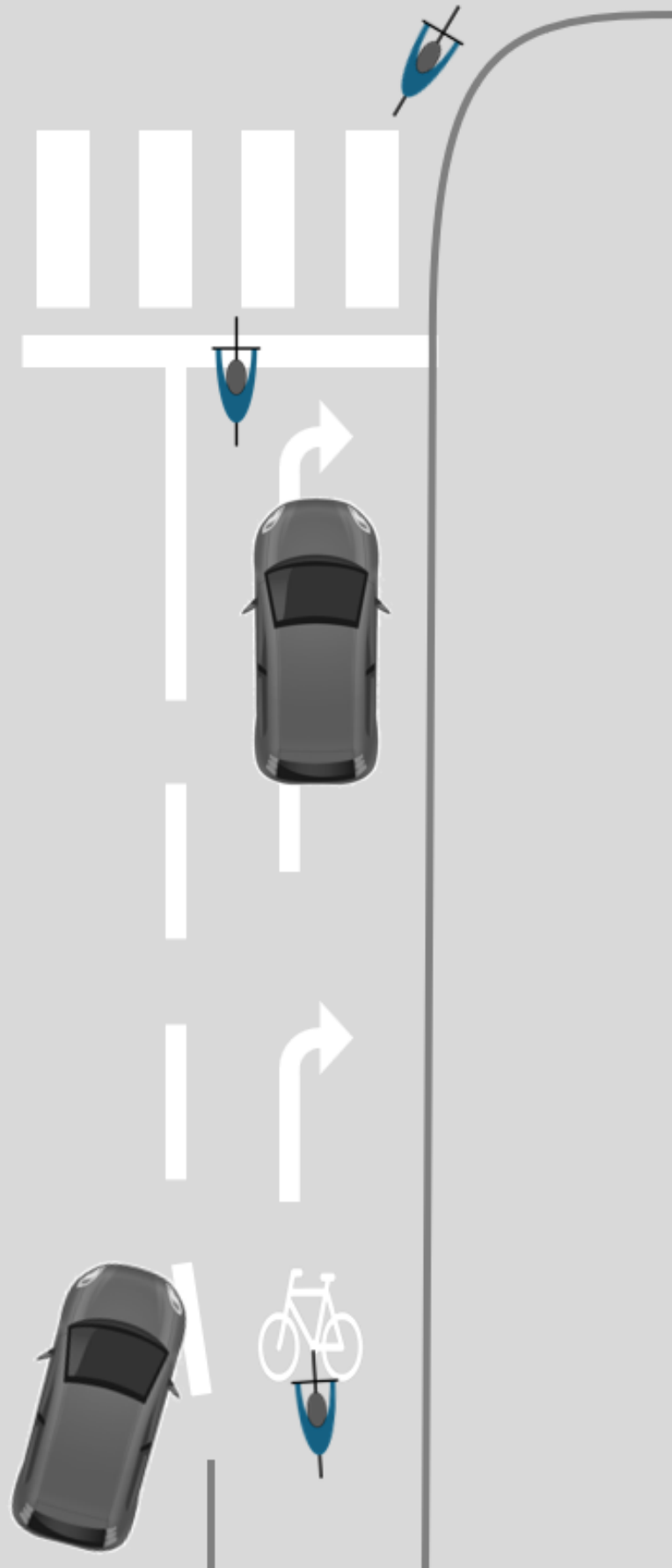


Videns- og dokumentationsrapport

Cykelpuljeprojekt – CP24-06



Indholdsfortegnelse

Forord	1
Sammenfatning.....	2
1 Indledning	3
1.1 Baggrund.....	3
1.2 Formål.....	4
2 Undersøgellesdesign.....	5
2.1 Analysemetode	7
2.2 Anvendte begreber og beregningsprincipper.....	9
2.3 Afgrænsning	10
3 Adfærdsanalyse	11
3.1 Flettehastighed	11
3.2 Cyklisternes placering i højresvingsbanen	14
3.3 Tidsafstande under flettemanøvre	17
3.4 Følgetiden i flettepunktet, δ_{Flet}	19
3.5 Følgetiden ud i krydset, δ_{Kryds}	20
3.6 Passagetid for 1. køretøj efter skift til grønt lys, T_F	22
3.7 Passagetid efter grønt, T_E	23
4 Kapacitetsanalyse.....	24
4.1 Cykeltrafikmængder	25
4.2 Kapacitet i krydsområdet.....	26
4.3 Kapacitet i flettepunktet.....	29
4.4 Beregningsmodel.....	35
5 Konklusion.....	38
5.1 Videoobservation og -analyse af kapacitet i afkortede cykelstier.....	38
5.2 Hvordan påvirkes trafikantadfærden?	38
5.3 Hvordan påvirkes cykeltrafikkens fremkommelighed?	39
5.4 Hvordan påvirkes biltrafikkens fremkommelighed?	40
5.5 Valg af cykelløsning i signalregulerede kryds.....	41
5.6 Opfølgende studier	42
Referencer	43
Bilag A – De 10 analyselokaliteter – trafik og udformning	44

Titel: Kapacitet i den afkortede cykelsti
 Revision: 0
 Dato: 13.08.2025

Udarbejdet af: Morten Lind Jensen
 Kontrolleret af: Michael Wøhlk Jæger Sørensen

Forord

Dette projekt med titlen 'Kapacitet i den afkortede cykelsti' er gennemført af RAW Mobility A/S. Vejdirektoratet har finansieret projektet gennem Cykelpuljen 2024.

Projektet er et videns- og innovationsprojekt, hvis formål har været at undersøge, hvordan afkortede cykelstier i signalregulerede kryds fungerer med forskellige trafikmængder og udformninger, og hvor stor betydning dette har på fremkommeligheden - primært for cykeltrafikken, og sekundært for biltrafikken.

Hos RAW Mobility har der været følgende primære deltagere i projektet:

- Morten Lind Jensen (projektleder)
- Michael Wøhlk Jæger Sørensen.

Fra Vejdirektoratet har Thomas Skallebæk Buch været tilkøbt projektet. Der skal lyde en stor tak til Thomas for at komme med gode input og sparring undervejs i projektet.

Afslutningsvis skal der også rettes en tak til både Kim Andersen fra Aarhus Kommune og Søren Troels Berg fra Københavns Kommune, som bl.a. har hjulpet med at udpege lokaliteter, delt ud af deres erfaringer med afkortede cykelstier, samt stillet kommunernes vejnet til rådighed for gennemførelsen af videooptagelserne.

RAW Mobility, august 2025.



Sammenfatning

Formål og metode

Dette studie har til formål at belyse, hvordan afkortede cykelstier i signalregulerede kryds påvirker fremkommeligheden og kapaciteten for både cykel- og biltrafik. Ud fra videooptagelser på 10 udvalgte lokaliteter med afkortet cykelsti i Aarhus og København er der analyseret trafikantadfærd, hastigheder, ventetider og trafikafvikling. Derudover er der udviklet en praktisk model til beregning af kapacitet under forskellige forudsætninger.

Studiet fokuserer på at dokumentere, hvordan forskellige faktorer som trafikmængder, cykeltrafikkens ankomstfordeling og højresvingsbanens geometri påvirker trafikafviklingen i en afkortet cykelsti. Særligt er fokus på at undersøge, om der er en egentlig kapacitetsgrænse, og hvordan cyklisters og bilisters adfærd påvirker hinandens fremkommelighed.

Cyklisters adfærd og fremkommelighed

Studiet viser, at cyklister generelt er gode til at tilpasse sig trafiksituationen. Når der opstår kø i højresvingsbanen, vælger mange at trække ud til venstre i svingbanen eller køre op på fortovet – begge dele for at komme hurtigere frem. Fortovscyklings ses især ved høj trafikbelastning, og hvis der er mange tunge køretøjer i højresvingsbanen. Det er vurderingen, at den faktiske fremkommelighed for cyklister kun i begrænset omfang forringes i en afkortet cykelsti, idet mange cyklister finder måder til komme uden om en evt. bilkø. Omvendt forringes cyklisterne oplevede fremkommelighed, da både utryghed og trængsel kan give cyklisterne en følelse af ringere serviceniveau og sikkerhed. I øvrigt bemærkes det, at selvom fortovscyklings ser ud til at forbedre cykelfremkommeligheden, er det både ulovligt og u hensigtsmæssigt af hensyn til trafiksikkerheden, hvorfor risikoen herfor bør indgå i vurderingen.

Biltrafikkens adfærd og fremkommelighed

Studiet finder, at biltrafikkens fremkommelighed tydeligt påvirkes af cykeltrafikken – både i flettepunktet før højresvingsbanen, hvor biltrafikken skal flette med cykeltrafikken, og i selve krydset. I flettepunktet kan tæt cykeltrafik dels forhindre biltrafikken i at komme ind i højresvingsbanen, dels øge følgetiden mellem bilerne, hvilket reducerer både hastigheden og kapaciteten. I krydset er et stigende antal cykler og gående ensbetydende med højere følgetid og øget forsinkelse, særligt i starten af grøntiden.

Modeludvikling og kapacitetsgrænse

I forbindelse med undersøgelsen er der udviklet en beregningsmodel, som gør det muligt at beregne kapacitet og belastningsgrad ud fra parametre som trafikmængde, grøntid, omløbstid og cykeltrafikkens ankomstfordeling. Undersøgelsen viser desuden, at der er grænser for, hvor meget trafik, der kan afvikles i en afkortet cykelsti, men at denne grænse ikke kun er afhængig af trafikmængderne.

Vurdering af afkortet cykelsti som løsning

Afkortet cykelsti vurderes generelt som et trafiksikkerhedsmæssigt godt tiltag, som dog kan føre til øget utryghed samt forringe den oplevede fremkommelighed for cyklister. Den faktiske fremkommelighed vurderes dog at være acceptabel, selv ved høj trafikbelastning, bl.a. fordi cyklister ofte "overhaler" biltrafikken udenom. Samlet set er det vurderingen, at den negative effekt på fremkommeligheden for cyklister ikke er så entydig, som hidtil antaget.

Konklusion

Afkortet cykelsti er en krydsløsning med både styrker og svagheder. Det er en trafiksikkerhedsmæssig god løsning, men anvendelsen kræver nøje overvejelser i forhold til cyklisters tryghed og oplevede fremkommelighed. Valget af krydsløsning for cyklister bør derfor (fortsat) bero på en afvejning mellem de tre parametre: Sikkerhed, tryghed og fremkommelighed – dog nu mest af alt på en vægtning af trafiksikkerhed og tryghed.

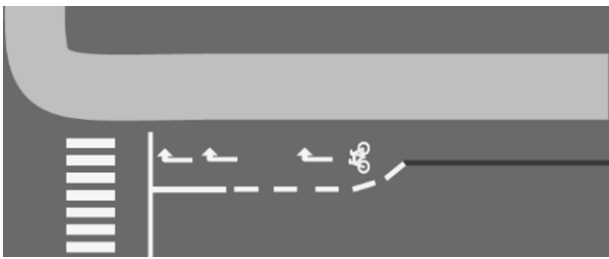
1 Indledning

1.1 Baggrund

Danmark hører til blandt de førende cykelnationer i verden, og især i de største danske byer er der mange, som bevidst vælger cyklen frem for bilen. Rundt om i landets kommuner og ude på statsvejene arbejdes der løbende på at gøre det mere attraktivt at cykle for netop at få flere til at vælge cyklen til. Dette omfatter bl.a. at gennemføre tiltag, hvis formål er at gøre det let, trygt og sikkert at være cyklist.

Udfordringen med både at sikre en høj grad af fremkommelighed, tryghed og trafiksikkerhed for de cyklende, er, at disse tre "ben" (se figur på næste side) ikke altid går i takt (Vejdirektoratet, 2022). Et godt eksempel herpå er krydsløsningen for cyklister, der i vejteknikerens ordbog (Vejdirektoratet, 2023) hedder en 'afkortet cykelsti'. Der findes mange varianter af disse afkortede cykelstier rundt om i landet, og de kan anvendes i både vigepligts- og signalregulerede kryds.

Fælles for de afkortede cykelstier er, at de – pga. en lavere ulykkesrisiko – som udgangspunkt er mere trafiksikre end på fremførte cykelstier (Jensen & Sørensen, 2020). En af ulemperne er dog, at cyklisterne i højere grad føler sig udsatte og dermed utrygge ved at færdes i afkortede cykelstier end på fremførte cykelstier, og at afkortede cykelstier således har betydning for og nedsætter cyklisternes glæde ved at cykle (Rambøll, 2022).

Fremført cykelsti med separat højresvingbane: En traditionel cykelsti, som er ført helt frem til krydset til højre for en separat højresvingbane for biltrafikken. Fremført cykelsti kombineres ofte med en tilbagetrukket stoplinje for biltrafikken.	
Afkortet cykelsti: En cykelsti, der ophører kort før krydset, så cykler og knallerter uanset manøvreren henne i krydset skal fortsætte ind i højresvingbanen og flette med den højresvingende biltrafik.	

Tabel 1. Beskrivelse og illustration af hhv. en fremført og afkortet cykelsti i signalregulerede kryds. (Jensen & Sørensen, 2020)

Sammenlignet med studier, der har undersøgt effekterne på trafiksikkerhed og tryghed, er afkortede cykelstiers betydning for fremkommeligheden i mindre grad veldokumenteret. Et af de studier, der har undersøgt fremkommeligheden ved at måle cyklisternes oplevede serviceniveau i kryds, viser dog tydeligt, at afkortet cykelsti giver en markant forringelse af cyklisternes oplevede serviceniveau og tilfredshed med cykelinfrastrukturen sammenlignet med andre krydsløsninger (Jensen, 2011). Det samme gælder i princippet også for bilisterne, der erfaringsmæssigt kan have svært ved at komme ind i højresvingbanen, når der samtidig er mange cyklende, og bilisterne kan blive utrygge, hvis de dermed er nødt til at presse sig ind i svingbanen.

Der er således en række forhold som trafikmængde, ankomstfordeling, svingbanebredde, -længde m.m., som kan have betydning for, om en afkortet cykelsti fungerer eller ej.

1.2 Formål

Formålet med dette projekt har været at dokumentere forskellige parametres effekt på kapacitet og fremkommelighed i afkortede cykelstier i signalregulerede kryds. Gennem et videoobservationsstudie er det undersøgt, hvordan afkortede cykelstier fungerer med forskellige trafikmængder og udformninger, og hvor stor betydning dette har for fremkommeligheden for bil- og cykeltrafikken. Desuden er det undersøgt, om løsningen har en egentlig kapacitetsgrænse, som bør tages i betragtning, når der planlægges og vælges krydsløsninger for cyklister.

Vha. videooptagelser fra 10 lokaliteter med afkortet cykelsti i Aarhus og København er bl.a. ændringer i trafikantadfærd, ventetid og hastighed analyseret afhængigt af trafikmængden – både mht. selve antallet af trafikanter, men også fordelingen mellem biler og cykler, cyklernes spredning ved ankomst til krydset (ankomstfordelingen), samt geometrien, herunder højresvingbanens bredde og længde. Desuden er det undersøgt, om der er nogle særlige omstændigheder, som fremprovokerer uheldige situationer eller medfører en ændret adfærd hos enten cyklister eller bilister.

Endelig er der opstillet en model, hvormed det er muligt at beregne kapacitet og belastningsgrad i en given tilfart med afkortet cykelsti ud fra en række parametre, bl.a. trafikmængde, grøntid og omløbstid. Her har fokus bl.a. været på at gøre modellen praktisk anvendelig – f.eks. ved at brugeren kun skal anvende de datakilder/-typer, som typisk er til rådighed for trafikplanlæggere, vejingeniører osv.

I et større perspektiv er formålet med undersøgelsen at give trafikplanlæggere, vejingeniører og -projekterende bedre grundlag for konkret at vurdere, om en afkortet cykelsti kan fungere mht. trafikafvikling og kapacitet, når der skal vælges krydsløsning for cyklister.

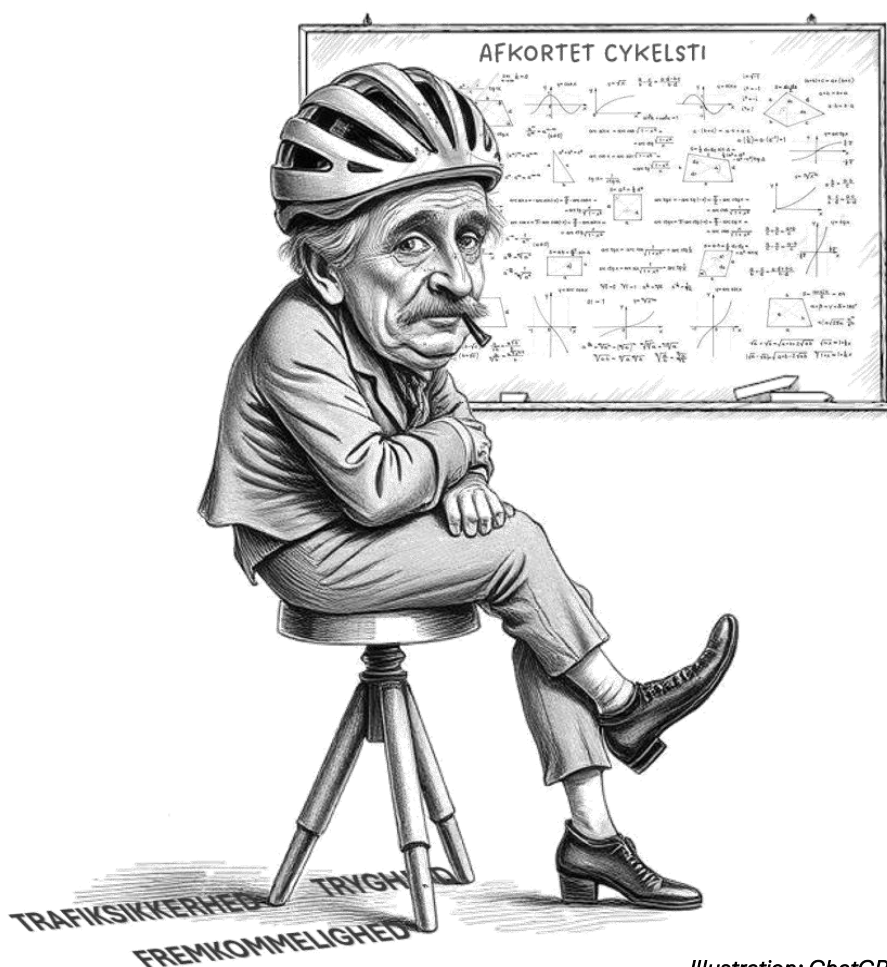
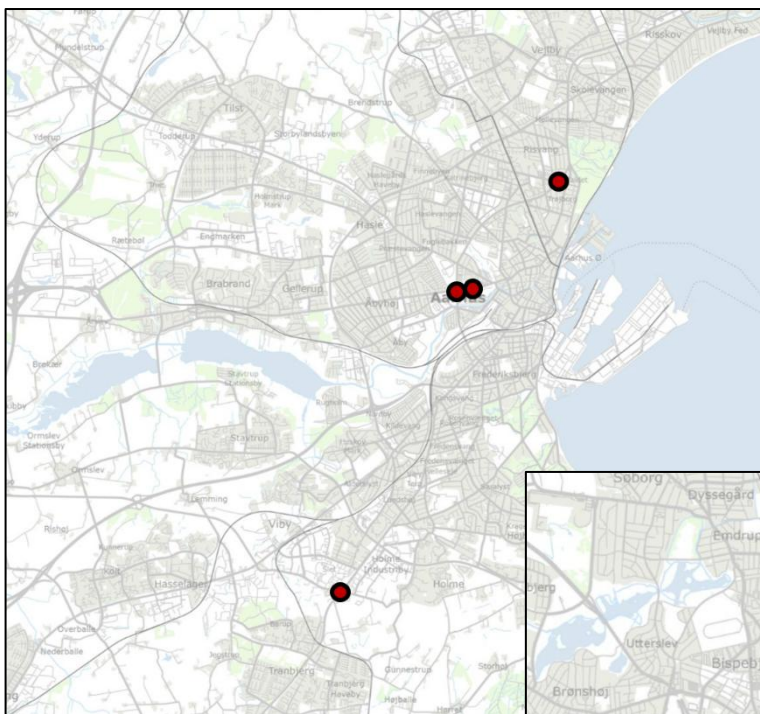


Illustration: ChatGPT

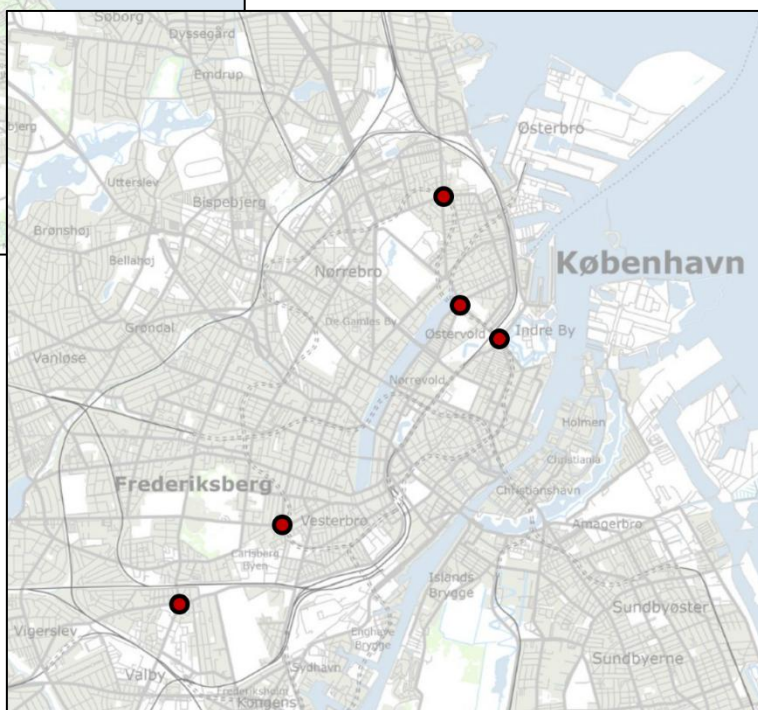
2 Undersøgellesdesign

I samarbejde med Aarhus Kommune og Københavns Kommune er der udvalgt i alt 10 tilfarter med afkortet cykelsti fordelt på 9 signalregulerede kryds, hhv. fire kryds i Aarhus (vist på figur 1) og fem kryds i København (vist på figur 2). Analyselokaliteterne fremgår af Bilag A – De 10 analyselokaliteter.

For at sikre et nogenlunde ens sammenligningsgrundlag, på nær nogle udvalgte parametre, ligger alle 10 lokaliteter i byzone, og ingen af lokaliteterne har længdefald mod stoplinjen. Dermed er de primære forskelle selve lokaliteternes placering i hhv. Aarhus eller København, krydssets udformning (T- eller F-kryds), trafikmængden og dennes ankomstfordeling til krydset, samt svingbanelængden og -bredden.



Figur 1. Placering af de fire analysekryds i Aarhus. (Kort: Danmarks Miljøportal, modificeret af RAW Mobility).



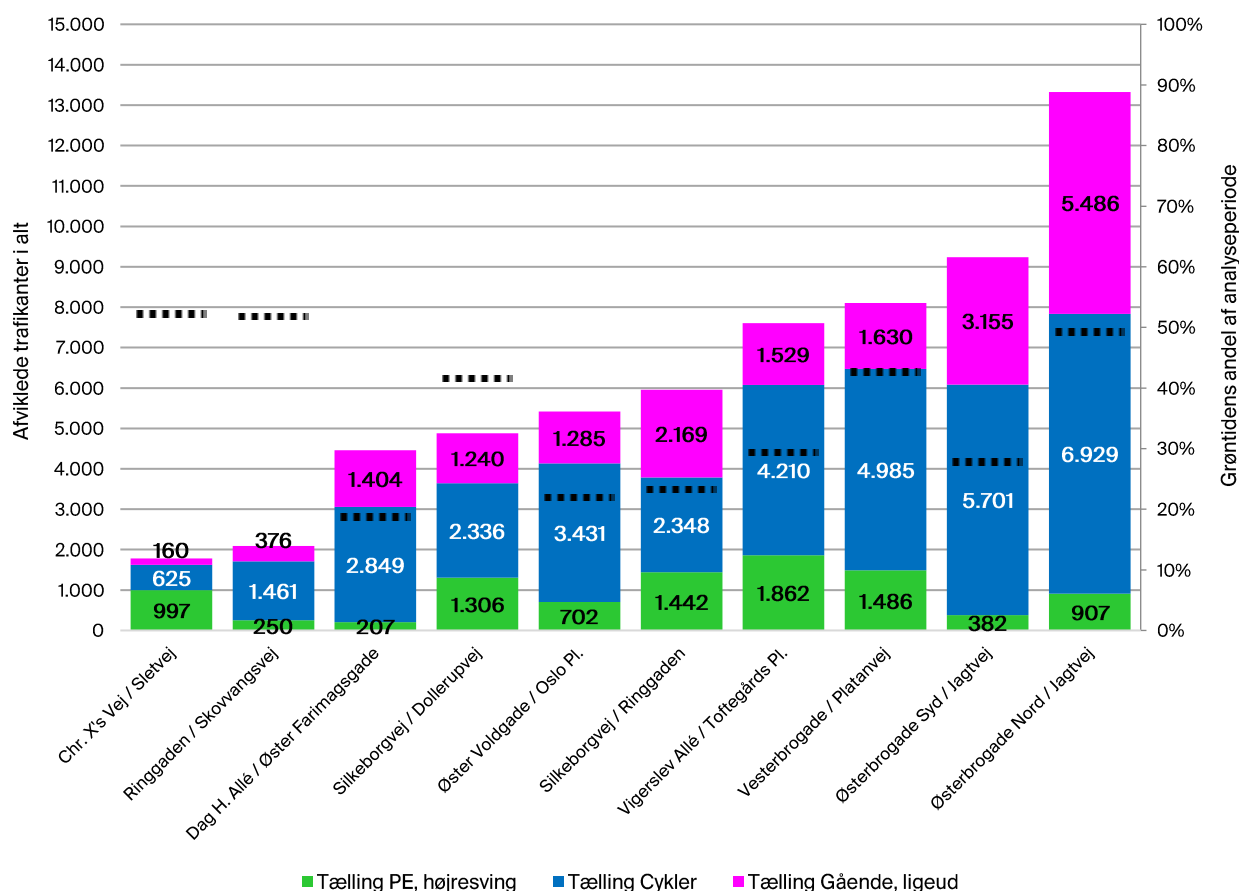
Figur 2. Placering af de fem analysekryds i København. (Kort: Danmarks Miljøportal, modificeret af RAW Mobility).

