spærreflade + spærrelinie	I forlængelse af sekundærheller
Varslingslinie	I forlængelse af spærrelinie
Kantlinie	Langs ydre begrænsning i til- og frafartspor samt cirkulationsareal
Kantlinie	Langs sekundærheller
Kantlinie	Langs kant af overkørselsareal og cirkulationsareal
Afmærkning	I overkørselsareal

Tabel 16: Opgørelse af vejafmærkninger

Kilde: Egen tabel

5 Projektets realisering

Dette afsnit beskriver realiseringen af projektet efter projekteringen er færdig. Dvs. fra politikerne godkender projektet og til projektet står klar til brug. Tidslinien, vist i afsnit 3.1 viser hvornår de forskellige faser udføres samt ca. hvor meget tid de hver især kræver.

5.1 Politisk vedtagelse

Som første led i projektets realisering skal politikerne godkende projektet, og der skal bevilliges penge hertil.

Den politiske vedtagelse sker ved fremlæggelse af et notat, som det der ses i afsnit 3.1. Når projektet er godkendt kan der arbejdes videre med de næste faser i realiseringen.

5.2 Ekspropriation

Der er udarbejdet en ekspropriationsplan, der kan ses som tegning nr. 10.

Inden igangsætning af arbejdet med ombygningen at krydset vil det være nødvendigt at gennemføre en ekspropriationsforretning.

Ekspropriation kan finde sted, hvor et arbejde finder sted i den almene borgers interesse. Det er i et sådant tilfælde vejbestyrelsen, der forestår ekspropriationen.

Som første led skal det pågældende område måles op, og der laves de fornødne forundersøgelser. Dette skal meddeles de involverede parter minimum 2 uger før undersøgelse påbegyndes. Dette kan gøres ved særskilt meddelelse til de berørte personer eller, hvis dette ikke er muligt, ved annoncering i de lokale blade.

Med mindst 4 ugers varsel afholdes en åstedforretning. I løbet af de 4 uger skal det være muligt for borgere at se planen for ekspropriationen. Alle berørte parter skal fra kommunen modtage et brev, der indeholder information om, hvor oplysninger om ekspropriationen kan indhentes samt en fortegnelse over hvilke af deres egne områder, der er berørte.

Ved åstedforretningen redegør vejbestyrelsen for hvordan de pågældende ændringer vil berøre hver enkelt ejendom samt hvordan f.eks. adgangsforhold sikres. Herudover kan også erstatningens størrelse fastsættes. Denne gælder dog kun hvis ekspropriationen vedtages på det foreliggende grundlag. Efter åstedforretningen har berørte personer mindst 3 ugers frist til at komme med bemærkninger og forslag til ændringer.

Efter klagefristens udløb tager vejbestyrelsen beslutning om ekspropriationen og informerer de berørte parter herom. Informationen til de berørte vil ofte være ledsaget af et forslag om erstatningens størrelse såfremt dette ikke blev besluttet ved åstedforretningen. Har vejbestyrelsen ikke selv fastsat erstatning, eller forkastes denne indbringes sagen for taksationskommissionen.

Når beslutningen er taget har involverede parter en frist på 4 uger til at tiltræde forslaget.

5.3 Udbudsmateriale og licitation

Udbudsmaterialet skal indeholde oplysninger om entreprisens art, omfang samt vilkår for udførelsen. Et udbudsmateriale kan bestå af en tilbudsliste, særlige betingelser og beskrivelser samt et sæt

tegninger af projektet. Udbudsmaterialet kommer på den måde til at indeholde en juridisk (f.eks. tidsfister og forhold mellem entreprenør og bygherre), en teknisk (f.eks. tegninger og specifikationer for entreprenørens ydelser) samt en økonomisk del (tilbudslisten og afregningsgrundlaget). Udbudsmaterialet udsendes efter reglerne herom i licitationsloven. Der findes forskellige typer licitation:

- Offentlig licitation, hvor der opfordres til afgivning af tilbud ved annoncering i dagspressen
- Bunden licitation, hvor udbudsmaterialet sendes til de entreprenører der ønskes skal afgive tilbud på projektet
- Underhåndstilbud, hvor 1-2 entreprenører får mulighed for at afgive tilbud. Dette benyttes ved mindre projekter og f.eks. hvis ønsket om hurtig igangsætning foreligger.
- EU-licitation, der benyttes ved store anlægsarbejder (over ca. 40 mio kr.). EU's "Bygge og Anlægsdirektiv" foreskriver reglerne for EU-licitationen.

Efter udbudsmaterialet er sendt ud har entreprenørerne en frist på 2-4 uger inden selve licitationen finder sted. Normalt overdrages entreprisen til det laveste bud medmindre andet er angivet i udbudsmaterialet.

Efter afholdelse af licitation udarbejdes der en kontrakt mellem entreprenør og bygherre. Kontrakten indeholder bl.a. informationer om tidsfrister, entreprenørens eventuelle forbehold samt en sikkerhedsstillelse fra entreprenøren.

5.4 Arbejdets igangsættelse og udførelse

Nogle uger efter licitationen igangsættes arbejdet. Der afholdes et opstartsmøde mellem entreprenør og bygherre, hvor man gennemgår projektet og aftaler nærmere om projektet, så uoverensstemmelser og misforståelser undgås. Ved dette møde kan eventuelle ledningsejere også deltage, eller der kan afholdes et særskilt ledningsejermøde, hvor deres ønsker gennemgås.

