

Bredde af cykelstier: Analyse af adfærd og kapacitet

Baggrundsnotat



Thomas Skallebæk Buch
Poul Greibe

19. December 2014

Titel: Bredde af cykelstier: Analyse af adfærd og kapacitet Forfatter(e): Thomas Skallebæk Buch, Poul Greibe Publiceringsdato: 19. december 2014 Sprog: Dansk Antal sider: 94 Rekvirent/finansiel kilde: Cykelpuljen Projekt: Analyse af cykeltrafik på ensrettede cykelstier med forskellig bredde Kvalitetssikring: SUJ/LH Emneord: Cykeltrafik, cykelsti, kapacitet, adfærd, stibredde Resumé: Rapporten indeholder en analyse af cykeltrafik på cykelstier med forskellige stibredder. Analysen er baseret på empiriske data fra 8 cykelstier med stibredder mellem 1,85m-2,85m (ekskl. kantsten mod kørebane). I analysen skelnes imellem alm. cykler og specialcykler (ladcykler/cykel m. anhænger) Analyserne omhandler stibreddens betydning for hastigheder og sideværtsplacering ved forskellige trafikintensiteter. Dette anvendes til at vurdere stiernes kapacitet. Derudover ses på hvilken betydning specialcykler har for cykeltrafikken på stier. Analysen munder ud i anbefalede stibredder for brug i byområder.	Title: Width of bicycle tracks: Analysis of behavior and capacity Author(s): Thomas Skallebæk Buch, Poul Greibe Report date: 19 December 2014 Language: Danish No. of pages: 94 Client/financial source: Cykelpuljen (Ministry of Transport) Project: Analysis of bicycle traffic on one-way bicycle tracks with different width Quality management: SUJ/LH Key words: Bicycle traffic, bicycle track, capacity, behavior, width of bicycle tracks Abstract: The report contains an analysis of cycle traffic on tracks of different widths. The analysis is based on empirical data from 8 different bicycle tracks of varying widths (1.85m-2.85m excl. curbs against carriageway). The analysis distinguishes between ordinary bicycles and special bicycles (cargo bikes / tricycles / bicycles with trailer) Speed and lateral position has been analyzed with respect to the width of the bicycle tracks and the amount of bicycle traffic (volumes). The results are used for estimating the capacity of bicycle tracks. The influence of special bicycles on traffic operation (speed, lateral position and capacity) has been estimated. Finally, bicycle track widths for use in urban areas has been recommended.
Rapporten kan hentes fra www.trafitec.dk. Copyright © Trafitec Ved gengivelse af materiale fra publikationen skal fuldstændig kildeangivelse udføres.	The report can be acquired from www.trafitec.dk. Copyright © Trafitec Reprinting material from this publication must include a complete reference to original source.

Forord

Denne rapport om cykelstibredders effekt på adfærd og kapacitet er udført af Trafitec med støtte fra Cykelpuljen 2012.

Formålet med projektet er at bidrage med ny viden om effekten af cykelstiers bredde på køreadfærd, fremkommelighed og kapacitet. Desuden behandles og analyseres specialcyklers betydning for trafikafviklingen på cykelstier.

Rapporten beskriver de anvendte metoder samt hovedresultater. På basis af dette angives anbefalede stibredder til brug for enkeltrettede cykelstier i byområder.

Indhold

Forord	3
Sammenfatning og konklusion	7
1 Indledning.....	11
1.1 Formål.....	11
1.2 Baggrund.....	11
1.3 Opbygning	15
2 Metode	17
2.1 Anvendte begreber.....	17
2.2 Opstilling og registreringer.....	18
2.3 Lokalteter.....	21
2.4 Måleusikkerhed.....	31
3 Resultater.....	33
3.1 Undersøgelsens data	33
3.2 Definition af effektiv stibredde.....	35
3.2.1 Effektiv stibredde.....	35
3.2.2 Fritkørende cyklister.....	37
3.3 Sideværtsplacering for almindelige cykler	40
3.3.1 Sideværtsplacering ved overlap	41
3.3.2 Sideværtsplacering for fritkørende	49
3.3.3 Sideværtsplacering og trafikintensitet	50
3.3.4 Opsamling.....	52
3.4 Hastighed for almindelige cykler.....	53
3.4.1 Hastigheder ved overlap	56
3.4.2 Hastighed for fritkørende.....	57
3.4.3 Hastighed og trafikintensitet.....	61
3.4.4 Opsamling.....	67
3.5 Kapacitet for 2-sporede cykelstier	68
3.5.1 Maks-flow.....	68
3.5.2 Kapacitet og stibreder	70
3.5.3 Opsamling.....	73
3.6 Specialcykler.....	73
3.6.1 Sideværtsplacering.....	74
3.6.2 Hastighed	78
3.6.3 Betydning for andre trafikanter hastighed og maks-flow	79
3.6.4 Opsamling.....	83
3.7 Cykelstibreder.....	83
3.7.1 2-sporet cykelsti med minimumsbredde.....	84
3.7.2 2-sporet cykelsti med højere serviceniveau	88
3.7.3 3-sporet cykelsti.....	90
3.7.4 Opsamling.....	92
Referencer	93

Sammenfatning og konklusion

Nærværende rapport præsenterer en undersøgelse af cykelstier med hensyn til sammenhængen mellem stibredder og adfærd samt kapacitet. Undersøgelsen er finansieret af Cykelpuljen. Baggrunden for projektet er, at cykeltrafikken er voksende, ligesom antallet af specialcykler stiger. Samtidig er der en samfundsmæssig interesse i at fremme cykeltrafikken. I Danmark er de anbefalede værdier for cykelstiers kapacitet baseret på ældre studier fra 1940'erne, og såvel danske som internationale studier giver meget forskellige bud på cykelstibredder, gennemsnitshastigheder og kapacitet. En del af forklaringen er forskelle på cyklistadfærd og cykeldesign mellem lande, men metodiske valg spiller også ind.

Projektets hovedformål er derfor at bidrage med ny viden om effekten af cykelstiers bredde på køreadfærd, fremkommelighed og kapacitet. Det ønskes at udmønte denne viden i vejledende dimensioner for cykelstier afhængig af cykeltrafikkens størrelse og sammensætning samt den ønskede fremkommelighed for cyklisterne.

Metode

I forbindelse med projektet er empiriske data fra 8 enkeltrettede cykelstistrækninger langs vej i byområde anvendt. Data er indsamlet ved videoregistrering i to målesnit (ca. 20 meters afstand), hvor stitrafikanternes hastighed måles mellem de to målesnit, og stitrafikanternes sideværtsplacering måles i det ene målesnit.

De 8 lokaliteter er valgt på baggrund af flere kriterier, hvoraf de vigtigste er: store cykeltrafikmængder, kantstensadskillelse til såvel vej som fortov og ubrudt stiforløb såvel før som efter registreringssted. Af hensyn til krav om størst mulige trafikmængder, er stitrafikken registreret i myldretiden, og lokaliteterne er alle fundet i det centrale København og Frederiksberg. Lokaliteterne adskiller sig ved at have forskellige stibredder (1,85-2,85 meter (ekskl. kantsten)) ligesom anvendelsen af vejarealet på den anden side af kantstenen er forskellig (kørebane eller parkering).

Data er indsamlet i sommeren 2013. I alt er der registreret 8.925 stitrafikanter fordelt på 900-1.300 pr. lokalitet. Cyklisterne er fordelt på typer: almindelige cykler (stort set alle typer af 2-hjulede cykler), specialcykler (3-hjulede ladcykler og cykler med 2-hjulet anhænger), knallerter og andet.

Stitrafikanter betegnes som fritkørende, hvis tidsafstanden til nærmeste forankørende såvel som bagvedkørende stitrafikant er minimum 2 sekunder. Kører stitrafikanten ved siden af en anden trafikant og har overlap ved passage af målesnittet (overhaling eller følgeskab) registreres dette, og stitrafikantens position nummereres med lavest nummer for den trafikant, der er tættest på fortovet. Kun i få tilfælde og kun på de fire bredeste stier, er der registreret en stitrafikant i position 3.

Resultater

Langt hovedparten (ca. 98 %) af undersøgelsens stitrafikanter er almindelige cykler, mens specialcykler udgør 1,5 %. Ligeledes er ca. 98 % af cyklisterne voksne, mens børn såvel som ældre hver udgør omkring 1 %. Der er en lille overvægt af kvinder.

Sideværtsplacering

Undersøgelsen viser, at den del af stiarealet, som cyklisterne anvender, er mindre, hvis der er parkerede biler langs cykelstien i stedet for kørebane. Betydningen kan variere afhængig af, hvor tæt en bil holder på cykelstien, men den effektive stibredde reduceres med 10-15 centimeter i tilfælde af parkerede køretøjer langs cykelstien. Hvor resultater sammenholdes med stibredde anvendes derfor den effektive stibredde, hvor bredden er reduceret med 12 centimeter i tilfælde af parkerede køretøjer langs sti.

For almindelige cykler findes en lineær sammenhæng mellem afstand til fortov og stibredde, når de er placeret i position 1 og position 2. Øges stibredden med 10 centimeter placerer cyklisten i position 1 sig 1,8 centimeter længere fra fortovet, mens sideværtsafstanden mellem cyklister med overlap øges med 2,7 centimeter. Spredningen øges ligeledes i takt med øget stibredde.

Fritkørende cyklister holder generelt til højre på stien, men de holder en større afstand til fortovet end cyklister i position 1. Der synes at være en tendens til større afstande til fortovet på de bredeste stier, men der er ikke en lineær sammenhæng.

Udnyttelsen af stibredden stiger ved øgede trafikmængder. Ved lav trafikintensitet placerer op mod 90 % sig i spor 1, mens det kun er lidt over halvdelen ved de største trafikmængder (mere end 12 cykler pr. 10 sekunder). Sporene er smallere og mere veldefinerede på undersøgelsens smalleste stier, hvor der kun er 2 spor. De tre lokaliteter med stibredde på omkring 2,5 meter fungerer primært som 2-sporede selv under stor trafikintensitet, mens den bredeste sti (2,85 meter) ikke er observeret ved tilstrækkeligt store trafikmængder til at vurdere, om den har 2 eller 3 spor.

Hastighed

Gennemsnitshastigheden for almindelige cykler i undersøgelsen er 21,7 km/t (20,2-23,7 km/t afhængig af lokalitet). Langt de fleste kører mellem 17 og 27 km/t. Der er en tendens til, at cyklisterne placerer sig tættere på fortovet, jo langsommere de kører, hvilket også ses for fritkørende. Desuden synes der at være en tendens til højere hastigheder ved øgede stibredder, men sammenhængen er ikke entydig.

Almindelige cykler i position 1 kører 3,2-4,8 km/t langsommere end cykler i position 2. Fritkørende kører i gennemsnit med en hastighed, der ligger mellem disse, og spredningen er større. Kvinder kører generelt langsommere end mænd. Blandt fritkørende er forskellen 2,7-4,5 km/t afhængig af strækning, og for alle strækninger ses den mindste spredning blandt kvinder. Dette kunne tyde på, at der blandt de hurtige cyklister er en overvægt af mænd. For hver strækning ses et mere ensartet hastighedsniveau ved større trafikintensiteter, men der er ikke observeret så store trafikmængder, at der opstår et egentlig sammenbrud med lav hastighed til følge. Fremkommeligheden synes at være 5-10 % højere på en 2-sporet sti med en bredde på 2,75 meter sammenlignet med en sti med en bredde på 1,75 meter.

Kapacitet

Det maksimale observerede flow (maks-flow) synes at stige ved forøgelse af effektiv stibredde, men stibredde synes kun at have lille betydning. Kapaciteten for en 2,0 meter bred sti (ekskl. kantsten) er ca. 3.000 cykler pr. time, hvilket er mere end de 2.000 cykler pr. time i vejreglerne, men væsentligt mindre end vurderingerne i andre studier (typisk 4-7.000 cykler pr. time). En 2,5 meter bred sti vurderes at have en lidt større kapacitet på 3.250 cykler pr. time. For en 2-sporet sti må det antages, at hvert spor kan afvikle ca. 1.500 cykler pr. time. Dermed vil en 3-sporet sti forventelig kunne afvikle ca. 4.500 cykler/time.

Specialcykler

Ligesom for almindelige cykler holder specialcykler mere til højre, når de ligger i position 1 ved overlap end, når de er fritkørende. Der er en tendens til, at specialcykler vælger en større afstand til fortovet, når stibredde øges. Specialcyklerne optager ca. 10-20 centimeter mere af stibredde end almindelige cykler. I gennemsnit kører specialcyklerne med væsentligt lavere hastigheder end almindelige cykler, 16,3 km/t mod 21,7 km/t. Tilstedeværelsen af specialcykler synes at påvirke flowet i spor 2, idet almindelige cykler i position 2 synes at have en lavere hastighed, når de har overlap med en specialcykel i position 1 frem for en almindelig cykel. Specialcykler nedsætter hastigheden blandt almindelige cykler på de smalle stier ved både høj og lav trafikintensitet. En specialcykel synes at nedsætte maks-flow med 3-4 almindelige cykler, men dens headway i spor 1 svarer til 1,2 gange en almindelig cykel.

Cykelstibreder

På baggrund af undersøgelsens data gives følgende bud på mål for stibreder for en 2-sporet cykelsti:

- Minimum (ingen/få specialcykler): 1,65 meter (ekskl. kantsten)
- Minimum (plads til specialcykler): 1,80 meter (ekskl. kantsten)
- Anbefalet bredde (højere serviceniveau): 2,10 meter (ekskl. kantsten)

Bredden er stort set på niveau med vejreglernes anbefalinger på minimum 1,70 meter (kun ved kortere forløb) og anbefalet 2,20 meter. Parkerede biler langs stien medfører et nødvendigt tillæg på 10-15 centimeter.

Minimumsbredden for en 3-sporet cykelsti forventes at være 2,90 meter (ekskl. kantsten). På en lidt smallere sti kan tre cykler godt køre ved siden af hinanden, men det forventes ikke, at stien vil fungere som en reel 3-sporet sti. Tillægget for et yderligere spor på cykelstien forventes at være ca. 1,10 meter. Dette er i den højere ende sammenlignet med andre studier.