Tabel 2 viser en oversigt for de 10 analyserede tilfarter, som indgår i undersøgelsen. Det er valgt at begrænse undersøgelsen til tilfarter med en hastighedsgrænse på 50 og 60 km/t. Der er udvalgt to lokaliteter i Aarhus med en hastighedsgrænse på 60 km/t, mens det på de resterende otte er den generelle hastighedsgrænse på 50 km/t, som er gældende.

Nr.	By	Kryds	Udformning	Hastighedsgrænse	Svingbane-længde *	Svingbane-bredde (m) **
1	Aarhus	Chr. X's Vej/Sletvej	F-kryds	60	~ 45 m	~ 3,00 m
2	Aarhus	Ringgaden/Skovvangsvej	F-kryds	60	~ 25 m	~ 2,75 m
3	Aarhus	Silkeborgvej/Ringgaden	F-kryds	50	~ 50 m	~ 3,00 m
4	Aarhus	Silkeborgvej/Dollerupvej	T-kryds	50	~ 40 m	~ 3,00 m
5	København	Dag H. Allé/Øster Farimagsgade	T-kryds	50	~ 30 m	~ 3,00 m
6	København	Vesterbrogade/Vesterfælledvej	F-kryds	50	~ 35 m	~ 3,25 m
7	København	Vigerslev Allé/Toftegårds Pl.	F-kryds	50	~ 25 m	~ 3,25 m
8	København	Øster Voldgade/Oslo Pl.	F-kryds	50	~ 30 m	~ 2,75 m
9	København	Østerbrogade (Nord)/Jagtvej	F-kryds	50	~ 40 m	~ 3,50 m
10	København	Østerbrogade (Syd)/Jagtvej	F-kryds	50	~ 45 m	~ 3,75 m

Tabel 2. Analyserede tilfarter med afkortet cykelsti og deres karakteristika. * Afrundet til nærmeste 5 m. ** Gennemsnitlig bredde, afrundet til nærmeste 0,25 m.

På figur 3 ses de 10 tilfarter rangeret efter, hvor meget trafik der blev afviklet i løbet af den 12 timers analyseperiode. Desuden viser figuren grøntidens andel af analyseperioden.



Figur 3. Analyserede tilfarter med angivelse af afviklet trafik i 12 timer på en hverdag fordelt på personbilenheder (PE), cykler og gående (i det langsgående fodgængerfelt), samt hvor stor en andel tilfartens grøntid udgør af den samlede analyseperiode.

Som det fremgår af tabel 2 og figur 3, er de 10 lokaliteter ret forskellige mht. både trafikmængder, fordeling mellem trafikantgrupper samt grøntidsandel. På nogle lokaliteter er der en overvægt af højresvingende biler, mens det på andre er de lette trafikanter, som dominerer trafikbilledet. Desuden varierer grøntidsandelen fra omkring 20 % til over 50 %.

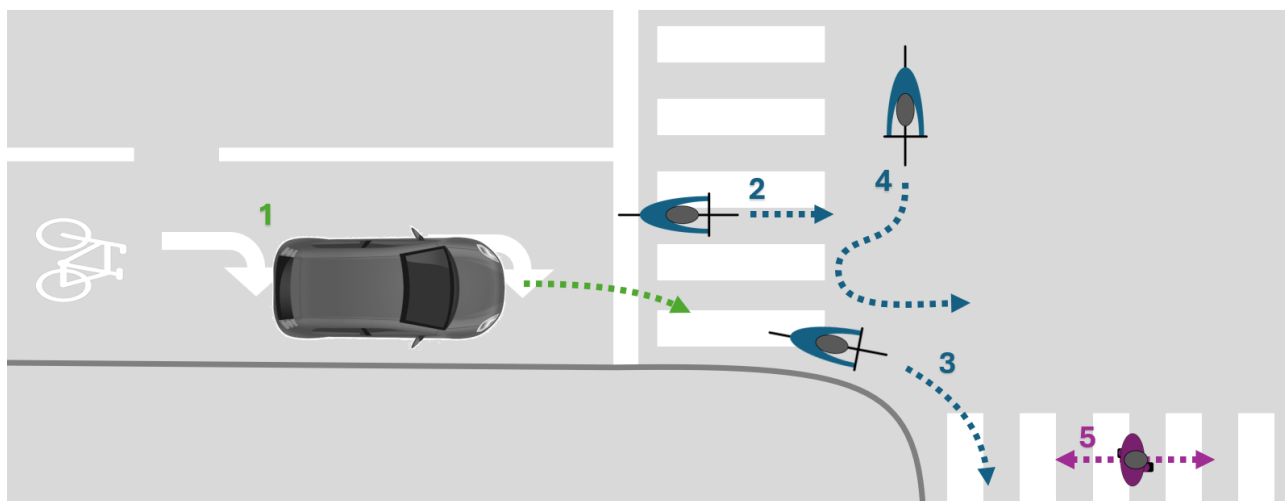
2.1 Analysemetode

Lokaliteterne er filmet i september eller oktober 2024. Optagelserne er lavet på en hverdag kl. 7-19 (12 timer pr. lokalitet). Hvert kryds er filmet med to kameraer, som har filmet de aktuelle delområder i krydset, hhv. tilfarten og krydsområdet foran den afkortede cykelsti. Kameraerne blev opsat på teleskopstænger ca. 12 m over gadeniveau, hvilket har givet et godt overblik og mulighed for at nærstudere trafikantadfærden.

Ud fra videooptagelserne er følgende trafikstrømme registreret, se figur 4:

1. Højresvingende motorkøretøjer (alle køretøjstyper, omregnet til PE)
2. Ligeudkørende cykler (fra tilfarten)
3. Højresvingende cykler (fra tilfarten)
4. Venstresvingende cykler (som laver stort venstresving fra sidevejen t.v.)
5. Krydsende fodgængere (langsgående, på tværs af sidevejen t.h.).

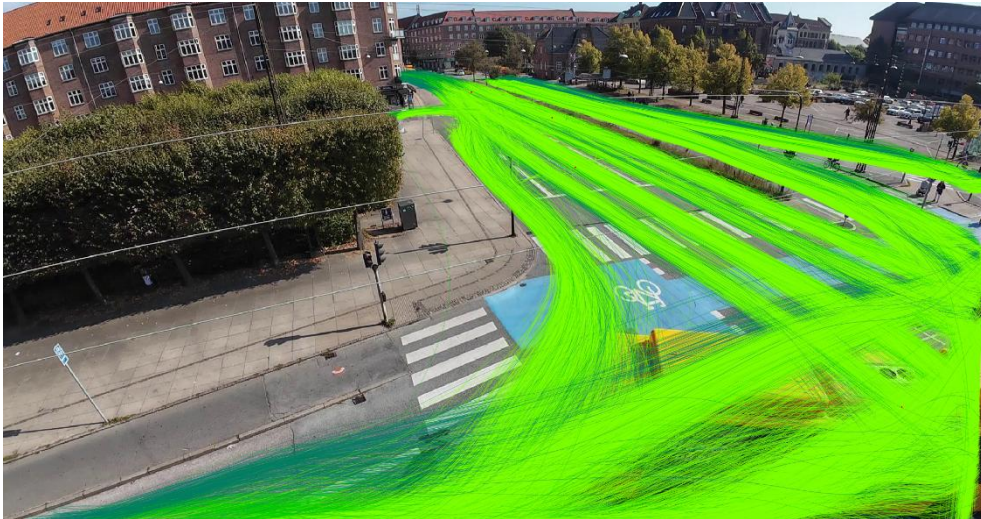
Trafikanterne er registreret med programmet Data From Sky, som har "tracket" alle trafikanter, der bevæger sig igennem billedet. Programmet registrerer hver synlig trafikant én gang for hver videoframe, svarende til 30 gange i sekundet, se figur 5-7. Til beregning af grøntidsandel er der desuden registreret signalskift for tilfarten med afkortet cykelsti. Signalskiftene er registreret med programmet RUBA.



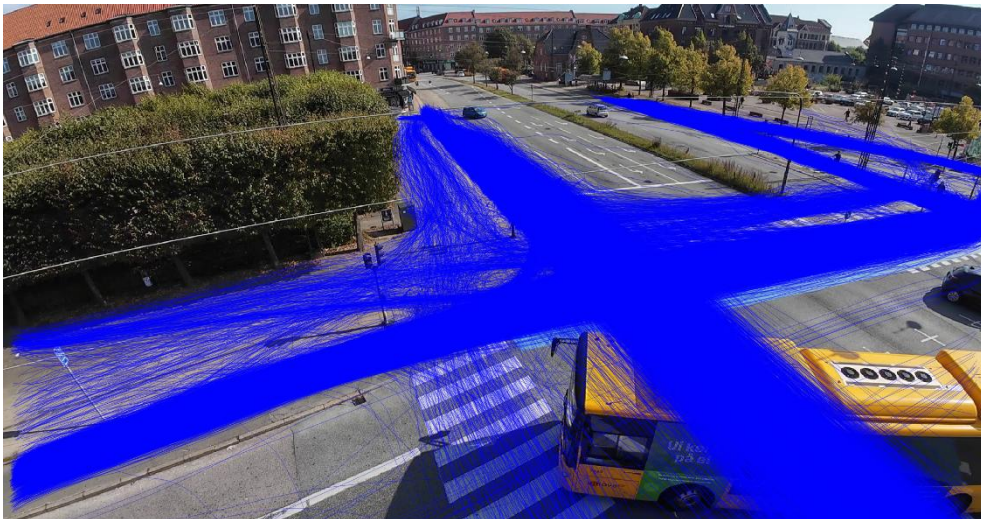
Figur 4. Registrerede trafikstrømme i tilfart og kryds med afkortet cykelsti.

På de 10 lokaliteter er der i alt registreret ca. 9.500 højresvingende motorkøretøjer, knap 35.000 cykler og flere end 18.000 gående. For at sikre et ens sammenligningsgrundlag på tværs af de 10 lokaliteter, er de registrerede højresvingende motorkøretøjer omregnet til personbilenheder (PE) ved anvendelse af *personbilækvivalenter til omregning af motortrafik* fra håndbogen 'Kapacitet og serviceniveau' (Vejdirektoratet, 2024). Til adfærdsanalyserne er der dog stadig taget højde for andelen af store/tunge/lange køretøjer, som kan have betydning for trafikantadfærden i den afkortede cykelsti.

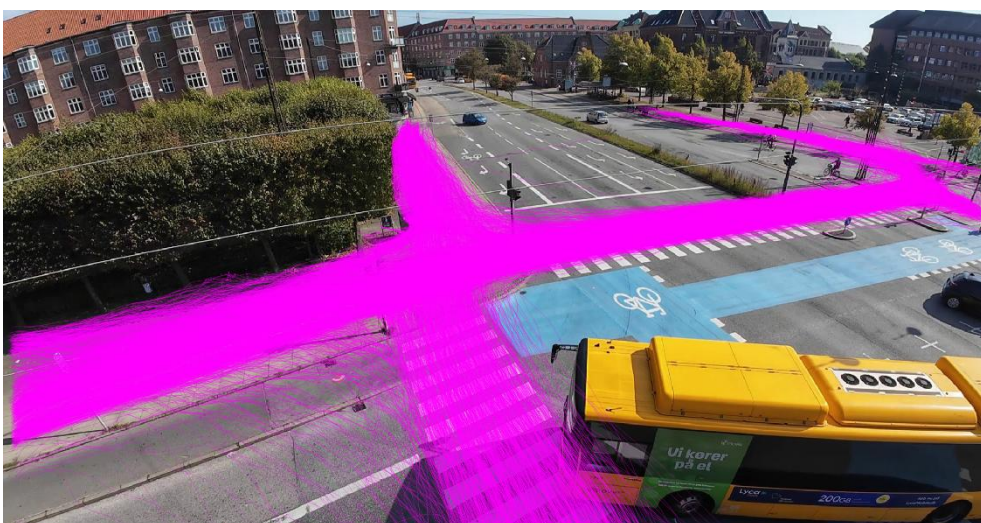
Ud fra videomaterialet er der desuden foretaget en række registreringer og beregninger, f.eks. af belastningsgrader og kølængder. Den gennemsnitlige kølængde er efterfølgende sammenholdt med den respektive svingbanelængde, hvormed der er beregnet en udnyttelsesgrad, U. Denne er et udtryk for, hvor stor en andel af svingbanen, som er fyldt.



Figur 5. Eksempel på registrering af biltrafik med Data From Sky. Billederne er fra krydset Vigerslev Allé / Toftegårds Pl.



Figur 6. Eksempel på registrering af cykeltrafik med Data From Sky.



Figur 7. Eksempel på registrering af fodgængere med Data From Sky.

2.2 Anvendte begreber og beregningsprincipper

I kapitel 7 i håndbogen 'Kapacitet og serviceniveau' (Vejdirektoratet, 2024) beskrives bl.a., hvordan kapacitet og belastningsgrad beregnes for tilfartsspor i signalregulerede kryds. Det er denne metode, der ligger til grund for den beregningsmodel, som er udviklet i forbindelse med nærværende projekt.

Ved et tilfartsspors kapacitet forstås det maksimale antal køretøjer, der kan afvikles fra tilfartssporet i en given beregningsperiode. For at kunne beregne kapaciteten, skal man derfor først og fremmest kende signalanlæggets omløbstid og den effektive grøntid for det givne tilfartsspor, da disse har betydning for i hvor stor en del af beregningsperioden, der reelt kan afvikles trafik fra tilfartssporet. Desuden skal man kende køretøjernes manøvre i krydset, og vide om køretøjerne har vigepligt for andre trafikstrømme i hele eller dele af grøntiden, idet disse to forhold har betydning for den såkaldte følgetid pr. køretøj.

Følgetiden er den gennemsnitlige tidsafstand, hvormed motorkøretøjer i tilfartssporet følger efter hinanden ud i krydset i grøntiden. For højresvingende motorkøretøjer afhænger følgetiden desuden af, om strømmen har vigepligt for cykler og/eller gående, som optager en del af grøntiden.

Den effektive grøntid er lig grøntiden (dvs. signalets visning), dels med et fradrag for den ekstra tid, som de forreste køretøjer i køen bruger ved opstart, dels med et tillæg for den del af gultiden (efter skift fra grønt lys), hvor der stadig afvikles trafik. Erfaringsmæssigt fastsættes den effektive grøntid til at være grøntiden + 1 sek. Bemærk dog, at den effektive grøntid for en højresvingende trafikstrøm med vigepligt for cykler og/eller gående skal reduceres yderligere pga. den tid, hvor cykler og gående spærrer for de højresvingende, og der således ikke kan afvikles biltrafik fra tilfartssporet.

Det maksimale antal motorkøretøjer, der kan afvikles fra et tilfartsspor, kan beregnes ved:

$$N_{Max} = \frac{T}{\delta} * \frac{E_{gr}}{O}$$

hvor:

N_{Max} = Tilfartssporets kapacitet i beregningsperioden

T = Beregningsperiodens længde i sekunder

δ = Gns. følgetid pr. køretøj i sekunder

E_{gr} = Effektiv grøntid pr. omløb i sekunder

O = Signalanlæggets omløbstid i sekunder.

Dvs. at i et signalanlæg med en omløbstid på 80 sekunder, en effektiv grøntid på 23 sekunder og en følgetid på 2,8 sekunder pr. køretøj, vil der kunne afvikle 370 køretøjer pr. time fra tilfartssporet.

Når tilfartssporets kapacitet kendes, kan belastningsgraden beregnes. Tilfartssporets belastningsgrad er udtryk for, hvor meget tilfartssporet er belastet med trafik i forhold til kapaciteten:

$$B = \frac{N}{N_{Max}}$$

hvor:

B = Tilfartssporets belastningsgrad

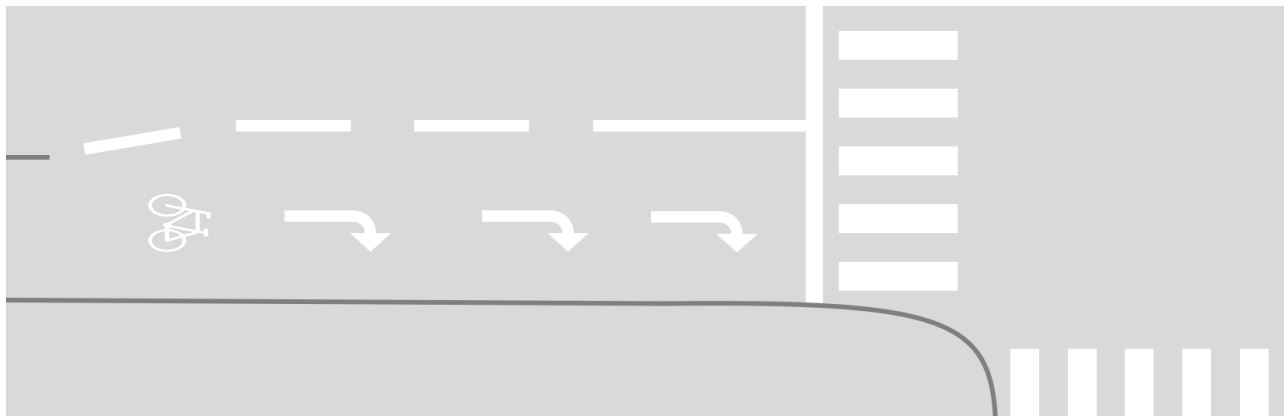
N = Trafikintensiteten i beregningsperioden

N_{Max} = Kapaciteten i tilfartssporet i beregningsperioden.

Dvs. at hvis der f.eks. er en trafikintensitet på 240 køretøjer pr. time fra et tilfartsspor med en kapacitet på 370 køretøjer pr. time, vil belastningsgraden være 0,65.

2.3 Afgrænsning

I dette projekt indgår 10 "traditionelle" afkortede cykelstier med separat højresvingsbane for biltrafikken, som illustreret på figur 8.. Ved denne løsning ophører cykelstien, og cykeltrafikken skal herefter fortsætte ind i svingbanen frem mod krydset, mens biltrafikken skal flette til højre ind i svingbanen.



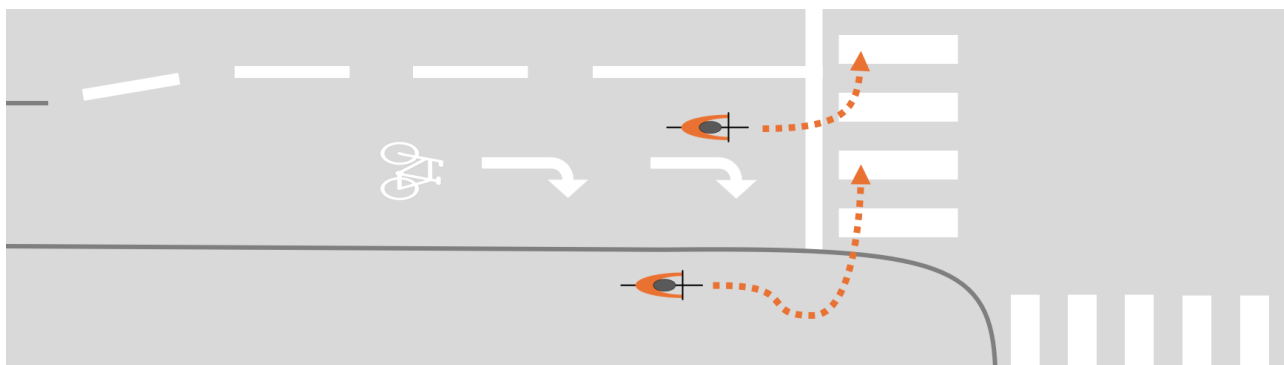
Figur 8. Princip for udformning af en traditionel, afkortet cykelsti i et signalreguleret kryds.

Der indgår således ikke lokaliteter med f.eks. en smal, fremført cykelbane placeret enten til højre eller venstre for højresvingsbanen. Der er heller ikke sammenlignet med kapaciteten i fremførte cykelstier, hvor cykelstien føres helt frem til krydset.

For cykeltrafikken er det valgt ikke at skelne mellem forskellige cykeltyper, som f.eks. ladcykler, elcykler og speed pedelecs. I cykelkategorien indgår også knallerter, el-løbehjul, elektriske skateboards og uniwheels, som kører på cykelstien. Der er heller ikke undersøgt effekt på fremkommelighed eller adfærd opdelt på cyklisterne's køn eller alder.

Sikkerhedsstudier har vist, at afkortede cykelstier fungerer særlig godt på strækninger, hvor stitrafikken kører hurtigt, f.eks. pga. mange knallerter og elcykler, eller hvis det går ned ad bakke (længdefald mod stoplinjen). For at minimere dette forholds indflydelse på resultaterne, er det til denne undersøgelse valgt kun at medtage lokaliteter uden længdefald.

Endelig er det valgt at frasortere cyklister kommende fra tilfarten, som krydser over det tværgående fodgængerfelt, som vist på figur 9 – enten på cykel eller til fods. Det skyldes først og fremmest, at der er tale om et fåtal sammenlignet med den samlede cykeltrafik i tilfarterne, og de derfor har marginal betydning for kapaciteten, men også fordi cyklisterne i langt de fleste tilfælde ikke cykler ude i højresvingsbanen, men cykler oppe på fortovet for at kunne anmelde på tryknap ved fodgængerfeltet.



Figur 9. "Venstresvingende" cyklister fra tilfarten, som ikke indgår i undersøgelsen.

3 Adfærdsanalyse

Adfærdsanalysen omhandler følgende registreringer, der bl.a. har betydning for kapaciteten i en højresvingsbane med afkortet cykelsti:

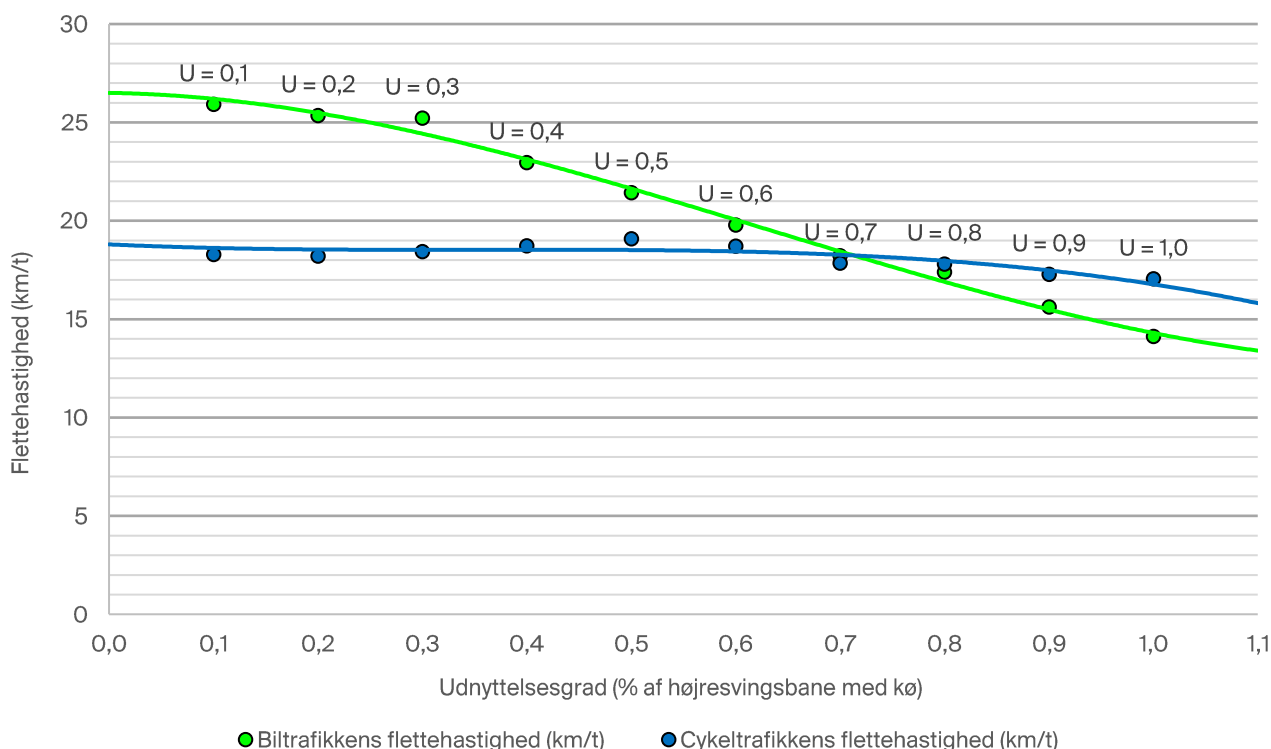
- Bil- og cykeltrafikkens flettehastighed
- Cyklisternes placering og ankomstfordeling i højresvingsbanen
- Biltrafikkens følgetid i flettepunktet og i krydset
- Passagetid for 1. køretøj efter skift til grønt lys
- Passagetid efter grønt.

3.1 Flettehastighed

Adfærdsanalysen omhandler bl.a. adfærd og samspil mellem bil- og cykeltrafikken i flettepunktet, dvs. der hvor cykelstien ophører, og trafikanterne skal flette i højresvingsbanen frem mod krydset. Der er bl.a. foretaget en analyse af indkørsels- og flettehastigheden for hhv. biler og cykler i flettepunktet.

Som det ses på figur 10, er biltrafikkens gennemsnitshastighed i flettepunktet registreret til godt 25 km/t, når der er ingen eller kun få biler i kø (U , udnyttelsesgrad $\leq 0,3$). Men i takt med at der skal afvikles flere biler, og køen i højresvingsbanen derfor bliver længere, falder flettehastigheden også. Dette er et udtryk for, at biltrafikken udnytter en stor del af højresvingsbanen til at decelerere, når der kun er få biler i kø, mens decelerationen flyttes længere væk fra krydset, når køen bliver længere.

For cykeltrafikken falder flettehastigheden ligeledes, når bilkøen bliver længere. Faldet er dog markant mindre, hvilket resulterer i, at flettehastighederne ligger på samme niveau, når bilkøen næsten fylder hele svingbanen ($U = 0,7$). Når svingbanen er ved at være fyldt ($U \geq 0,8$), overstiger cyklisternes flettehastighed biltrafikkens hastighed i flettepunktet. Dette er et udtryk for, at cyklisterne ofte finder vej uden om en eventuel bilkø.