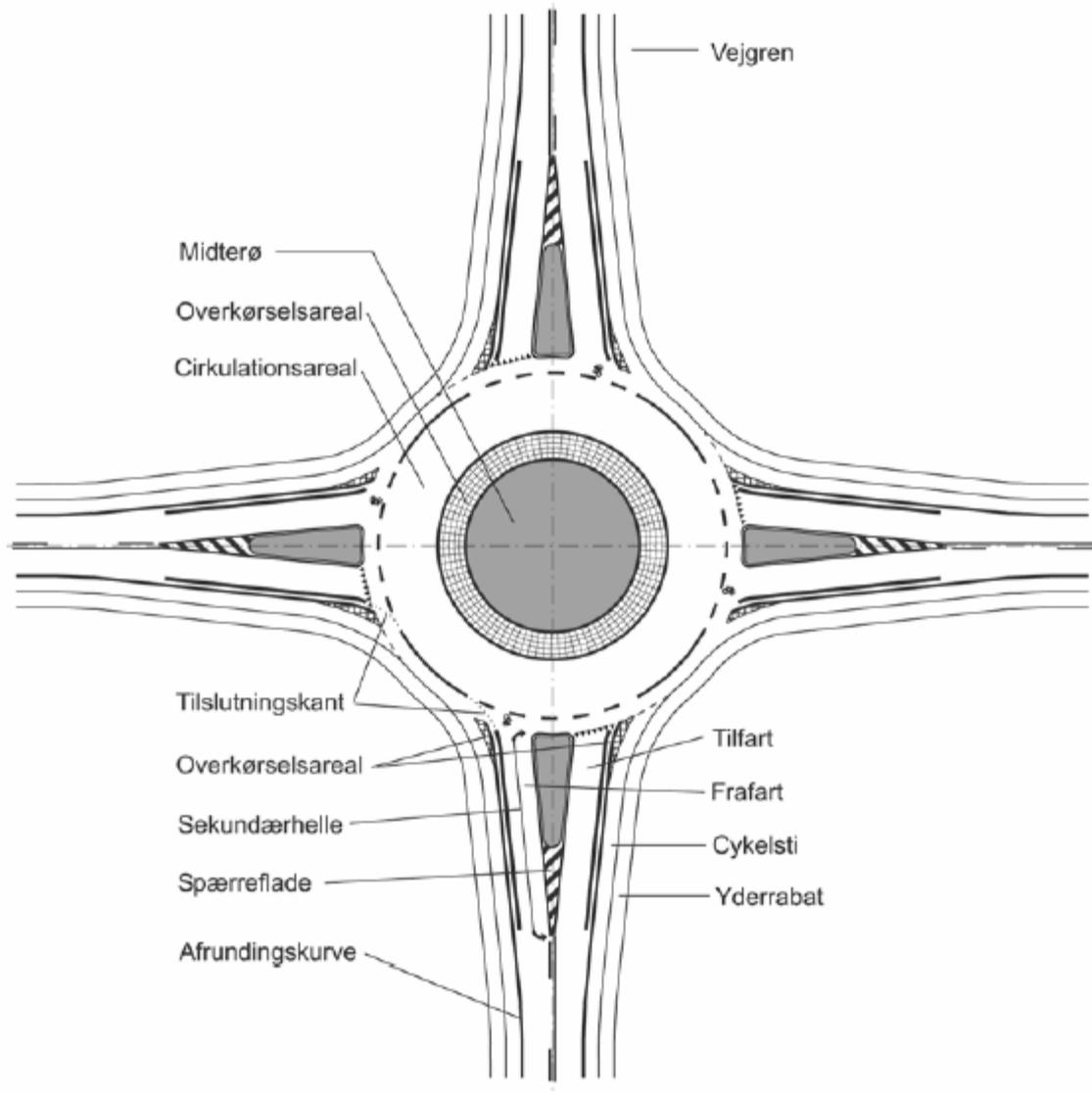
Herefter har entreprenøren ansvaret for, at projektet udføres efter tegninger, specifikationer og beskrivelse. Bygherren har ansvaret for løbende kontrol i form af tilsyn og jævnlige byggemøder. Ved byggemøderne gøres status over udviklingen siden sidste møde og entreprenøren forklarer hvad der er planlagt i den nærmeste fremtid.

Når projektet er færdiggjort afholdes en afleveringsforretning hvor projektet gennemgås og eventuelle mangler noteres, så disse kan blive rettet. Der aftales en tidsfrist for hvornår manglerne skal være udbedret. Efter afleveringsforretningen overgår ansvaret for vejarbejdet til bygherren. Der kan være en afhjælpningsperiode på op til 5 år, hvor entreprenøren har afhjælpningsret til at udbedre fejl og mangler, der kan tillægges ham.

6 Bilag 1

Detaljeret projektbeskrivelse

Projekteringen af ombygning af Skodborghuskrydset er lavet ud fra vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler. Hæftet beskriver de forskellige punkter, der skal gennemarbejdes for at en rundkørsel bliver udformet forsvarligt.



Figur 9: Principskitse af rundkørsel

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Dimensionsgivende køretøjer

Som første led i dimensioneringen af rundkørslen skal det vælges hvilke dimensionsgivende køretøjer der skal kunne gennemkøre rundkørslen. Der skal vælges 3 forskellige køretøjer:

- Tilgængelighedskrævende køretøj, der skal kunne gennemkøre rundkørslen ved brug af overkørselsarealer
- Dimensionsgivende køretøj, der skal kunne gennemkøre rundkørslen uden brug af overkørselsarealer
- Hastighedsmaksimeret køretøj, der skal kunne gennemkøre rundkørslen ved brug af den valgte ønskede hastighed V_o .

Ønsket hastighed

Ved valg af ønsket hastighed, V_o , ved tilslutningen mellem cirkulationsareal og vejgrene er det først og fremmest cykeltrafikken, der kigges på. Den ønskede hastighed, V_o , afhænger af, om der er cirkulerende cykeltrafik i rundkørslen eller ej. Som udgangspunkt kan hastigheden sættes til 20-25 km/t ved både ind- og udkørsel, hvis der er cirkulerende cykeltrafik, og 30-35 km/t ved indkørsel samt ubegrænset ved udkørsel, hvis der ikke er cirkulerende cyklister i rundkørslen.

Udover bestemmelse af hastigheden ved tilslutningen mellem cirkulationsareal og vejgrene skal hastigheden udenfor til- og frafartsområdet også bestemmes.

Valget af den ønskede hastighed benyttes til bestemmelse af udformning af tilslutningen mellem cirkulationsareal og hver enkelt til- og frafart. Den ønskede hastighed skal svare til, hvad det for en personbil, ud fra et komfortkriterium, er muligt at køre ind i eller ud af cirkulationsarealet med. V_o har derfor indflydelse på bl.a. udformning af sekundærheller og forsætningsstrækning.

Konstruktion af midterø

Midterøen sættes som udgangspunkt med en radius på 10 m. Dette sker af sikkerhedsmæssige hensyn. Der kan derefter rettes på størrelsen i både op- og nedadgående retning ved hensyntagen til en række kriterier.

De overordnede kriterier for størrelsen af midterøen er:

- Disponibelt areal i krydsområdet
- Antal vejgrene i krydset og vinklerne mellem disse
- Antal spor i til- og frafarterne
- Ønsket hastighed ved cirkulation, ved ind- og udkørsel samt på vejgrene uden for krydsområdet
- Dimensionsgivende køretøjer
- Behovet for forsætning og retningsskift af trafikstrømme gennem rundkørslen
- Begrænsning af omvejskørsel
- Økonomi

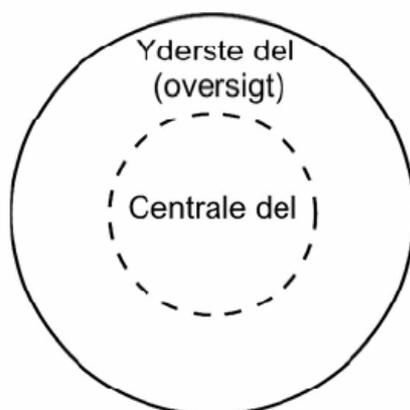
Kriterier for valg af større radius end 10 m:

- 5 eller flere vejgrene
- hensyn til de størst forekommende dimensionsgivende eller tilgængelighedskrævende køretøjer
- Spidse vinkler mellem to nabovejgrene
- 2-sporet udformning

Kriterier for valg af mindre radius end 10 m:

- Arealbegrænsninger

- Køretøjer ikke særligt arealkrævende
- Alle tilsluttede veje er mindre betydende



Figur 10: Opbygning af midterø

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Midterøen skal opbygges, så oversigtskravene opfyldes. Dvs., at den yderste del af rundkørslen ikke må ligge for højt. Den centrale del kan dog med fordel forhøjes for at give bedre erkendelse af rundkørslen.