1 Indledning

I de større danske byer er cykeltrafikken voksende, og det er et politisk mål, at den udvikling skal fortsætte. Ofte er det de signalregulerede kryds, der er flaskehalse på cykelstinet, men stigninger i mængden af cykeltrafik vil give et større pres på de travleste cykelstier i myldretiden, og det kan gøre det nødvendigt at tilpasse nogle stiers kapacitet. Samtidig er antallet af specialcykler voksende, og disse er kendetegnet ved andre dimensioner og køreadfærd, hvilket kan have betydning for cykelstiers kapacitet.

1.1 Formål

Nærværende rapport søger derfor at belyse forhold omkring cykelstiers kapacitet baseret på nye data. Der er fokuseret på enkeltrettede stistrækninger langs vej. Cyklisters hastigheder og sideværtsplaceringer er undersøgt på strækninger. Med baggrund i disse data ønskes det at vurdere stiernes kapacitet i relation til stibredde. Ved speed-flow sammenhænge kan det vurderes, hvornår trafikmængderne på de enkelte stier begynder at have indflydelse på fremkommeligheden. For at belyse dette ses der på cyklisters adfærd i situationer med frit flow, tæt trafik og i forbindelse med overhalinger. Ligeledes vurderes det, hvordan specialcykler påvirker speed-flow sammenhænge.

1.2 Baggrund

Viden om cykelstiers kapacitetsgrænser er ikke stor, og diverse undersøgelser giver meget forskellige resultater. Dette hænger ofte sammen med, at det kan være svært at undersøge, da der meget få steder i verden rent faktisk forekommer trafikmængder på cykelstierne, der nærmer sig den teoretiske kapacitetsgrænse. Derfor modelleres kapacitetsgrænsen i stedet, hvilket typisk sker på baggrund af observationer i korte tidsrum og/eller ved hjælp af simuleringsprogrammer. Der er også forskelle på, hvor meget plads det vurderes, at cyklisterne skal have. I nogle sammenhænge opgøres det i en bredde og i andre sammenhænge i et areal. Inkludering af serviceniveau på cykelstierne giver typisk et helt andet billede af, hvornår kapacitetsgrænsen på en sti nås. Fastsættelse af et passende serviceniveau kan ske på mange måder. Endelig er det heller ikke uvæsentligt, at der kan være kulturforskelle med hensyn til hastigheder, men også cyklers stand og designkendetegn. I følgende afsnit samles op på danske og udenlandske vurderinger af cykelstiers kapacitet.

I forbindelse med vurderingen af cykelstiers kapacitet inddeles cykelstier ofte i antal spor ud fra en tanke om, at cyklister i hvert fald i tilfælde af tæt trafik kører i nogenlunde veldefinerede rækker ved siden af hinanden. Sporbredderne kan variere afhængig af, om der tages hensyn til forskellige cykeltyper, og ligeledes kan

sidearealerne have en betydning. Ofte anvendes begrebet effektiv stibredde, hvilket som regel dækker over den bredde af stien, som cyklisterne rent faktisk kan køre på. Eksempelvis kan cyklister i nogle tilfælde rage udover stien med deres krop, hvorved den effektive stibredde er større end stiens faktiske bredde. Skilte langs stien og riste i stikanten reducerer den effektive stibredde.

I danske vejregler er maksimumkapaciteten for en 2,0 meter bred cykelsti sat til 2.000 cyklister pr. time og for hvert ekstra spor (1,0 meter) cykelstien udvides med, øges kapaciteten med yderligere 1.500 cyklister pr. time (Vejregelrådet, 2012). Tyske vejregler nævner en maksimal kapacitet på 1.700 cyklister pr. time pr. spor, hvor sporbredden er 0,7 meter for stier med kun ét spor og 0,9 meter pr. spor for en flersporet sti (Falkenberg, 2003). En gennemsnitshastighed på 17 km/t indgår i dette. De tyske regler graduerer kapacitet i forhold til ønsket serviceniveau således, at kapaciteten pr. spor er helt nede på 85 cyklister pr. time, hvis serviceniveauet skal være helt i top (Falkenberg, 2003). I hollandske anbefalinger indgår ikke en maksimal kapacitet, men udelukkende et serviceniveau baseret på antallet af forventede overhalinger. Er stien 2,0 meter bred er kapaciteten op til 150 trafikanter pr. time, er stien 3,0 meter bred er kapaciteten op til 375 trafikanter pr. time, og hvis trafikmængderne er større, bør stien være 4,0 meter bred (CROW, 2007). Er knallertrafik forbudt på stien kan kapaciteten fordobles. De hollandske standarder går ud fra en gennemsnitshastighed på 18 km/t (CROW, 2007).

Den danske kapacitetsgrænse er fundet forud for udgivelsen af vejreglerne helt tilbage i 1943 (Ministeriet for Offentlige Arbejder, 1943). Det er bemærket, at kapacitetsgrænserne på dette tidspunkt er vurderet på baggrund af omfattende undersøgelser (Ministeriet for Offentlige Arbejder, 1943). Siden dette tidspunkt har nye studier ikke ændret kapacitetsgrænserne i vejstandarderne til trods for, at der er sket store ændringer i forhold til cyklernes standard, trafiksammensætningen og trafikulturen, ligesom redskaberne til at undersøge kapacitet har ændret sig.

Forskellige internationale studier har givet bud på cykelstiers kapacitet på baggrund af observationsstudier, hvor trafikken opregnes, så en teoretisk kapacitetsgrænse kan forudsiges. Disse undersøgelser giver meget forskellige resultater, og giver ikke noget klart billede af, hvilken kapacitet, der kan forventes. En anden tilgang har været at benytte observationsstudier og derefter simuleringsprogrammer til at forudsige kapacitetsgrænsen.

Allen m.fl. (1998) har foretaget en opsamling på en del undersøgelser fra Nordamerika, Europa og Kina og har fundet, at kapaciteten for ét spor (bredde mellem 1,0 og 1,2 meter) på en ensrettet cykelsti er i intervallet 1.500-5.000 cykler pr. time (flest 2.000-3.500). I samme opsamling af forskellige undersøgelser fandt Allen m.fl. (1998) den gennemsnitlige hastighed for cyklister med fri hastighed til at være mellem 10 og 25 km/t (typisk 12-20 km/t). Dette viser tydeligt, hvor stor

usikkerheden er, men hastighedsforskellene mellem de enkelte lande giver også lidt af forklaringen på, hvorfor der kan være forskelle.

Navin (1994) har ligeledes forsøgt at samle forskellige eksperimentelle studier og kommer ligeledes frem til store forskelle for kapacitet på en 2,5 meter bred cykelsti. Der indlægges et serviceniveau baseret på, hvor stort et areal den enkelte cyklist skal have til rådighed, og hvor tæt to cyklister skal køre på hinanden under passage (Navin, 1994). Ifølge Navin (1994) varierer kapaciteten på en 2,5 meter bred cykelsti således mellem 2.000 cykler pr. time ved højeste serviceniveau og 10.000 cykler pr. time ved laveste serviceniveau – svarende til det fundne niveau i de eksperimentelle studier.

Li m.fl. (2013) har studeret ni steder i Kina med hensyn til adfærd i forbindelse med opbygning af modeller for overhalinger. I denne undersøgelse er den maksimale trafikstrøm på en tosporet cykelsti (bredde mellem 2 og 3 meter) 5.458 cykler i timen og 7.552 cykler i timen på en firesporet cykelsti (bredde mellem 4 og 5 meter) (Li m.fl., 2013). Trods disse store cykelmængder konkluderer Li m.fl. (2013), at de ikke har haft mulighed for at modellere under trængsel. Dette må betyde, at maksimumkapaciteten må ligge væsentligt over 2.700 cykler pr. time pr. spor.

For nylig er simulering benyttet i en dansk sammenhæng til at fastsætte cykelstiers kapacitet. Et spor er vurderet til at være 0,8 meter bred (Rambøll, 2012). Dette er smallere end de 0,9 meter, der blev fastsat i vejreglerne fra 1943 (Ministeriet for Offentlige Arbejder, 1943). En sti med en effektiv stibredde på 2,2 meter forventes at være tosporet og have en maksimumkapacitet på 5.870 cyklister pr. time, mens en sti på 3,0 meter tænkes at have en kapacitet på 7.040 cyklister pr. time (Rambøll, 2012). Det er interessant, at kapaciteten forventes at være højere end vejreglerne angiver (Vejregelrådet, 2012), og at det yderligere spor forventes at øge kapaciteten med 1.170 cykler pr. time. Dette ekstra spors kapacitet er mindre end de øvrige spors, men også mindre end den kapacitetsforøgelse vejreglerne angiver, at et ekstra spor vil bidrage med (Vejregelrådet, 2010). Rambøll (2012) konkluderer, at sporene ikke er veldefinerede ved stibreder på 3,0 meter eller mere. Indlægges serviceniveauet, at cyklisterne skal kunne køre med fri hastighed uafhængig af hinanden, er grænserne henholdsvis 3.200 og 4.680 cykler pr. time ved stibreder på 2,2 og 3,0 meter (Rambøll, 2012).

En almindelig cyklist fylder ca. 0,75 meter (CROW, 2007), hvilket svarer meget godt til forudsætningen for de danske kapacitetsstandarder, hvor en cyklist er vurderet at være 0,70 meter bred (Ministeriet for Offentlige Arbejder, 1943). Selve cyklen er omkring 0,5-0,7 meter bred afhængig af model (Dansk Cyklist Forbund, 2007). Cyklisten er således bredere end selve cyklen, hvilket ikke er tilfældet ved specialcykler, som dog kan variere i størrelse afhængig af modellen. En typisk 3-hjulet ladcykel har en bredde på 0,85-0,90 meter (Christiania Bikes, 2014), mens bredden af en cykelanhænger er omkring 0,80 meter (Winther, 2014). Specialcykler må være helt op til 1,25 meter brede (Cycling Embassy of Denmark, 2012).

Rambøll (2012) beregner, at en ladcykel i kapacitetsforstand svarer til 3-4 standardcykler afhængig af stibredde og sammensætning af cykeltyper.

Tages der hensyn til, at cyklister slingrer lidt som reaktion på f.eks. hastighed og vind, skal der afsættes 1 meter pr. cyklist (CROW, 2007). Det betyder, at 2 cyklister lige kan passere hinanden ved en effektiv stibredde på 1,5 meter, men minimum 2 meter bør afsættes af hensyn til komforten. Ved minimumsbredden vil der ikke være plads til en specialcykel. Et kinesisk studie vurderer, at en cyklist har brug for en stibredde på hele 2 meter uden kantsten eller afløb (Lee m.fl., 2011). I studiet antages cyklistens hastighed dog at være 30 km/t.

I Danmark er den vejledende bredde for en enkeltrettet cykelsti på 2,2 meter, men ved særlige indsnævringer og lignende er den vejledende minimumsbredde 1,7 meter, som dog ikke bør anvendes, hvis stien er tæt på en vej med hastighedsbegrænsning på 50 km/t eller højere (Vejreglerådet, 2000). Skal der være plads til tre cykler ved siden af hinanden, bør bredden være mindst 2,8 meter og gerne 3,0 meter (Cycling Embassy of Denmark, 2012). Det er ikke helt klart om de vejledende bredder er inklusiv/eksklusiv kantsten mod kørebane.

Opsamling

I tidligere undersøgelser fra ind- og udland er der fundet meget forskellige resultater, når spørgsmål om stibredder, hastigheder og kapacitet er blevet undersøgt for cykelstier. Dette hænger sammen med, at der er benyttet meget forskellige metoder, og der er nogle klare metodiske udfordringer.

Den hyppigste udfordring er, at det ikke har været muligt at registrere cykeltrafikmængder, der kommer i nærheden af de undersøgte stiers kapacitetsgrænse, og store trafikstrømme kun observeres i meget korte tidsintervaller.

En anden udfordring er definitionen af, hvor meget plads en cyklist skal have, og her inkluderes ofte en form for serviceniveau, der kan have endog meget betydning for den beregnede kapacitet. Yderligere påvirker cyklers standarder både gennemsnitshastighed og pladsoptag, og her kan der være betydelige forskelle mellem landene afhængig af cykelkulturen.

Resultaterne fra eksisterende undersøgelser er nedenfor angivet som det hyppigst fundne interval, men i parentes indgår det fulde interval fra de forskellige undersøgelser og standarder.

- Bredde 2-sporet cykelsti: 2,0-2,2 meter (1,7-2,5 meter)
- Bredde ekstra spor: 1,0 meter (0,8-1,2 meter)
- Cyklisters gennemsnitlige hastighed: 17-20 km/t (10-25 km/t)
- Kapacitet 2-sporet cykelsti: 4.000-7.000 cykler pr. time (2.000-10.000 cykler pr. time)

1.3 Opbygning

Nærværende rapport består af et metodeafsnit, hvor anvendte begreber, dataindsamlingen, undersøgelsens lokaliteter og usikkerheder ved registreringsarbejdet præsenteres.

Efterfølgende præsenteres undersøgelsens resultater. Først præsenteres datamaterialet, og dernæst definitionen af nogle nøglebegreber. Derefter præsenteres resultater for sideværtsplacering samt hastigheder, og betydningen af andre cykeltyper belyses så vidt muligt. På baggrund af disse resultater gives der afslutningsvis bud på kapacitet og minimumsbredder for cykelstier.

2 Metode

Data er indsamlet ved hjælp af videooptagelser. På baggrund af videooptagelserne er stitrafikanternes gennemkørselstider af en strækning og placering i et snit registreret. Disse registreringer gør det muligt at undersøge sideværtsplacering og hastighed og deraf udlede resultater omkring kapacitet og nødvendige stibredder. Der er anvendt en standardopstilling, som det kun i mindre omfang har været nødvendig at tilpasse de forskellige lokaliteter afhængig af forholdene. I alt er der udført videooptagelser på 8 lokaliteter. I det følgende beskrives standardopstillingen og, hvilke registreringer der er foretaget. Derefter beskrives de enkelte lokaliteter.