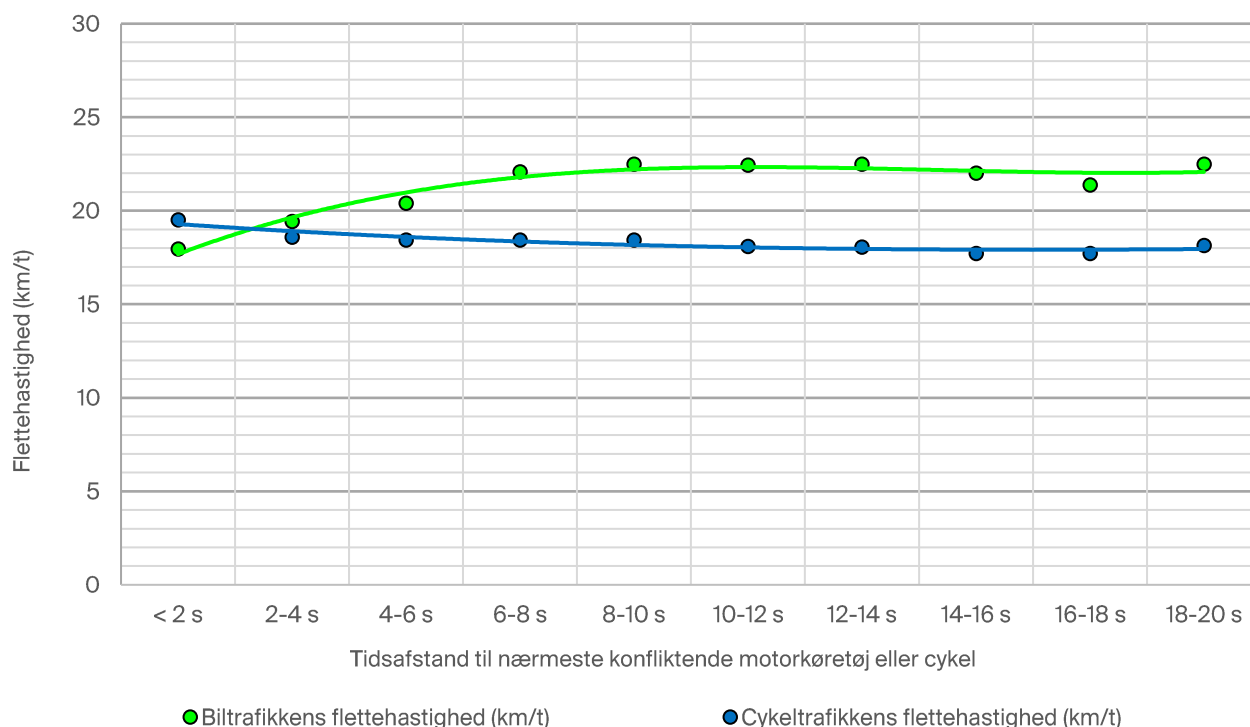


Figur 10. Sammenhæng mellem udnyttelsesgrad (% af højresvingsbane med kø) og flettehastighed for biler og cykler.

Generelt er biltrafikkens flettehastighed højere i de to afkortede cykelstier med en hastighedsgrænse på 60 km/t sammenlignet med de øvrige otte lokaliteter med en hastighedsgrænse på 50 km/t. Ved en udnyttelsesgrad mindre end 0,5 er flettehastigheden 4 km/t højere ved 60 km/t (28 km/t) end ved 50 km/t (24 km/t). Når udnyttelsesgraden stiger til mellem 0,5 og 0,8, falder hastighedsforskellen til 2,7 km/t, hhv. 21,2 km/t ved 60 km/t og 18,5 km/t ved 50 km/t. Cykeltrafikkens flettehastigheder er generelt en smule højere ved en 60 km/t, hvilket formentlig skyldes, at der primært er tale om pendlercykeltrafik.

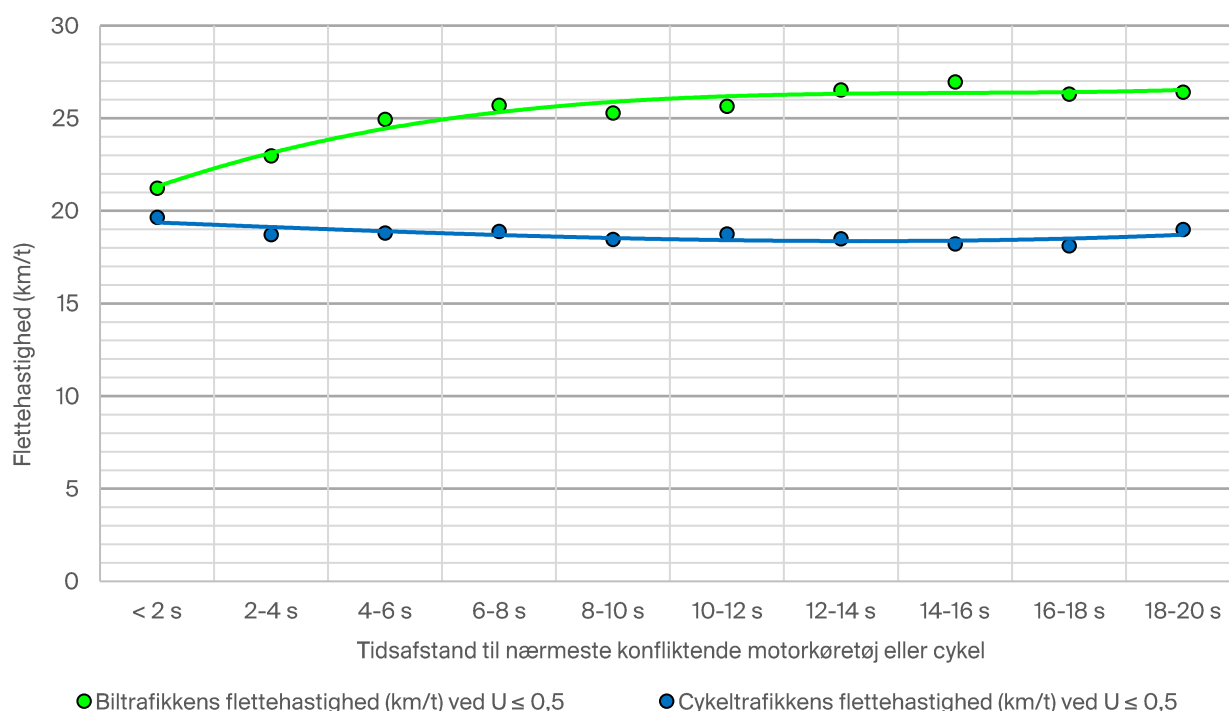
Undersøgelsen viser desuden samme registrerede hastighedsniveau og tendenser mht. fald i flettehastigheden mellem lokaliteterne i Aarhus og København. Når opgørelserne laves for belastningsgrad i stedet for udnyttelsesgrad, ses ligeledes samme tendenser. Med undersøgelsen kan der heller ikke påvises at være forskellig hastighed afhængigt af svingbanens bredde eller længde. I den forbindelse bemærkes det, at de 10 lokaliteter, der indgår i undersøgelsen, er ganske forskellige, både mht. udformning, trafikmængde og -fordeling, der gør det svært at kontrollere for en eventuel effekt af svingbanens længde og bredde, da mange andre forhold kan påvirke resultaterne.

For at undersøge, hvordan bilister og cyklister reagerer på hinandens tilstedeværelse – dvs. om de er opmærksomme på hinanden – er der foretaget en sammenligning af flettehastighed og tidsafstand til den nærmeste "konfliktende" trafikant (bil i konflikt med cykel og omvendt). Som det fremgår af figur 11, ligger flettehastigheden på nogenlunde samme niveau (18-20 km/t), når der er kort tidsafstand mellem ankomsterne til fletteområdet, mens hastighedsforskellen bliver større, når tidsafstanden øges. Det tyder således på, at især bilisterne tilpasser sig cykeltrafikkens hastighed, når der er behov for at flette.



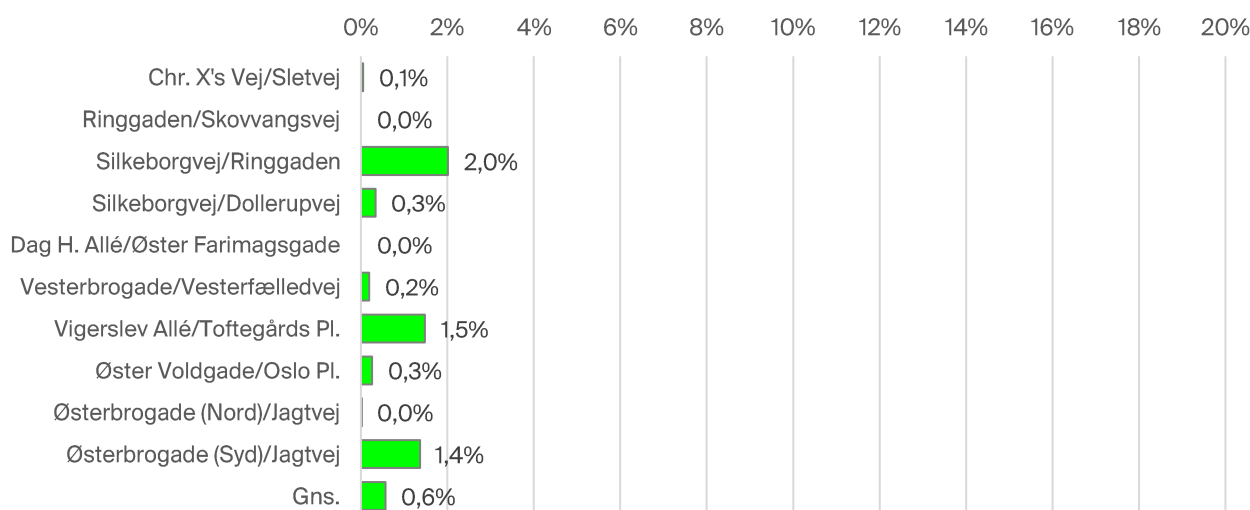
Figur 11. Sammenhæng mellem tidsafstand til den nærmeste cykel (hvis bil) eller bil (hvis cykel) og flettehastighed.

Hvis der alene ses på de tidsrum, hvor højresvingbanens udnyttelsesgrad er forholdsvis lav ($U \leq 0,5$), ses samme tendens til, at biltrafikken tilpasser sig cykelhastigheden, når der er kort afstand mellem bil og cykel. Som det ses på figur 12, er flettehastigheden for bil- og cykeltrafikken 19-21 km/t, når der er under 2 sekunder mellem trafikanterne ved ankomst til flettepunktet. Dvs. at flettehastigheden kun er blevet marginalt højere, sammenlignet med figur 11, selvom udnyttelsesgraden er lav. Omvendt er biltrafikkens flettehastighed højere ved større tidsafstand og lav udnyttelsesgrad.



Figur 12. Sammenhæng mellem tidsafstand til den nærmeste cykel (hvis bil) eller bil (hvis cykel) og flettehastighed i tidsrum, hvor den gennemsnitlige udnyttelsesgrad ikke overstiger 50 % ($U \leq 0,5$).

Endelig er der foretaget et dataudtræk for i hvor stor en del af analyseperioden, der forekommer decideret stillestående biltrafik i flettepunktet, som dermed risikerer at blokere for cyklisterne. Opgørelsen på figur 13 viser, at der på flere lokaliteter stort set ikke forekommer stillestående biltrafik i flettepunktet, som dog i de fleste tilfælde er et udtryk for, at højresvingsbanen næsten aldrig er fyldt, mens der i krydset mellem Silkeborgvej og Ringgaden (O1) i Aarhus forekommer stillestående biltrafik på op mod 15 min (2 %) i løbet af de 12 timer.



Figur 13. Andelen af analyseperioden (12 timer), hvor flettepunktet er blokeret af stillestående biltrafik.

Figur 14 viser et eksempel fra netop Silkeborgvej i Aarhus, hvor en bilist holder tilbage før flettepunktet i stedet for at dreje ind i højresvingsbanen. Dette giver plads til, at cyklisterne kan køre venstre om køen på vej ind i flettepunktet.



Figur 14. Eksempel på god bilistadfærd ved flettepunktet, hvor den røde bil venter før flettepunktet og dermed holder dette frit til at cyklister kan passere venstre om bilkøen i højresvingbanen.

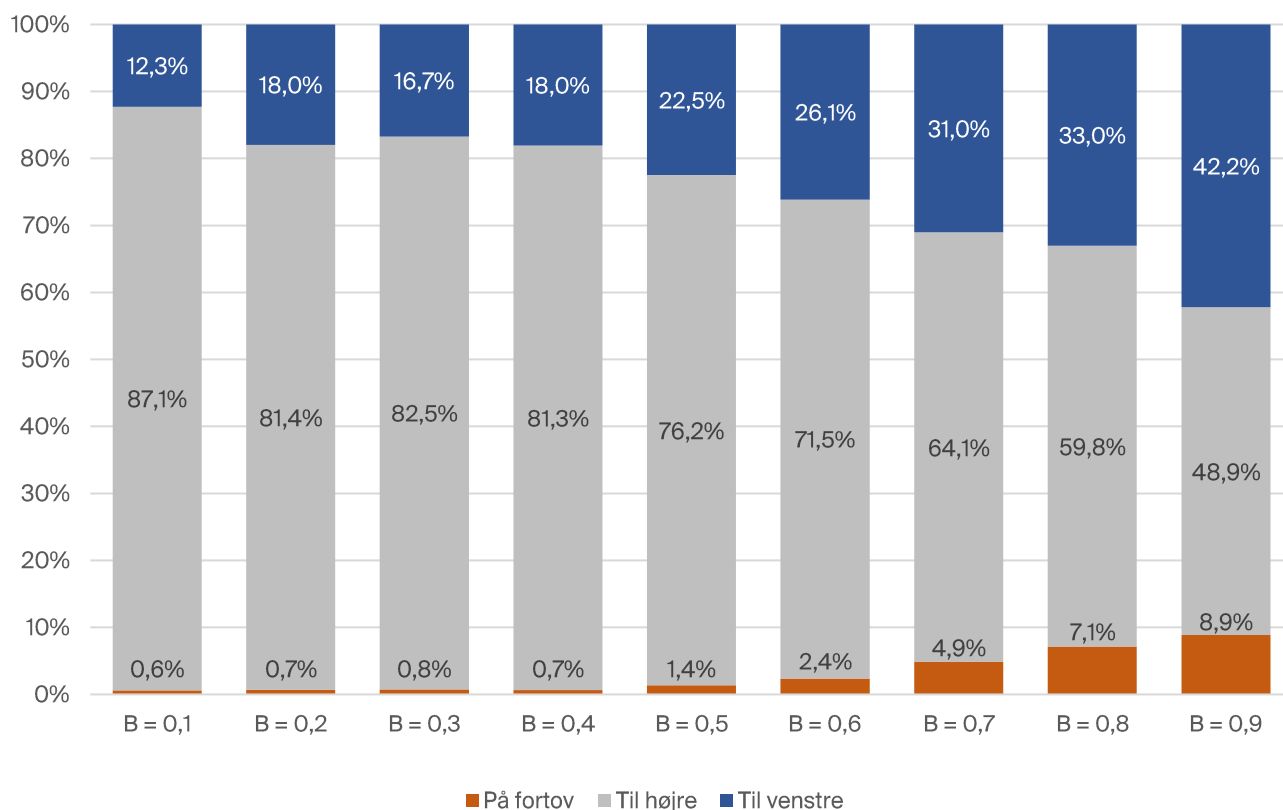
3.2 Cyklisternes placering i højresvingbanen

Der er foretaget en registrering af, hvor cyklisterne placerer sig i højresvingbanen ved kørsel frem mod stoplinjen. Analysen har til formål at undersøge, om der er sammenhæng mellem belastningsgraden og antallet af cyklister, der enten kører på fortovet eller trækker ud til venstre i højresvingbanen (eller helt ud i gennemfartssporet).

Som det fremgår af figur 15, er der en tydelig sammenhæng mellem belastningsgraden og andelen af cyklister, der trækker til venstre i højresvingbanen. Dette er et udtryk for, at cyklisterne tilpasser sig den øgede bil- og cykeltrafik og udnytter pladsen mellem den ligeudkørende og højresvingende biltrafik. Også ved lav belastning er der relativt mange, der cykler til venstre, hvilket skyldes andre cyklister.

Også andelen af cyklister, der kører på fortovet, stiger i takt med belastningsgraden. Dette kan både være udtryk for, at cyklisterne oplever dårligere fremkommelighed, når der er kø, og derfor kører indenom køen på fortovet, men det kan også skyldes, at cyklisterne bliver mere utrygge, når trafikken er mere intens, og derfor vælger at køre op på fortovet. Desuden indikerer resultaterne, at jo flere store/tunge køretøjer, der skal afvikles, desto flere vælger at cykle på fortovet. Dette forhold skal dog primært ses i sammenhæng med, at en generel stigning i biltrafikken er ensbetydende med en tilsvarende procentuel stigning i antallet af store/tunge køretøjer.

Samme stigende tendens for hhv. cykling til venstre i svingbanen og på fortovet ses også, når opgørelserne laves på baggrund af udnyttelsesgrad. Dvs. at jo længere bilkøen er, desto flere cykler på fortovet eller trækker ud til venstre i højresvingbanen. Det bemærkes i øvrigt, at der er kontrolleret for eventuel sammenhæng mellem andelen, der cykler på fortovet, og andelen af højresvingende cykler i krydset. Det kunne således formodes, at især de højresvingende cyklister vil have tendens til at skyde genvej via fortovet, når der er kø. Dette ser således ikke ud til at være tilfældet.

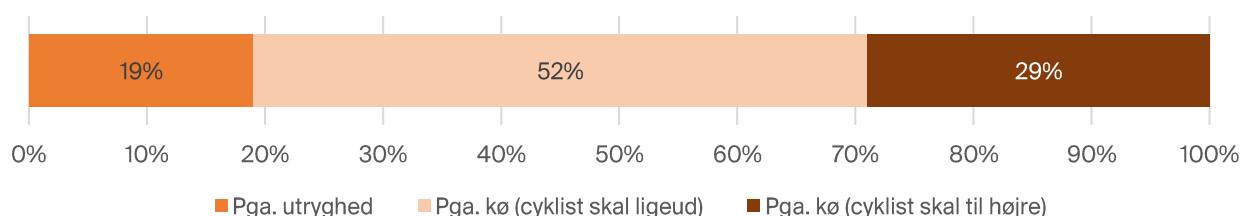


Figur 15. Cyklisternes placering fordelt på 'på fortovet', 'til højre' eller 'til venstre' i højresvingbanen afhængigt af belastningsgraden i højresvingbanen. Belastningsgrad = Procentvis kapacitetsudnyttelse.

For at blive en smule klogere på, hvorfor nogle cyklister vælger at køre op på fortovet, er der for 100 tilfældigt udvalgte cyklister foretaget en kvalitativ vurdering af, hvorfor cyklisterne vælger at cykle på fortovet. Vurderingen er bl.a. lavet ud fra trafiksituationen, køremåden og kropssproget.

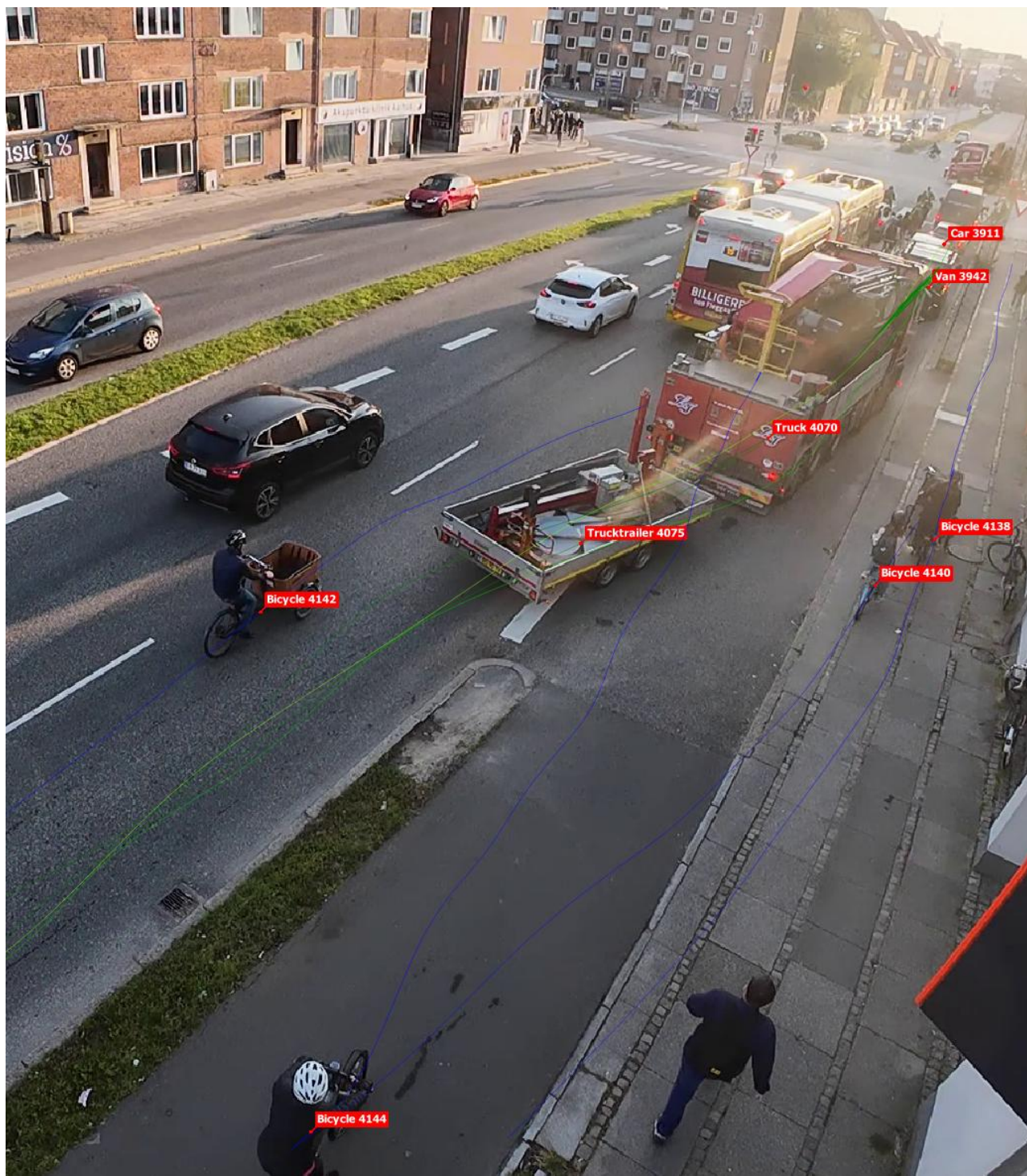
Gennemgangen viser, at 81 (%) af de cyklende, der kører på fortovet, sandsynligvis primært gør det, fordi der er kø i svingbanen. Cyklisterne fordeler sig på 52 (%), der efterfølgende skal ligeud i krydset, mens 29 (%) drejer til højre.

De resterende 19 (%) af cyklisterne vurderes at køre op på fortovet, primært fordi de føler sig utrygge. Utrygheden skyldes som oftest, at der er lang kø og/eller store køretøjer i svingbanen. Det påpeges her, at cykling på fortovet både er ulovligt og uhensigtsmæssigt. Ud fra et trafiksikkerhedsmæssigt synspunkt er det derfor uheldigt, at der cykles på fortovet. Derimod er cykling til venstre i svingbanen en god og sikker cyklistadfærd.



Figur 16. Mulige årsager til, at nogle cyklister kommende fra tilfarten vælger at køre op / ind på fortovet, vurderet ud fra 100 tilfældigt udvalgte cyklister, der kører på fortovet langs den afkortede cykelsti.

På figur 17 ses et eksempel fra Silkeborgvej i Aarhus, hvor der er kø i højresvingsbanen, og flettepunktet er blokeret af et stort køretøj med trailer. I dette tilfælde vælger en cyklist på ladcykel tidligt at køre ud på kørebanen for at overhale bilkøen venstre om, mens andre cyklister kører op på fortovet for i stedet at køre højre om køen.



Figur 17. Eksempel på cyklistadfærd, hvor en ladcykel kører ud på kørebanen for at komme venstre om bilkøen, mens andre cyklister kører højre om køen via fortovet.

3.3 Tidsafstande under flettemanøvre

Erfaringsmæssigt har cykeltrafikkens ankomstfordeling (spredning) i højresvingsbanen betydning for trafikafviklingen i en afkortet cykelsti. Hvis cyklisterne kører tæt, er der ofte ikke plads til, at en bil kan trække ind i højresvingsbanen mellem cyklisterne. Samtidig kan en mere grupperet cykelankomst betyde, at der er bedre plads til at afvikle biltrafikken mellem grupperne af cyklister, end hvis cyklisterne ankommer meget spredt.

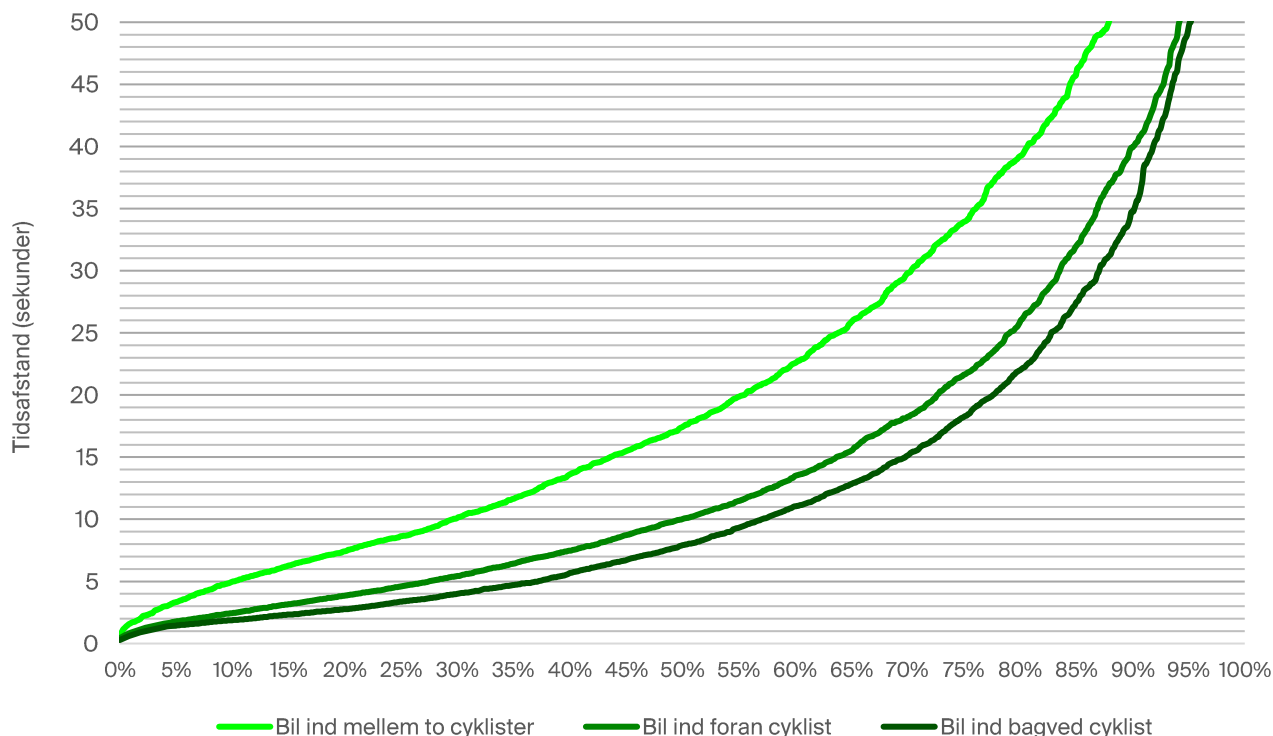
Kapaciteten i en afkortet cykelsti er således bl.a. påvirket af tidsgab-teorien, der er gældende i flettepunktet. Med et tidsgab menes tidsafstanden mellem to cykler, som skal være stor nok til, at en bilist vil trække ind i højresvingsbanen mellem cyklerne. Er tidsafstanden stor nok, antages det, at bilisten vil udnytte tidsgabet. Også hvis en cyklist kører alene, vil en bilist naturligt have brug for en vis afstand enten foran eller bagved cyklisten, hvis bilisten skal trække ind i højresvingsbanen.