Konstruktion af cirkulations- og overkørselsareal

Ved konstruktion af cirkulations- og overkørselsareal bestemmes radierne på det samlede cirkulations- og overkørselsareal, b_{co} , samt på de to hver for sig, b_o og b_c . Bredderne afhænger af de dimensionsgivende køretøjer.

I vejreglerne kan der findes værdier for cirkulationsarealets indre og ydre begrænsningslinie, R_{ci} og R_{cy} , ud fra midterøens radius, $R_{mø}$. Der er i vejreglernes hæfte 4.2, Rundkørsler opstillet værdier for 2 forskellige ofte forekommende dimensionsgivende køretøjer, SK/SVT og SVT/BUS. Tabellen for SK/SVT kan ses i Tabel 17. Ud fra tabellen kan b_{co} , b_c og b_o udregnes:

Cirkulationsarealet inkl. overkørselsareal: $b_{co} = R_{cy} - R_{mø}$

Cirkulationsareal ekskl. Overkørselsareal: $b_c = R_{cy} - R_{ci}$

Overkørselsareal : $b_o = R_{ci} - R_{mø}$

Radius til midterøens begrænsningslinie $R_{mø}$ (m)	Radius til cirkulationsarealets indre begrænsningslinie R_{ci} (m)	Radius til cirkulationsarealets ydre begrænsningslinie R_{cy} (m)
5	10,4	17,3
7,5	12,2	18,7
10	14,1	20,2
12,5	16,0	21,9
15	18,1	23,7

Tabel 17: Sammenhængende værdier af radier for midterø, cirkulationsarealets indre og ydre begrænsningslinier for SK/SVT, inkl. tillæg for tolerance

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Placering af centrum

Placering af en rundkørsels centrum afhænger normalt af vejgrenenes placering i forhold til hinanden. Ved arealbegrænsninger kan dette dog udgøre den afgørende faktor for placeringen.

Rundkørsels centrum bør normalt placeres der, hvor vejmidterlinierne skærer hinanden. Hvis dette ikke er muligt, forskydes centrum.

Ved ombygning af et eksisterende kryds til en rundkørsel kan det være nødvendigt at forlænge nogle af vejgrenene for at skabe et fælles skæringspunkt. Kan det stadig ikke lade sig gøre at skabe et fælles skæringspunkt, lægges centrum midt mellem vejgrenenes forskellige skæringspunkter.

Vertikale forhold for vandret rundkørsel

På grund af rundkørsels cirkulære form er den optimale placering i et plant vandret terræn. Her vil rundkørslen kunne udformes som planparallelle koncentriske cirkler, der er hævet over hinanden, så der gives gode afvandings- og kørselsdynamiske forhold samt god erkendelse af rundkørslen.

Det anbefales, at hældningen sættes til, men ikke overstiger 25‰ for at minimere risikoen for udskridning i glat føre. En hældning på 25‰ vil give optimale afvandingsforhold. Der kan dog opstå problemer med længdegradienten langs cirkulationsarealets yderkant, men dette kan der tages hensyn til ved placering af det rette antal rendestensbrønde.

Normalt tilsluttes vejgrenenes længdegradient tangentielt med cirkulationsarealets ydre begrænsningslinie. Afrunding af længdeprofilen bør ikke ske med radier mindre end 60 m af hensyn til busser og specialkøretøjers passage.

Som sammenfatning på de vertikale forhold (både vandret og hældende rundkørsel) kan opstilles fire punkter, der skal tages hensyn til i projekteringen:

- Kørselsdynamikken tilgodeses ved, at sidehældningen gøres så lille og ensartet som muligt, dog max 25 ‰
- Afvandingen tilgodeses ved så store resulterende fald på alle arealer som muligt
- Æstetikken tilgodeses ved et godt samspil med det omgivende terræn og ved, at fladerne gennem de cirkulære begrænsningslinier for de centrale elementer har så ens hældninger som muligt
- Synligheden tilgodeses ved, at kantstensbegrænsningen af midterø og overkørselsareal hæves mest muligt.

Vejafmærkning

Afmærkning i rundkørsler tjener følgende hovedformål:

- At oplyse trafikanten om, at der er en rundkørsel, tids nok til at vedkommende kan nå at standse ved vigelinien
- At lede trafikanten sikkert gennem rundkørslen

Det er vigtigt, at der er fuld overensstemmelse mellem de informationer trafikanten indhenter fra vejens geometri, kørebaneafmærkning og fra vejskiltene, så trafikanten ikke bliver i tvivl eller forvirres af modstridende information.

Færdsels- og vejvisningstavler

Færdsels- og vejvisningstavler skal placeres, så de kan observeres og læses i en passende afstand inden rundkørslen. Vigepligtstavler skal desuden placeres således, at det er muligt at se disse tavler i en afstand svarende til mindst stopsigt ved den ønskede hastighed $V_0 + 20$ km/t, se Tabel 19.

I vejreglerne er beskrevet hvilke tavler, der bør opstilles ved en rundkørsel. De relevante tavler for dette projekt er:

- Der skal opsættes vigepligtstavle i sekundærhellen på vejgrene, der er hovedveje. Desuden skal vigepligtsafmærkningen forvarsles
- Hvor der skal vejvises i rundkørslen, forvarsles den geografiske vejvisning med en diagramorienteringstavle. Denne virker desuden til at orientere trafikanten om, at der er en rundkørsel forude. Læseafstanden til denne type tavle fremgår af Tabel 18.
- Er der pilevejvisere i sekundærhellen skal disse placeres skråt, så trafikanten kan læse informationen ved billygtebelysning. Pilevejvisere må ikke placeres så de hindrer sigtforholdende, hvilket betyder de ikke må være højere end 0,9 m målt fra kørebaneoverfladen
- Der placeres tavle D11.3, påbudt kørselsretning, på midterøen overfor tilfartssporets midterlinie for at lede trafikanterne den rigtige vej gennem rundkørslen.

Læseafstande til tavler fremgår af Tabel 18. Læseafstanden afhænger af V_0 , og antallet af informationslinier på tavlen. Det anbefales ikke at anføre flere end 4 tekstlinier på en tavle, da den ellers kan være svær at overskue for trafikanten. For informationer om skriftstørrelser, lystekniske egenskaber samt informationsmængde henvises til Vejregler for vejvisningstavler.

Ønsket hastighed V_0 (km/t)	30	40	50	60	70	80
Læseafstand A (m) afhængigt af antal infolinier N						
1 infolinie	19	26	32	40	45	52
2 infolinier	22	30	37	45	52	59
3 infolinier	25	33	42	50	58	67
4 infolinier	28	37	46	55	65	74

Tabel 18: Læseafstand, A, som funktion af den ønskede hastighed, V_0 , og antallet af infolinier

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Kørebaneafmærkning

I 1-sporede rundkørsler afmærkes grænsen mellem cirkulationsareal og overkørselsareal/midterø med en 30 cm bred kantlinie. Hvis der forefindes cykelsti eller -bane afmærkes denne på tværs af til- og frafarter.