2.1 Anvendte begreber

Nedenstående begreber anvendes i forbindelse med undersøgelsen. Flere af dem er kendte begreber, men definitionen i denne undersøgelse kan adskille sig fra definitioner i andre undersøgelser:

- ”Effektiv stibredde”: Stibredden er korrigeret for, om der er parkerede biler langs stien eller ej. Hvor der er parkerede biler langs stien, reduceres den faktiske stibredde med 12 centimeter (Se evt. 3.2.1 *Effektiv stibredde*, side 35)
- ”Almindelige cykler”: 2-hjulede cykler med almindelig bredde, dvs. traditionelle cykler, city bikes, mountain bikes, racercykler, el-cykler m.fl.
- ”Specialcykler”: 3-hjulede ladcykler og cykler med 2-hjulede anhængere.
- ”Snit 1” og ”snit 2”: De to indlagte målesnit i forbindelse med videooptagelserne (se evt. Figur 2, side 19).
- ”Overlap”: Cyklister kører ved siden af hinanden i følgeskab eller i forbindelse med overhaling, og der er mindre end en cykellængdes afstand mellem forhjulene i længderetningen ved passage af snit 2.
- ”Position 1”, ”position 2” og ”position 3”: Cyklstens placering på stien i snit 2 i forbindelse med overlap. Laveste nummer er cyklen tættest på fortovet (se evt. Figur 3, side 20).
- ”Fritkørende”: En cykel der passerer snit 2 i en tidsafstand på minimum 2 sekunder til nærmeste forankørende og bagvedkørende stitrafikant (Se evt. 3.2.2 *Fritkørende cyklister*, side 37).
- ”Maks-flow”: Maksimalt observeret antal cyklister i et afgrænset tidsinterval.

Når stibredde nævnes i denne rapport, tænkes der på det asfalterede stykke mellem kantsten til fortov og kantsten til vej. Dvs. at det er eksklusiv de ca. 15 centimeter kantsten, som er i niveau med cykelstien.

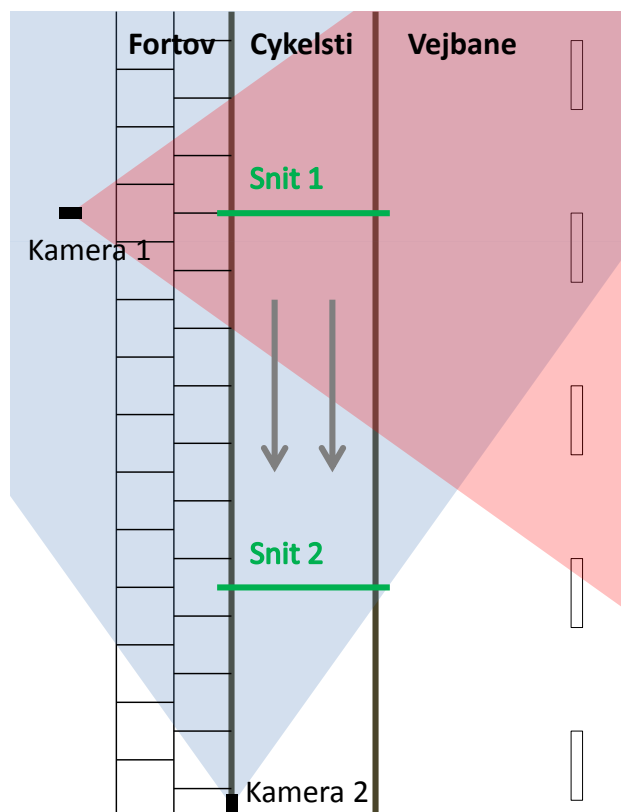
2.2 Opstilling og registreringer

Til videoregistreringerne er der anvendt kameraer, det er muligt at opsætte i et skilt eller på andet vejudstyr. Kameraerne er små og forholdsvis svære at se på skilte, og hvor det har været nødvendigt at opstille på stativ, er kameraerne placeret langt til siden eller skjult bag en genstand i forhold til stitrafikanternes køreretning. På denne måde har kameraerne været kamoufleret således, at de ikke forventes at have påvirket stitrafikanternes placering og hastighed. Eksempler på placering af kameraer kan ses af Figur 1.



Figur 1: Eksempler på placering af kameraerne

På Figur 2 ses en skitse af den anvendte kameraopstilling.



Figur 2: Skitse af den anvendte opstilling.

Der anvendes to synkroniserede kameraer, og på strækningen er der indlagt to målesnit. Kamera 1 fokuserer på snit 1, mens kamera 2 dækker hele strækningen mellem snit 1 og snit 2 og omgivelserne omkring. Cyklisternes passagetidspunkt i snit 1 og snit 2 registreres, og på baggrund af dette beregnes trafikanternes hastighed. Passagetidspunktet i snit 1 er registreret på filmen fra kamera 1, mens passagetidspunktet i snit 2 er registreret på filmen fra kamera 2.

Stitrafikanternes sideværtsplacering bestemmes i snit 2 ligeledes ud fra filmen fra kamera 2. Det er midten af forhjulets placering på stien, der registreres. For ladcykler og cykler med anhænger registreres placeringen af henholdsvis det venstre og det højre hjul i snit 2. Derudfra kan placering af cyklens midte såvel som cyklens bredde beregnes. I forbindelse med registreringen af sideværtsplacering vurderes det, om stitrafikanten kører ved siden af andre stitrafikanter i snit 2 og i givet fald i hvilken position. Både sideværtsplacering og position ved overlap bestemmes i forhold til fortovskanten, og et eksempel kan ses af Figur 3.



Figur 3: De tre nummererede cyklister har overlap med hinanden i snit 2. Nummereringen af positionen sker fra fortovs-kanten. Sideværtsplaceringen i forhold til fortovs-kanten bestemmes som i dette eksempel for cyklisten i position 2 ud fra den grønne linjes længde mellem de to gule punkter.

Stitrafikanterne fordeles på cykeltype ud fra følgende kategorier: ”Almindelig”, ”Ladcykel”, ”Cykel med anhænger”, ”Knallert” og ”Andet”. Fordelingen har således primært haft fokus på stitrafikanternes bredde. Det kunne have været interessant at vide, hvor stor andelen af elcykler er, da elcykler må forventes at køre med højere hastigheder. Desværre er det ikke muligt at skelne denne type cykler fra traditionelle cykler på videomaterialet.

Derudover registreres stitrafikanterens køn, aldersgruppe (barn, voksen, ældre) og særlige omstændigheder ved stitrafikanter. Ved fordelingen af trafikanter på aldersgrupper er der foretaget en løs vurdering, men hensigten er også blot at få en fornemmelse af, hvilke trafikanter der indgår.

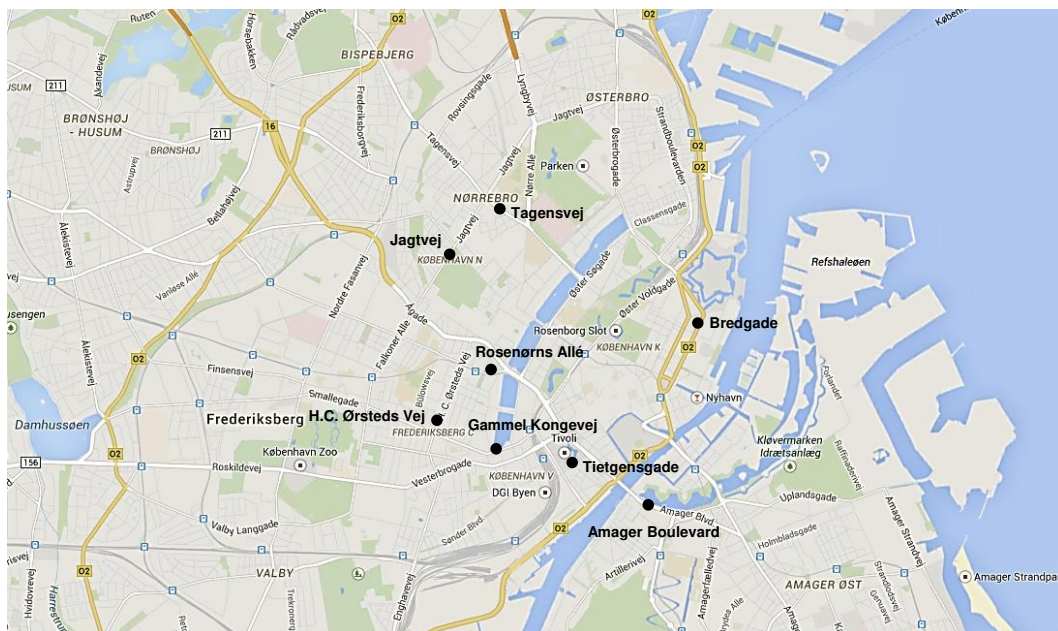
Der er set bort fra stitrafikanter, der sætter i gang eller stopper lige omkring strækningen mellem snit 1 og snit 2, da deres hastighed ikke er repræsentativ. Ligeledes er der set bort fra tidsperioder, hvor andre trafikanter spærrer dele af strækningen. I alt er der målt hastighed og sideværtsplacering på minimum 900 stitrafikanter på hver strækning.

2.3 Lokalteter

I alt er der foretaget observationer på 8 stier. Lokalteterne er udvalgt på baggrund af følgende krav:

- Stor cykeltrafikmængde.
- God afstand til nærmeste signalregulerede kryds (strækninger med mindre end 300 meter mellem signalregulerede kryds er ikke anvendt).
- God afstand til fodgængerfelter eller busstop.
- Stien skal være gennemført over nærtliggende sideveje, ud- og indkørsler.
- Ingen skarpe sving og ingen mærkbar gradient.
- Kantsten og niveauforskel mellem cykelsti og fortov samt mellem cykelsti og vej. Cykelstien skal gå helt til kantstenen.
- Kloakriste placeret i stiens højre side.

For at få et datagrundlag med mange registreringer af stitrafikanter med overlap, er der videofilmet i myldretiden på strækninger med mange stitrafikanter, og derfor er strækninger i det centrale København og Frederiksberg anvendt. På Figur 4 ses et kort over de anvendte lokaliteter.



Figur 4: Undersøgelsens lokaliteter.

Da undersøgelsen fokuserer på strækninger, ønskes det at måle på steder, hvor stitrafikanter kører med fri hastighed (uden acceleration/deceleration), såfremt trafikken på stien tillader det. Derfor er det nødvendigt at anvende lokaliteter med passende afstand til signalregulerede kryds, fodgængerfelter og busstop. Særligt i forbindelse med signalregulerede kryds formodes det, at en del af stitrafikanterne

regulerer hastigheden i god afstand til krydsene, hvis de ved, at de kommer til at stoppe for rødt ved uændret hastighed.

Det er tilstræbt at inkludere forskellige stibredder. Ligeledes er det forsøgt at finde lokaliteter, der adskiller sig i forhold til bredden og aktivitetsmængden på fortovet. Desuden er der fokus på anvendelsen af vejarealet ved siden af cykelstien (almindeligt kørespor, busbane eller parkeringslommer), idet parkeringslommer formodes at reducere den effektive stibredde. I Tabel 1 ses en oversigt over lokaliteterne og deres kendetegn. Det er tilstræbt at filme på vindstille dage således, at det er lokaliteternes kendetegn og ikke vejret, der påvirker trafikanternes hastighed. Lokaliteterne er observeret på dage med overvejende tørt vejr i sommerhalvåret og således ved temperaturer væsentligt over frysepunktet.

Lokalitet	Stibredde ekskl. 0,15m kantsten	Tilstødende vejareal	Fortov
Amager Boulevard ml. Ørestads Boulevard og Ved Langebro.	2,50m	Busbane	Ca. 3m bredt. Adskilt med træer. Lidt aktivitet.
Bredgade ml. Fredericiagade og Esplanaden	1,85m	Kørebane	Ca. 2,5m bredt. Meget aktivitet.
Gammel Kongevej ml. Vester Søgade og Vodroffsvej	2,50m	Parkerede biler	Ca. 8m bredt. Meget aktivitet
H.C. Ørstedes Vej overfor Kastanievej	1,85m	Parkerede biler	Ca. 2m bredt. Meget aktivitet
Jagtvej overfor Husumgade	1,85m	Kørebane	Ca. 2m bredt. Adskilt med træer. Lidt aktivitet
Rosenørns Allé ml. Kleinsgade og Julius Thomsens Gade	2,35m	Kørebane	Ca. 3,5m bredt. Noget aktivitet.
Tagensvej ved Refsnæsgade	2,85m	Kørebane	Ca. 2,5m bredt. Lidt aktivitet.
Tietgensgade overfor Ved Glyptoteket	1,85m	Parkerede biler	Ca. 3m bredt. Meget aktivitet.

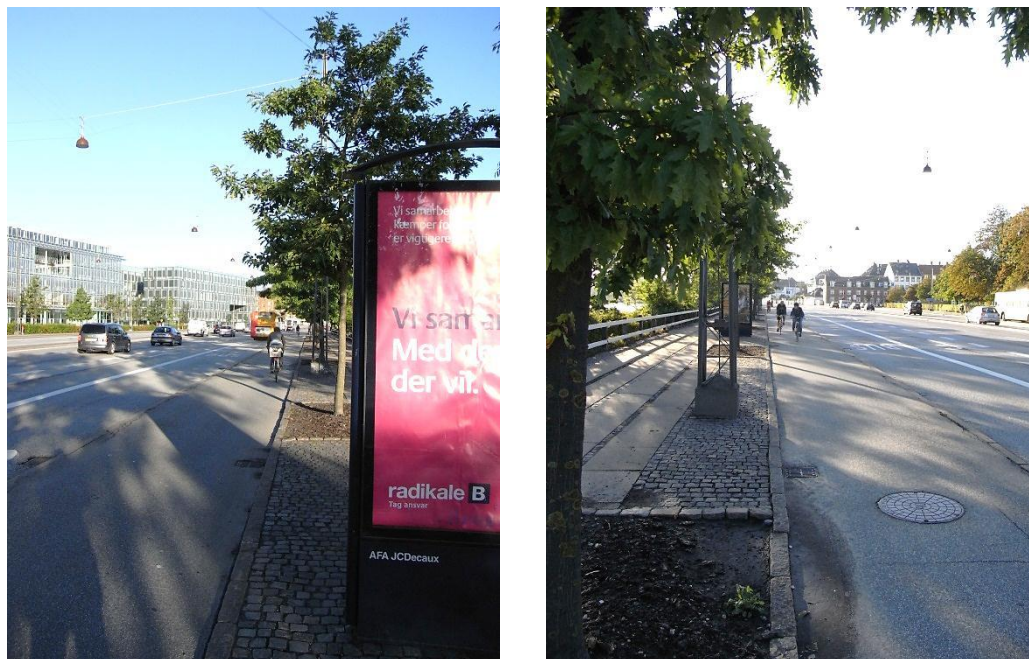
Tabel 1: Lokaliteter i undersøgelsens samt deres kendetegn i forhold til stibredde og benyttelse af arealerne ved siden af stien.

På de følgende sider præsenteres de enkelte lokaliteter kort.