Det er undersøgt, hvor stor tidsafstanden typisk er til nærmeste cyklist, når en bilist vælger at køre ind i højresvingsbanen. For ikke at medtage situationer, hvor biltrafikken kører særligt langsomt, f.eks. pga. kø i højresvingsbanen, er det valgt at frasortere situationer, hvor udnyttelsesgraden overstiger 50 %.

Der er registreret tre typer af tidsafstande:

- Tidsafstanden mellem to cykler, når en bil kører ind i mellemrummet (kritisk interval)
- Tidsafstanden, når bil kører ind foran cyklisten, der kører alene
- Tidsafstanden, når bil trækker ind bagved cyklist, der kører alene.

På figur 18 ses sumkurver for de tre registrerede tidsafstande. F.eks. ses det, at de to kurver for hhv. 'Bil ind foran cyklist' og 'Bil ind bagved cyklist' ligger relativt tæt – dog er tidsafstandene, når en bil trækker ind bagved en cyklist, generelt en smule lavere.



Figur 18. Registrerede tidsafstande mellem biler og cyklende ved kørsel ind i højresvingsbanen.

Foruden videoregistreringen er der lavet en manuel gennemgang af en række situationer, hvor tidsafstandene er relativt små. Formålet med denne gennemgang har været at identificere den nedre grænse for de tre tidsværdier, dvs. den mindste tidsafstand som bilisterne er villige til at acceptere.

Ud fra den manuelle gennemgang er det vurderet, at videoregistreringernes 5 %-fraktil er et udmærket estimat for de mindste tidsafstande, som bilisterne er villige til at acceptere. Det skyldes, at de tidsafstande, som er mindre end 5 %-fraktilerne, ofte ses i situationer, hvor bilisterne vælger at presse sig ind i højresvingsbanen – enten fordi de ikke tager hensyn og lægger sig på siden af cyklisterne, eller fordi de slet ikke er opmærksomme på cyklisterne. Det er således valgt at tage udgangspunkt i 5 %-fraktilen til de videre beregninger af flettepunktets "resttid", som er behandlet i kapacitetsanalysens afsnit 4.3.

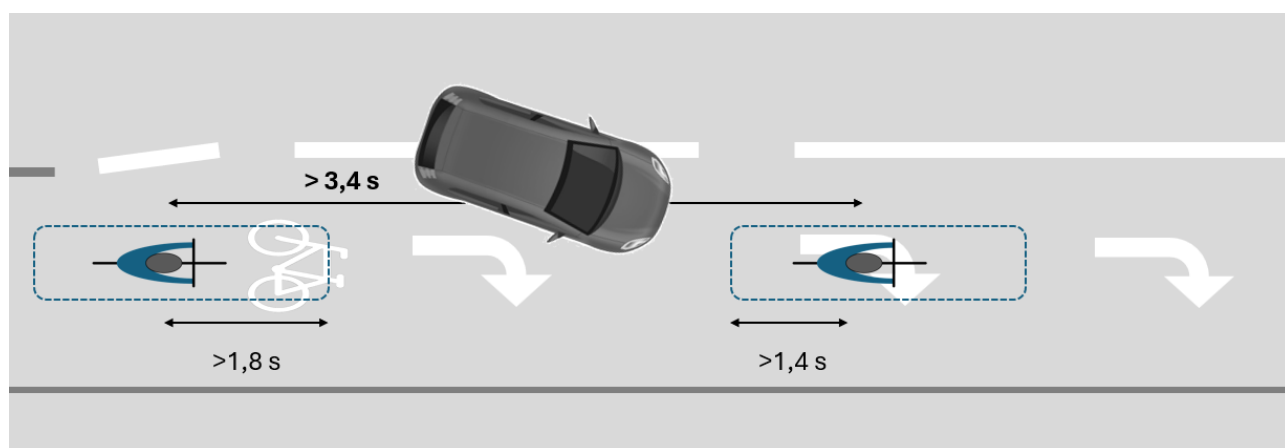
Som det fremgår af tabel 3, er de korteste tidsafstande målt for de biler, der trækker ind bagved en cykel (1,4 sekunder), mens tidsafstandene er en smule større (1,8 sekunder) for de biler, der trækker ind foran en cykel. Dette kan forklares med, at det er lettere for en bilist at bedømme en afstand til og hastighed for en forankørende cykel, end hvis bilisten i stedet ligger foran cyklisten ved kørsel ind i højresvingsbanen. Endelig har bilisterne brug for mindst 3,4 sekunder, når de skal udnytte et mellemrum mellem to cykler.

	Observationer	1 %-fraktil	5 %-fraktil	15 %-fraktil	50 %-fraktil
Kritisk interval (mellem)	2.287	1,7 s	3,4 s	6,3 s	17,4 s
Tidsafstand ind foran cyklist	3.093	0,9 s	1,8 s	3,2 s	7,9 s
Tidsafstand ind bagved cyklist	3.082	0,7 s	1,4 s	2,3 s	7,0 s

Tabel 3. Registrerede mindsteværdier, som bilister er villige til at acceptere, når de skal flette ind i højresvingsbanen – enten foran, bagved eller mellem to cykler.

Hvis tidsafstandene opgøres afhængigt af højresvingsbanens bredde, er der indikationer på, at bilisterne vælger at køre tættere på cyklisterne, desto bredere højresvingsbanen er. Dette kan i nogen grad forklares med, at bilisterne måske her føler, at der er bedre plads til at køre ind i højresvingsbanen, selvom der er cykler. Der er imidlertid en række andre forhold, som kan påvirke både adfærden og registreringerne, hvorfor det ikke kan fastslås, at forskellene alene skyldes højresvingsbanens bredde.

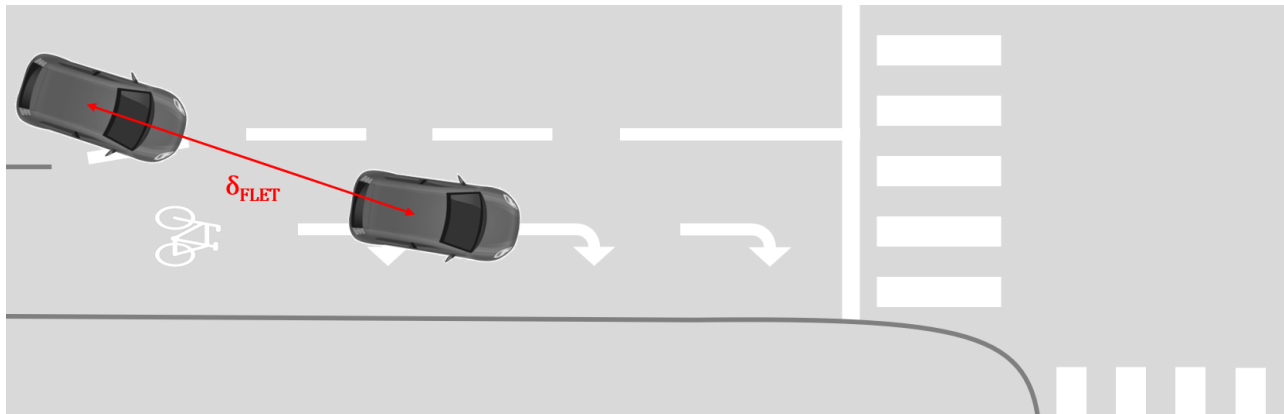
Figur 19 viser principperne for de tre minimumsafstande, som bilisterne skal have til rådighed, for at trække ind i højresvingsbanen.



Figur 19. Illustration af nødvendige tidsafstande (minimum) i situationer, hvor en bilist vil trække ind i højresvingsbanen.

3.4 Følgetiden i flettepunktet, δ_{Flet}

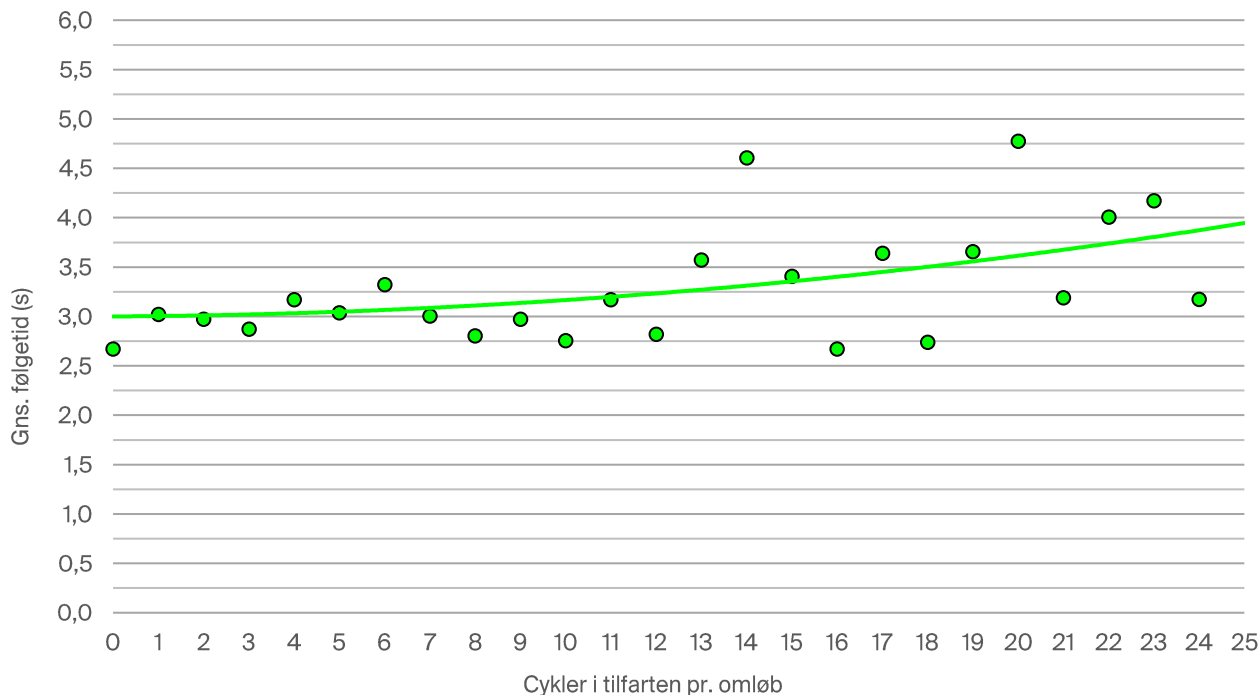
Til at undersøge bilisternes adfærd i flettepunktet yderligere, er der foretaget registrering af biltrafikkens følgetid i flettepunktet, dvs. tidsafstanden mellem biler, der følger efter hinanden ind i svingbanen. Formålet er at undersøge, om følgetiden stiger afhængigt af antal cyklende, der skal afvikles.



Figur 20. Illustration af følgetiden i flettepunktet, δ_{Flet} , som er tidsafstanden mellem biler, der ankommer til højresvingbanen.

For ikke at medtage situationer, hvor biltrafikken bliver holdt tilbage pga. kø i højresvingbanen, er det valgt at frasortere situationer, hvor udnyttelsesgraden overstiger 50 %. Desuden er der valgt at anvende en øvre grænse for følgetiden på fem sekunder, da en højere følgetid vurderes at være udtryk for, at bilerne ikke har kørt i kolonne frem mod krydset, men er ankommet mere tilfældigt. Endelig er der frasorteret situationer, hvor bilerne har været nødt til at bremse og afvente passage af en eller flere cyklende, hvorfor der ikke længere er tale om en følgetid (i beregningsmæssig forstand).

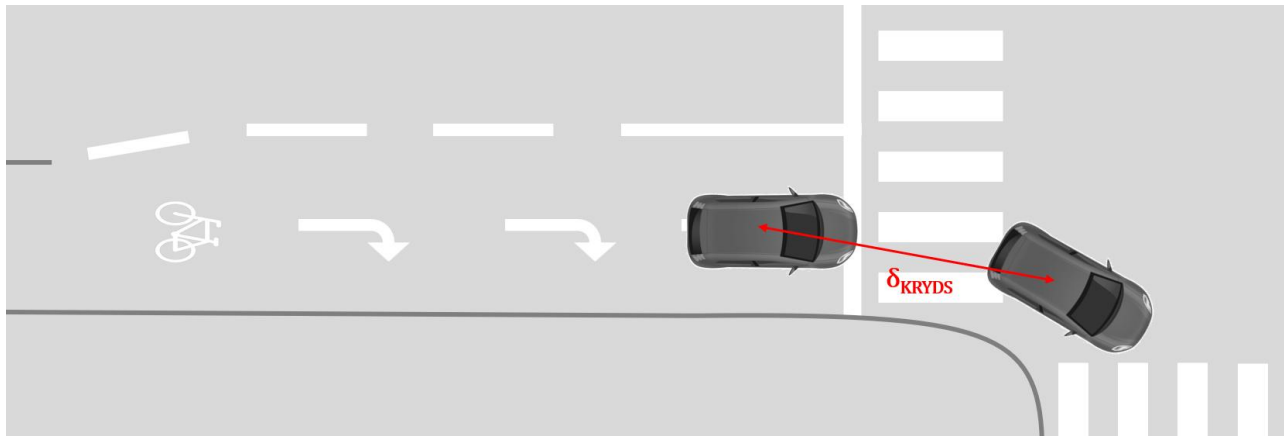
Som det fremgår af figur 21 ligger biltrafikkens gennemsnitlige følgetid på ca. tre sekunder, når der er færre end fem cykler pr. omløb. Herefter stiger følgetiden. Denne udvikling indikerer, at bilisterne generelt holder lidt længere afstand til den forankørende, jo flere cyklende der er.



Figur 21. Biltrafikkens følgetid i flettepunkt afhængigt af antal cykler, der skal afvikles i tilfarten pr. omløb.

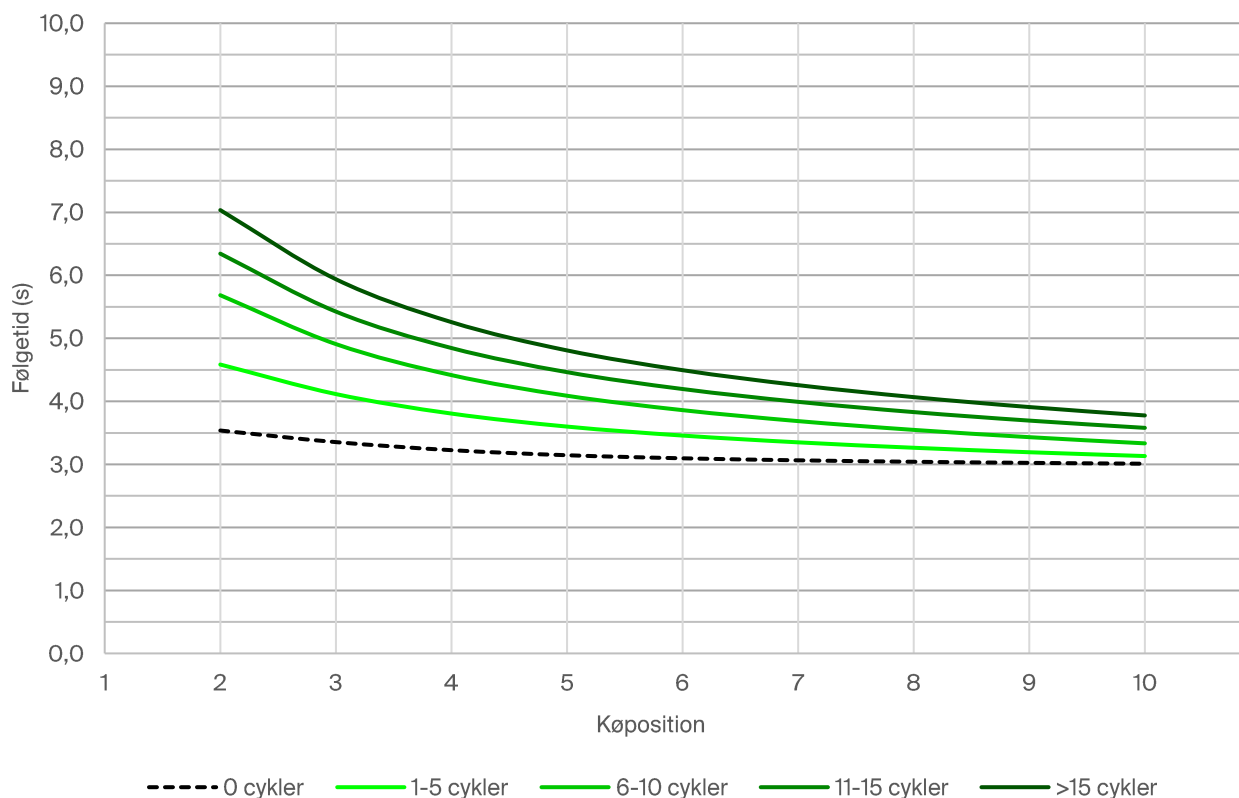
3.5 Følgetiden ud i krydset, δ_{Kryds}

Også i selve krydset er der foretaget beregning for biltrafikkens følgetid – dvs. den tidsmæssige afstand mellem køretøjer i svingbanen, når de passerer stoplinjen ved kørsel ind i krydset for grønt lys. I denne opgørelse er der desuden taget højde for bilernes position i køen ved kørsel ind i krydset.



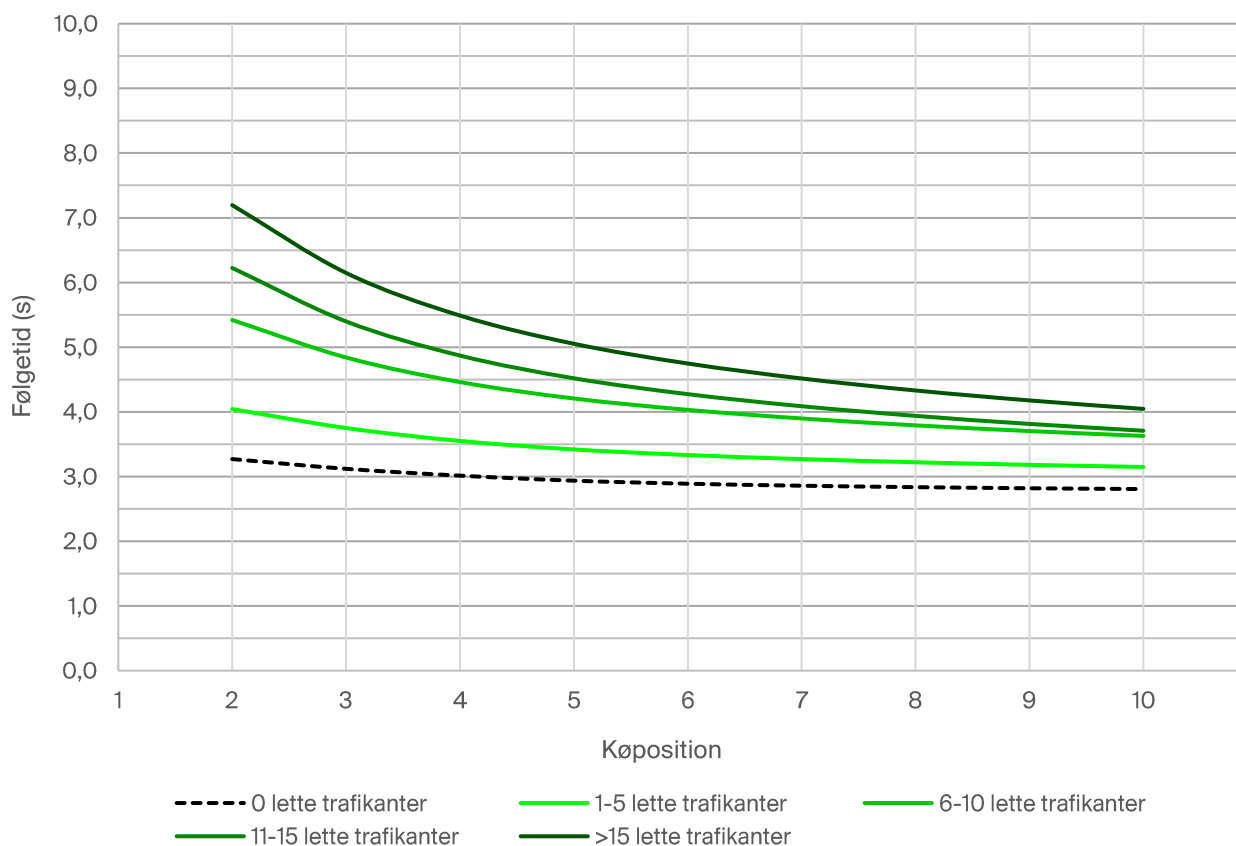
Figur 22. Illustration af følgetiden i krydset, δ_{Kryds} , som er den tidsafstand, som biltrafikken i tilfartssporet følger efter hinanden ud i krydset.

Som det fremgår af figur 23 er følgetiden generelt højest for de forreste køretøjer i køen. Dette er udtryk for, at hastigheden er lavest i starten af grøntiden, hvorfor følgetiden også er højere end for de efterfølgende køretøjer, som passerer med en højere hastighed. Ydermere er følgetiden højere, når der skal afvikles flere cykler pr. omløb. Dette er et udtryk for, at cykeltrafikken "fylder noget" i køen, hvormed biltrafikken kører med større afstand, og følgetiden derfor øges.



Figur 23. Biltrafikkens følgetid afhængigt af køposition og antal cykler, der skal afvikles i tilfarten pr. omløb.

Bemærk, at figur 23 viser følgetiden for biltrafikken afhængigt af antal cykler i tilfarten. Det betyder reelt, at selvom der ikke skal afvikles cykler fra tilfarten (0 cykler), kan der stadig være venstresvingende cykler eller gående, der skal afvikles foran højresvingsbanen, og som dermed kan have betydning for biltrafikkens kørsel ind i krydset. Derfor er der på figur 24 vist sammenhængen mellem følgetid og summen af alle de lette trafikanter, der skal afvikles i og foran højresvingsbanen pr. omløb.



Figur 24. Biltrafikkens følgetid afhængigt af køposition og antal lette trafikanter, der skal afvikles i krydset pr. omløb.

Figur 24 viser samme tendenser som figur 23; at følgetiden generelt er højest for de forreste køretøjer i køen. Desuden ses, at jo flere lette trafikanter, der skal afvikles pr. omløb, desto højere bliver følgetiden.

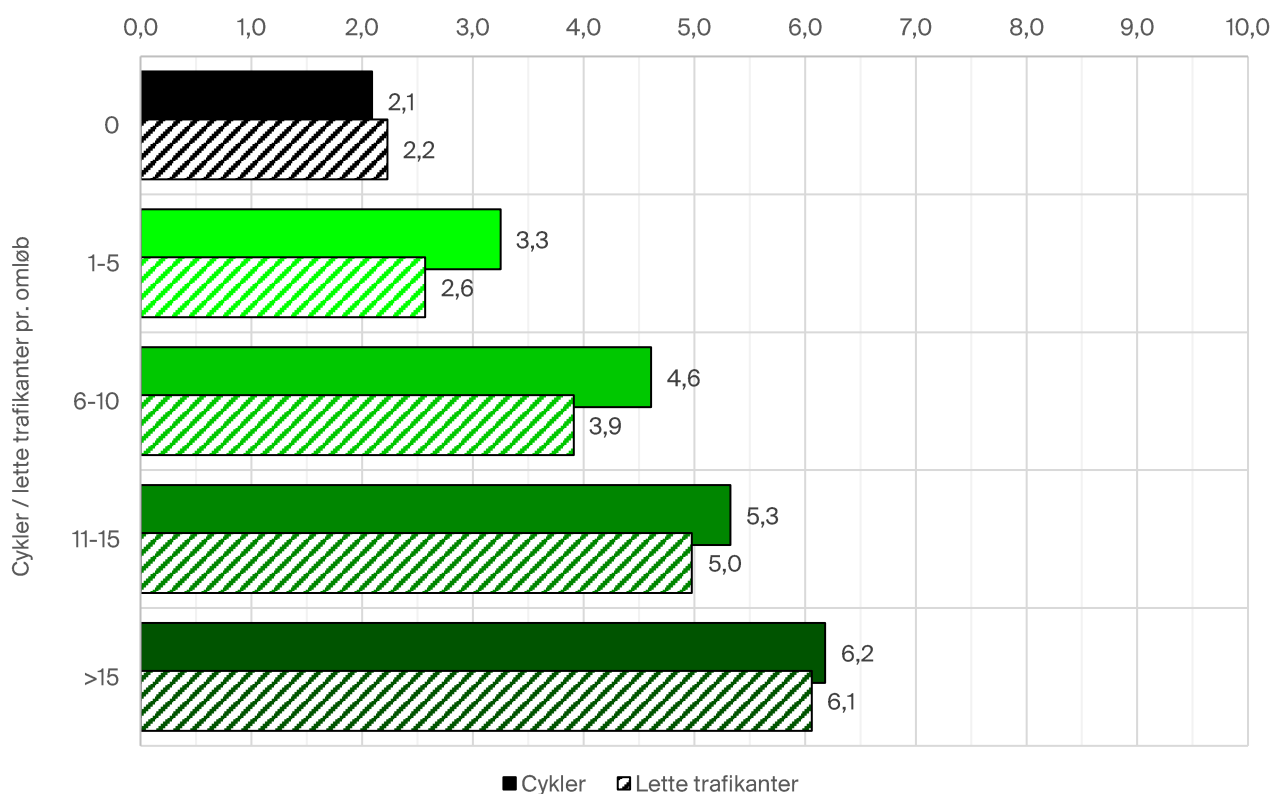
En væsentlig pointe fra følgetidsanalysen er, at følgetiderne primært afhænger af antallet af cykler i tilfarten, men også af antallet af øvrige lette trafikanter, der skal afvikles. Dette forhold er således væsentligt for den senere kapacitetsanalyse. Forhold, som ser ud til kun at have marginal eller ingen betydning, er f.eks. højresvingsbanens bredde og længde.