Vigelinien placeres normalt ca. 1,0 m fra cirkulationsarealet eller fra et eventuelt cykelfelt. Hvor der er et fodgængerfelt placeres vigelinien før dette.

Belysning

Sikkerhedsmæssigt viser det sig, at det er en stor fordel at belyse en rundkørsel. En trafikant skal i mørke kunne:

- Erkende rundkørslen og dets udformning i tilstrækkelig god tid og bedømme afstanden til vigelinien
- Se eventuelle fodgængere og cyklister, der krydser eller er på vej til at krydse vejgrene

- Bedømme afstand og hastighed for biler og cykler i cirkulationsarealet, på cykelstien og i forrige tilfart
- Se cirkulations- og overkørselsarealerne og disses begrænsning

I en rundkørsel skal belysningen tilrettelægges således, at cirkulationsareal, til- og frafarter, overkørselsaraler og cykelsti eller –bane samt ikke for korte strækninger af vejgrenene er belyste. På grund af, at overgangen fra ubelyst til belyst areal kan virke blændende kan det være hensigtsmæssigt at udforme belysningen gradvist. Dette gælder især, hvor cyklister ledes ud på kørebanen.

For placering af lysmaster gælder følgende:

- Lyspunkthøjden bør generelt være lavest mulig og ikke overstige 10 m
- Masterne bør placeres i yderrabatterne mindst 2 m bag kørebanen af hensyn til påkørselsrisikoen
- Ved cykelsti skal masterne placeres mindst 0,4 m fra stikant
- Hvor der forekommer tilgængelighedskrævende køretøjer, anbefales det af hensyn til ind- og udkørsel, at lysmaster placeres i sekundærhelle. Hvis master placeres i yderrabatten, bør master for en afstand på 15 meter fra vigelinien være demonterbare, f.eks. ved hængsling.

Sekundærheller

Der bør normalt etableres sekundærheller i alle vejgrenene. Kun ved tilslutning af en mindre betydende vej kan det overvejes at undlade denne. Sekundærhellerens funktioner dækker over:

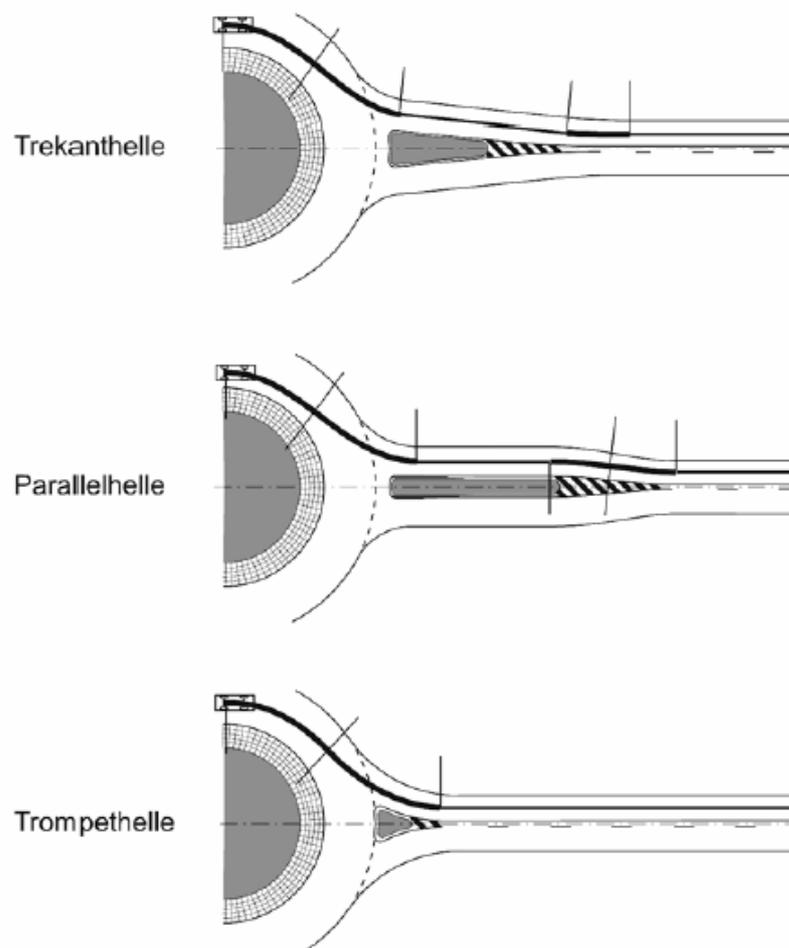
- Tydeliggørelse af rundkørselens tilstedeværelse
- Afbøjning (forsætning) af indkørende trafik
- Tilvejebringelse af den ønskede hastighed ved ind- og udkørsel
- Adskillelse af ind- og udkørende trafik
- Støtte til cirkulerende trafikanters krydsning af vejgrenene
- Placering af færdsels- og vejvisningstavler

Sekundærhellen udformes og konstrueres i forhold til vejgrenens midterlinie og normalt symmetrisk om denne. Sekundærhellen er en yderst vigtig del af rundkørslen fordi den er med til at skabe den ønskede forsætning, og dermed også overholdelse af den ønskede hastighed.

Der findes som udgangspunkt 3 forskellige helletyper. Der kan dog forekomme blandinger af disse, hvor tilfarten har en type, mens frafarten har en anden. De 3 helletyper er:

- Trekanthelle
- Parallelhelle
- Trompethelle

Figur 11 viser eksempler på de forskellige helletyper.



Figur 11: Helletyper

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Hver helletype skaber et kørselsforløb og skaber en forsætning med forskellige egenskaber. Trekantehellen er den mest almindelige og giver et enkelt og overskueligt tilkørselsforløb med en moderat fartdæmpning. Parallelhellen giver den største mulighed for fartdæmpning og kan med sin længde være med til at tydeliggøre rundkørselens tilstedeværelse. Trompethellen er god til at skabe et dynamisk kørselsforløb. Den er oftest mindre fartdæmpende end de andre helletyper. Den er velegnet i kryds, hvor arealbegrænsninger har indflydelse på udformningen.

Den asymmetriske helle, hvor der enten benyttes to forskellige helletyper, eller den samme helletype, men med forskellige dimensioner er nødvendig hvor f.eks. ønsket om en dynamisk frafart er til stede.

Udformning af sekundærheller

Vejreglerne foreskriver retningslinier for udformning af sekundærhellerne med hensyn til dimensioner. Der er opstillet en række krav, der afhænger af, hvordan hellen i praksis skal opfylde funktionskravene. Kravene er afgørende for helletype og for følgende dimensioner:

- **Bredde**
 - Største bredde må ikke være mindre end 4,0 m for trekanteheller og trompetheller (bredden ved indkørsel til cirkulationsarealet)

- Største bredde må ikke være mindre end 2,0 m for parallelheller
- Bredden bør ikke være mindre end 1,5 m hvor der placeres færdselstavler
- Bredden bør ikke være mindre end 2,5 m hvor hellen krydses af en cykelsti eller fodgængerfelt

Den ønskede hastighed er et af de vigtigste funktionskrav, da bredden har indflydelse på forsætningen ved indkørsel i cirkulationsarealet. Hellebredden har desuden indflydelse på tydeliggørelse af rundkørselens tilstedeværelse samt placering af færdselstavler. Den største bredde er oftest bestemmende for resten af hellens udformning.