Amager Boulevard

Stien er 2,5 meter bred på lokaliteten, og derudover er der 0,15 meter med kantsten, og der er plads til op til tre cykler ved siden af hinanden. Stitrafikken er stor med op mod 2.000 cyklister i timen i retning mod Langebro og Københavns centrum i den travleste del af morgenmyldretiden. Stitrafikken ankommer i vid udstrækning i klumper. Der er en busbane langs cykelstien, og til trods for store trafikmængder på Amager Boulevard er der ikke så meget trafik lige op af stien. Træer langs cykelstien i fortovsiden betyder, at stitrafikken ikke påvirkes af aktiviteten på fortovet.

På Figur 5 ses strækningen med og mod stitrafikanternes køreretning. Det bemærkes, at der er et dæksel midt på stien på fotoet til højre. Da der ikke er nævneværdige forsinkninger omkring dækslet, og snit 2 er placeret ca. 10 meter før dækslet, forventes det kun at have en meget lille betydning for stitrafikanternes sideværtsplacering i målesnittet.



Figur 5: Lokaliteten på Amager Boulevard. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen.

Bredgade

Der er tale om en smal cykelsti med en bredde på 1,85 meter og desuden 0,15 meter med kantsten. Der er således kun plads til to cykler ved siden af hinanden. Stitrafikken er størst i eftermiddagsmyldretiden med lige under 1.000 cyklister i den travleste time. Der er kørebane langs cykelstien, og om eftermiddagen er der meget trafik på vejen. Ligeledes er der en del aktivitet på fortovet helt ud til stikanten, som kan påvirke sideværtsplaceringen og adfærden på cykelstien.

På Figur 6 ses strækningen med og mod trafikanternes køreretning.



Figur 6: Lokalteten på Bredgade. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen.

Gammel Kongevej

Cykelstien har samme dimensioner som lokaliteten på Amager Boulevard, dvs. 2,5 meter bred, og derudover er der 0,15 meter med kantsten, og der er plads til op til tre cykler ved siden af hinanden. Der er mere end 1.000 cyklister i timen i spidstimerne om eftermiddagen i retning fra centrum mod Frederiksberg, og stitrafikken ankommer i vid udstrækning i større klumper. Langs cykelstien holder der parkerede biler. På fortovet er der meget aktivitet, men fortovet er meget bredt, så det påvirker kun stitrafikken i få situationer.

På Figur 7 ses strækningen med og mod trafikanternes køreretning. Ca. 10 meter efter snit 2 er der en blød forsætning på cykelstien, men det forventes ikke at påvirke hastigheden eller sideværtsplaceringen i snit 2.



Figur 7: Lokaliteten på Gammel Kongevej. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen.

H.C. Ørstedes Vej

Stien har samme dimensioner som stien på Bredgade, dvs. 1,85 meter bred samt 0,15 meter kantsten og maksimalt plads til to cykler ved siden af hinanden. Trafikken i nordgående retning er samlet ikke større i den ene myldretid frem for den anden. Der er filmet i eftermiddagstimerne med omkring 500 cyklister i timen. Langs cykelstien er der parkeringslommer med parkerede biler. Fortovet er smalt og under videooptagelserne var bredden reduceret yderligere af parkerede cykler langs husmuren. Da der samtidig er en del aktivitet på fortovet, kan denne trafik påvirke cyklisterne på cykelstien.

På Figur 8 ses strækningen med og mod trafikanternes køreretning. Det bemærkes, at der er et dæksel midt på stien. Denne er placeret på selve strækningen ca. 3 meter før snit 2. Der er ikke nævneværdige forsænkninger omkring dækslet, men mange cyklister vælger alligevel at køre mellem denne og kloakristen næsten lige ved siden af. Det betyder, at det kan have en betydning for sideværtsplacering primært blandt fritkørende cyklister, mens det næppe har den store betydning for den målte hastighed.



Figur 8: Lokalteten på H.C. Ørstedes Vej. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen.

Jagtvej

Cykelstien har ligeledes samme dimensioner som stien på Bredgade, dvs. 1,85 meter bred samt 0,15 meter kantsten og maksimalt plads til to cykler ved siden af hinanden. I betragtning af stiens bredde er trafikken i nordgående retning i morgenmyldretiden markant med mere end 1.200 cykler i timen i det travleste tidsrum. Cykeltrafikken ankommer i klumper, men i de travleste perioder er afstanden mellem klumperne ikke stor. Langs cykelstien er der kørebane, hvor der er tæt trafik i morgentimerne, og de tunge køretøjer kommer tæt på cykelstien. En række af træer adskiller det relativt smalle fortov og cykelstien, således cykeltrafikken ikke påvirkes af aktiviteten på fortovet.

På Figur 9 ses strækningen med og mod trafikanternes køreretning.



Figur 9: Lokaliteten på Jagtvej. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen.

Rosenørns Allé

Cykelstien er 2,35 meter bred på lokaliteten, og derudover er der 0,15 meter kantsten. I nogle tilfælde er der plads til tre cykler ved siden af hinanden. Der er mere end 1.000 cyklister i spidstimen om eftermiddagen i retning fra centrum mod Frederiksberg, og stitrafikken ankommer i store klumper af op til 30 cyklister. Dette skyldes, at de fleste cyklister kommer fra et forudgående signalreguleret kryds med meget kort grøntid. Langs cykelstien er der et bredt kørespor (uden parkerede biler i myldretiden), og bilisterne holder god afstand til cykelstien. Nogle få cyklister vælger at benytte vejen til at komme hurtigere frem, når større klumper skal overhales. På fortovet er der noget aktivitet, men fortovet er meget bredt, så stitrafikken påvirkes ikke af dette.

På Figur 10 ses strækningen med og mod trafikanternes køreretning. Selvom lokaliteten ser ud til at ligge kort efter et signalreguleret kryds, er der omkring 150 meter mellem cyklisternes stopstreg og snit 1. I nogle tilfælde kan trafikken til og fra sidevejen kort før snit 1 påvirke stitrafikken.



Figur 10: Lokaliteten på Rosenørns Allé. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen. Under videofilmningen var der ingen parkerede biler i vejkanterne.

Tagensvej

Cykelstien er den bredeste i undersøgelsen. Den er 2,85 meter bred og derudover er der 0,15 meter kantsten, så der er plads til, at tre cyklister kan passere ved siden af hinanden. Der passerer mere end 1.200 cyklister pr. time om morgenen i retning mod Københavns centrum ved størst trafikbelastning, og stitrafikken ankommer i nogen grad i klumper. Langs cykelstien er der kørebane, og der er forholdsvis meget trafik. Der er ikke så meget aktivitet på fortovet, og det påvirker kun stitrafikken i meget få situationer.

På Figur 11 ses strækningen med og mod trafikanternes køreretning. Sidevejen ved snit 1 er spærret for ind- og udkørsel for motorkøretøjer.



Figur 11: Lokalteten på Tagensvej. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen.

Tietgensgade

Stien har samme dimensioner som lokaliteten på Bredgade, dvs. 1,85 meter bred samt 0,15 meter kantsten og maksimalt plads til to cykler ved siden af hinanden. Der er parkerede biler langs stien ved snit 2, hvor sideværtsplaceringen måles. Trafikken på stien i vestgående retning væk fra centrum er markant større i eftermiddagsmyldretiden, hvor der er op mod 1.000 cyklister i timen. Cyklisterne ankommer i høj grad i klumper afhængig af, hvornår der er grønt for ligeudkørende i det forudgående signalregulerede kryds. Fortovet er forholdsvis bredt, men der er mange fodgængere, som indimellem benytter cykelstien. Det har muligvis betydning for adfærden på cykelstien. På filmtidspunktet har cyklisterne solen i øjnene, men det er uklart, hvorvidt det har en betydning for placering og i særdeleshed hastighedsvalg.

På Figur 12 ses strækningen med og mod trafikanternes køreretning. I snit 1 og frem til midten af observationsstrækningen er der ikke parkerede biler, men en brostensbelagt adskillelse fra vejen. Dette stykke bruges både af fodgængere og cyklister, der krydser Tietgensgade i forbindelse med Ved Glyptoteket, til af- og pålæsning af passagerer og i enkelte tilfælde som et overhalingsspor på cykelstien. Snit 2 er placeret ud for parkeringsbåsene, som var optaget på filmtidspunktet. Kort efter snit 2 er et dæksel placeret i stiens venstre side. Da overhalende cyklister ikke kan undgå at køre på denne, og der finder en del overhalinger sted i snit 2, er det ikke vurderet at have nævneværdig betydning for de målte sideværtsplaceringer og hastigheder.



Figur 12: Lokaliteten på Tietgensgade. Til venstre i cyklisternes køreretning, til højre mod køreretningen.

2.4 Måleusikkerhed

Sideværtsplacering

I forbindelse med opmåling af sideværtsplaceringen er der en vis usikkerhed. Dels kan perspektivet påvirke opmålingerne, og dels kan cyklisterne skygge for hinanden.

Hvor cyklisterne skygger for hinanden er sideværtsplaceringen skønnet efter bedste evne f.eks. ved brug af baghjulets passage af snit 2. Denne usikkerhed forekommer på alle strækninger. Ligeledes er der en måleusikkerhed, da sideværtsplaceringen er målt manuelt på en computerskærm.

Perspektivet giver anledning til en mere systematisk usikkerhed, idet denne faktor er forskellig for hver enkelt lokalitet. Da kameraet skal fastmonteres i en genstand (pæl, skilt, træ el. lign.) flugter kameraets vinkel ikke midten af stien. På nogle af lokaliteterne har det givet lidt problemer med perspektivet, således en måleenhed til højre og til venstre på stien i snit 2 på computerskærmen ikke kan ganges op med den helt samme faktor for at opnå virkelighedens afstand. Problemet er på disse lokaliteter reduceret ved at indlægge en midtlinje på stien og derefter bruge forskellige opregningsfaktorer på højre og venstre halvdel af stien.

Hastighed

Hastigheden udregnes som nævnt på baggrund af cyklisternes passagetid mellem snit 1 og snit 2. I registrering af passagetidspunkt er der en lille usikkerhed, idet stitrafikanterne bevæger sig et stykke mellem de enkelte billeder på videofilmen. Kameraerne optager 25 billeder i sekundet, hvilket svarer til, at en cyklist, der kører 20 km/t, når 22 centimeter mellem hvert billede på filmen. Ved 30 km/t er det 33 centimeter. Derfor er afstanden mellem snit 1 og snit 2 udvalgt til at være ca. 20 meter (afhængig af mulighed for god kamuflering). Dette er et kompromis mellem at reducere måleusikkerhed, men også at have en tilpas kort distance til at kunne forvente, at cyklisterne hastighed er nogenlunde konstant på strækningen.

Et andet usikkerhedselement opstår, idet cyklisterne kan skygge for hinanden, og passagetidspunktet i målesnittene for nogle cyklister må baseres på et kvalificeret skøn.

Usikkerheden ved hastighedsmålinger afhænger af afstanden mellem snit 1 og snit 2, men der er i store træk ikke forskel strækningerne imellem.

3 Resultater

Resultatafsnittet er opdelt i en række underafsnit. Først præsenteres forskellige overordnede resultater for at give et overblik over data. Dernæst præsenteres de resultater, der er anvendt til grundlag for definitionen på effektiv stibredde og fritkørende cykler.

Efter dette præsenteres resultater for sideværtsplacering, hastighed og kapacitet. Disse tre emner uddybes med, hvad der kan udledes om specialcykler, og til sidst anvendes materialet til at fastsætte nogle mål for cykelstibreder.

3.1 Undersøgelsens data

Cykeltyper

I Tabel 2 ses datamaterialet fra de enkelte lokaliteter. Der er registreret omkring 1.000 cyklister på hver lokalitet. Som det fremgår, er langt hovedparten af stitrafikanterne almindelige cyklister. Andelen af specialcykler er mindst på de tre strækninger (Amager Boulevard, Jagtvej og Tagensvej), hvor der filmet i morgenmyldretiden.

	Antal	Almindelige	Specialcykler	Knallert	Andet
Amager Boulevard	1.168	97,4 %	1,1 %	0,7 %	0,8 %
Bredgade	1.213	97,2 %	1,8 %	0,2 %	0,7 %
Gl. Kongevej	1.275	98,4 %	1,3 %	0,2 %	0,2 %
H.C. Ørstedes Vej	953	96,6 %	2,4 %	0,3 %	0,6 %
Jagtvej	1.156	99,0 %	0,8 %	0,1 %	0,2 %
Rosenørns Allé	973	97,8 %	1,3 %	0,3 %	0,5 %
Tagensvej	1.072	98,9 %	0,8 %	0,2 %	0,1 %
Tietgensgade	1.115	97,2 %	2,2 %	0,3 %	0,3 %
I alt	8.925	97,8 %	1,5 %	0,3 %	0,4 %

Tabel 2: Datamaterialet fra de 8 lokaliteter fordelt på trafikanttyper.

Køn og alder

Det har været muligt at bedømme kønnet på næsten alle trafikanter, men særligt for knallertkørere kan det være vanskeligt pga. den store hjelm. Ved fordelingen af trafikanter på aldersgrupper er der foretaget en løs vurdering, men hensigten er også blot at få en fornemmelse af, hvilke trafikanter der indgår.

Af Tabel 3 fremgår stitrafikanternes fordeling på køn og alder.

	Kønsfordeling		Aldersgruppedeling		
	Kvinder	Mænd	Voksne	Børn	Ældre
Amager Boulevard	52,8 %	46,7 %	98,5 %	0,9 %	0,6 %
Bredgade	46,9 %	53,0 %	98,2 %	0,0 %	1,8 %
Gl. Kongevej	52,2 %	47,8 %	97,6 %	1,1 %	1,3 %
H.C. Ørstedes Vej	50,2 %	49,8 %	98,0 %	1,6 %	0,4 %
Jagtvej	59,5 %	40,5 %	99,0 %	0,7 %	0,3 %
Rosenørns Allé	54,3 %	45,5 %	97,9 %	0,5 %	1,5 %
Tagensvej	52,9 %	46,3 %	97,2 %	1,8 %	1,0 %
Tietgensgade	49,2 %	50,7 %	98,8 %	0,3 %	0,9 %
I alt	52,2 %	47,6 %	98,2 %	0,8 %	1,0 %

Tabel 3: Stitrafikanterne fordelt efter hhv. køn og alder.