3.6 Passagetid for 1. køretøj efter skift til grønt lys, T_F

Foruden følgetiden så siger tidspunktet for 1. køretøjs passage af stoplinjen ligeledes noget om kapaciteten i en afkortet cykelsti. Figur 25 viser således, hvor mange sekunder der går fra, at signalet skifter til grønt, og til at 1. køretøj passerer stoplinjen ved kørsel ind i krydset.

Som det ses, er passagetiden for 1. køretøj lavest i de omløb, hvor der ikke skal afvikles lette trafikanter. Men i takt med at der skal afvikles flere cykler og gående pr. omløb, går der også længere tid, før 1. køretøj passerer stoplinjen.

Samtidig viser figuren, at det ikke er uvæsentligt, om der alene er tale om cykler i tilfarten, eller en blanding af cykler fra tilfarten, venstresvingende cykler og gående. Når der f.eks. skal afvikles 1-5 cykler fra tilfarten pr. omløb, er passagetiden således væsentlig højere (3,3 sekunder), end hvis der er tale om en blanding af 1-5 cykler og gående (2,6 sekunder). Det samme er tilfældet, hvis det er 6-10 cykler/gående, mens forholdet mellem cykler og gående har mindre at sige, desto flere lette trafikanter, der skal afvikles.

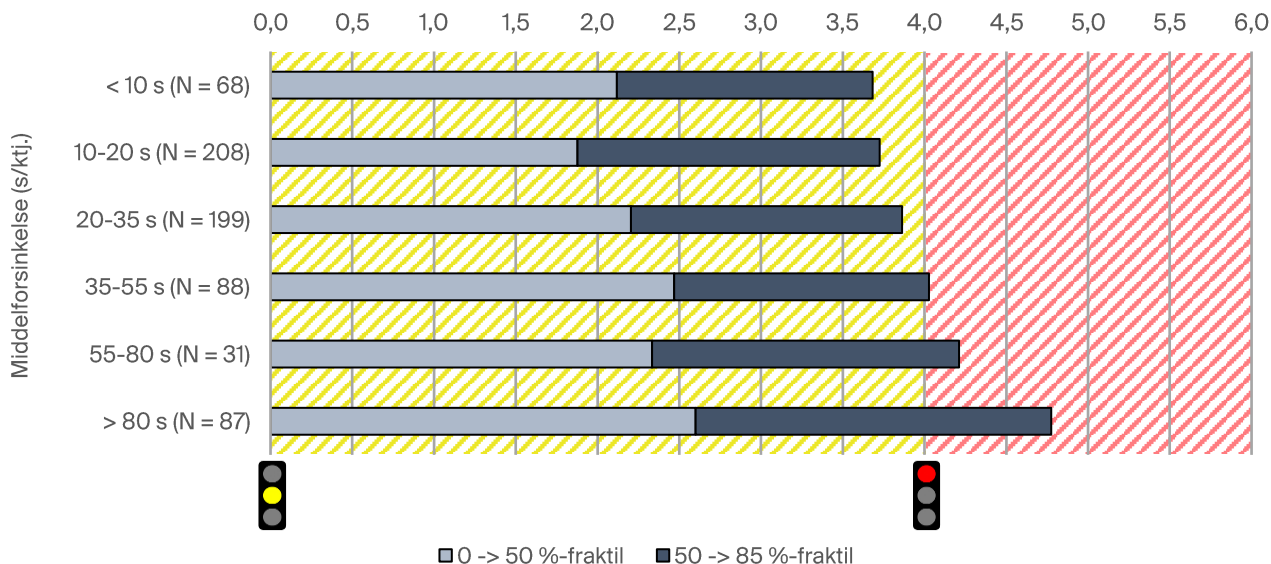


Figur 25. Gns. passagetid for 1. køretøj efter skift til grønt fordelt på antal cykler og lette trafikanter, der skal afvikles pr. omløb.

Som det var tilfældet med følgetiden, er en væsentlig pointe fra denne analyse, at 1. køretøjs passagetid ligeledes afhænger af antal cykler i tilfarten, men også af antallet af venstresvingende cykler og gående, der skal afvikles. Dette forhold er således også væsentligt for den senere kapacitetsanalyse.

3.7 Passagetid efter grønt, T_E

Der er foretaget en registrering af biltrafikens passagetid efter grønt, T_E , som er udtryk for, hvor længe efter skift fra grønt til gult lys, der stadig afvikles biltrafik fra højresvingbanen. Passagetiden efter grønt indgår i den senere vurdering af den effektive grøntid, E_{gr} .



Figur 26. Seneste bils passagetid efter grønt opgjort som 50 %- og 85 %-fraktil, fordelt på middelforsinkelse (sek. pr. køretøj). Bemærk, at i Danmark har gult lys altid en varighed på 4 sekunder.

Figur 26 viser passagetiden for biltrafikken blandt de biler, der har passeret stoplinjen som sidste køretøj i et omløb, når signalet er skiftet fra grønt til gult lys. Passagetiden er desuden opdelt efter, hvor længe bilerne har ventet i højresvingbanen. På figuren ses det, at passagetiden øges ved stigende middelforsinkelse (ventetid). Dvs. at jo længere tid, bilisterne har ventet i krydset, desto senere vælger den sidste bilist at køre over stoplinjen, selvom signalet er skiftet fra grønt.

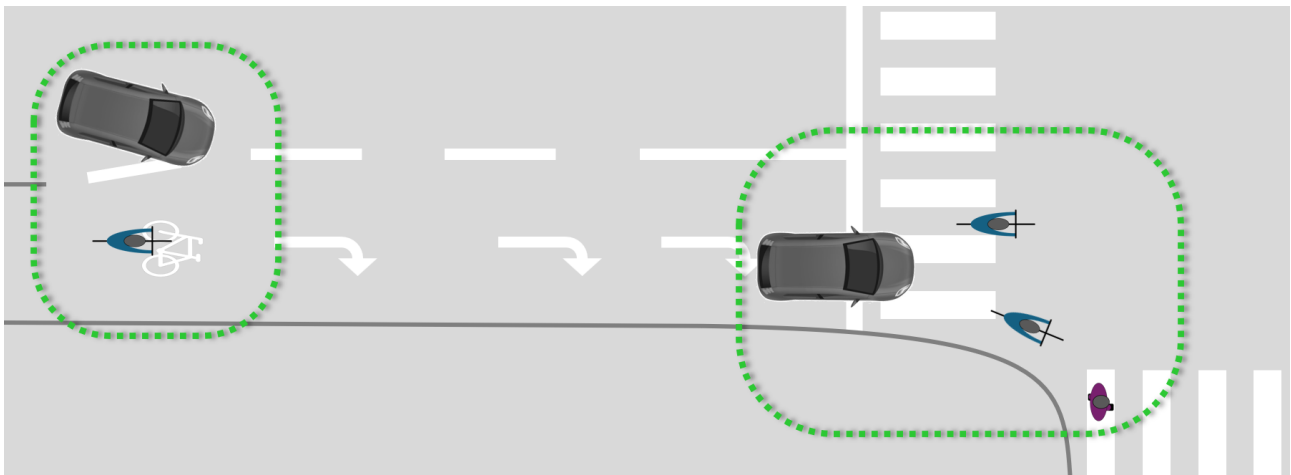
Ved en middelforsinkelse på op til 20 sekunder ligger medianen for seneste bil, der passerer stoplinjen, på ca. 2,1 sekunder efter skift fra grønt lys, mens 85 % passerer stoplinjen inden for 3,7 sekunder efter skift fra grønt. Men i takt med at middelforsinkelsen stiger, øges passagetiden også. Dette gælder i mindre grad for medianen, men i højere grad for 85 %-fraktilen. Ved en middelforsinkelse på mere end 35 sekunder pr. køretøj, ligger medianen på ca. 2,5 sekunder, mens 85 %-fraktilen er på ca. 4 sekunder – dvs. at 15 % af de seneste biler, der passerer stoplinjen, kører over for rødt (+4 sekunder efter skift fra grønt). Det er således udtryk for, at bilisternes tålmodighed bliver mindre, jo længere tid de skal vente i krydset.

I analysen er der kontrolleret for eventuelle forskelle i passagetiden mellem kryds hhv. med og uden (tilladt) venstresving fra modsatte side. Hypotesen herfor er, at de venstresvingende fra modsatte side, vil kunne påvirke passagetiden i højresvingbanen, da det vil få de højresvingende til i højere grad at bremse for gult (og rødt), hvis der holder biler og afventer at svinge til venstre. Dette forhold vurderes imidlertid ikke at være gældende.

4 Kapacitetsanalyse

Som adfærdsanalysen viser, forsinkes biltrafikken to steder i en afkortet cykelsti, som vist på figur 27:

1. I flettepunktet ved kørsel ind i højresvingsbanen, hvor biltrafikken potentielt skal afvente passage af cykler, der kommer kørende på cykelstien ind i højresvingsbanen.
2. I selve krydsområdet, hvor biltrafikken holder placeret i højresvingsbanen, men skal afvente eventuelle cykler og gående på tværs af sidevejen til højre.



Figur 27. I en afkortet cykelsti kan biltrafikken blive forsinket to steder, fordi de skal holde tilbage for cykler og/eller gående.

Kapacitetsanalysen er opdelt i underafsnit indeholdende beskrivelser af de forhold, der har betydning for kapaciteten i en højresvingsbane med afkortet cykelsti, hvor:

- Kapaciteten i krydsområdet afhænger af:
 - Cykeltrafikmængden i tilfarten pr. omløb
 - Tilfartens cykelandel i forhold til summen af lette trafikanter, LT%
 - Signalanlæggets omløbstid, O
 - Grøntidsandelen, Gr/O
 - Den effektive grøntid, E_{gr}
- Kapaciteten i flettepunktet afhænger af:
 - Cykeltrafikmængden i tilfarten pr. time
 - Cykeltrafikens ankomstfordeling til flettepunktet
 - Tidsafstande og kritisk interval ved flettemanøvre.

På baggrund af ovenstående forhold og principperne, som er beskrevet i afsnit 2.2, er der opstillet en model til at beregne kapacitet og belastningsgrad i en afkortet cykelsti.

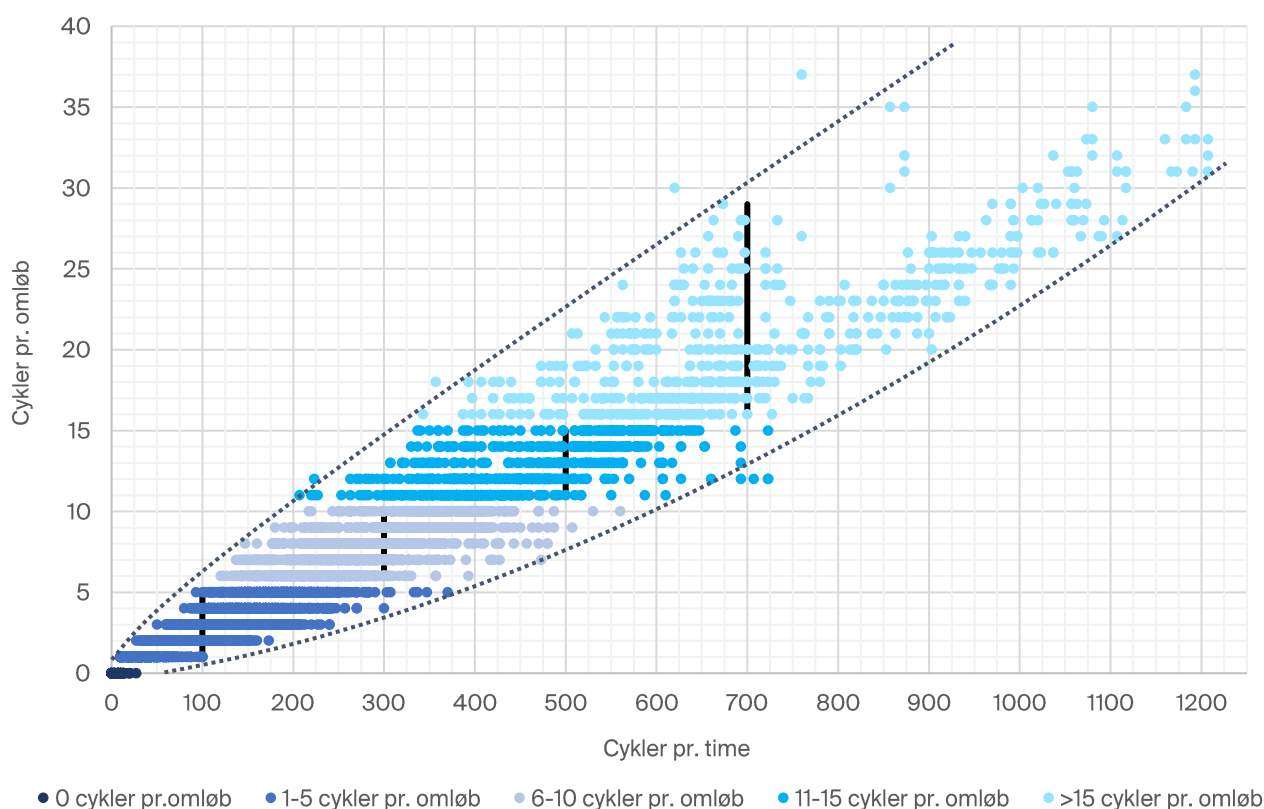
Modellens afsæt er at beregne kapaciteten i krydsområdet, hvorefter der korrigeres for en række faktorer med betydning for den samlede kapacitet i den afkortede cykelsti.

4.1 Cykeltrafikmængder

Da cykeltrafikmængden – særligt i tilfarten – er afgørende for kapaciteten i en afkortet cykelsti, er der foretaget en nærmere analyse af dette. I videoanalyserne er der således bl.a. foretaget en registrering af, hvor mange cykler der afvikles fra tilfarterne pr. omløb. Registreringerne varierer fra slet ingen cykler i et omløb og helt op til 37 cykler i et omløb.

Trafikafvikling opgjort pr. omløb er imidlertid ikke særlig anvendeligt i kapacitetssammenhæng, idet signalomløb både kan variere i længde og deraf i antal. Desuden kan grøntiden i et omløb også være forskellig. Det er derfor valgt at sammenligne trafikken, der afvikles pr. omløb, med timetrafikken, dvs. den registrerede trafik hen over en time (i samme time som omløbet), da timetrafikken ofte vil blive anvendt i en kapacitetsberegning.

Figur 28 viser registrerede sammenhænge mellem afviklet cykeltrafik pr. omløb og afviklet cykeltrafik i løbet af en hel time for de 10 lokaliteter med afkortet cykelsti. Det ses, at jo flere cykler der afvikles pr. omløb, desto større spredning er der på cykeltimetrafikken. Der kan således være stor forskel på, hvor mange cykler, der afvikles i løbet af en time, selvom der er registreret samme antal cykler pr. omløb. F.eks. varierer cykeltrafikmængden i omløb med 10 afviklede cykler fra 217 til 560 cykler på en time.



Figur 28. Afviklet cykeltrafik i tilfarten pr. omløb i forhold til cykeltrafikken i tilfarten i hele timen. Lodrette markeringer angiver anvendt gennemsnit for cykeltimetrafikken i kategorien. Bemærk, at der godt kan ligge flere punkter oven i hinanden.

På figuren ses fire lodrette markeringer. Disse udgør cykeltrafikken i løbet af en time fordelt på de fire intervaller af antal cykler pr. omløb. F.eks. er den typiske cykeltrafikmængde på en time for omløb med 1-5 cykler således ca. 100 cykler/timen.

Cykler (i tilfarten) pr. omløb	0	1-5	6-10	11-15	>15
Cykler (i tilfarten) pr. time	10	100	300	500	700

Tabel 4. Cykeltrafikmængde pr. omløb omsat til afrundede værdier for cykeltrafikmængde pr. time.

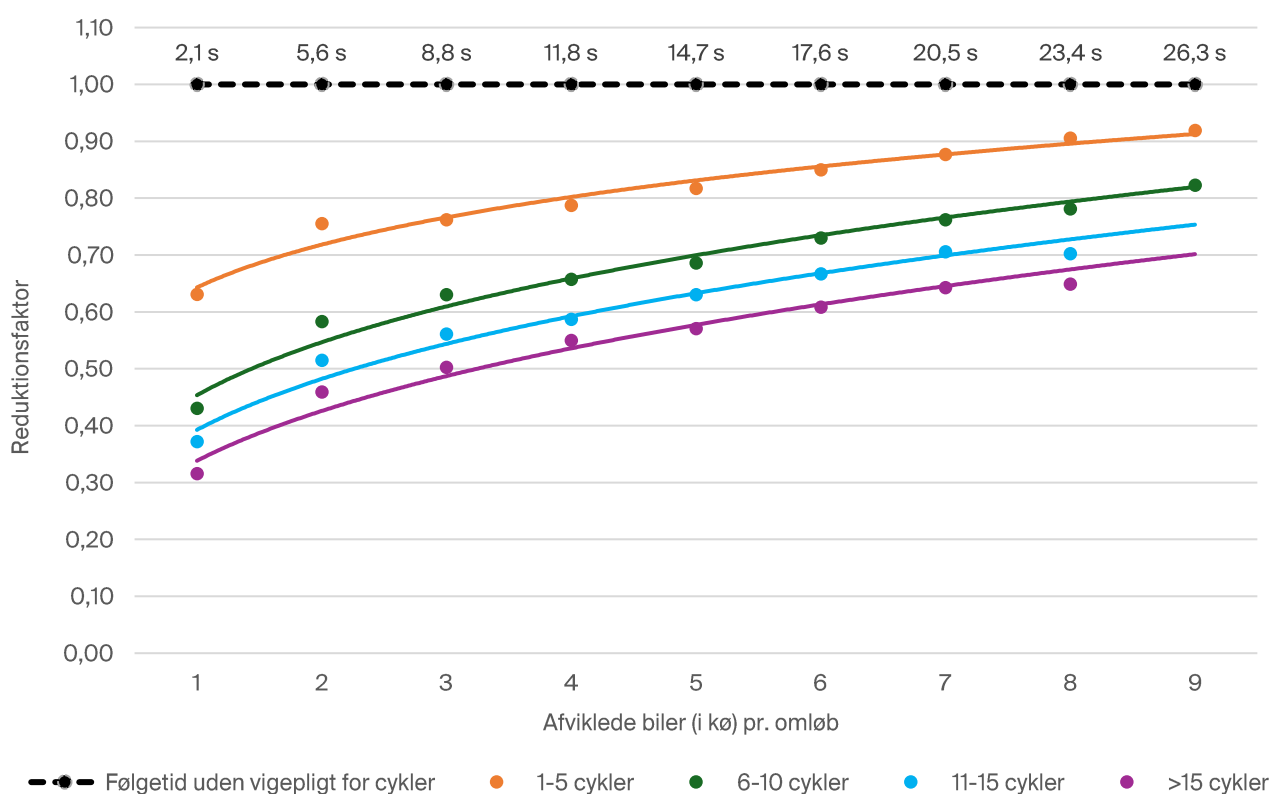
4.2 Kapacitet i krydsområdet

Kapaciteten i krydsområdet er afhængigt af, hvor mange køretøjer der kan afvikles pr. grøntidsenhed. Her viser adfærdsanalysen, at både tidspunktet for 1. køretøjs passage af stoplinjen i et omløb og følgetiderne for de efterfølgende køretøjer afhænger af, hvor mange cykler og gående der skal afvikles i grøntiden pr. omløb, og at tidstabt herfra især forekommer i starten af grøntiden.

At tidstabt er størst i starten af grøntiden, betyder samtidig også, at jo længere grøntiden er, desto mindre betydning har antallet af cykler og gående for kapaciteten.

4.2.1 Cykeltrafikken i tilfartens betydning for kapaciteten i krydsområdet

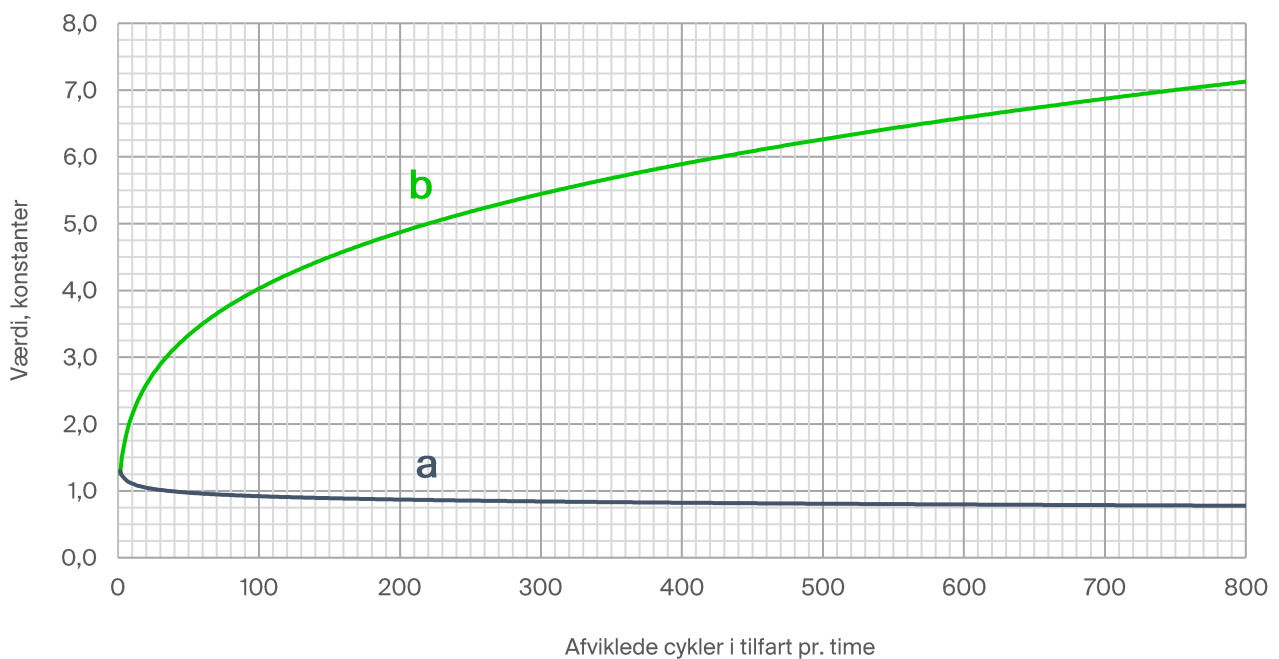
Figur 29 viser, hvor meget kapaciteten i krydsområdet kan forventes at blive reduceret sammenlignet med antallet af biler og cykler, der skal afvikles i tilfarten. Når der f.eks. skal afvikles 5 biler i et omløb, kan man forvente, at kapaciteten reduceres med ca. 30 %, hvis der samtidig skal afvikles 6-10 cykler – sammenlignet med et omløb uden cykler. Omsat til grøntidsbehov, betyder det, at hvor der i et omløb uden cykeltrafik i højresvingbanen vil gå ca. 15 sek. før 5. bil passerer stoplinjen, så vil 5. bil først passere stoplinjen ca. 21 sek. efter skift til grønt i et omløb med 6-10 cykler.



Figur 29. Reduktionsfaktor for biltrafikens kapacitet i krydsområdet afhængigt af, hvor mange biler og cykler i tilfarten, som skal afvikles i grøntiden pr. omløb.

Vha. biltrafikens passagetider, følgetider og deraf beregnede rektionsfaktorer, som afhænger af antal cykler i tilfarten, kan der opstilles et samlet udtryk for det nødvendige tidsforbrug, y , for at afvikle x personbilenheder. Formeludtrykket, der bedst kan beskrive denne sammenhæng, er en potensfunktion, $y = b \cdot x^a$.

Der er beregnet a - og b -konstanter for en sådan potensfunktion. På figur 30 ses en grafisk fremstilling af udviklingen for konstanterne, a og b , til potensmodellen.



Figur 30. Grafisk udvikling for konstanterne, a og b, udledt af potensfunktioner for cykeltrafik pr. omløb omregnet til timetrafik.

Konstanterne fremgår af tabel 5 for nogle udvalgte cykeltrafikmængder. Alternativt giver graferne mulighed for at aflæse konstanterne direkte for den ønskede cykeltrafikmængde.

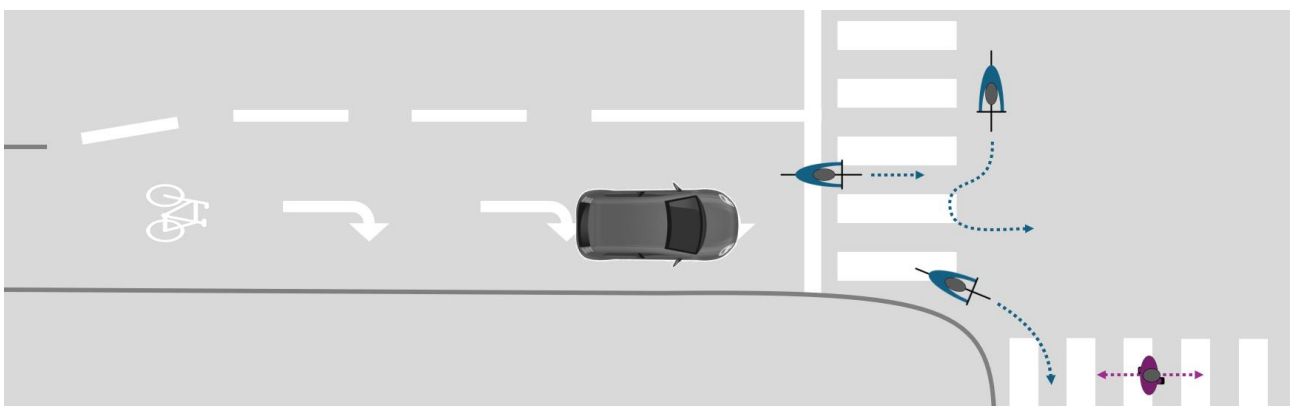
Cykler (i tilfarten) pr. time	10	50	100	200	300	400	500	600	700
a	1,10	0,97	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79
b	2,10	3,33	4,03	4,87	5,45	5,89	6,27	6,59	6,87

Tabel 5. Estimerede konstanter til beregning af forventet belastningsgrad.

4.2.2 Øvrige lette trafikanter betydning for kapaciteten i krydsområdet

Som adfærdsanalysen viser, er det ikke uvæsentligt for kapaciteten, hvordan fordelingen er mellem de fire strømme af lette trafikanter (figur 31), som indgår i undersøgelsen:

- Ligeudkørende cykler fra tilfarten
- Højresvingende cykler fra tilfarten
- Venstresvingende cykler kommende fra sidevejen til venstre
- Gående på tværs af sidevejen til højre.



Figur 31. Illustration af lette trafikanter med betydning for kapaciteten i en afkortet cykelsti.