- Total længde

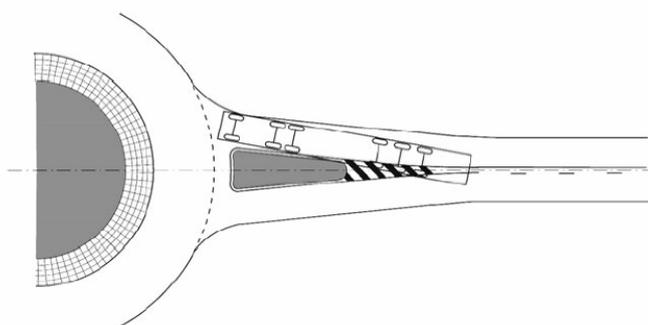
Hellens totale længde skal sikre, at tilfart og frafart kommer til at ske parallelt med køresporets begrænsningslinier. Ved hellelængder under 20 m er der risiko for, at personbiler kan opnå højere hastighed end den ønskede ved at udnytte, at køresporsbredden er større end køretøjsbredden og således kører skråt gennem sporet.

Længden vil for trekantellers vedkommende være afgørende for om den ønskede forsætning opnås. Jo længere hellen er, jo større bliver forsætningen.

Trompethellers længde er fastlagt så snart den største bredde er fastlagt. Dette skyldes den konstruktive binding, der er mellem hellen og overkørselsareal/midterø.

- Længde af kantstensbegrænset del

Den kantstensbegrænsede del skal afpasses efter det udstyr, der skal placeres på den. Enden, der grænser mod cirkulationsarealet skal altid være kantstensbegrænset. Længden på den kantstensbegrænsede del bør for trekant- og trompetheller være minimum 2 m og maksimum 15 m. De 15 m er for at sikre, at tilgængelighedskrævende køretøjer kan passere ved at køre skråt i eller ud af rundkørslen under benyttelse af den resterende del af hellen, der udføres som spærreflade.



Figur 12: Specialkøretøj anvender spærreflade til indkøring i cirkulationsareal

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Det er også en mulighed af hensyn til det tilgængelighedskrævende køretøj, at udføre dele af hellen som et overkørselsareal. I så fald vil der ikke kunne placeres tavler eller andet udstyr på hellen.

Bredderne på til- og frafarter

Som hovedregel skal bredden af til- og frafartssporet tilpasses det dimensionsgivende køretøj, så dette kan passere uden brug af overkørselsarealer. Ved 1-sporede til- og frafarter anbefales normalt en bredde på 3,0 m.

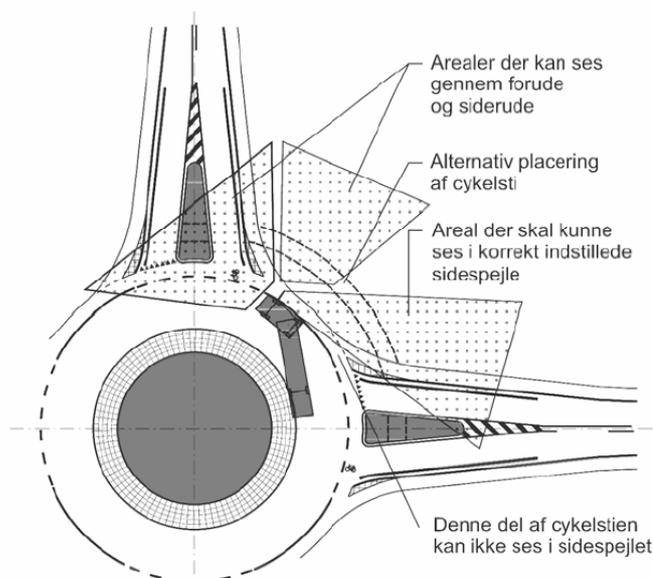
Tilslutningskanter

Tilslutningen mellem vejgrenenes ydre begrænsningslinier og cirkulationsarealet sker med en radius R_t . R_t skal udformes så det dimensionsgivende køretøj kan komme ud og ind af rundkørslen uden brug af overkørselsarealer. Jo større radiussen bliver, jo højere hastighed vil personbiler kunne gennemkøre rundkørslen med, hvilket også skal medtages når der dimensioneres. Normalt vil R_t være 8 - 10 m.

Cyklistarealer

I projektet her arbejdes med krydsning for cyklister i et plan. Krydsning i et plan kan udformes som en ring i cirkulationsarealet, så cyklisterne er blandet med motortrafikken eller som en cykelbane eller enkelttrettet cykelsti langs med cirkulationsarealet. Komfortmæssigt er en adskilt cykelbane eller cykelsti at foretrække.

På grund af oversigtsforholdene for busser og andre tunge køretøjer kan det være en fordel at anlægge cykelstien separat i en afstand på ca. 5 m fra cirkulationsarealet. Derved vil en større del af cykelstien befinde sig indenfor det areal, der dækkes af sidespejlet. Figur 13 viser synsfeltet, hvis der køres med korrekt indstillede spejle.



Figur 13: Sigt fra store køretøjer til cyklistarealer

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

En anden løsning er at trække cykelstien mellem 10 og 40 m væk fra cirkulationsarealet. I dette tilfælde opfattes cykelstien ikke længere som en del af rundkørslen. Ved denne løsning er det cykeltrafikken, der har vigepligt. Der skal derfor etableres venteareal i vejsiden, og der afmærkes med vigelinie for cyklisterne. Herudover udformes cykelstien så den dæmper cyklisternes hastighed mod vigelinien. Der er tale om enten en lille (10-15 m) eller en større (20-40 m) tilbagetrækning. Valget tages ud fra en række overvejelser:

- Cyklisternes sikkerhed
- Cyklisternes tryghed

- Bilisternes orientering
- Bilernes hastighed
- Omvejskørsel for cyklister
- Arealforbrug

I Vejreglernes hæfte 4.2, Rundkørsler er der listet en række punkter op, der forklarer fordele og ulemper for kort og større tilbagetrækning. Et par af dem er nævnt her:

Kort tilbagetrækning:

- Indebærer en vis risiko for cyklisterne, idet de kun har kort tid til at opfatte og reagere på, om en bilist drejer fra eller fortsætter rundt i cirkulationsarealet
- Betyder at frasingende bilister tilsvarende hurtigt skal opfatte og reagere på, om der er cyklister i færd med at krydse vejbanen
- Indebærer lav hastighed ved både ind- og udkørsel i rundkørslen

Større tilbagetrækning:

- Betyder større tryghed for cyklisterne, da de har bedre tid til at opfatte og reagere på, om en bilist drejer fra eller fortsætter rundt i cirkulationsarealet
- Betyder højere hastighed ved passage af krydsningen i både til- og frafart
- Medfører større omvejskørsel for cyklisterne
- Medfører større arealforbrug

Ved etablering af en tilbagetrækning bør den krydse vejgrenene således, at det er muligt at krydse ad to omgange. Det kan f.eks. udføres ved et støttepunkt på en, evt. forlænget, sekundærhelle. Hellen gennembrydes hvor den er min. 2,5 m bred, hvorved der bliver mulighed for at krydse vejgrenen i to tempi. På hellen bør det sikres, at der kan stå en cykel med anhænger (evt på skrå) uden at den rager udenfor hellens begrænsningslinier.