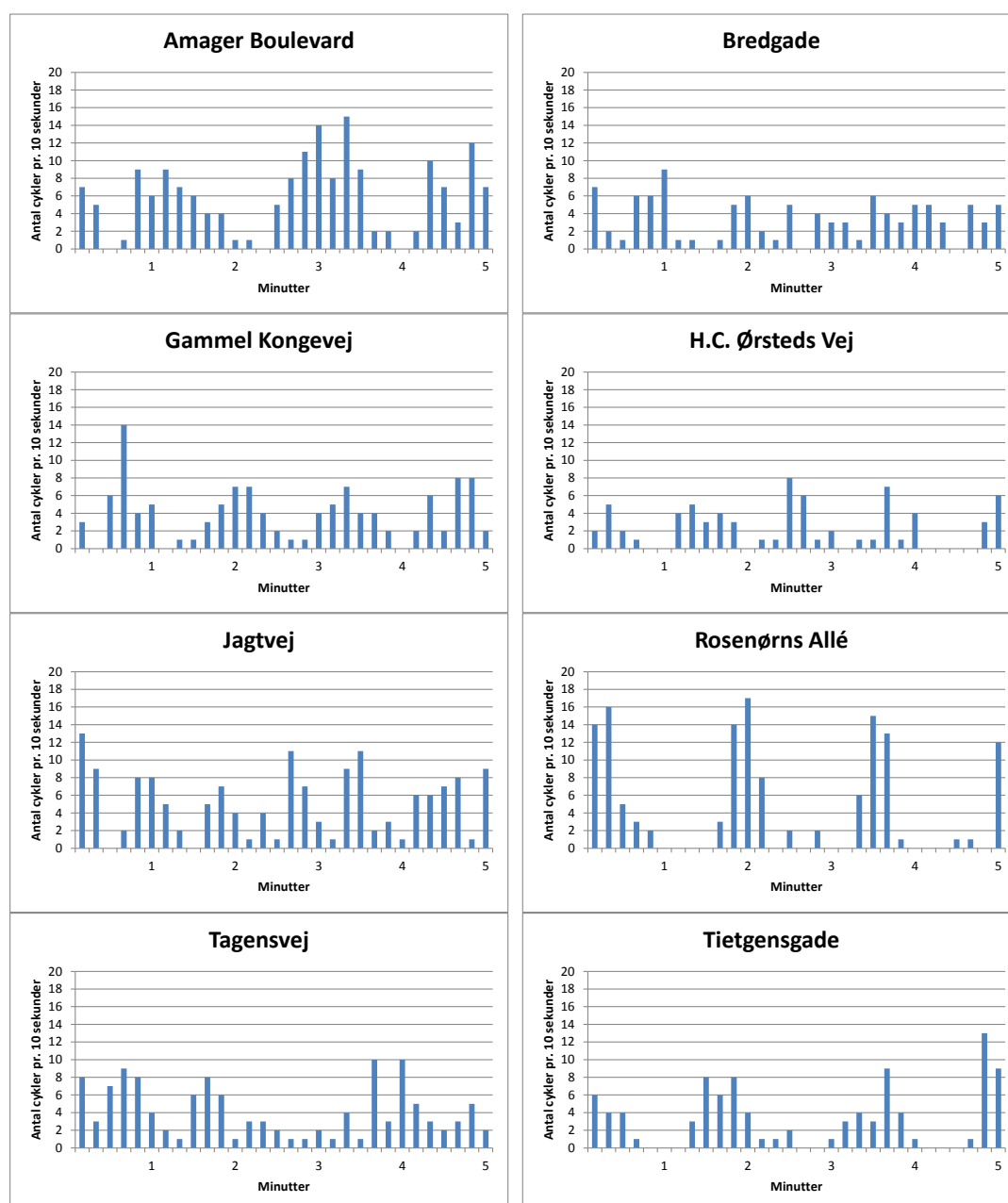
Trafikanterne er jævnt fordelt på køn, men på de fleste af strækningerne er der tale om en lille overvægt af kvinder. På Jagtvej er der dog registreret væsentligt flere kvinder end mænd. Langt hovedparten af trafikanterne er voksne, men det er også forventeligt i forhold til gruppens andel af befolkningen som helhed og filmtids-punkterne. Der er således ingen af strækningerne, der skiller sig ud f.eks. ved at have en betydelig andel af børn på vej til/fra skole.

Ankomstfordeling på lokaliteter

Stitrafikkens ankomst på de 8 lokaliteter kan ses af Figur 13. Der er set på de 5 minutter med maks-flow for hver strækning, hvor antallet af cyklister, der passerer snit 2 er inddelt i 10 sekunders intervaller. I de mindre travle intervaller er ankomstmønsteret i hovedtræk det samme, men blot med færre cyklister pr. 10 sekunders interval.

Alle lokaliteter er kendetegnet ved at være styret af signalomløbet i nærmeste signalregulerede kryds før målestrækningen, men lokaliteterne adskiller sig ved trafikintensitet, afstand til pågældende signalregulerede kryds og længden af grøntid i krydset.

Særligt Gammel Kongevej, Rosenørns Allé og Tietgensgade er kendetegnet ved, at trafikken ankommer til lokaliteten i større grupperinger. Det samme ses for Jagtvej og Amager Boulevard, men her er der også en del stitrafik, der svinger ind på strækningen i det forudgående signalregulerede kryds, mens de større grupper holder for rødt. Begge steder forekommer der også en del rødkørsel blandt stitrafikanter, hvilket er med til at sprede ankomstfordelingen. På de tre resterende lokaliteter ankommer stitrafikken mere jævnt fordelt.



Figur 13: Ankomstfordeling som antal cykler pr. 10 sekunder i det travleste 5 minutters interval på undersøgelsens strækninger.

3.2 Definition af effektiv stibredde og fritkørende

3.2.1 Effektiv stibredde

I denne undersøgelse korrigeres den faktiske stibredde til den effektive stibredde ved at tage hensyn til, om der er parkerede biler langs stien eller ej. Tre lokaliteter

har parkerede biler langs stien: Gammel Kongevej, H.C. Ørstedes Vej og Tietgensgade. For at vurdere betydningen af de parkerede biler er det undersøgt, hvor langt cyklister længst til venstre på stien placerer sig fra kantstenen til vejen.

Dette undersøges ved at sammenligne cyklisters sideværtsplacering i position 2 i forbindelse med overlap på de smalle stier, hvor 3 cyklister ikke kan køre ved siden af hinanden. På disse lokaliteter må det forventes, at cyklisterne så vidt muligt udnytter den fulde stibredde. Derfor sammenlignes afstanden til kantstenen til vejen på H.C. Ørstedes Vej og Tietgensgade (parkerede biler langs sti) med Bredgade og Jagtvej (ej parkerede biler langs sti).

I Tabel 4 ses denne afstand mellem cykelhjul og kantsten til vejen for almindelige cykler i position 2, der overhaler almindelige cykler i position 1. Både gennemsnit, 25 %-fraktil og 75 %-fraktil fremgår af tabellen.

	Antal	Gennemsnit (m)	25 %-fraktil (m)	75 %-fraktil (m)
Bredgade	95	0,39	0,31	0,45
H.C. Ørstedes Vej (p)	53	0,56	0,47	0,63
Jagtvej	144	0,39	0,31	0,47
Tietgensgade (p)	117	0,49	0,41	0,56
Alle 4	409	0,44	0,35	0,52
Bredgade + Jagtvej	239	0,39	0,31	0,47
H.C. Ørstedes Vej + Tietgensgade (p)	170	0,51	0,43	0,59

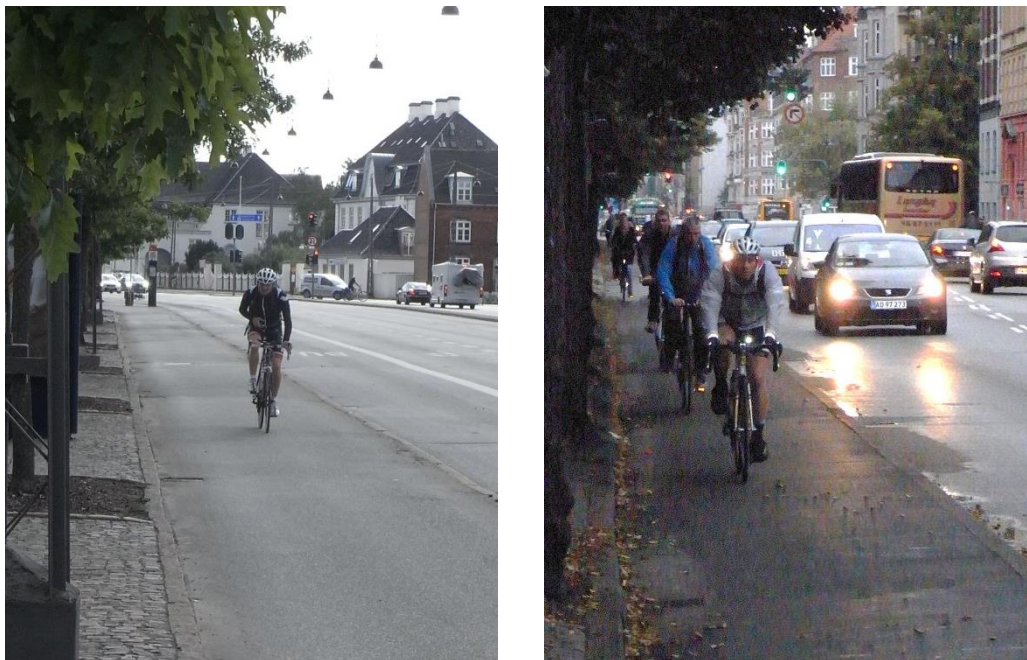
Tabel 4: Afstand mellem cykelhjul og kantsten til vej for almindelige cykler i position 2, der overhaler almindelige cykler i position 1. p = parkering langs sti.

For Bredgade og Jagtvej er både gennemsnitsafstanden og de to fraktiler meget ens. Tietgensgade og H.C. Ørstedes Vej er mindre ensartede. Dette kan hænge sammen med flere faktorer. Den væsentligste årsag til forskellen er nok, at cyklisterne i position 1 placerer sig tættere på fortovet på H.C. Ørstedes Vej – muligvis pga. dæksel på stien. Dette gør det muligt for cyklister i position 2 at køre længere fra vejen. Andre væsentlige faktorer kan være, at datamængden er mindre for H.C. Ørstedes Vej, og der kan være forskel på, hvor tæt på kantstenen bilerne er parkeret og hvor store sidespejle, de har.

Parkerede biler langs cykelsti synes at reducere stibredden med ca. 10-15 centimeter. I det følgende er stibredden reduceret med 12 centimeter for at opnå den effektive stibredde, hvis der er parkerede biler langs stien. Det svarer til forskellen på gennemsnitsafstanden og for de to fraktiler, når de to strækninger med parkerede biler sammenlignes med de to strækninger uden parkerede biler (se Tabel 4). Denne korrektion er anvendt for Gammel Kongevej, H.C. Ørstedes Vej og Tietgensgade.

3.2.2 Fritkørende cyklister

I nogle sammenhænge kan det være praktisk at sammenligne adfærden blandt cyklisterne afhængig af, om de kører ved siden af hinanden, som en del af en større gruppe eller helt alene som fritkørende. I denne undersøgelse kan en fritkørende cyklist frit vælge sin hastighed og sin placering på stien uden at tage hensyn til andre trafikanter (se Figur 14).



Figur 14: Eksempel på fritkørende cyklist til venstre og cyklister, der ikke overlapper, men heller ikke er fritkørende til højre.

Det betyder, at en fritkørende skal have stien for sig selv med en rimelig tidsafstand til nærmeste foran- og bagvedkørende. For at holde definitionen simpel er samme tidsafstand til foran- og bagvedkørende valgt.

Efter at have gennemset videomaterialet er det vurderet, at denne tidsafstand er på minimum 2 sekunder. Ved forskellige hastigheder tilbagelægger trafikanterne følgende afstande på 2 sekunder:

- 15 km/t: 8,3 meter
- 20 km/t: 11,1 meter
- 25 km/t: 13,9 meter

Sideværtsplaceringen og hastigheden er sammenlignet for tre tidsafstande til nærmeste cyklist for almindelige cyklister: 2, 3 og 5 sekunder.

I Tabel 5 er betydningen af de tre forskellige tidsafgrænsninger opgjort for sideværtsplaceringen målt som afstand til fortov og standardafvigelsen for denne afstand.

	Tidsafstand	Antal fritkørende	Afstand til fortov (m)	Standardafvigelse (m)
Amager Boulevard	2 sekunder	113	0,68	0,19
	3 sekunder	60	0,69	0,21
	5 sekunder	21	0,68	0,11
Bredgade	2 sekunder	370	0,66	0,17
	3 sekunder	226	0,66	0,18
	5 sekunder	103	0,65	0,17
Gammel Kongevej	2 sekunder	311	0,69	0,20
	3 sekunder	194	0,71	0,19
	5 sekunder	91	0,70	0,21
H.C. Ørstedes Vej	2 sekunder	400	0,49	0,13
	3 sekunder	288	0,49	0,13
	5 sekunder	156	0,49	0,13
Jagtvej	2 sekunder	181	0,61	0,13
	3 sekunder	103	0,61	0,13
	5 sekunder	52	0,62	0,14
Rosenørns Allé	2 sekunder	102	0,73	0,18
	3 sekunder	68	0,72	0,18
	5 sekunder	37	0,72	0,18
Tagensvej	2 sekunder	229	0,87	0,29
	3 sekunder	140	0,88	0,32
	5 sekunder	73	0,84	0,33
Tietgensgade	2 sekunder	206	0,65	0,13
	3 sekunder	127	0,67	0,14
	5 sekunder	74	0,66	0,13

Tabel 5: Antal fritkørende, almindelige cykler, deres gennemsnitlige sideværtsplacering i form af afstand til fortov samt standardafvigelsen for denne afstand. Opgjort for hver lokalitet for tre forskellige tidsafstande til afgrænsning af fritkørende.

Det har umiddelbart kun en meget lille betydning for de fundne sideværtsafstande, hvilken tidsafgrænsning, der anvendes. Størst betydning har det på Tagensvej, hvor gennemsnitsafstanden til fortovet varierer med 4 cm og samme variation findes for standardafvigelsen.

I Tabel 6 ses betydningen af de tre forskellige tidsafgrænsninger opgjort for gennemsnitshastigheden og standardafvigelsen for hastigheden.