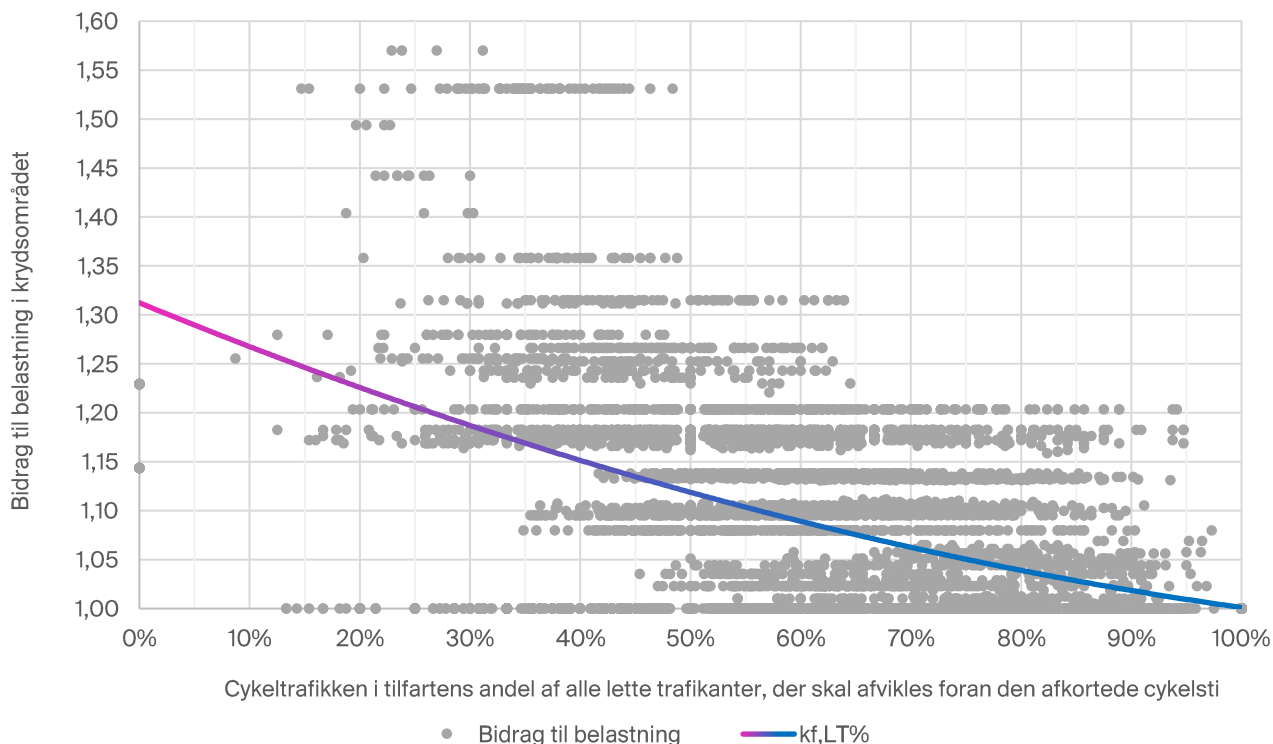
Tabel 6 viser en oversigt for de 10 lokaliteter og fordelingen mellem de fire analyserede strømme af lette trafikanter. Samlet for lokaliteterne varierer tilfartens andel fra 45 % til 76 % med et gennemsnit på 61 %. Generelt er andelen af venstresvingende cykler kommende fra sidevejen til venstre relativ beskeden (udgør gennemsnitligt ca. 4 %), mens andelen af gående på tværs af sidevejen til højre er markant større (udgør gennemsnitligt ca. 35 %).

Lokalitet	Cykler, højre	Cykler, ligeud	I alt fra tilfart	Cykler, fra venstre	Gående	Total
Aarhus, Chr. X's Vej	34	562	596	29	160	785
Aarhus, Skovvangsvej	31	1.338	1.369	92	376	1.837
Aarhus, Dollerupvej	636	1.686	2.322	14	1.240	3.576
København, Dag H. Allé	7	2.821	2.828	21	1.404	4.253
København, Øster Voldgade	68	3.104	3.172	259	1.285	4.716
Aarhus, Silkeborgvej	164	1.860	2.024	324	2.169	4.517
København, Vigerslev Allé	435	3.635	4.070	140	1.529	5.739
København, Vesterbrogade	816	3.910	4.726	259	1.630	6.615
København, Østerbrogade S	210	4.690	4.900	801	3.155	8.856
København, Østerbrogade N	801	5.898	6.699	230	5.486	12.415
Total	3.202 (6 %)	29.504 (55 %)	32.706 (61 %)	2.169 (4 %)	18.434 (35 %)	53.309

Tabel 6. Registrerede lette trafikanter fordelt på de 10 lokaliteter med afkortet cykelsti med angivelse af tilfartens andel.

For at undersøge, hvor stor betydning de øvrige lette trafikanter har for kapaciteten i krydsområdet, er der foretaget en sammenligning af belastningsgraden pr. omløb, dels beregnet ud fra cykeltrafikmængden i tilfarten, dels beregnet ud fra den totale sum af lette trafikanter, der skal afvikles.

Figur 32 viser sammenhængen mellem tilfartens andel af den totale sum af lette trafikanter, som skal afvikles i grøntiden, og størrelsen på bidraget herfra til at øge belastningen i krydset. Grafen viser, at jo større andel tilfarten udgør, desto mindre betydning har de øvrige lette trafikanter for kapaciteten.



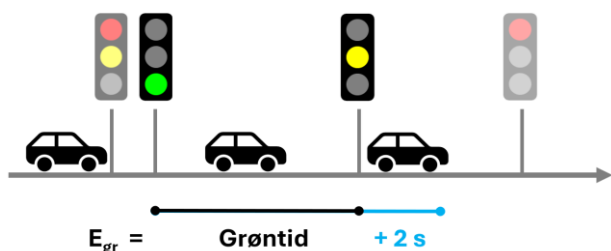
Figur 32. Bidrag til belastningen i krydset fra øvrige lette trafikanter ift. til andelen af cykeltrafik i tilfarten. Dvs. at en cykelandel på 100 % er ensbetydende med, at der hverken er venstresvingende cykler eller gående, som skal afvikles i grøntiden.

4.2.3 Den effektive grøntid, E_{gr}

Som tidligere beskrevet i afsnit 3.7, viser adfærdsanalyserne en sammenhæng mellem biltrafikkens ventetid i krydset, og hvor sent bilisterne vælger at køre ind i krydset, når signalet er skiftet fra grønt. Jo længere bilisterne har ventet i krydset, desto senere er de villige til at køre ind i krydset, selvom signalet for længst er skiftet til gult (eller rødt).

Denne sammenhæng mellem ventetid og passagetid efter grønt medfører reelt en forøgelse af den effektive grøntid, E_{gr} , og dermed en forbedring af kapaciteten i højresvingsbanen, idet en større del af gultiden udnyttes til at afvikle biltrafik. Der kan dog være ulemper forbundet med meget sene passager over for gult (eller rødt), da det kan ende med at påvirke trafikafviklingen fra andre strømme i krydset, som dermed må bremse/vente. Derfor er denne potentielle "gevinst" ikke taget i regning.

Det er således valgt ikke at graduere den effektive grøntid som følge af øget ventetid. I stedet er det valgt at benytte et konservativt skøn for den effektive grøntid, som er lig grøntiden inkl. et tillæg to sekunder (+2 sekunder) svarende til medianen for passagetiden efter grønt ved lav middelforsinkelse.



Figur 33. Princip for fastsættelse af den effektive grøntid, E_{gr} , for en afkortet cykelsti.

Forudsætningerne for fastsættelse af den effektive grøntid er dermed, at hele grøntiden kan udnyttes, og at den seneste bil til at passere stoplinjen, gør det op til to sekunder efter skift til gult lys.

4.3 Kapacitet i flettepunktet

4.3.1 Cykeltrafikkens ankomstfordeling

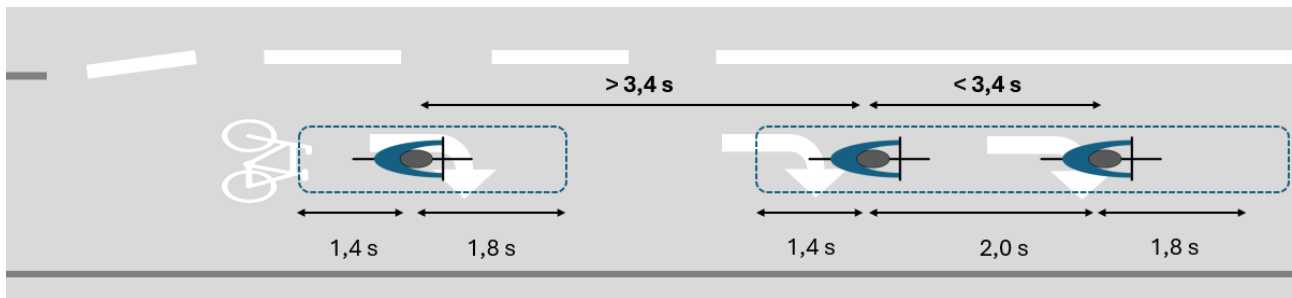
I afsnit 3.3 blev det undersøgt, hvor store tidsafstandene (mindst) skal være hhv. foran, bagved og mellem to cyklister, hvis biltrafikken skal kunne trække ind i højresvingsbanen, se figur 19:

- Mindst 3,4 sekunder mellem to cyklister
- Mindst 1,8 sekunder foran en cyklist, der kører alene
- Mindst 1,4 sekunder bagved en cyklist, der kører alene.

Kombineret med antallet af cyklister, der er registreret i de 10 tilfarter, har disse tre grænseværdier betydning for, hvor meget "resttid" der er til rådighed for biltrafikken – dvs. hvor meget cykeltrafikken fylder og dermed spærrer for biltrafikken flettepunktet.

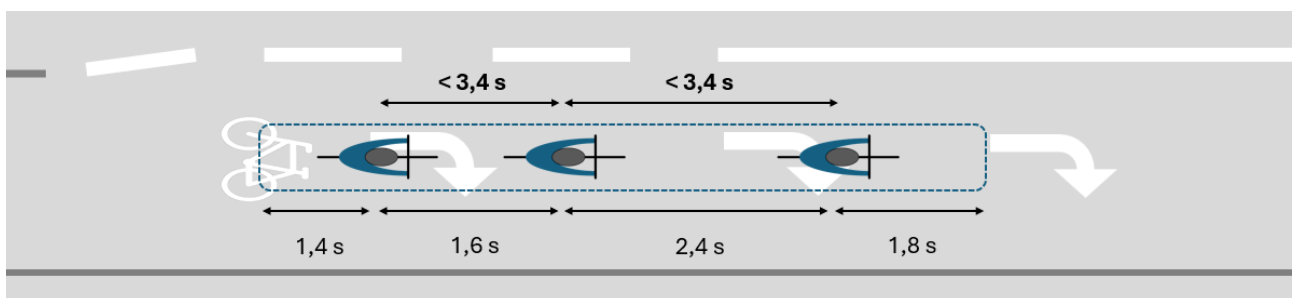
Selve beregningen af resttiden kan bedst forklares gennem tre eksempler:

Eksempel 1: Tre cyklister kører på en afkortet cykelsti ind i højresvingsbanen. To af cyklisterne kører tæt og fylder tilsammen 5,2 sekunder, mens cyklisten, der kører alene, fylder 3,2 sekunder. De tre cyklister fylder samlet 8,4 sekunder (gennemsnitligt 2,8 sekunder pr. cyklist).



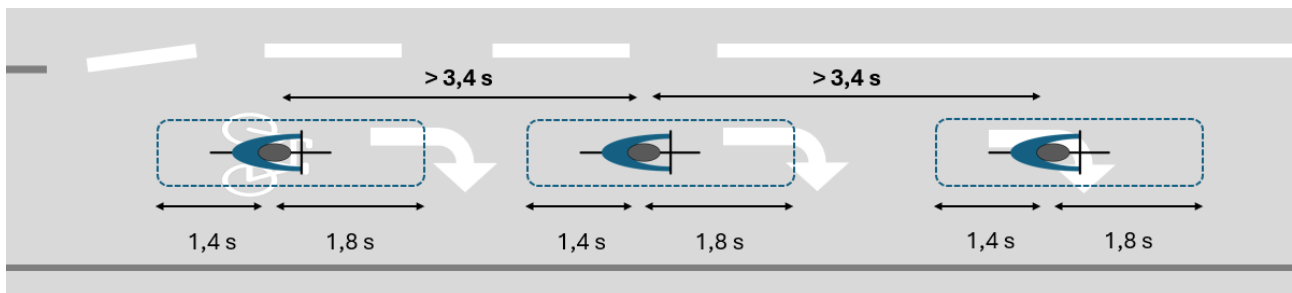
Figur 34. Illustration af Eksempel 1 på hvor meget tre cyklister fylder ved såkaldt 'blandet' ankomst

Eksempel 2: De tre cyklister kører alle tæt. Tidsafstanden mellem dem er nu mindre end 3,4 sekunder, hvorfor der ikke anses at være plads imellem dem. Cyklisterne fylder tilsammen 7,2 sekunder (gennemsnitligt 2,4 sekunder pr. cyklist).



Figur 35. Illustration af Eksempel 2 på hvor meget tre cyklister fylder ved såkaldt 'doseret' ankomst.

Eksempel 3: De tre cyklister kører ind i højresvingbanen med større tidsafstand til hinanden, hvorfor der opstår plads mellem cyklisterne. Hver enkelt cyklist fylder det samme, og samlet fylder de 9,6 sekunder (gennemsnitligt 3,2 sekunder pr. cyklist).



Figur 36. Illustration af Eksempel 3 på hvor meget tre cyklister fylder ved såkaldt 'spredt' ankomst.

Ovenstående eksempler taget i betragtning, så kan cyklisterne principielt fylde meget lidt, f.eks. hvis cyklisterne kører ved siden af hinanden. Omvendt kan en cyklist maksimalt fylde 3,5 sekunder ($3,4 / 2 + 1,8$ sekunder).

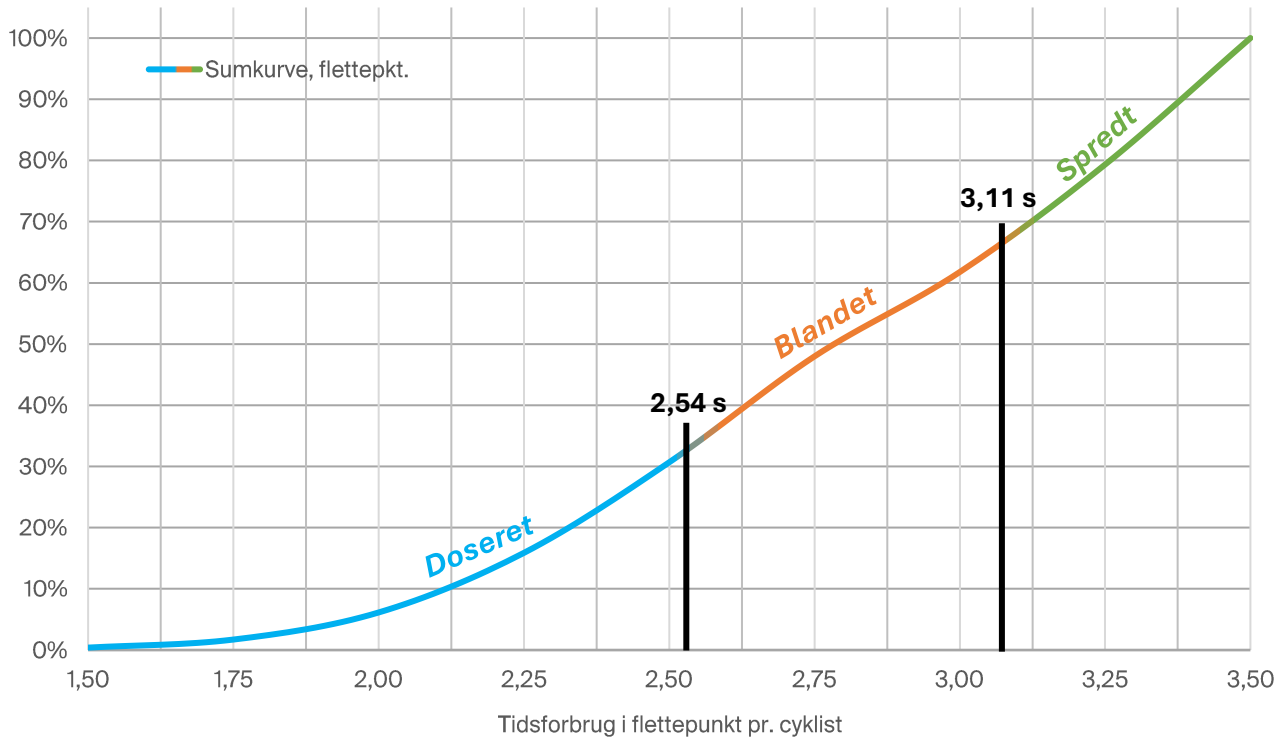
4.3.2 Resttid i flettepunktet

For at undersøge hvordan cyklisterne ankomstfordeling reelt påvirker kapaciteten i den afkortede cykelsti, er cyklisterne blevet inddelt efter, hvor meget tid de optager i flettepunktet. Kun ganske få af cyklisterne (< 0,5 %) fylder mindre end 1,5 sekund, mens langt størstedelen af cyklisterne fylder 1,5-3,5 sekunder.

Ud fra tredjedelspunkterne er cyklisterne blevet inddelt i tre ankomsttyper:

- Doseret ankomst (< 2,5 sekunder)
- Blandet ankomst (2,5 – 3,1 sekunder)
- Spredt ankomst (> 3,1 sekunder).

Figur 37 viser princippet for inddelingen i de tre ankomststyper.

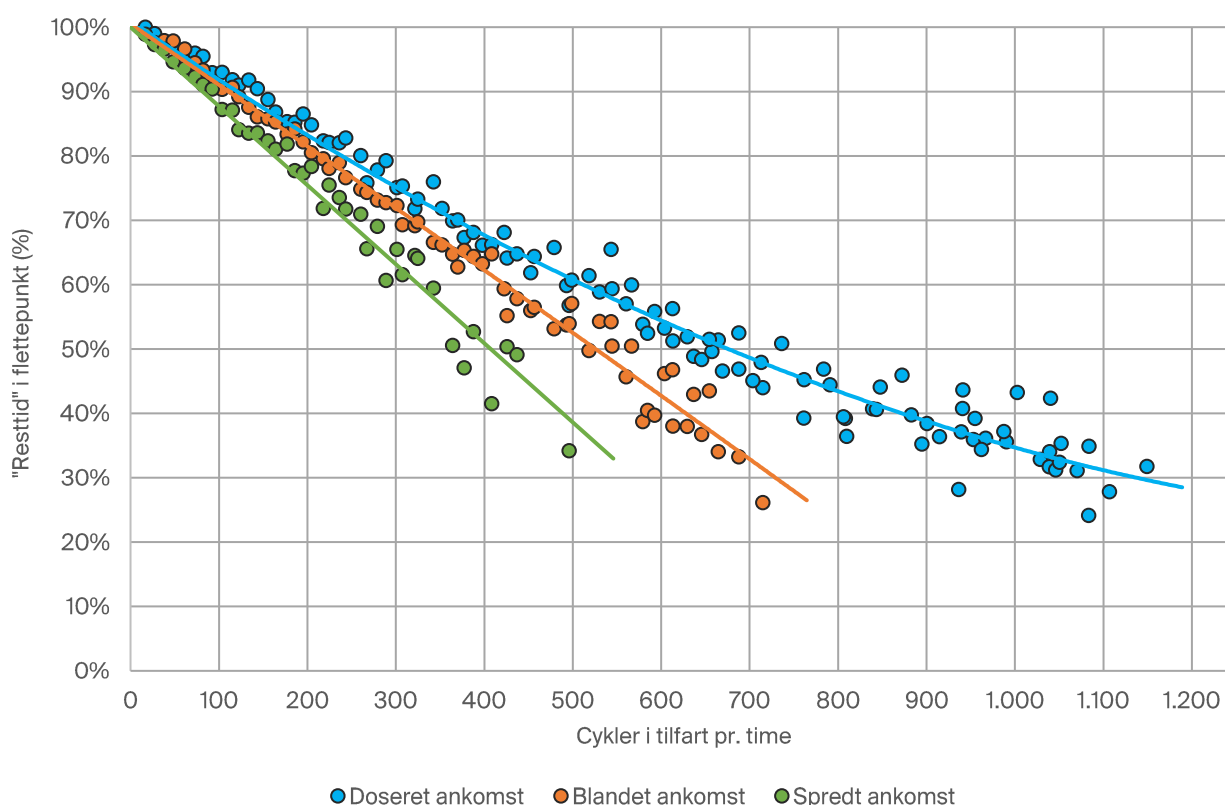


Figur 37. Princip for inddeling af cyklister i tre ankomststyper, hhv. doseret, blandet og spredt ankomstfordeling.

Når cyklisternes ankomststype og tidsforbrug kombineres med antallet af registrerede cykler, f.eks. i løbet af en time, er det muligt at beregne, hvor meget resttid der er til rådighed i flettepunktet i løbet af denne time.

Figur 38 viser resttiden i flettepunktet, som er afhængig af antallet af cykler i tilfarten pr. time samt cykeltrafikkens ankomststype i denne time. Jo mere spredt cyklisterne ankommer til højresvingsbanen, desto mindre tid er der til rådighed for biltrafikken.

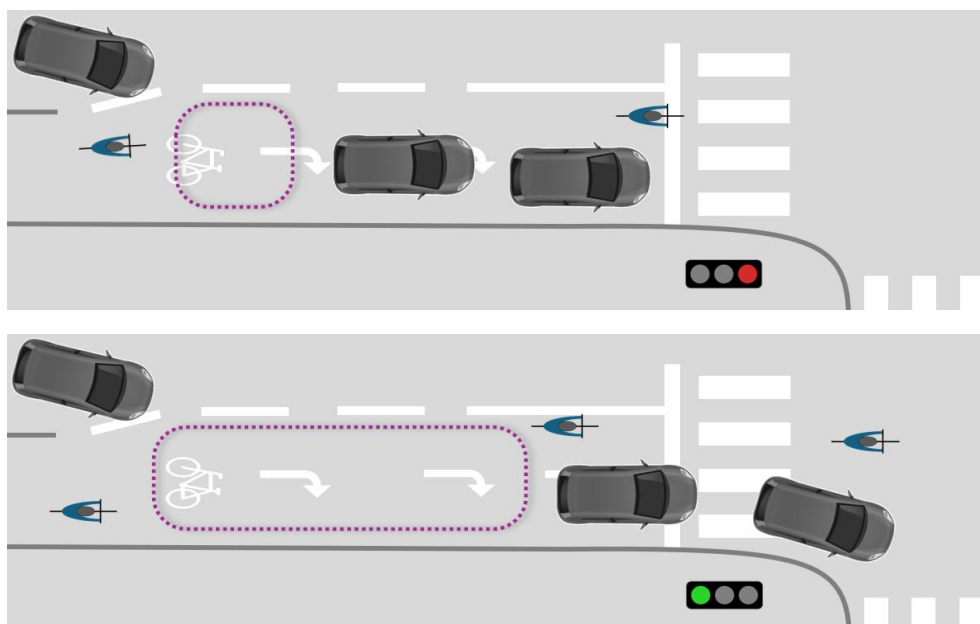
Samtidig viser figuren også, at der for 'spredt' ankomst er et maks. på ca. 500 cykler pr. time. Herefter kører cyklisterne så tæt, at de automatisk "springer" over i den næste kategori. Det samme gør sig gældende for 'blandet' ankomst, som ligeledes har et maks. antal cykler på ca. 725 cykler pr. time.



Figur 38. Sammenhæng mellem tilgængelig resttid i flettepunktet afhængigt af registrerede cykler i tilfarten pr. time.

4.3.3 Biltrafikkens følgetid i flettepunktet og resttidens betydning for kapaciteten

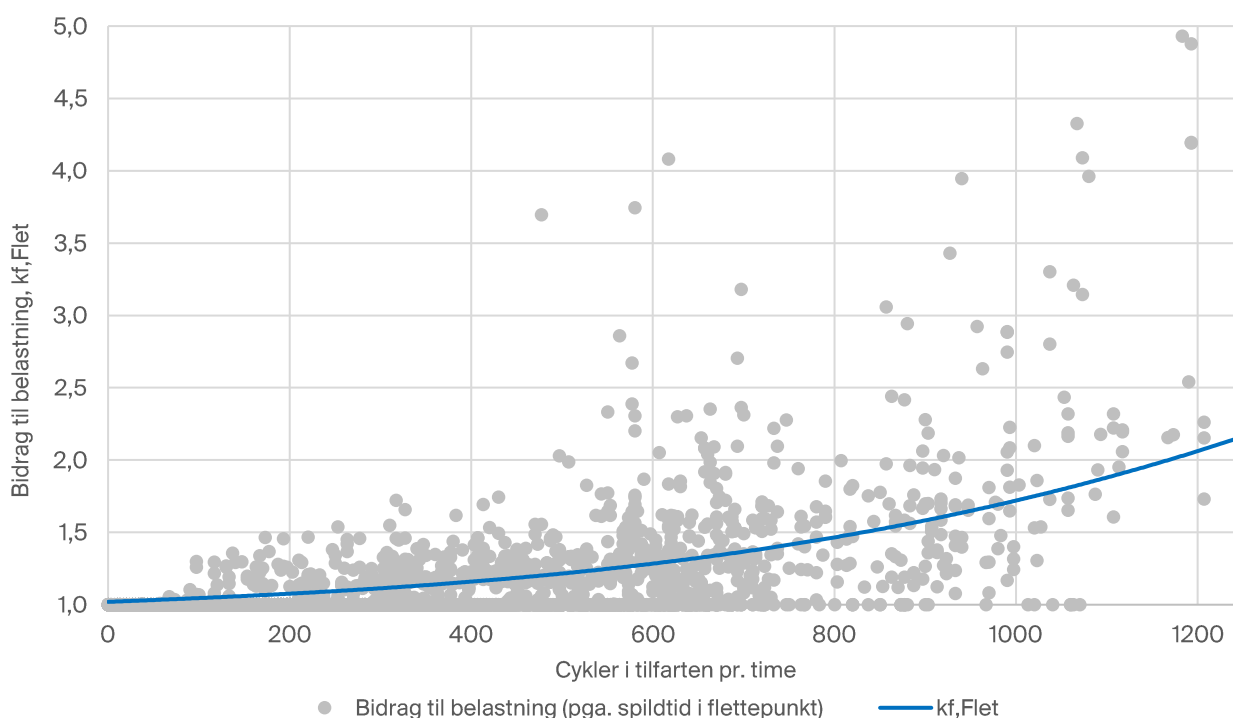
Når cykeltrafikken spærrer for biltrafikken i flettepunktet, stopper bil-flowet ind i højresvingbanen, hvormed der kan opstå "spildtid" i krydsområdet, som illustreret på figur 39. Derfor har både biltrafikkens følgetid og resttiden i flettepunktet betydning for, hvor mange biler der kan afvikles.