Oversigtsforholdene ved tilbagetrukkede krydsninger skal for biler være stopsigt til krydsningen med cykeltrafikken, mens cyklister skal have oversigt af vejgrenen som beskrevet i afsnittet om oversigtsforhold.

Afvanding

Det er vigtigt med en ordentlig vejafvanding i en rundkørsel, så trafiksikkerheden bliver størst mulig. Der er en række faktorer, der vanskeliggør afvandingsforholdene, Det er f.eks. et større færdselsareal, der bevirker at vandmængderne bliver større og de geometriske forhold. Det er samtidig vigtigt, at der ikke opstår glat føre fordi køretøjer både skal accelerere eller decelerere og samtidigt svinge gennem et skiftende kurveforløb.

Grundet vertikalgeometrien i en rundkørsel er det som oftest en god idé at optegne niveaukurver, for at checke sin afvandingsplan. Ved optegning af denne kan der også undgås større vandansamlinger i områder, hvor gående og cyklister kan blive oversprøjtet.

Rundkørselens vejgrene skal udformes således, at vandet herfra ikke løber ud i cirkulationsarealet.

Oversigtsforhold

I en rundkørsel skal sikres bedst mulige oversigtsforhold for:

- *Bilister på vejgrene med retning mod krydset*

Trafikanter på vejgrene i en rundkørsel skal have stopsigt til vigepligtlinien. Hvis dette ikke kan opnås skal der forvarsles. Vejreglerne har opstillet en tabel, hvor stopsigten fremgår, se Tabel 19

Ønsket hastighed V_0 (km/t)	30	40	50	60	70	80
Længde (m)	55	75	95	120	150	185

Tabel 19: Stopsigt for biler på vandret og lige vej

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Afstandene i Tabel 19 sikrer, at en trafikant, der kører frem mod rundkørslen med $V_0 + 20$ km/t kan bringe køretøjet til standsning med en reaktionstid på 2 sek.

- *Bilister i stopposition på vejgrene*

I en rundkørsel skal man i en afstand på $l_s=3,0$ m fra vigelinien både kunne se:

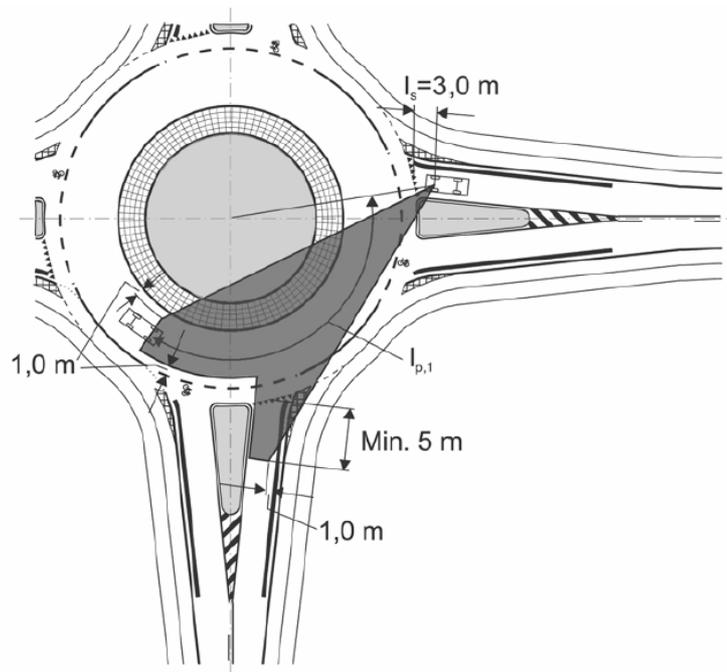
- Forrige tilfart mindst 5 m bag vigelinien og
- Cirkulationsarealet i længden $l_{p,1}$, målt cirkelformet imod færdselsretningen. $l_{p,1}$ fremgår af Tabel 20.

Kørekurvens radius (m)	Cirkulationshastig- hed (km/t)	Oversigtslængde ($l_{p,1}$) (m)	Oversigtslængde ($l_{p,2}$) (m)
10-15	20-25	20	20
20	25-30	35	30
30	30-35	65	35
40	35-40	75	45
50	40-45	85	55
60	45-50	95	65

Tabel 20: Oversigtslængder i en rundkørsel

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

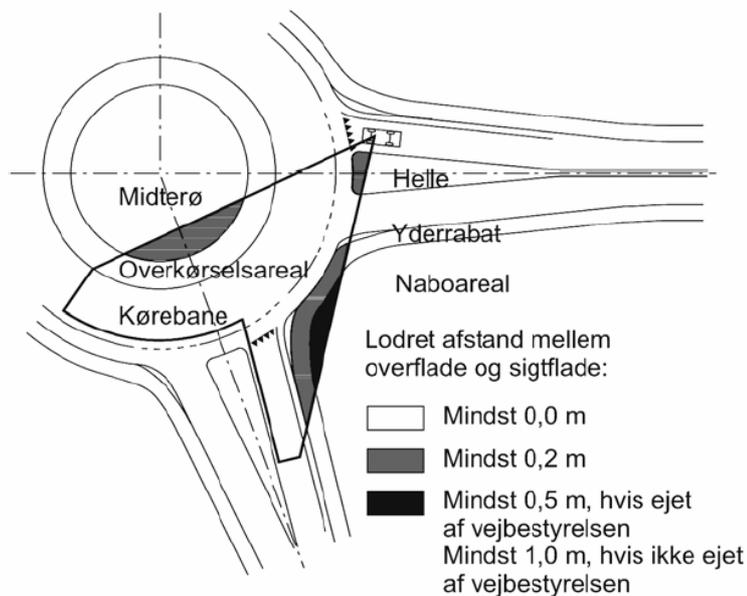
De samlede oversigtskrav i rundkørsler er anført på Figur 14. Kravet om sigt til forrige tilfart frafalder, hvis denne er placeret så den ligger til højre for den krævede sigt til cirkulationsarealet.



Figur 14: Oversigt fra stopposition

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Udover krav til oversigtslængderne sættes der også krav til oversigtsarealets sigtflade. Sigtfladen er den indhyllingsflade, som sigtlinierne mellem øje- og objektpunkter danner, når disse punkter gennemløber de mulige placeringer.