	Tidsafstand	Antal fritkørende	Gennemsnits-hastighed (km/t)	Standardafvigelse (km/t)
Amager Boulevard	2 sekunder	113	21,0	3,7
	3 sekunder	60	20,7	4,3
	5 sekunder	21	20,9	4,5
Bredgade	2 sekunder	370	22,6	4,3
	3 sekunder	226	22,7	4,4
	5 sekunder	103	23,2	4,2
Gammel Kongevej	2 sekunder	311	21,1	3,6
	3 sekunder	194	21,2	3,9
	5 sekunder	91	21,0	4,1
H.C. Ørstedes Vej	2 sekunder	400	20,1	3,7
	3 sekunder	288	20,0	3,7
	5 sekunder	156	19,6	3,6
Jagtvej	2 sekunder	181	21,6	3,7
	3 sekunder	103	21,5	3,5
	5 sekunder	52	22,0	3,8
Rosenørns Allé	2 sekunder	102	21,0	5,0
	3 sekunder	68	20,8	5,5
	5 sekunder	37	20,6	5,3
Tagensvej	2 sekunder	229	22,8	3,7
	3 sekunder	140	22,8	3,7
	5 sekunder	73	21,8	3,1
Tietgensgade	2 sekunder	206	20,6	4,0
	3 sekunder	127	20,5	4,4
	5 sekunder	74	20,3	4,4

Tabel 6: Antal fritkørende, almindelige cykler, deres gennemsnitlige hastighed samt standardafvigelsen for hastigheden. Opgjort for hver lokalitet for tre forskellige tidsafstande til afgrænsning af fritkørende.

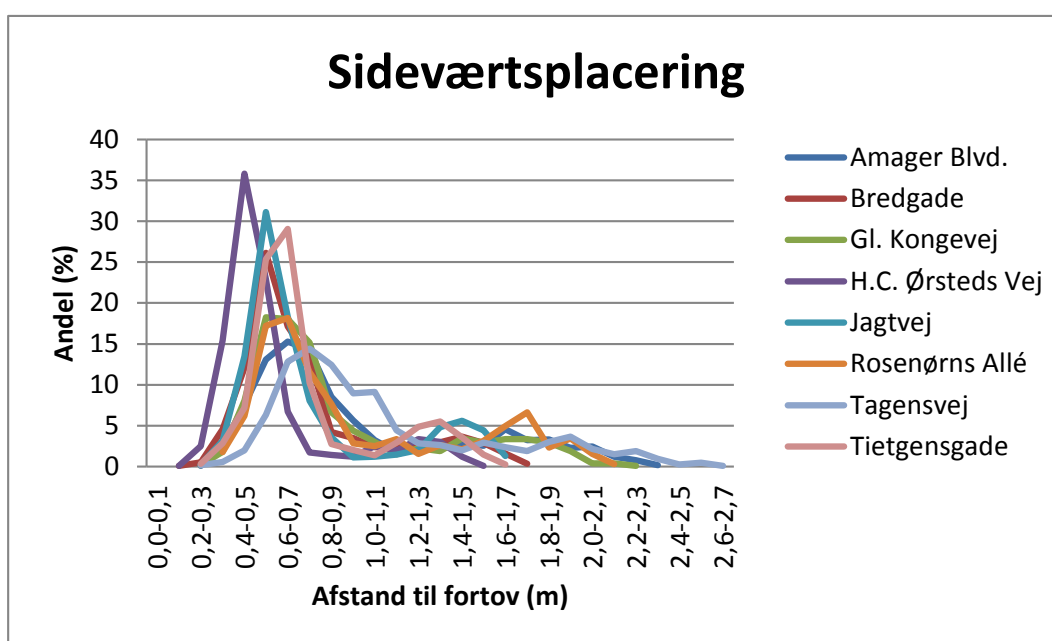
Der er nogle forskelle på hastighederne afhængig af valg af tidsafstand til nærmeste medtrafikanter, men forskellene peger ikke entydigt i en retning. De største forskelle ses igen på Tagensvej.

Sammenholdes resultaterne for sideværtsplacering og hastighed, synes det ikke at have den store betydning hvilken tidsafgrænsning, der vælges. I forhold til datamængden er det ikke uvæsentligt. Vælges 3 eller 5 sekunder beskæres datamængden meget, og der bliver meget få fritkørende på nogle af lokaliteterne. Derfor er en fritkørende defineret som en stitrafikanter, der passerer snit 2 med en tidsafstand på mindst 2 sekunder til nærmeste foran- eller bagvedkørende medtrafikanter.

3.3 Sideværtsplacering for almindelige cykler

Cyklisters valg af placering på stien er central i forhold til at vurdere en stis kapacitet. Ligeledes kan sideværtsforskellen anvendes i forhold til at vurdere nødvendige stibredder. I dette afsnit er der fokus på de almindelige cyklister. Sideværtsplaceringen er registreret som forhjulets placering ved passage af snit 2. Cyklerne er således behandlet som ét enkelt punkt. Hvis de hollandske tal for en cyklistbredde på 75 centimeter anvendes, skal der lægges 37,5 centimeter til hver side i forhold til punktregistreringen for at få cyklisten udbredelse på tværs af stien.

Figur 15 viser, hvilken afstand almindelige cykler har til fortovet på undersøgelsens otte lokaliteter. Figuren er baseret både på fritkørende, cyklister der kører forskudt fra hinanden og cyklister med overlap.



Figur 15: Fordelingen af almindelige cyklister på 10cm intervaller afhængig af afstand til fortov.

De fleste cyklister holder til højre ved kørsel på stierne. På alle lokaliteter er den største andel placeret indenfor 1 meter fra fortovskanten og flest omkring 50-60 centimeter fra fortovskanten. Det ses, at cyklisterne på de fire bredeste stier placerer sig i et lidt større udsnit af stien, og der her også er flere i den venstre side af stien, hvor en stor del er i færd med overhalinger. Cyklisterne på H.C. Ørsteds Vej holder mest til højre.

At cykler placerer sig ens i spor kan også illustreres ved billeder efter snefald (se Figur 16). Det skal selvfølgelig bemærkes, at cyklister sandsynligvis placerer sig lidt anderledes efter snefald – i hvert fald, når det første ”ryddede” kørespor er dannet.



Figur 16: Cyklisters spor og dermed sideværtsplacering er tydelige efter snefald.

3.3.1 Sideværtsplacering ved overlap

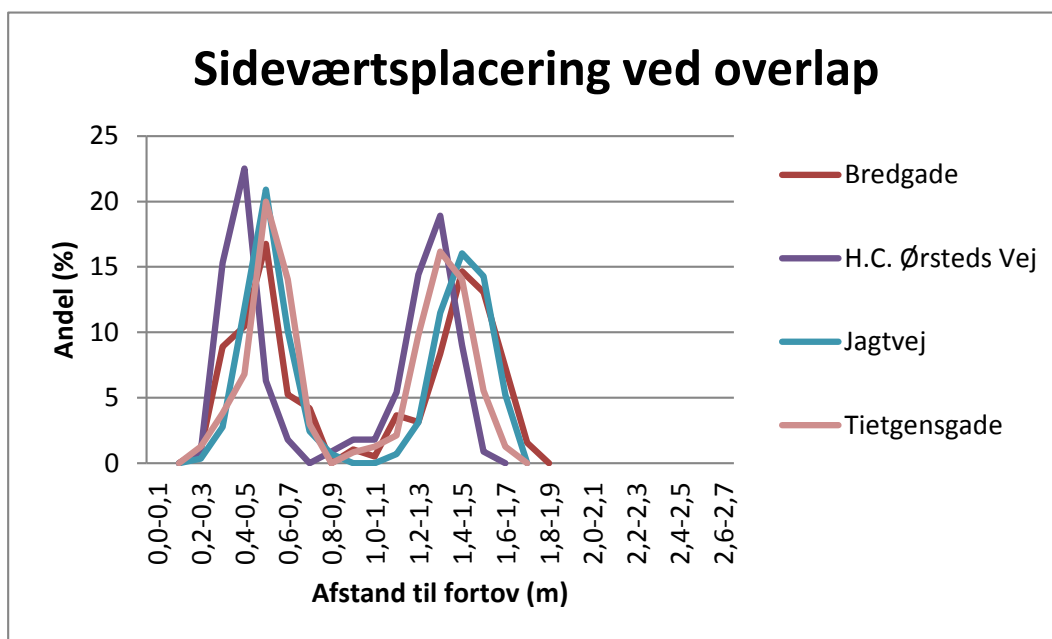
For cyklisterne med overlap ses deres gennemsnitlige sideværtsplacering og standardafvigelse i Tabel 7.

	Position 1		Position 2		Position 3	
	Afstand til fortov (m)	Std.afv. (m)	Afstand til fortov (m)	Std.afv. (m)	Afstand til fortov (m)	Std.afv. (m)
H.C. Ørstedvej (1,73 m)	0,44 (53)	0,10	1,30 (58)	0,12	-	-
Tietgensgade (1,73m)	0,55 (115)	0,11	1,36 (120)	0,13	-	-
Bredgade (1,85m)	0,52 (91)	0,14	1,47 (100)	0,15	-	-
Jagtvej (1,85m)	0,55 (141)	0,10	1,46 (146)	0,11	-	-
Rosenørns Allé (2,35m)	0,62 (150)	0,16	1,72 (164)	0,21	2,04 (9)	0,11
Gammel Kongevej (2,38m)	0,62 (138)	0,20	1,70 (143)	0,21	1,99 (7)	0,17
Amager Boulevard (2,50m)	0,63 (182)	0,17	1,70 (196)	0,24	2,16 (15)	0,16
Tagensvej (2,85m)	0,71 (112)	0,21	1,85 (117)	0,32	2,38 (6)	0,24

Tabel 7: Almindelige cyklers sideværtsplacering som afstand til fortov afhængig af lokalitet og position ved overlap – gennemsnit og standardafvigelse. I parentes antal cyklister.

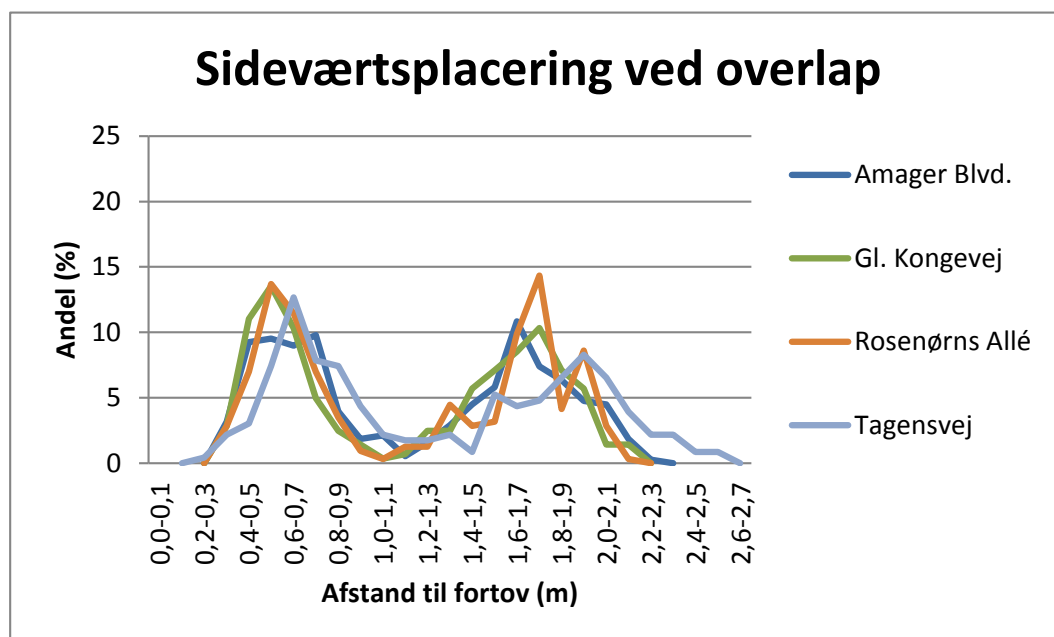
Der er en meget begrænset datamængde for cyklister i position 3, hvilket bl.a. hænger sammen med, at Amager Boulevard, Gammel Kongevej og Rosenørns Allé selv under de største registrerede trafikbelastninger primært anvendes som 2-sporede stier. Særligt sideværtsplaceringen på Amager Boulevard, Gammel Kongevej og Rosenørns Allé med næsten samme stibredde er meget ens for cyklister i position 1 og position 2. På de fire smalle stier er der også visse lighedstræk og både cyklister i position 1 og position 2 placerer sig længere til højre på stien end på de brede stier. Standardafvigelserne er også mindre på disse strækninger.

Denne forskel er også vist i følgende figurer, hvor andelen af almindelige cykler i forbindelse med overlap er fordelt på 10 centimeters intervaller i forhold til deres afstand til fortovs kantstenen. Figur 17 viser de fire smalleste strækninger, mens Figur 18 viser de fire bredeste strækninger. Cyklister i position 3 er som set i Tabel 7 sjældne og forekommer kun på de fire bredeste stier, og de er derfor ikke taget med i figurene.



Figur 17: Andelen af cyklister fordelt efter afstand til fortov på de fire smalleste stier. Kun almindelige cyklister ved overlap i position 1 eller position 2.

På de fire smalleste strækninger fordeler cyklisterne sig i to meget veldefinerede spor. Det er tydeligt, at cyklisterne holder mere til højre på H.C. Ørstedes Vej. Cyklisterne i position 2 holder også længere til højre på Tietgensgade ligeledes med parkerede biler langs sti, end de gør på Bredgade og Jagtvej. Hvorvidt det er dækslet på H.C. Ørstedes Vej, der får cyklisterne i position 1 til at holde længere til højre end på de øvrige strækninger vides ikke. På Tietgensgade placerer cyklisterne i position 1 sig som på Bredgade og Jagtvej. Dette kan tyde på, at cyklisterne i position 1 muligvis i højere grad placerer sig i forhold til stibelægning og faste genstande langs sti end i forhold til overhalende.