Figur 39. Princip for, hvordan der kan opstå spildtid i krydsområdet, når bil-flowet stoppes.

I afsnit 3.4 blev biltrafikkens følgetid i flettepunktet undersøgt. Analysen viste, at følgetiden er afhængig af antal cyklende: Jo flere cyklende, der skal afvikles, desto højere bliver følgetiden. Biltrafikkens følgetid i flettepunktet er i denne sammenhæng anvendt til at beregne kapaciteten i flettepunktet, dvs. antallet af biler, der kan afvikles i resttiden.

Figur 40 viser sammenhængen mellem antal cykler i tilfarten og størrelsen på bidraget herfra til at øge belastningen i den afkortede cykelsti. Grafen viser, at jo flere cykler, der skal afvikles i tilfarten, desto større er flettepunktets bidrag til den samlede belastning, fordi kapaciteten i flettepunktet reduceres.



Figur 40. Bidrag til belastning i en afkortet cykelsti pga. reduceret kapacitet i flettepunktet afhængigt af cykeltrafikmængden.

4.3.4 Ankomstfordeling i grøntiden

Som tidligere illustreret på figur 39, kan cykeltrafikken standse biltrafikkens flow ind i højresvingbanen, hvormed der kan opstå spildtid i krydsområdet. Spildtid er dog primært et problem, når der er grønt lys i krydset, og der afvikles trafik fra højresvingbanen. Hvis der er rødt lys, afvikles derimod ikke trafik i krydset, hvorfor det er mindre kritisk, hvis en bil skal vente lidt på at komme ind i højresvingbanen.

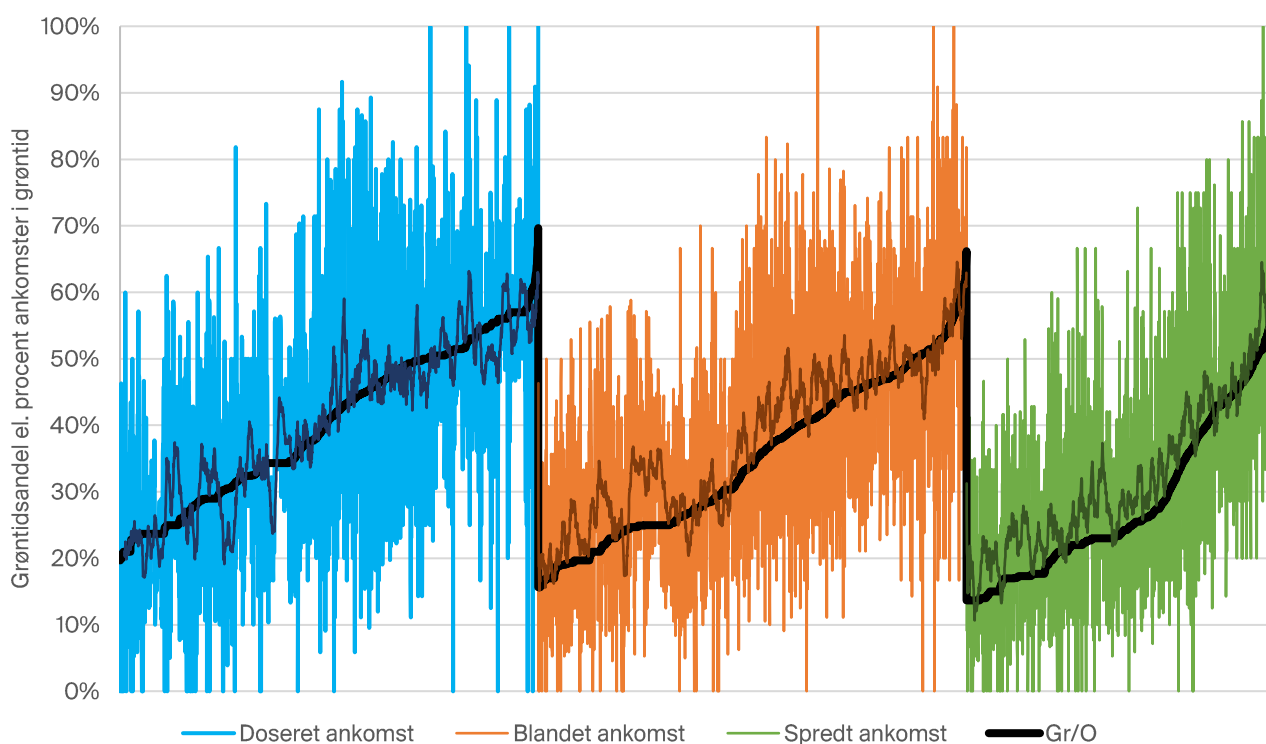
For at korrigere herfor, er der foretaget en vurdering af sandsynligheden for, at cyklisterne vil ankomme til krydset i grøntiden, hvor de risikerer at spærre for biltrafikken. Teorien bag dette er, at når en kolonne af cyklister bevæger sig fra et signalreguleret kryds og videre til det næste, vil cyklisterne typisk køre med forskellige hastigheder, og derfor vil der ske en vis spredning undervejs. Jo større afstand mellem de to kryds, desto større spredning vil der som udgangspunkt opstå. Omvendt, hvis der er relativ kort afstand mellem de to kryds, vil cykelkolonnen ikke nå at "strække sig" ret meget, og cyklisterne vil derfor ankomme til næste kryds nogenlunde samlet.

Erfaringer fra denne undersøgelse viser dog, at det ikke kun er afstanden mellem de to signalregulerede kryds, der definerer spredningen på cykeltrafikken. Også grøntiden i det forrige signalregulerede kryds har stor betydning for cyklisternes ankomstfordeling til krydset med afkortet cykelsti. Det skyldes, at en lang grøntid i det forrige kryds ikke vil få cyklisterne til at "klumpe sig sammen", som hvis der kun er grønt i kort tid.

Kort afstand fra forrige signalregulerede kryds, kombineret med en relativ kort grøntid i det næstkommende signalanlæg, vil tilsammen medføre stor sandsynlighed for, at hovedkolonnen af cyklister vil ankomme, mens der er rødt lys. Omvendt vil en større grøntidsandel, Gr/O, medføre større sandsynlighed for, at hovedkolonnen ankommer til krydset i grøntiden, hvormed de kan spærre for biler, der vil trække ind i højresvingsbanen.

Bemærk, at der i de ovenstående betragtninger ikke er taget højde for, hvis de to anlæg reelt er samordnede mht. cykeltrafikken.

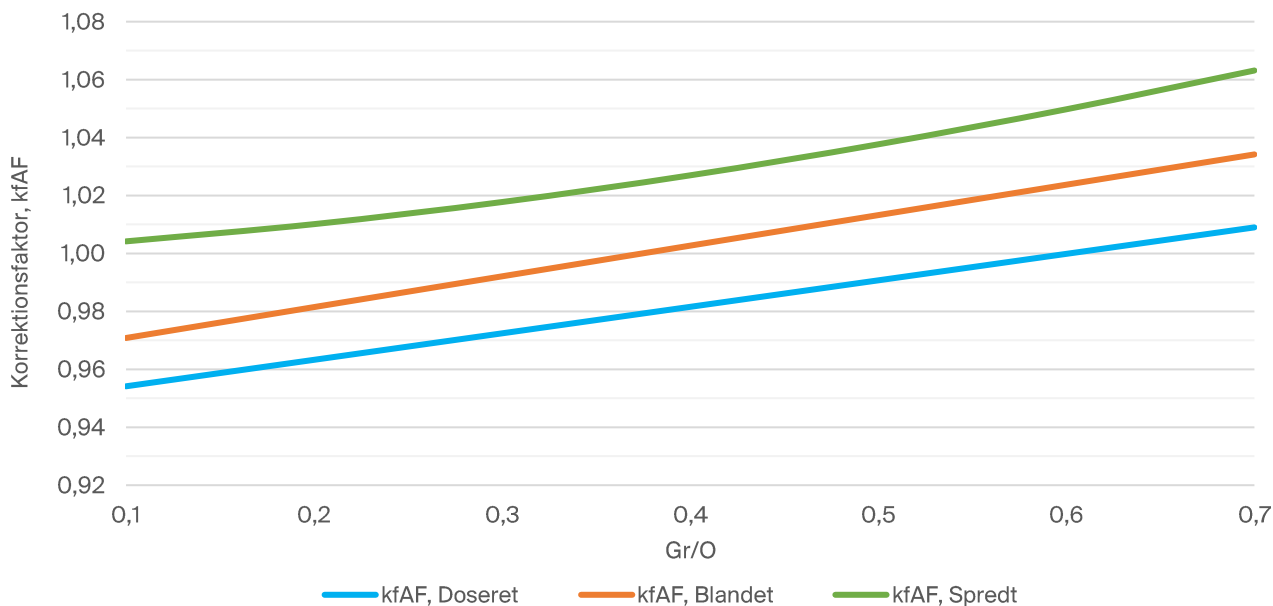
Figur 41 illustrerer sammenhængen mellem grøntidsandelen, Gr/O, og hvor stor en andel af cyklisterne, der ankommer til krydsene i grøntiden, afhængigt af deres respektive ankomsttype. Som det ses på figuren, er der for alle tre ankomsttyper både registreret omløb, hvor alle cyklister ankommer for grønt lys (100 %), og ingen cyklister ankommer for grønt lys (0 %). Yderligere ses det, at der generelt er god sammenhæng mellem grøntidsandelen og andel cyklister, der ankommer til krydset i grøntiden. Opdelt på ankomsttyper, er det 'doseret' ankomst, der bedst følger grøntidsandelen, mens både 'blandet' og 'spredt' ankomst generelt har flere ankomster i grøntiden sammenholdt med grøntidsandelen.



Figur 41. Sammenhæng mellem grøntidsandelen pr. omløb (Gr/O), og hvor stor en andel af cykeltrafikken, der ankommer til krydset i grøntiden (inkl. et glidende gennemsnit). Figuren er inddelt efter de tre ankomsttyper: 'Doseret', 'Blandet' og 'Spredt'. Figuren er desuden rangeret efter 1) ankomstfordeling og 2) grøntidsandel. Figuren viser ikke omløb med færre end fem cykler.

Figur 42 viser en opgørelse for, hvor meget cykeltrafikkens ankomstfordeling vurderes hhv. at forbedre eller forværre belastningsgraden i flettepunktet. Jo større spredning, der er på cyklisterne (de ankommer mere jævnt fordelt til krydset), desto mere vil de spærre for biltrafikken, og jo større grøntidsandel, desto større sandsynlighed for, at cyklisterne ankommer for grønt lys.

Det bemærkes, at korrektionsfaktoren for cykeltrafikkens ankomstfordeling, k_{fAF} , i øvrigt skal ses i sammenhæng med korrektionsfaktoren for cykeltrafikmængden i flettepunktet, k_{fFlet} (figur 40).



Figur 42. Korrektion som følge af cykeltrafikkens ankomstfordeling og grøntidsandelen, Gr/O. Korrektionsfaktorerne k_{fAF} skal ses i sammenhæng med k_{fLet} .

4.4 Beregningsmodel

Som tidligere beskrevet, viser analyserne, at biltrafikkens tidstab er størst i starten af grøntiden. Dvs. at jo længere grøntiden er, desto mindre betydning har antallet af cykler og gående for kapaciteten. Dette forhold er derfor væsentligt at inkludere i en beregningsmodel for kapaciteten i en afkortet cykelsti.

Udgangspunktet for at beregne biltrafikkens tidsforbrug pr. omløb er en potensmodel, $y = b \cdot x^a$, hvormed der netop bliver taget højde for ekstra tidstab i starten af grøntiden. Samtidig kan der vha. konstanterne, b og a , tages højde for, hvor mange cykler der skal afvikles sammen med biltrafikken. Desuden har både antallet af omløb, O , i beregningsperioden, T , betydning for kapaciteten, fordi tidstabet er størst i starten af grøntiden.

Beregningsmodellen er baseret på, hvor meget biltrafik, der skal afvikles i en given beregningsperiode, T . Typisk er der ønske om at kende belastningen hen over en (spids)time. Da potensmodellen undersøger kapaciteten pr. omløb, er det nødvendigt også at kende trafikmængden pr. omløb. Ved at dividere omløbstiden, O , med beregningsperioden, T , og derefter gange dette med N_{PE} , som er antal personbilenheder, der skal afvikles i beregningsperioden, fås det antal personbilenheder, der skal afvikles pr. omløb. Dvs. at x 'et i potensfunktionen er det antal køretøjer, der skal afvikles pr. omløb.

Cykler (i tilfarten) pr. time	10	50	100	200	300	400	500	600	700
a	1,10	0,97	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79
b	2,10	3,33	4,03	4,87	5,45	5,89	6,27	6,59	6,87

Tabel 7. Estimerede konstanter til beregning af forventet belastningsgrad.

Med potensfunktionen samt konstanterne b og a beregnes således det samlede antal sekunder pr. omløb, y , der skal bruges på at afvikle x biler. Ved at dividere tidsforbruget/-behovet for x biler med den effektive grøntid (hvor der reelt kan afvikles trafik), E_{gr} , fås belastningsgraden (pr. omløb).

Belastningsgraden i en afkortet cykelsti kan beregnes med følgende formel:

$$B = \frac{b \cdot \left(N_{PE} \cdot \frac{O}{T} \right)^a \cdot k_{fAF} \cdot k_{fLet} \cdot k_{fLT\%}}{E_{gr}}$$

hvor:

N_{PE} = Antallet af personbilenheder i beregningsperioden (PE/T)

T = Beregningsperiodens længde i sekunder (s)

O = Omløbstiden i sekunder (s)

E_{gr} = Grøntiden pr. omløb i sekunder (s) + 2 sekunder for kørsel over for gult lys

k_{fAF} = Korrektionsfaktor, som tager højde for cykeltrafikkens ankomstfordeling

k_{fFlet} = Korrektionsfaktor for cykeltrafikmængden i flettepunktet

$k_{fLT\%}$ = Korrektionsfaktor for, som tager højde for cykeltrafikken i tilfartens andel af det samlede antal lette trafikanter i krydsområdet foran den afkortede cykelsti.

Som det fremgår, skal modellen altså korrigeres med tre korrektionsfaktorer, som beskrevet i afsnit 4. Det bemærkes i øvrigt, at modellen ikke er udviklet til afkortede cykelstier i vigepligtskryds.

4.4.1 Korrektionsfaktorer

Korrektionsfaktorerne k_{fAF} og k_{fFlet} pga. reduceret kapacitet i flettepunktet før krydset

Til at korrigere for reduceret kapacitet i flettepunktet, er der udviklet to korrektionsfaktorer. Den ene korrektionsfaktor, k_{fAF} , tager højde for dels cykeltrafikkens spredning ved kørsel ind i højresvingsbanen, der har betydning for biltrafikkens mulighed for at komme ind i højresvingsbanen, dels grøntidens andel af omløbstiden, der har betydning for, hvor stor en andel af cykeltrafikken, som kan forventes at ankomme til krydset i grøntiden.

k_{fAF}		Cyklisternes ankomstfordeling til krydset		
		Doseret	Blandet	Spredt
Gr/O	0,1	0,95	0,97	1,00
	0,2	0,96	0,98	1,01
	0,3	0,97	0,99	1,02
	0,4	0,98	1,00	1,03
	0,5	0,99	1,01	1,04
	0,6	1,00	1,02	1,05
	Gns.	0,98	1,00	1,03

Tabel 8. Korrektionsfaktor, k_{fAF} , for cyklisternes ankomstfordeling til krydset.

I flettepunktet afhænger biltrafikkens mulighed for at trække ind i højresvingsbanen også af cykeltrafikmængden. Jo flere cyklister, desto længere tid "spærrer" de for biltrafikken. Denne faktor er således udtryk for, hvor meget belastningen øges, fordi der opstår spildtid i højresvingsbanen.

Cykler i tilfarten pr. time	10	50	100	200	300	400	500	600	700
k_{fFlet}	1,02	1,03	1,04	1,08	1,12	1,16	1,21	1,28	1,37

Tabel 9. Korrektionsfaktor, k_{fFlet} , for cykeltrafikmængden i tilfartens betydning for spildtiden i højresvingsbanen.

Korrektionsfaktor $k_{fLT\%}$ pga. reduceret kapacitet i krydsområdet fra øvrige lette trafikanter

Til at korrigere for reduceret kapacitet pga. andre lette trafikanter (foruden cyklister i tilfarten), er der udviklet endnu en korrektionsfaktor. Denne er udtryk for, hvor meget belastningen stiger, afhængigt af hvor mange øvrige lette trafikanter der skal afvikles i krydset, dvs. gående på tværs af sidevejen (til højre) samt ligeudkørende cykler efter venstresving (stort venstresving fra sidevejen).

Cykeltrafikken i tilfartens andel	≤30 %	40%	50%	60%	70%	80%	≥90%	Ukendt
$k_{fLT\%}$	1,21	1,18	1,11	1,08	1,06	1,04	1,03	1,08

Tabel 10. Korrektionsfaktoren, $k_{fLT\%}$, for tilfartens andel af alle lette trafikanter i krydset foran den afkortede cykelsti.

4.4.2 Eksempel på brug af beregningsmodel

Det følgende afsnit beskriver et eksempel på anvendelse af beregningsmodellen med udgangspunkt i den afkortede cykelsti på Silkeborgvej / Ringgaden (O1) i Aarhus.

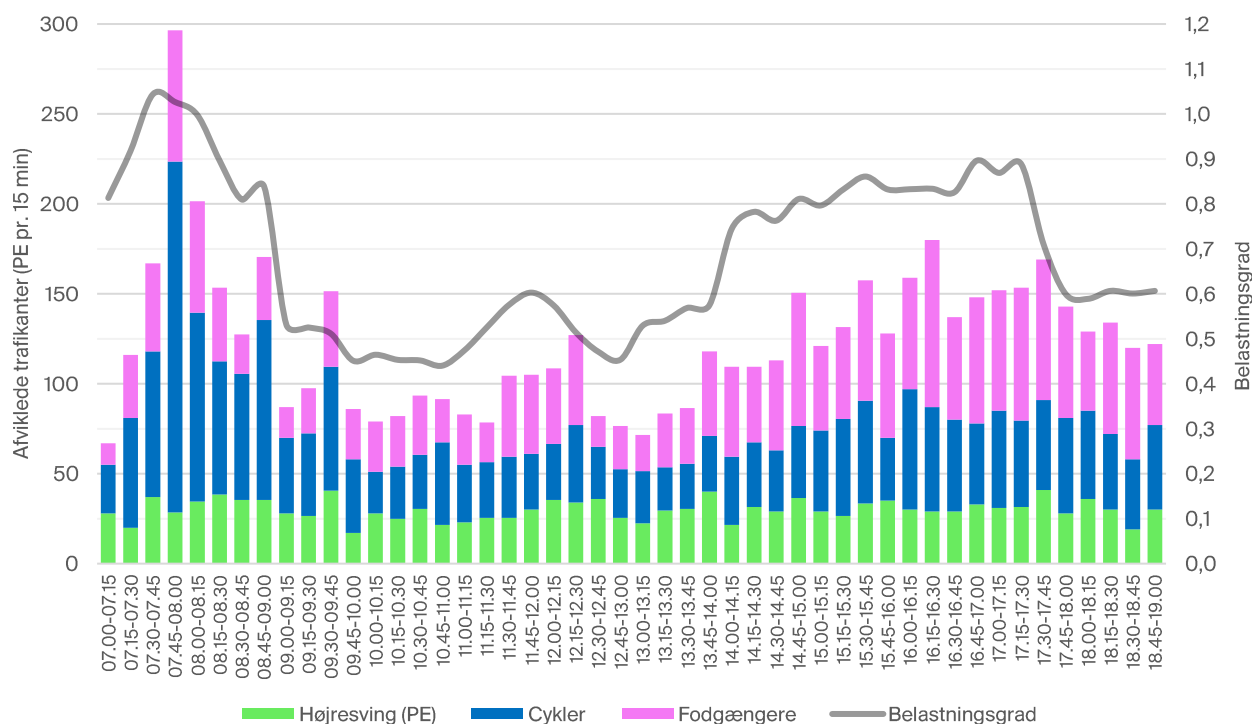
Trafiktællingen på Silkeborgvej viser, at den største sammenhængende time for højresvingende motorkøretøjer er kl. 8-9, hvor der er registreret svarende til 142 personbilenheder. Samlet for både motorkøretøjer, cykler og gående ligger den største time dog fra kl. 7.30-8.30, hvor der er registreret:

- 134 højresvingende motorkøretøjer (PE)
- 395 cykler i tilfarten ($k_{f_{LT\%}} = 60\%$, $k_{f_{AF}} = \text{Blandet}$)
- 60 venstresvingende cykler fra venstre
- 225 langsgående fodgængere.

I morgenspidstimen er der registreret en gennemsnitlig omløbstid og grøntid på Silkeborgvejs vestlige vejgren på hhv. 120 og 22 sekunder. Kapacitetsberegningen for den afkortede cykelsti på Silkeborgvej viser dermed en **belastningsgrad på 1,0** i morgenspidstimen kl. 7.30-8.30:

$$B = \frac{b * \left(N_{PE} * \frac{O}{T}\right)^a * k_{f_{AF}} * k_{f_{Flet}} * k_{f_{LT\%}}}{E_{gr}} = \frac{5,87 * \left(134 * \frac{120}{3.600}\right)^{0,82} * 0,98 * 1,16 * 1,08}{22 + 2} = 1,0$$

På figur 43 ses trafikafviklingen opdelt på intervaller a' 15 min med angivelse af belastningsgraden. Den relativt høje belastningsgrad stemmer godt overens med videoobservationerne. I morgenspidstimen forekommer der således store kødannelser i højresvingsbanen – især fordi der skal afvikles mange cykler. Deraf opstår der flere omløb, hvor der kun afvikles 3-4 biler i grøntiden, og flere bilister oplever at må vente to omløb. I hele tidsrummet kl. 7-19 ligger svingbanens gennemsnitlige **belastning på 0,6**.



Figur 43. Afviklet biltrafik (PE), cykler og gående pr. 15 min med angivelse af belastningsgrad i den afkortede cykelsti på Silkeborgvej i Aarhus.

5 Konklusion

5.1 Videoobservation og -analyse af kapacitet i afkortede cykelstier

Formålet med denne undersøgelse har været at dokumentere forskellige parametres effekt på kapacitet og fremkommelighed i afkortede cykelstier i signalregulerede kryds. Gennem et videoobservationsstudie er det undersøgt, hvordan afkortede cykelstier fungerer med forskellige trafikmængder og udformninger, og hvor stor betydning det har for fremkommeligheden for bil- og cykeltrafikken. Desuden er det undersøgt, om løsningen har en egentlig kapacitetsgrænse, som bør tages i betragtning, når der planlægges og vælges krydsløsninger for cyklister.

Vha. videooptagelser fra 10 lokaliteter med afkortet cykelsti i Aarhus og København er bl.a. ændringer i trafikantadfærd, ventetid og hastighed analyseret afhængigt af trafikmængden – både mht. selve antallet af trafikanter, men også fordelingen mellem biler og cykler, cyklernes spredning ved ankomst til krydset (ankomstfordelingen), samt geometrien, herunder højresvingsbanens bredde og længde. Desuden er det undersøgt, om der er nogle særlige omstændigheder, som fremprovokerer uheldige situationer eller medfører en ændret adfærd hos enten cyklister eller bilister.

Endelig er der opstillet en model, hvormed det er muligt at beregne kapacitet og belastningsgrad i en given tilfart med afkortet cykelsti ud fra en række parametre, bl.a. trafikmængde, grøntid og omløbstid. Her har fokus bl.a. været på at gøre modellen praktisk anvendelig – f.eks. ved at brugeren kun skal anvende de datakilder/-typer, som typisk er til rådighed for trafikplanlæggere, vejingeniører mv.

5.2 Hvordan påvirkes trafikantadfærden?

I undersøgelsen har fokus bl.a. været på at analysere hastigheder og samspil mellem biler og cykler i flettepunktet, hvor cykelstien ophører. Generelt falder biltrafikkens flettehastighed, når køen i højresvingsbanen bliver længere, mens cyklisterne kun falder lidt. Når køen er lang, og belastningsgraden er høj, kører cykeltrafikken således ofte hurtigere end biltrafikken ind i højresvingsbanen. Desuden viser analyserne, at biltrafikkens flettehastighed er højere på veje med en hastighedsgrænse på 60 km/t end 50 km/t, især ved lav belastnings- og udnyttelsesgrad. Også cykeltrafikkens flettehastighed er en smule højere ved 60 km/t, hvilket formentlig skyldes, at der primært er tale om pendlercykeltrafik disse steder.

Undersøgelsen viser også, at når biler og cykler kører tæt på hinanden ind i flettepunktet, tilpasser bilisterne deres hastighed til cyklisterne. Dette ses både generelt og specifikt, når der er minimal kø i svingbanen, hvor flettehastighederne er nogenlunde ens.

Når belastningen og kølængden øges, trækker flere cyklister enten ud til venstre i højresvingsbanen eller til højre op på fortovet. Cyklisterne tilpasser sig således trafiksituationen ved enten at udnytte pladsen mellem de ligeudkørende og højresvingende køretøjer eller ved at søge udenom køen via fortovet. Cykling på fortovet bliver også mere udbredt, især når der er mange store, tunge køretøjer. Ud fra en stikprøve vurderes det, at hovedparten cykler på fortovet, da de af hensyn til deres fremkommelighed ønsker at overhale en kø i højresvingsbanen, mens en mindre andel gør det, da de føler sig utrygge ved at cykle blandt biltrafikken i højresvingsbanen. Analysen viser desuden, at højresvingende cyklister ikke vælger fortovet oftere end andre, hvorfor fortovscyklisme ved en afkortet cykelsti ikke (alene) kan relateres manøvren henne i krydset.

Også cykeltrafikkens ankomstfordeling har stor betydning for, hvordan biltrafikken afvikles i en afkortet cykelsti. Når cyklisterne ankommer spredt, er der mulighed for, at bilisterne kan udnytte mellemrummene til at køre ind i højresvingsbanen. Kører cyklisterne tættere, er der ofte ikke plads til at trække ind mellem cyklerne, mens der omvendt er bedre plads før og efter cykelgruppens ankomst til den afkortede cykelsti.