Figur 15: Sigtflade

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Ud fra en række udgangspunkter for sigten er det muligt at opsætte nogle retningslinier for oversigtsarealets sigtflade:

Udgangspunkt for sigt:

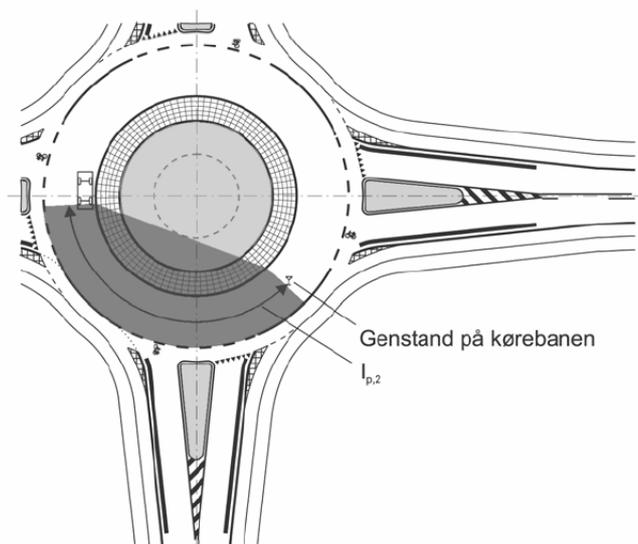
- Det forudsættes, at øjepunktet og objektpunkterne befinder sig 1,00 m over vejgrenenes og cirkulationsarealets kørebaner
- En personbils højde antages at være 1,20 m. Den må dog reduceres, da det er nødvendigt at se en del af køretøjet for at erkende det
- Mellem sigtfladen og overfladen skal der være en vis afstand, så der er plads til sne beplantning m.v. i et rimeligt omfang uden at dette hindrer oversigten

Ifølge vejreglerne stilles følgende krav til den vertikale afstand mellem sigtfladen og den færdige vej- og terrænoverflade:

- Kørebane og andre belagte arealer skal ligge mindst 0,0 m under sigtfladen
- Græsklædte heller samt skille- og yderrabatter skal ligge mindst 0,2 m under sigtfladen af hensyn til sne, græs m.v.
- Arealet uden for kronekanter skal af hensyn til plantevækst m.v. ligge mindst 0,5 m under sigtfladen, hvis arealet er en del af vejarealet og mindst 1,0 m under sigtfladen, hvis arealet ikke ejes af vejbestyrelsen. I sidste tilfælde sikres oversigten ved tinglysning af servitut på arealet.
- Vejudstyr må ikke forringe oversigtsforholdene. Overkanten af autoværn, lavtplacerede tavler o.l. skal være mindst 0,0 m under sigtfladen. Underkanten af højtplacerede tavler, baldakiner o.l. skal være mindst 2,0 m over sigtfladen af hensyn til øjepunktets højde i store køretøjer.
- Inden for oversigtsarealet må ikke forefindes træer, læskure el. lign.

- *Cirkulerende bilister*

Cirkulerende trafikanter skal have stopsigt $l_{p,2}$ til en 0,15 m høj genstand liggende på kørebanen i cirkulationsarealet. $l_{p,2}$ kan aflæses i Tabel 20. Herudover skal der sikres tilstrækkelig oversigt til, at bilister, der kører ud af rundkørslen, kan foretage en sikker krydsning af cykelsti eller – bane.



Figur 16: Oversigt for cirkulerende

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

- *Cyklister under kørsel*

En cyklist bør kunne overskue vej- eller stiforløbet, herunder krydsninger i tilstrækkelig grad til at kørslen bliver komfortabel og sikker. 8-10 sekunders kørsel med den ønskede hastighed anbefales. Den ønskede hastighed, standselængde samt oversigt under kørsel fremgår af Tabel 21.

	Kun cykeltrafik	Cykel- og knallertrafik
Ønsket hastighed (km/t)	25	30
Standselængde (m)	30	40
Oversigt under kørsel (m)	55-70	70-85

Tabel 21: Stopsigt og oversigtslængder for cykel- og knallertrafik

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

- *Cyklister og fodgængere med vigepligt*

Oversigtslængden for cyklister og fodgængere med vigepligt fremgår af Tabel 22 og Tabel 23. Tabel 22 gælder for oversigt til trafik, der kører mod rundkørslen med $V_{\circ} + 20$ km/t, og Tabel 23 gælder for oversigt til trafik, der kører ud af rundkørslen med V_{ud} .

Trafikkens hastighed V_{\circ} (km/t) på fri strækning:	30	40	50	60	70	80
Oversigtslængde (m) ved krydsning af kørebanebredde (m):						
3	42	50	58	67	75	83
4	56	67	78	89	100	111
6	83	100	117	133	150	167
8	111	133	155	178	200	222

Tabel 22: Oversigt til trafik med retning mod rundkørslen for cyklister og fodgængere med vigepligt, der krydser vejgrenens kørebane uden for rundkørslen

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Hastighed V_{ud} (km/t) ved udkørsel til frafarten:	20	30	40	50	60
Oversigtslængde (m) ved krydsning af kørebanebredde (m):					
3	16	25	33	42	50
4	22	33	44	56	67
6	33	50	67	83	100
8	44	67	89	111	133

Tabel 23: Oversigt til trafik med retning fra rundkørslen for cyklister og fodgængere med vigepligt, der krydser vejgrenens kørebane uden for rundkørslen

Kilde: Vejreglernes hæfte 4.2 Rundkørsler

Oversigtslængderne i tabellerne sikrer, at en fodgænger eller cyklist kan krydse køresporene med en hastighed på 1,0 m/sek, uden at en bil behøver bremse når den nærmer sig krydsningen. Hvis oversigtskravene ikke kan overholdes, bør der etableres et støttepunkt i form af f.eks. en sekundærhelle, så krydsningslængden og dermed også oversigtslængde reduceres.

7 Bilag 2

Love og tilladelser

Der findes en række love, som regulerer vejplanlægning og projektering. Derudover er det influeret af yderligere et antal.

De vigtigste love i forhold til planlægning og fastlæggelse af den geometriske udformning af vejanlæg er:

- Lov om offentlige veje og lov om private fællesveje
- Lov om planlægning (med tilhørende bekendtgørelse om VVM-redegørelse)
- Lov om naturbeskyttelse
- Lov om ekspropriation vedr. fast ejendom
- Lov om museer m.v.
- Lov om vandforsyning
- Lov om miljøbeskyttelse
- Lov om vandløb
- Færdselsloven

Ikke alle lovene er relevante i dette projekt. Disse vil dog alligevel blive beskrevet kort.

Vejlovene

Vejlovene (lov om offentlige veje samt lov om private fællesveje) fastlægger vejenes inddeling og vejmyndighedsforholdene. De beskriver desuden hvilke kompetencer de forskellige vejmyndigheder har hvad angår planlægning og anlæg af nye vejanlæg.

Lov om offentlige veje indeholder også de almindelige danske ekspropriationsbestemmelser.