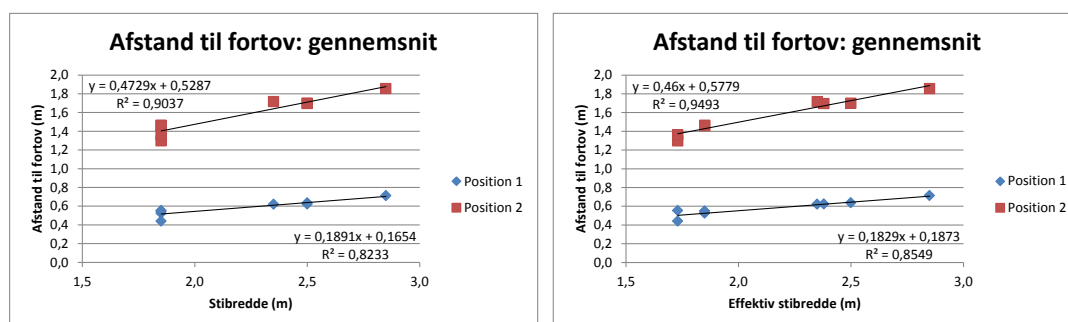


Figur 18: Andelen af cyklister fordelt efter afstand til fortov på de fire bredeste stier. Kun almindelige cyklister ved overlap i position 1 eller position 2.

På de fire bredeste stier er sporene også nogenlunde veldefinerede, men slet ikke så klart som på de fire smalleste. En del af cyklisterne i position 1 placerer sig som på de smalleste stier, mens en del holder en større afstand til fortovet. Cyklisterne i position 2 udnytter de bredere stier til at placere sig væsentligt længere til venstre end på de smalleste stier og deres spor er meget mere utydelig i afgrænsningen. På Tagensvej kan man umiddelbart ikke udpege et decideret spor.

Afstand til fortov og stibredde

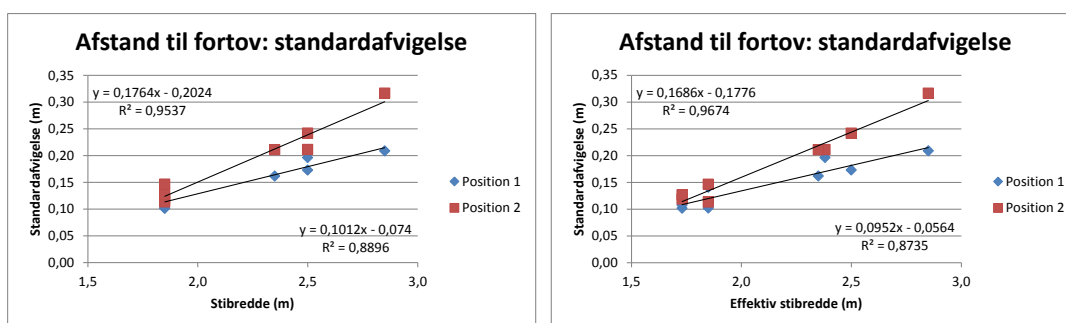
Den gennemsnitlige afstand til fortov i position 1 og position 2 er sammenholdt med stibredden i Figur 19.



Figur 19: Almindelige cyklers sideværtsplacering som gennemsnitlig afstand til fortov afhængig af hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data for position 1 og position 2 ved overlap tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Der synes at være en klar lineær sammenhæng mellem cyklisterne sideværtsplacering og cykelstiens bredde. Tilpasningen til en lineær sammenhæng forbedres endda lidt, hvis der korrigeres for parkerede biler ved at anvende effektiv stibredde. Cyklisterne i position 2 udnytter den ekstra stibredde til at holde større afstand til cyklisterne i position 1. Cyklisterne i position 1 udnytter derimod i lidt mindre grad den ekstra stibredde til at øge afstanden til fortovet. Hver gang stiens bredde øges med 10 centimeter, placerer cyklisterne i position 1 sig 1,8 centimeter længere fra fortovet, mens cyklisterne i position 2 øger afstanden til cyklisterne i position 1 med 2,8 centimeter.

Ligeledes er standardafvigelsen for sideværtsplaceringen sammenholdt med stibredden (se Figur 20).



Figur 20: Standardafvigelsen for almindelige cyklers sideværtsplacering som afstand til fortov afhængig af hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data for position 1 og position 2 ved overlap tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Standardafvigelsen stiger i takt med øget stibredde – særligt for position 2. Det er i god tråd med, at cyklisterne placerer sig i mindre pænt afgrænsede spor på de bredeste strækninger. Standardafvigelserne tilpasser sig også pænt til en lineær sammenhæng, og der er ikke en betydelig forskel afhængig af, om der benyttes den faktiske stibredde eller effektiv stibredde.

Anvendes den hollandske cyklistbredde på 75 centimeter kan det vurderes, om cyklisterne når ud over cykelstibredden ved fortovet. I dette tilfælde er antallet og andelen af almindelige cykler placeret i en afstand på under 37,5 centimeter fra fortovskanten opgjort, hvor cyklisterne er fritkørende eller placeret i position 1 ved overlap (se Tabel 8).

Andelen af cykler med en afstand til kantstenen på mindre end 37,5 centimeter i position 1 er lav på de fire bredeste stier samt Jagtvej. Lidt overraskende er den højere på Bredgade end på Tietgensgade med en mindre effektiv stibredde, men det kan være et tegn på, at cyklisterne i position 1 kun i mindre omfang tager hensyn til placeringen af en overhalende, når afstanden til fortovet vælges. I stedet kan det tænkes, at stibelægningen, trafikken på fortovet og faste genstande tæt på stien har betydning. Stibelægningen på H.C. Ørstedes Vej i form af et dæksel forventes at være en medvirkende årsag til, at en større andel af cyklisterne her kører

tæt på fortovet. Blandt fritkørende er der meget få cyklister, der når ud over cykelstibredde ved fortovskanten (H.C. Ørstedes Vej undtaget).

	I position 1 ved overlap		Fritkørende	
	Antal: < 37,5cm	Andel: < 37,5cm	Antal: < 37,5cm	Andel: < 37,5cm
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	16	30,2 %	61	15,3 %
Tietgensgade (1,73m)	8	7,0 %	1	0,5 %
Bredgade (1,85m)	12	13,2 %	11	3,0 %
Jagtvej (1,85m)	6	4,3 %	3	1,7 %
Rosenørns Allé (2,35m)	5	3,3 %	0	0 %
Gammel Kongevej (2,38m)	5	3,6 %	4	1,3 %
Amager Boulevard (2,50m)	7	3,8 %	0	0 %
Tagensvej (2,85m)	4	3,6 %	0	0 %

Tabel 8: Antal og andel af almindelige cykler med en afstand mellem cykelhjul og fortovskant på under 37, 5 centimeter svarende til en halv cyklistbredde. Opgjort for fritkørende og cykler i position 1 ved overlap.

Sideværtsafstand mellem cykler

Den gennemsnitlige afstand mellem almindelige cykler med overlap (kun position 1 og position 2) fremgår af Tabel 9. Desuden opgøres andelen af par med mindre end 75 centimeter sideværtsafstand svarende til den hollandske standard for cyklistbredde.

	Antal par	Sideværtsafstand (m)	Standardafvigelse (m)	Andel: < 75cm
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	51	0,86	0,14	22 %
Tietgensgade (1,73m)	114	0,81	0,14	34 %
Bredgade (1,85m)	89	0,94	0,14	10 %
Jagtvej (1,85m)	139	0,91	0,13	12 %
Rosenørns Allé (2,35m)	150	1,09	0,20	2 %
Gammel Kongevej (2,38m)	136	1,07	0,21	6 %
Amager Boulevard (2,50m)	181	1,07	0,23	9 %
Tagensvej (2,85m)	111	1,13	0,27	7 %

Tabel 9: Den gennemsnitlige sideværtsafstand mellem par af almindelige cykler med overlap (kun position 1 og position 2) samt standardafvigelsen og andelen med mindre sideværtsafstand end 75cm.

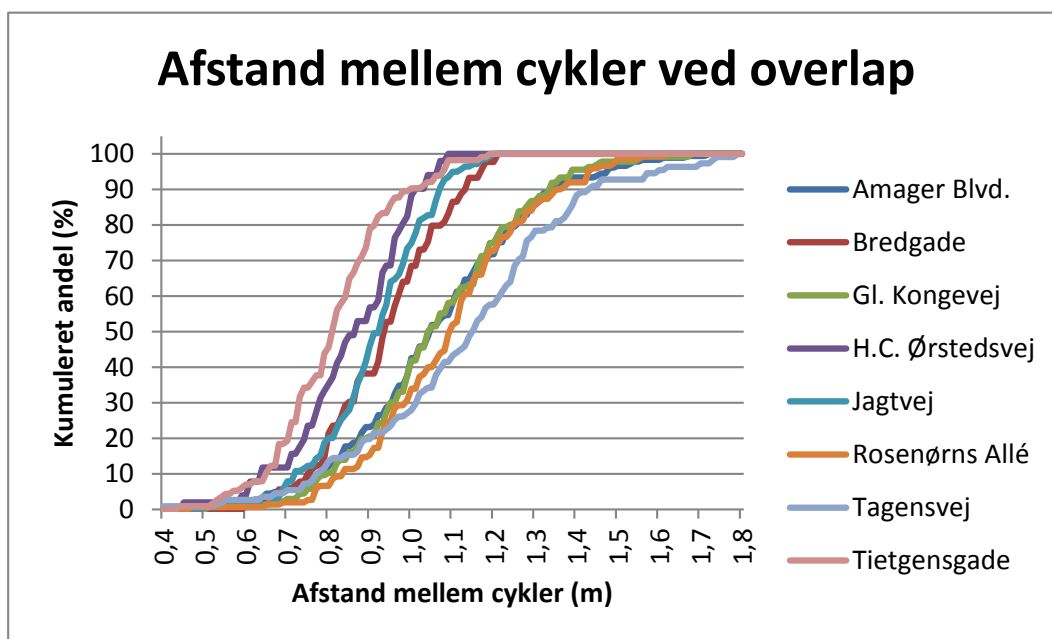
Sammenlignet med de forrige opgørelser er det ikke overraskende, at den gennemsnitlige sideværtsafstand er større på de fire bredeste strækninger end på de fire smalleste. På de smalleste strækninger medfører parkerede biler langs stien en kortere sideværtsafstand mellem cykler ved overlap. Der er ligeledes en større spredning for sideværtsafstand på de bredeste stier. Der er stor forskel på, hvor stor en andel, der har en sideværtsafstand på under 75 centimeter ved passage af

snit 2. Det er tydeligt, at det er en væsentligt større andel af parrene på H.C. Ørstedes Vej og Tietgensgade, der accepterer en mindre sideværtsafstand.

At sideværtsafstanden er mindre for nogle par kan hænge sammen med, at cyklisterne ikke alle har samme bredde og kan gøre sig smallere hvis nødvendigt. En anden faktor er, at cyklister ikke er rektangulære i deres pladsoptagelse på en cykelsti – kort sagt er de bredere mellem styr og sadel. Det betyder, at to cyklister, der passerer snit 2 med forhjulene samtidigt, kunne tænkes at vælge en større sideværtsafstand, end to der passerer, hvor det kun lige akkurat er forhjul og baghjul, der overlapper.

Datamaterialet er ikke stort nok til at kunne undersøge overlap med samtidig passage af snit 2, men alle par med overlap er sammenlignet med de par med overlap, der passerer snit 2 med en tidsforskel på under 0,2 sekunder. Gennemsnittet for sideværtsafstanden er kun op til 3 centimeter større, hvis tidsforskellen på maksimalt 0,2 sekunder anvendes, og ligeledes er andelen af par med en sideværtsafstand på maksimalt 75 centimeter lidt lavere. De største forskelle opnås på de smalle stier. Dette kunne tyde på, at nogle par kun har den maksimale sideværtsafstand mellem sig i et meget kort tidsrum (< 1 sekund), når stierne er smalle, og der også skal tages hensyn til f.eks. parkerede bilers sidespejle. De fleste synes dog at bevare den maksimale sideværtsafstand over et længere stræk, og af hensyn til datamængden anvendes samtlige overlap i det følgende.

Figur 21 viser de kumulerede andele for sideværtsafstand mellem almindelige cykler ved overlap på de otte stier.

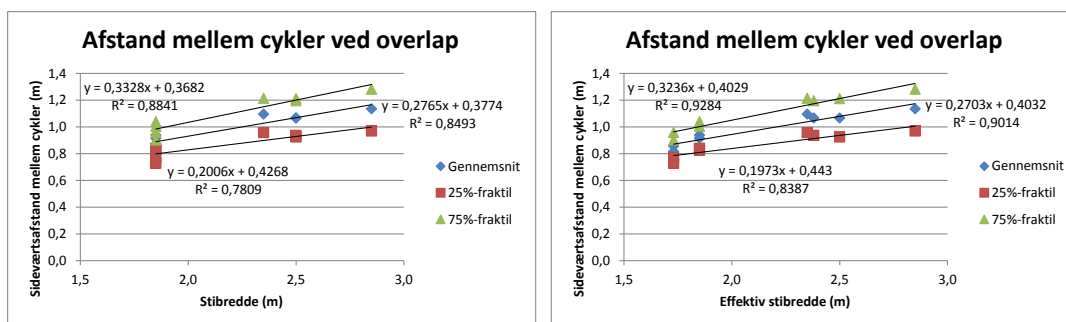


Figur 21: Forskellen på sideværtsplacering ved overlap mellem par af almindelige cykler i position 1 og position 2. Kumulerede andele.

Det er værd at bemærke forskellen mellem strækningerne. På H.C. Ørsteds Vej og Tietgensgade begynder hældningen på grafen at vokse markant ved bare 65 centimeter mellem cyklernes forhjul, hvilket viser, at nogle cyklister kører virkelig tæt. Her er det værd at bemærke, at begrænses tidsafstanden til under 0,2 sekunder for passage af snit 2 stiger grafen først omkring 70 centimeter. Ved de øvrige strækninger er det omkring en sideværtsafstand på 75 centimeter, at graferne hældning øges markant. Dette tyder på, at anvendelse af 75 centimeter som bredde for en cyklist ikke er helt skæv.

Kurverne for Bredgade og Jagtvej er meget ens og ligeledes gælder for Amager Boulevard, Gammel Kongevej og Rosenørns Allé. På de sidste tre lokaliteter har de kumulerede kurver en mindre hældning, hvilket er forventet i forhold til, at den større stibredde udnyttes af nogle cyklister til en større sideværtsafstand.

Hvordan de fundne sideværtsafstande ved overlap afhænger af stibredde og effektiv stibredde fremgår af Figur 22. Både gennemsnit, 25%-fraktile og 75%-fraktile er medtaget.