Foruden cykeltrafikkens ankomstfordeling har også antallet af cykler betydning for bilisternes adfærd. Således viser resultaterne, at følgetiden – dvs. tidsafstanden mellem biler, der følger hinanden ind i højresvingbanen – stiger i takt med antallet af cykler. Det indikerer, at bilisterne er opmærksomme på forekomsten af cyklister og derfor holder lidt større afstand til hinanden. Også i selve krydset afhænger følgetiden af, hvor mange cykler, men også gående, der skal afvikles. Følgetiden er generelt højest for de forreste biler i køen, hvilket skyldes lavere hastighed i starten af grøntiden. Desuden stiger følgetiden, når der er flere cyklister pr. omløb, da cykeltrafikken optager plads og skaber større afstand mellem bilerne i køen. Også forreste bil i køen påvirkes af de lette trafikanter. Jo flere lette trafikanter, der skal afvikles, desto længere tid er første bil om at køre ud i krydset.

Endelig er det undersøgt, hvornår den seneste bil i et omløb kører ind i krydset, når signalet er skiftet fra grønt til gult lys – den såkaldte passagetid (efter grønt). Resultaterne viser, at passagetiden især afhænger af bilisternes ventetid – for jo længere tid bilisterne har ventet i højresvingbanen, desto senere er de villige til at køre over for gult lys.

5.3 Hvordan påvirkes cykeltrafikkens fremkommelighed?

Adfærdsstudiet har vist, at cykeltrafikkens fremkommelighed kun i mindre omfang påvirkes, selvom trafikbelastningen stiger, og der opstår kødannelse fra biltrafikken i højresvingbanen. Som videoregistreringerne viser, skyldes dette i høj grad, at cyklisterne er gode til at tilpasse sig den givne trafiksituation og –belastning, f.eks. ved i højere grad at trække ud til venstre i svingbanen, når antallet af biler (og cykler) stiger i svingbanen, eller ved at køre inden om bilkøen på fortovet – begge dele for at komme hurtigere gennem krydset. Samtidig tyder registreringerne også på, at mange af bilisterne er gode til ikke at blokere flettepunktet i starten af højresvingbanen og dermed at friholde plads til, at cyklisterne kan passere uden om bilkøen.

Betragtningerne om cyklisternes fremkommelighed er primært vurderet ud fra cyklisternes hastigheder og den observerede adfærd i den afkortede cykelsti, mens biltrafikkens fremkommelighed bl.a. er vurderet ud fra følgetider. Ønskescenariet var, at der kunne laves samme beregninger/betragtninger om følgetider for cykeltrafikken. Det er dog hverken muligt eller brugbart at beregne følgetider for cyklister, da de opfører sig mere "autonomt" end bilister. Dette skal f.eks. forstås ved, at nogle cyklister kører frem og placerer sig foran stoplinjen, når de holder for rødt lys, nogle placerer sig ved siden af hinanden, mens andre placerer sig bagved bilkøen. Der er således ikke på samme måde, som for biltrafikken, altid tale om en veldefineret kø, hvor cyklisterne kører på én række efter hinanden ud i krydset. Dette er således årsagen til, at cykeltrafikkens fremkommelighed i højere grad er vurderet ud fra (udsving i) hastigheder og tidsforbruget i højresvingbanen.

Selvom cyklisternes fremkommelighed kun ser ud til at blive en smule forringet, når trafikbelastningen stiger, kan det stadig – fra cyklistens side – opleves markant mindre fremkommeligt, hvis der er kø i højresvingbanen, og at man som cyklist dermed er tvunget til enten at blive bagved bilkøen, køre venstre om køen, hvor pladsen kan være trang, eller føle sig nødsaget til at køre op på fortovet. Dette er formentlig årsagen til, at mange cyklister har en oplevelse af, at deres fremkommelighed bliver væsentlig forringet i en afkortet cykelsti. Dette hænger godt sammen med studiet af Jensen (2011), der bl.a. fandt, at afkortet cykelsti giver en markant forringelse af cyklisternes oplevede serviceniveau og tilfredshed med cykelinfrastrukturen.

I denne sammenhæng er det desuden værd at bemærke, at cyklisternes oplevelse af afkortede cykelstier som mindre fremkommelige sandsynligvis også hænger sammen med, at cyklisterne i højere grad føler sig udsatte i en afkortet cykelsti, der bl.a. resulterer i, at flere cykler op på fortovet, når trafikbelastningen og antallet af store køretøjer stiger. Det påpeges her, at cykling på fortovet både er ulovligt og trafikikkerhedsmæssigt u hensigtsmæssigt, hvorfor det ud fra et trafikikkerhedsmæssigt

synspunkt er uheldigt, at der cykles på fortovet. Derimod er cykling til venstre i højresvingsbanen en trafiksikker cyklistadfærd.

Med undersøgelsen kan der ikke påvises at være væsentlige forskelle i cykelfremkommeligheden afhængigt af højresvingsbanens bredde eller længde. I den forbindelse bemærkes det, at de 10 lokaliteter, der indgår i undersøgelsen, er ganske forskellige både mht. udformning, trafikmængde og -fordeling. Dette betyder samtidig også, at det netop er svært at undersøge og kontrollere for en eventuel effekt af svingbanens længde og bredde, da mange andre forhold kan påvirke resultaterne.

5.4 Hvordan påvirkes biltrafikkens fremkommelighed?

Idet adfærdsstudiet bl.a. har vist, at cykeltrafikkens fremkommelighed kun i mindre omfang begrænses af biltrafikken, er kapacitetsbetragtningerne primært lavet med udgangspunkt i biltrafikkens forsinkelse, som opstår pga. cykel- og gangtrafikmængderne. I en afkortet cykelsti kan biltrafikken således blive forsinket to steder – dels i flettepunktet ved kørsel ind i svingbanen, dels i selve krydsområdet.

Kapaciteten i krydsområdet er afhængig af hvor mange køretøjer, der kan afvikles i grøntiden. Her er tidspunktet for køretøjernes passage af stoplinjen afhængigt af hvor mange cykler og gående, der skal afvikles i samme omløb, og forsinkelsen er ikke overraskende størst i starten af grøntiden. At tidstabet er størst i starten af grøntiden, betyder samtidig også, at jo længere grøntiden er, desto relativ mindre betydning har antallet af cykler og gående for kapaciteten.

Kapacitetsberegningerne tager udgangspunkt i cykeltrafikmængden i tilfarten fra den afkortede cykelsti, men i krydsområdet har også venstresvingende cykler og gående en betydning for trafikafviklingen. Her viser analyserne, at af de venstresvingende cykler, som kommer fra sidevejen til venstre, og de gående, som krydser over sidevejen til højre, er det primært de gående, som er med til yderligere at reducere kapaciteten for biltrafikken. At de venstresvingende cykler betyder mindre for kapaciteten end de gående skyldes:

- 1) At der generelt er færre venstresvingende cykler end gående. De venstresvingende cykler udgør fra 0,4 % til 9,0 % af den samlede sum af lette trafikanter (mens de gående udgør 20-48 %).
- 2) At de venstresvingende cykler kun påvirker kapaciteten i starten af grøntiden, da de er hurtigt ude af konfliktområdet foran højresvingsbanen. Omvendt kan de gående krydse sidevejen i hele grøntiden, hvor de dermed vil spærre for biltrafikken.

I flettepunktet afhænger kapaciteten af cykeltrafikmængden og dennes ankomstfordeling til krydset. Når cykeltrafikken ankommer spredt, er der generelt set dårligere plads til, at biltrafikken kan trække ind i højresvingsbanen, mens der er bedre plads, hvis cyklerne ankommer i "klumper". Denne spredning på cykeltrafikken kan i nogen grad relateres til afstanden fra forrige signalanlæg, hvor en kort afstand betyder mindre spredning. Samtidig har grøntidsandelen betydning for kapaciteten i den afkortede cykelsti, idet en kort grøntid som udgangspunkt medfører lavere sandsynlighed for, at cyklisterne ankommer til krydset for grønt, hvor de kan spærre for biltrafikken, der skal ind i højresvingsbanen.

I forhold til spørgsmålet om, hvorvidt afkortede cykelstier har en kapacitetsgrænse, så er svaret: Ja. Der er naturligvis en grænse for hvor mange biler og cykler, der kan afvikles i en afkortet cykelsti. Dog viser denne undersøgelse, at grænsen nok er mere flydende end som så, idet kapacitetsgrænsen afhænger af flere parametre end blot trafikmængderne. Derfor er der i forbindelse med projektet udviklet en beregningsmodel, som ud fra viden om trafikmængderne, cykeltrafikkens ankomstfordeling og signalstyringen kan hjælpe med at beregne antallet af biler, der kan afvikles i en given tidsperiode.

5.5 Valg af cykelløsning i signalregulerede kryds

Som beskrevet indledningsvist er afkortet cykelsti et godt trafiksikkerhedstiltag i signalregulerede kryds, som dog kan medføre øget utryghed for nogle cyklister og i nogle situationer.

I forhold til fremkommelighed for de cyklende viser undersøgelserne, at udformningen – måske mod forventning – ikke i særlig grad giver forringet fremkommelighed for de cyklende. For det første hænger dette sammen med, at bilisterne i de fleste tilfælde viser hensyn, så der sker en god interaktion i fletteområdet. For det andet hænger dette især sammen med, at de cyklende tilpasser sig biltrafikken ved kørsel ind i højresvingbanen, og ved meget trafik således enten "overhaler" bilkøen udenom eller indenom. Forbikørsel venstre om den højresvingende biltrafik giver udover god fremkommelighed også god sikkerhed, idet potentielle højresvingsulykker undgås. Cykling på fortovet er derimod en både ulovlig og farlig adfærd, da det øger risikoen for både højresvingsulykker og ulykker med gående på fortovet, som dermed kan reducere den ellers gode sikkerhedsmæssige effekt af den afkortede cykelsti.

Idet fortovscyklning er særdeles uhensigtsmæssigt, bør brug af afkortet cykelsti nøje overvejes, når der er meget trafik, mange gående, mange cyklende skolebørn og smalt fortov. Samtidig bør fortovscyklning vanskeliggøres ved f.eks. at sikre lysning mellem fortov og cykelsti. Der kan desuden tænkes i og iværksættes kampagner og kontrol mod fortovscyklning.

I håndbogen 'Vejtekniske løsninger for cyklister' (Vejdirektoratet, 2022) anvendes et smiley-system til at vurdere forskellige cykelløsningers effekt på trafiksikkerhed, tryghed og fremkommelighed. Her "scorer" afkortet cykelsti grøn på trafiksikkerhed, rød på tryghed og orange på fremkommelighed. Sidstnævnte beror hovedsageligt på en antagelse om, at afkortet cykelsti sandsynligvis har en negativ effekt på cyklisternes fremkommelighed.

Denne undersøgelse taget i betragtning er spørgsmålet, om ikke den orange smiley bør ændres til en gul, som indikerer, at der enten ingen effekt er på cyklisternes fremkommelighed, at effekten afhænger af de konkrete forhold på lokaliteten, eller at effekten som minimum er for usikker til at vælge den orange smiley.

Overordnet set er det således vurderingen, at reduceret fremkommelighed for cyklister ikke decideret kan bruges som argument for at fravælge en afkortet cykelsti, hvorfor det i endnu højere grad end i dag vil være et spørgsmål om at opveje tryghed mod trafiksikkerhed, når denne løsning skal vælges enten til eller fra. Hvis der ønskes en høj grad af tryghed for de cyklende, kan der argumenteres mod at vælge afkortet cykelsti, men er ønsket derimod at prioritere trafiksikkerhed for de cyklende, er der fordele ved at vælge netop denne løsning.

I 'Vejtekniske løsninger for cyklister' (Vejdirektoratet, 2022) sammenlignes afkortet cykelsti flere steder med fremført cykelsti. Løsningen med fremført cykelsti er en mere tryk løsning for de cyklende end afkortet cykelsti, mens den afkortede cykelsti har vist sig at

	Positiv effekt: Det er veldokumenteret, at tiltaget har positiv effekt, og effektstørrelsen er kendt.
	Sandsynligvis positiv effekt: Erfaringer/indirekte undersøgelser tyder på, at tiltaget har positiv effekt. Effektstørrelsen er ukendt.
	Ingen/usikker/afhængig effekt: 1. Det er dokumenteret at tiltaget ikke har effekt 2. Studier har tvetydige effekter 3. Effekten afhænger af a) tiltagsvariant eller b) sammenligningsgrundlag (før/uden-situation).
	Sandsynligvis negativ effekt: Erfaringer/indirekte undersøgelser tyder på, at tiltaget har negativ effekt. Effektstørrelsen er ukendt.
	Negativ effekt: Det er veldokumenteret, at tiltaget har negativ effekt, og effektstørrelsen er kendt.

Figur 44. Smiley-system som er anvendt til at beskrive en række cykelløsningers effekt på trafiksikkerhed, tryghed og fremkommelighed (Vejdirektoratet, 2022).

	Effekt for cyklisterne
Trafiksikkerhed	
Oplevet tryghed	
Fremkommelighed	 → 

Figur 45. Smileys for afkortet cykelstis effekt på trafiksikkerhed, tryghed og fremkommelighed (Vejdirektoratet, 2022), red. af RAW Mobility.

være den fremførte cykelsti trafikikkerhedsmæssigt overlegen. Mht. cykelfremkommeligheden ved de to løsninger er det formodningen, at den fremførte cykelsti har bedre fremkommelighed, bl.a. fordi cyklisterne har deres eget areal helt frem til krydsområdet. Der er dog ganske få studier til at underbygge/-støtte dette, og studierne resultater er da heller ikke entydige.

Slutteligt, og hvis vi tager udgangspunkt i taburetten med de tre ben, som metaforisk står for hhv. trafikikkerhed, tryghed og fremkommelighed, så er afkortet cykelsti gået fra at have ét til nu at have halvandet "ben". Spørgsmålet er dog fortsat, om dette er nok til at balancere på taburetten, eller om der skal (endnu) mere til?

5.6 Opfølgende studier

Til i højere grad at kunne dokumentere og sammenligne effekten for afkortet cykelsti med andre krydsløsninger, anbefales det, at der laves en række opfølgende studier:

- **Kapacitet i den fremførte cykelsti**
Det anbefales at lave en tilsvarende undersøgelse for løsninger med fremført cykelsti, hvormed det er muligt direkte at sammenligne med fremkommeligheden ved afkortet cykelsti. Forskellen mellem afkortet og fremført cykelsti er, at der ved afkortet cykelsti både kan forekomme forsinkelse i flettepunktet før krydset og i selve krydset, mens forsinkelse kun forekommer i krydset ved en fremført cykelsti.
- **Kapacitet i varianter af den afkortede cykelsti**
Idet der findes to andre velkendte varianter af afkortet cykelsti, anbefales det at lave tilsvarende undersøgelser med disse varianter af afkortet cykelsti, hhv. med 1) smal fremført cykelbane til højre for højresvingsbanen, og 2) fremført cykelbane til venstre for højresvingsbanen (mellem ligeud- og højresvingsbanen).
- **Implementering af beregningsmodel i DanKap**
For at øge detaljegraden i kapacitetsberegninger for signalregulerede kryds, anbefales det at inkludere beregningsmodellen for afkortet cykelsti i DanKap, så der kan foretages en bedre beregning af kapacitet i kryds med afkortet (og på sigt også fremført) cykelsti.
- **Effekt af afkortet cykelsti i vigepligtsregulerede kryds**
Der er meget begrænset viden om afkortede cykelstiers effekt på trafikikkerhed, tryghed og fremkommelighed, når det gælder vigepligtsregulerede kryds. Løsningen er heller ikke særlig udbredt, men hvis effekten er på niveau med signalregulerede kryds, er der potentiale for at øge trafikikkerheden i vigepligtsregulerede kryds, hvor der f.eks. er høj forekomst af højresvingsulykker.

Referencer

Jensen, M.L. & Sørensen, M.W.J. (2020). Trafiksikkerhed ved afkortede og fremførte cykelstier i signalregulerede kryds – En før-efter ulykkesevaluering. Via Trafik.

Jensen, S.U. (2011). Fodgængeres og cyklisters oplevede serviceniveau i kryds. Trafitec.

Rambøll (2022). Cyklisters tryghed ved fremført og afkortet cykelsti.

Vejdirektoratet (2022). Vejtekniske løsninger for cyklister – Effekt på sikkerhed og oplevet tryghed. Januar, 2022.

Vejdirektoratet (2023). Vej- og trafikteknisk ordbog. November, 2023.

Vejdirektoratet (2024). Håndbog om Kapacitet og serviceniveau. Marts, 2024.

Bilag A – De 10 analyselokaliteter – trafik og udformning

Aarhus – Chr. X's Vej / Sletvej / Slet Møllevej

ÅDT Chr. X's Vej: ~16.000 (indkørende)

ÅDT Sletvej/Slet Møllevej: ~7.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

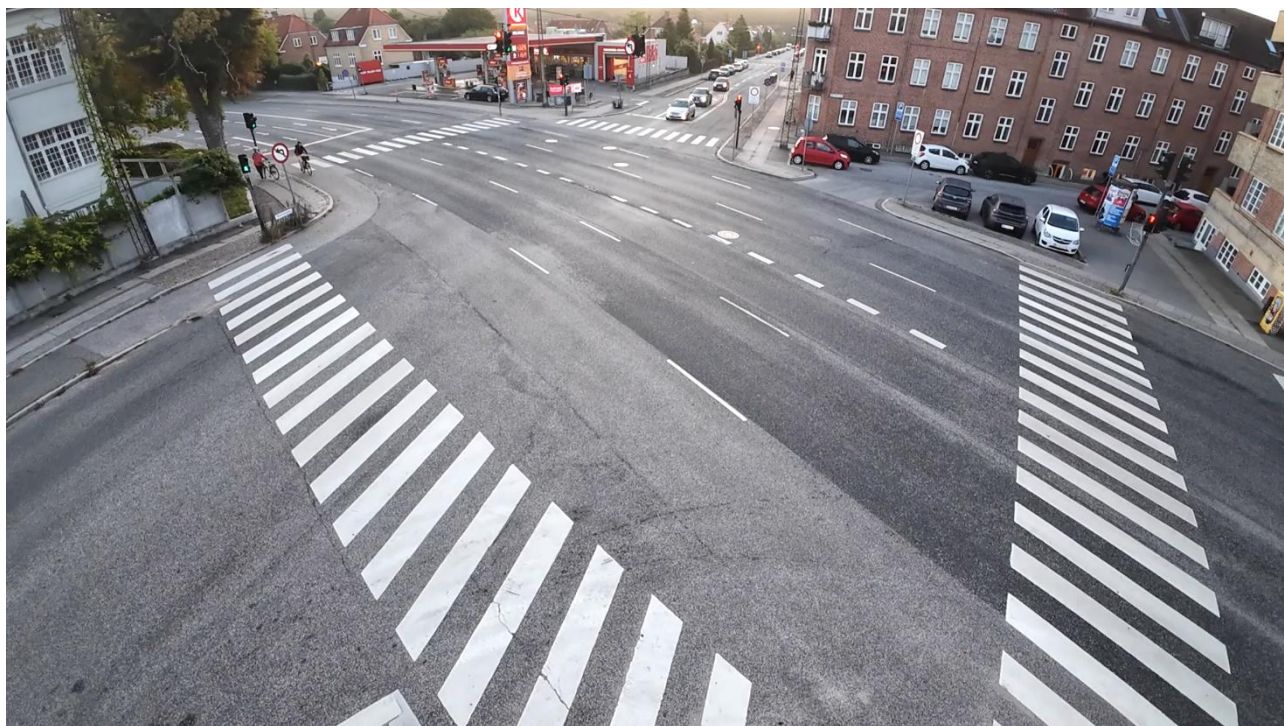
Aarhus – Ringgaden (O1) / Skovvangsvej

ÅDT Ringgaden (O1): ~20.000 (indkørende)

ÅDT Skovvangsvej: ~2.500 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

Aarhus – Silkeborgvej / Ringgaden (O1)

ÅDT Silkeborgvej: ~15.000 (indkørende)

ÅDT Ringgaden (O1): ~30.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

Aarhus – Silkeborgvej / Dollerupvej

ÅDT Silkeborgvej: ~11.000 (indkørende)

ÅDT Dollerupvej: ~5.000 (indkørende)



Kamera 1

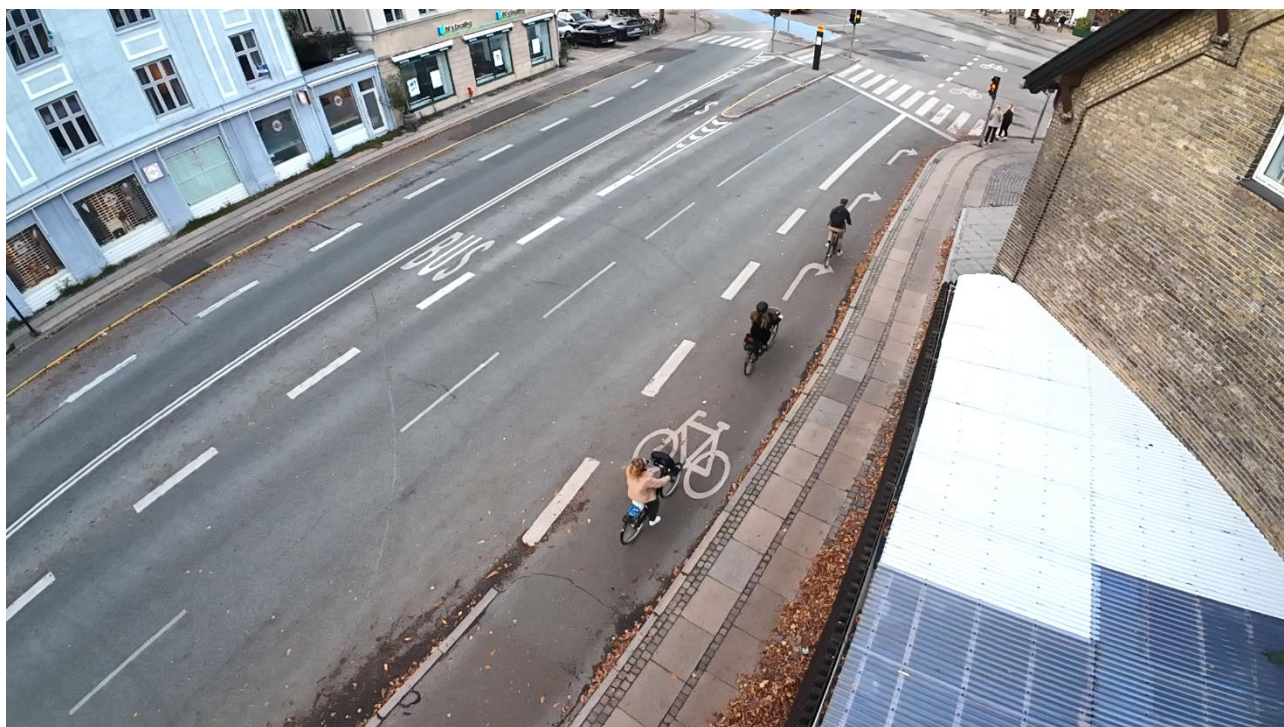


Kamera 2

København – Dag. Hammarskjölds Allé / Øster Farimagsgade

ÅDT Dag Hammarskjölds Allé: ~13.000 (indkørende)

ÅDT Øster Farimagsgade: ~3.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

København – Vesterbrogade / Vesterfælledvej

ÅDT Vesterbrogade: ~15.000 (indkørende)

ÅDT Vesterfælledvej/Platanvej: ~8.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

København – Vigerslev Allé / Toftegårds Pl.

ÅDT Vigerslev Allé: ~17.000 (indkørende)

ÅDT Gl. Køge Ldv. / Toftegårds Pl.: ~23.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

København – Øster Voldgade / Oslo Pl.
ÅDT Øster Voldgade/Folke Bernadottes Allé:
ÅDT Oslo Pl./Grønningen:

~14.000 (indkørende)
~12.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

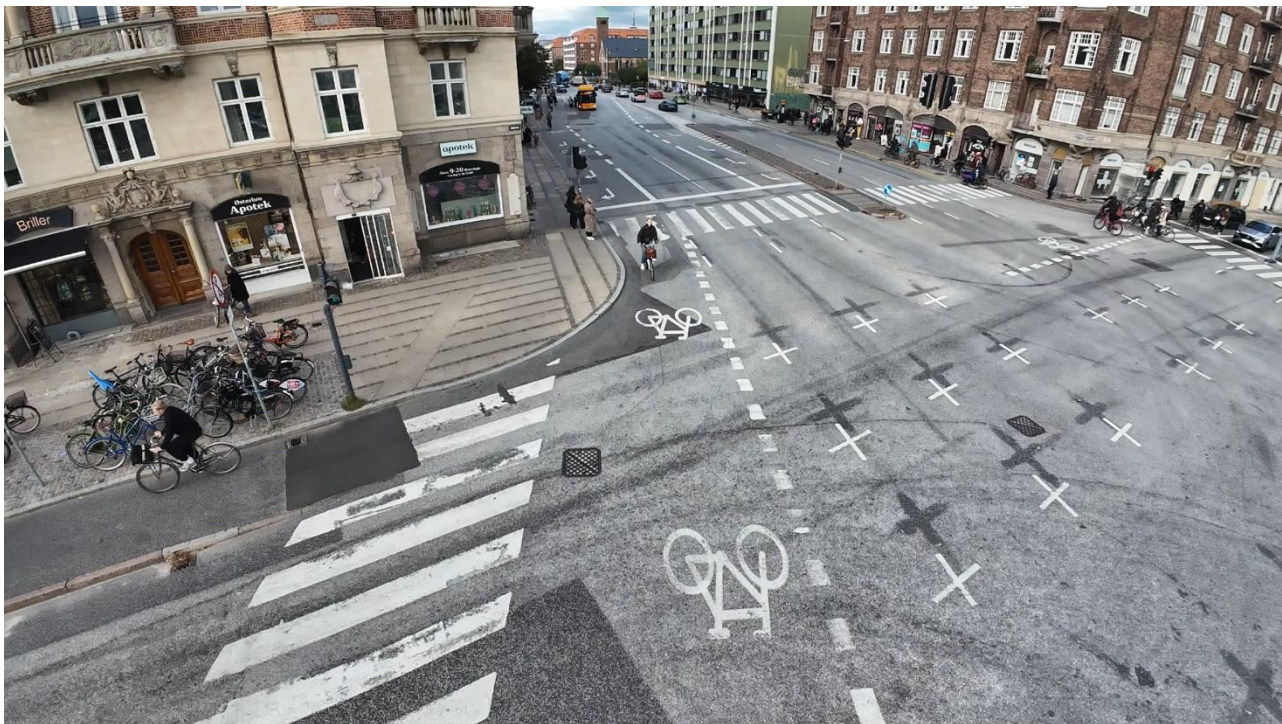
København – Østerbrogade (Nord) / Jagtvej

ÅDT Østerbrogade: ~15.000 (indkørende)

ÅDT Jagtvej/Strandboulevarden: ~12.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2

København – Østerbrogade (Syd) / Jagtvej

ÅDT Østerbrogade: ~15.000 (indkørende)

ÅDT Jagtvej/Strandboulevarden: ~12.000 (indkørende)



Kamera 1



Kamera 2