Planloven

Planloven er til for at sikre en hensigtsmæssig udvikling i hele landet samt i de enkelte regioner og kommuner, at der skabes og bevares værdifulde bebyggelser og landskaber, at de åbne kyster fortsat skal skabe en væsentlig natur- og landskabsressource, at forebygge luft-, støj- og jordforurening samt at sikre, at borgerne inddrages i planlægningsarbejdet.

VVM

I planloven samt tilhørende bekendtgørelse er indarbejdet EU's VVM-direktiv. Dette stille krav til udførelsen af en VVM analyse forud for anlægget af visse større tekniske anlæg, eksempelvis motorveje, 4 sporede veje og overordnede veje, der går gennem områder, der er udlagt til naturområder.

En VVM undersøgelse er en ”vurdering af virkning på miljøet”, og vurderer anlæggets miljømæssige konsekvenser. En VVM undersøgelse indeholder bl.a. vurderinger af trafikøkonomiske beregninger hvad angår trafikuheld, støj, luftforurening osv.

Naturbeskyttelsesloven

Naturbeskyttelsesloven sikrer, at naturen med dens bestand af vilde dyr og planter samt deres levesteder bliver beskyttet. Den tilsigter desuden, at forbedre, genoprette eller tilvejebringe områder, der er af betydning for dyr og planter samt for landskabelige og kulturhistoriske interesser.

I vejbygning er det specielt §3-områder, der skal lægges mærke til og passes på. §3-områder er beskyttede områder, hvor det ikke er tilladt at ændre i tilstanden.

Ekspropriation

Vejlovene indeholder de nødvendige bestemmelser vedr. ekspropriation. Hvis det er i den almene offentlige interesse, at et nyt vejanlæg etableres, og det kræver ekspropriation, kan den vedkommende vejbestyrelse iværksætte dette.

Museumsloven

Museumsloven er bl.a. til for at sikre kultur- og naturarven i forbindelse med den fysiske planlægning og forberedelse af jordarbejder m.v.. Det betyder bl.a., at der, hvis der er kultur- eller naturhistoriske interesser i et område skal foretages arkæologiske eller naturhistoriske udgravninger inden anlægsarbejdet kan gå i gang. Dette kan i nogle tilfælde være meget tidskrævende.

Vandforsyningsloven

Vandforsyningsloven indeholder regler for grundvand, overfladevand samt almene vandforsyningsanlæg. Den har til formål, at udnyttelsen og den dertil knyttede beskyttelse af vandforekomster sker efter en samlet planlægning og efter en samlet vurdering af en række hensyn, nævnt i lovens §2. Derudover skal loven sikre en samordning af den eksisterende vandforsyning med henblik på en hensigtsmæssig anvendelse af vandforekomsterne samt en planmæssig udbygning af en tilstrækkelig og kvalitetsmæssigt tilfredsstillende vandforsyning.

Miljøbeskyttelsesloven

Denne lov er til for at værne om natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og bevarelsen af dyre- og plantelivet. Loven tager f.eks. hensyn til rystelser og støjgener samt luft- og jordforurening.

Vandløbsloven

Vandløbsloven tilstræber at sikre, at vandløb kan benyttes til afledning af vand, navnlig overfladevand, spildevand og drænvand. Loven gælder desuden også for grøfter, kanaler, rørledninger og dræn samt søer, damme og andre lignende indvande.

Færdselsloven

Færdselsloven indeholder bl.a. bestemmelser om afmærkninger.

8 Bilag 3

Dimensionering af befæstelse

Indgangsparametre:

Akseltryk: $A=115\text{kN}$

Dimensionsgivende hjultryk: $0,5 \cdot 115\text{kN} \cdot 1,2 = 70\text{kN}$

Dimensionsgivende kontakttryk: $\sigma_0 = 0,9\text{MPa}$

Kontaktarealets radius: $(70\text{kN} \cdot 10^3 / (\pi \cdot 0,9\text{MPa}))^{1/2} = 157\text{mm}$

Der udregnes 10 tons ækvivalent for rundkørslen ud fra ÅDT:

$$N_{\text{Æ}10} = P \cdot K_F \cdot K_K \cdot K_R \cdot F_{ss} \cdot (F_{\text{Æ}10} \cdot L)$$

P: vækstfaktor for trafikstigningen

K_F : Korrektionsfaktor, der tager højde for lastbilernes fordeling over vejens tværsnit

K_K : Korrektionsfaktor, der tager højde for kanaliseringen. 2,0 for Rundkørsel.

K_R : Korrektionsfaktor for særlige forhold.

$F_{\text{Æ}10}$: Korrektionsfaktor for lastbilernes længde.

L: Antallet af lastbiler pr. døgn. Er udregnet til $1,68 \cdot 10^5$

$$N_{\text{Æ}10} = 70 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot (0,75 \cdot 1,68 \cdot 10^5) = 11,4$$

De tilladelige spændinger findes for hvert lag efter formelen:

$$\sigma_{z,till} = 8,34 \cdot N_{\text{Æ}10}^{-0,307} \cdot \left(\frac{E}{160} \right)^n$$

E: Lagets elasticitetsmodul

n: 1,16 for $E < 160$ og 1 for $E > 160$

$\sigma_{z,till}$ for underbund fås til: 0,0114

$\sigma_{z,till}$ for bundsikringslaget fås til: 0,033

$\sigma_{z,till}$ for stabiltgruslaget fås til: 0,107

Tilladelige højder af lagene:

$$\sigma_{h1} = \sigma_0 \left(1 - \left(1 + \left(\frac{a}{h} \right)^2 \right)^{-3/2} \right)$$

Højde af SG: $h_1 = 0,53\text{ m}$

Højde af BS: $h_2 = 0,99\text{ m}$

Højde af UB: $h_3 = 1,7\text{ m}$

Anbefalede lagtykkelser:

SG:

$$h_{1,2} = \left(0,99 - 0,07 \cdot \frac{h1}{a}\right) \cdot h_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} \Rightarrow \left(0,99 - 0,07 \cdot \frac{h1}{0,157mm}\right) \cdot h_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{3000MPa}{300MPa}} = 0,3m$$

BS:

$$h_{2,3} = \left(1,04 - 0,176 \cdot \log \frac{E_2}{E_3}\right) \cdot \left(h_{1,2} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} + h_2\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}} \Rightarrow$$
$$\left(1,04 - 0,176 \cdot \log \frac{300MPa}{100MPa}\right) \cdot \left(0,3m \cdot \sqrt[3]{\frac{3000MPa}{300MPa}} + h_2\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{300MPa}{100MPa}} = 0,2m$$

Asfaltlagets tykkelse:

$$h_e = \left(1,13 - 0,0565 \cdot \ln \left(\frac{h_1}{a} \cdot \frac{E_1}{E_2}\right)\right) \cdot h_1 \cdot \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} \Rightarrow$$
$$\left(1,13 - 0,0565 \cdot \ln \left(\frac{0,3m}{0,157m} \cdot \frac{3000MPa}{300MPa}\right)\right) \cdot 0,3m \cdot \sqrt{\frac{3000Mpa}{300MPa}} = 0,3m$$