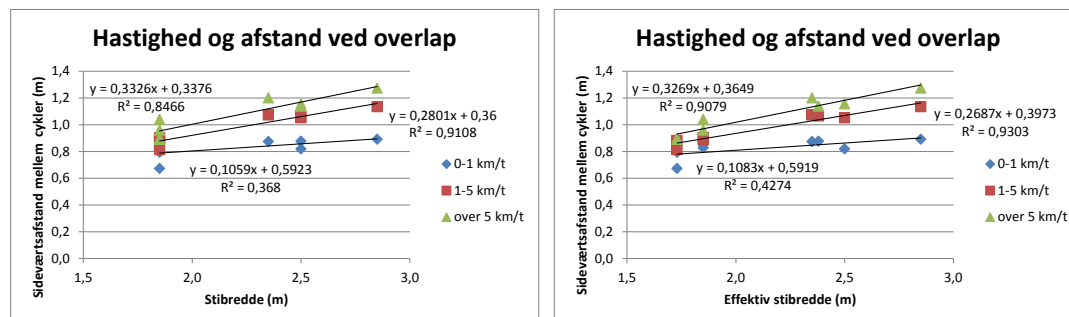
Figur 22: Gennemsnit, 25 %-fraktile og 75 %-fraktile for sideværtsafstand for par af almindelige cykler i hhv. position 1 og position 2 ved overlap afhængig af stibredde og effektiv stibredde. Data tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Den bedste tilpasning til en lineær sammenhæng opnås ved brug af effektiv stibredde. Hver gang stiens bredde øges med 10 centimeter, øges afstanden mellem to cyklister, der kører ved siden af hinanden med 2,7 centimeter, og det ligner en lineær sammenhæng. Set på 25 og 75 %-fraktilerne synes en større spredning for sideværtsafstandene på brede stier sammenlignet med smalle stier. For 75 %-fraktilerne synes en lineær sammenhæng, og stigningen i forhold til stibredde er noget større end for 25 %-fraktilerne. 25 %-fraktilerne tilpasser sig mindre godt til en lineær sammenhæng, og der er antydning af, at data ville tilpasse sig bedre til en kurve, der flader ud ved en stibredde på ca. 2,30 meter.

Afstand mellem cykler og hastighedsforskel

Umiddelbart kan det tænkes, at der er en forskel på, hvor tæt cyklisterne kører ved overlap afhængig af hastighedsforskellen. I Figur 23 er sideværtsafstanden mellem almindelige cykler sammenholdt med hastighedsforskellene inddelt i tre klasser. Der er dels par af cykler med næsten samme hastighed (typisk i følge-

skab), og derudover er der overhalinger med hastighedsforskel på mere eller mindre end 5 km/t. Datamængden for cykler i følgeskab er relativt lille.



Figur 23: Sideværtsafstand for par af almindelige cykler i hhv. position 1 og position 2 ved overlap med en hastighedsforskel inddelt i tre klasser afhængig af stibredde og effektiv stibredde. Data tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Generelt holder cyklisterne større sideværtsafstand til hinanden, jo højere hastighedsforskellen mellem de to cykler er. I takt med øget stibredde øges sideværtsafstanden, men afstanden øges mest ved størst hastighedsforskel. Cykler i overlap med stort set samme hastighed (følges) udnytter stibredden i mindre grad, hvilket kan hænge sammen med, at de således gør plads til eventuelle andre overhalende på de brede stier. Der synes ikke at være en lineær sammenhæng for denne gruppe, hvilket kan hænge sammen med en lille datamængde. For par ved overlap med en hastighedsforskel er der for begge grupper en pæn tilpasning til en lineær sammenhæng mellem sideværtsafstand og stibredde. Tilpasningen er bedst ved brug af effektiv stibredde.

Afstand til vej

På de fire smalleste stier, hvor der ikke er plads til mere end to cykler ved siden af hinanden er den valgte afstand til kantsten til vejen også interessant. I Tabel 10 er afstanden fra cykelhjul til vej (inkl. 0,15 meter kantsten) opgjort for almindelige cykler i position 2. Ligeledes er det opgjort, hvor mange af disse cykler der har en afstand på mindre end 37,5 centimeter og dermed når ud over cykelstiens bredde.

	Antal	Gennemsnitlig afstand til vej (m)	Antal: < 0,375m	Andel: < 0,375m
Bredgade	100	0,53	12	12,0 %
H.C. Ørstedes Vej (p)	58	0,70	0	0,0 %
Jagtvej	146	0,54	10	6,8 %
Tietgensgade (p)	120	0,64	2	1,7 %

Tabel 10: Almindelige cyklers afstand til vej (inkl. 15cm kantsten) ved placering i position 2 ved overlap samt antal og andel af disse med afstand under 37,5cm. p = parkering langs sti.

Langt hovedparten af cyklisterne holder sig inden for stibredden, men på de to strækninger uden parkerede biler langs stien er der nogle få cyklister, der vælger at udnytte stibredden fuldt ud.

3.3.2 Sideværtsplacering for fritkørende

De fritkørende, almindelige cyklers sideværtsplacering i form af afstand til fortovet fremgår af Tabel 11. Til sammenligning er afstanden til fortov medtaget for almindelige cykler i position 1 ved overlap.

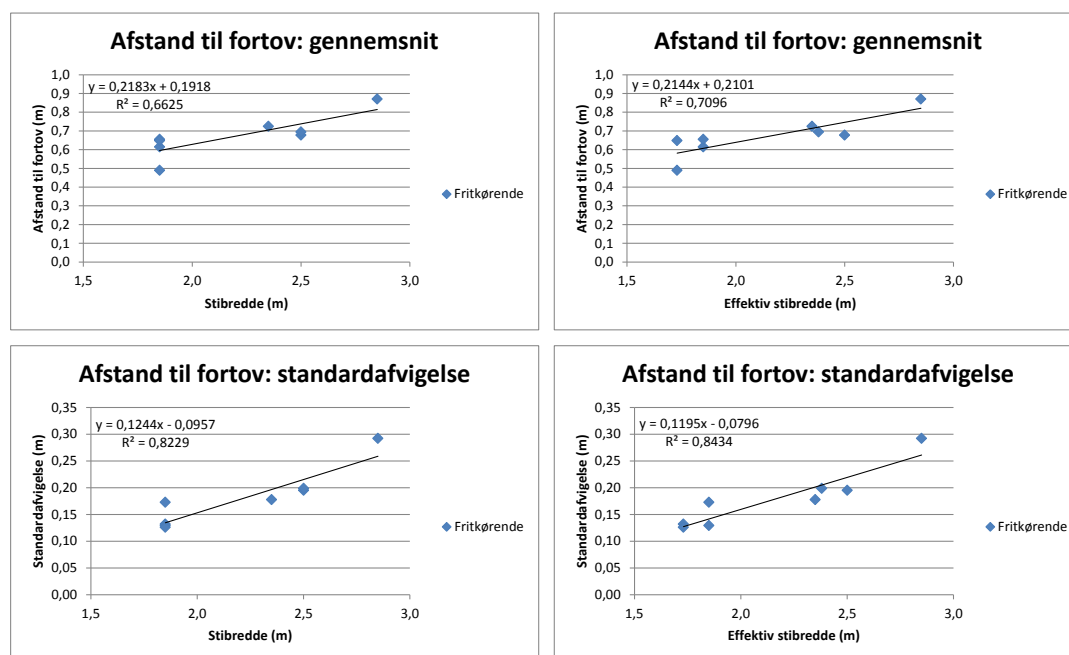
	Fritkørende			Position 1	For- skel (m)
	Antal	Afstand til fortov (m)	Standard- afvigelse (m)	Afstand til fortov (m)	
H.C. Ørstedsvvej (1,73 m)	400	0,49	0,13	0,44	0,05
Tietgensgade (1,73m)	206	0,65	0,13	0,55	0,10
Bredgade (1,85m)	370	0,66	0,17	0,52	0,13
Jagtvej (1,85m)	181	0,61	0,13	0,55	0,07
Rosenørns Allé (2,35m)	102	0,73	0,18	0,62	0,11
Gammel Kongevej (2,38m)	311	0,69	0,20	0,62	0,07
Amager Boulevard (2,50m)	113	0,68	0,19	0,63	0,04
Tagensvej (2,85m)	229	0,87	0,29	0,71	0,16

Tabel 11: Fritkørende, almindelige cyklers sideværtsplacering som afstand til fortov afhængig af lokalitet – gennemsnit og standardafvigelse. Til sammenligning gennemsnit for almindelige cykler i position 1 ved overlap.

Overordnet holder de fritkørende cyklister i høj grad til højre på stien. På de bredeste stier cykler de fritkørende med størst afstand til fortov, og det er også på disse strækninger, standardafvigelsen er størst. På samtlige strækninger vælger de fritkørende en placering længere fra fortovet end cyklisterne i position 1, og spredningen er også større for fritkørende.

Der synes ikke at være en systematik i størrelsen af forskellene. De mindste forskelle findes på Amager Boulevard og H.C. Ørstedsv Vej. På H.C. Ørstedsv Vej skyldes dette nok, at de fritkørende undgår dækslet midt på stien kort efter snit 2. På Amager Boulevard kan det skyldes de større trafikmængder. Særligt på Tagensvej breder de fritkørende cyklister sig mere.

I Figur 24 er de fritkørendes sideværtsplacering sammenholdt med stibredden.



Figur 24: Fritkørende, almindelige cyklers sideværtsplacering som afstand til fortov afhængig af hhv. stibredde og effektiv stibredde – gennemsnit og standardafvigelse. Data tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

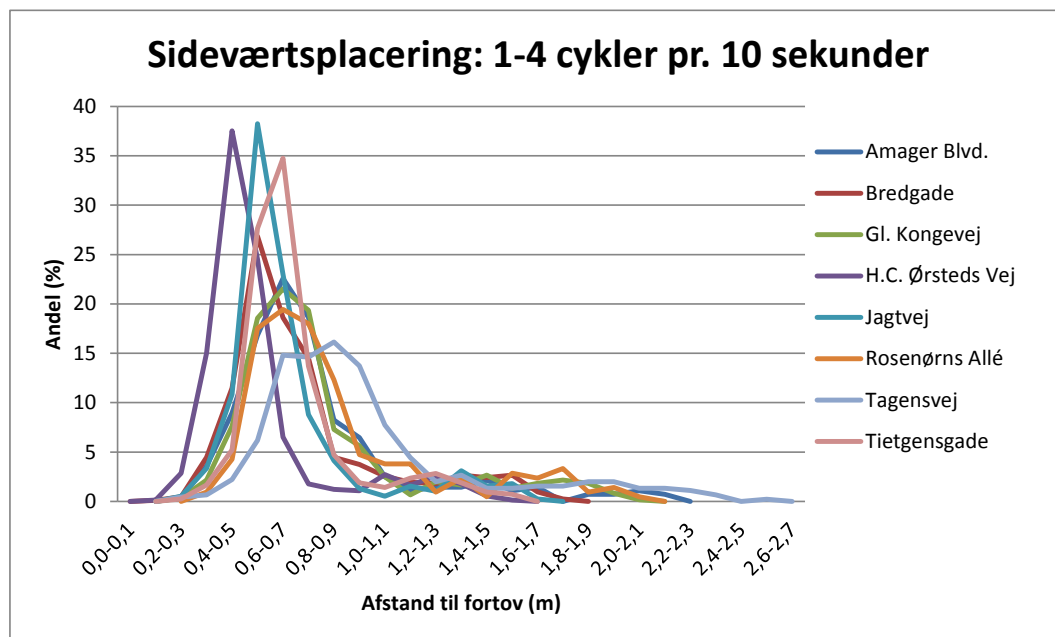
Det er værd at bemærke, at tilpasningen til en lineær sammenhæng mellem sideværtsplacering og stibredde er betydeligt dårligere for de fritkørende cyklister end for cyklisterne i position 1 og position 2. Der synes overordnet stadig at være en sammenhæng mellem bredere stier og sideværtsplacering.

For standardafvigelserne er tilpasningen lidt bedre. Hver gang stibredden øges med 10 centimeter, placerer de fritkørende cyklister sig i gennemsnit 2,1 centimeter længere fra kantstenen.

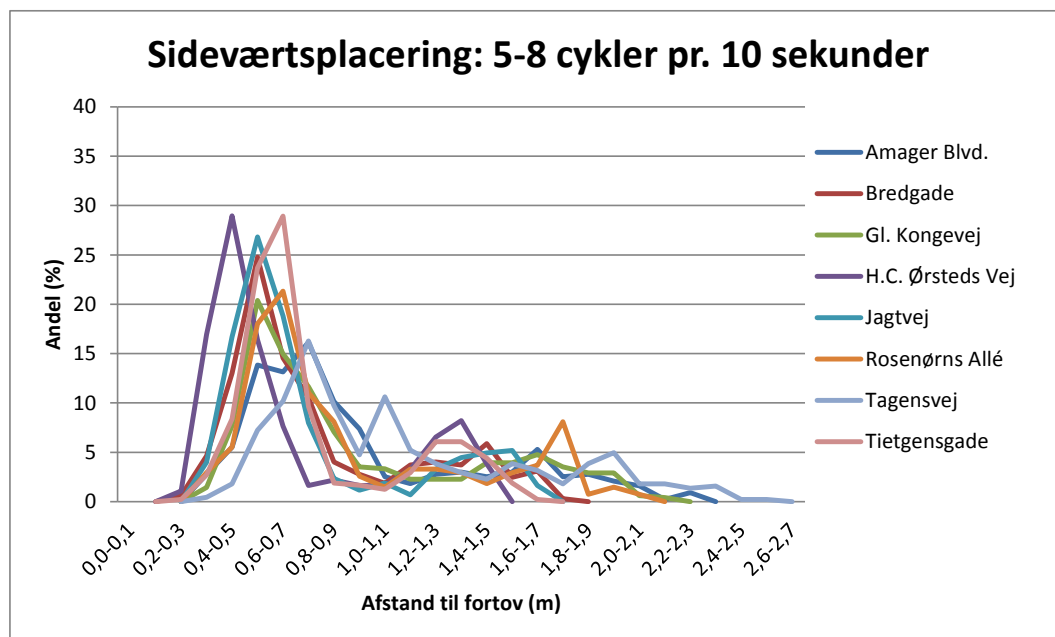
3.3.3 Sideværtsplacering og trafikintensitet

Cyklernes sideværtsplacering varierer en del afhængig af trafikintensiteten. I Figur 25, Figur 26 og Figur 27 ses de almindelige cyklers sideværtsplacering ved tre forskellige trafikintensiteter. Maks-flow på de enkelte lokaliteter varierer fra 8 stitrafikanter på 10 sekunder på H.C. Ørstedes Vej til 20 stitrafikanter på 10 sekunder på Rosenørns Allé.

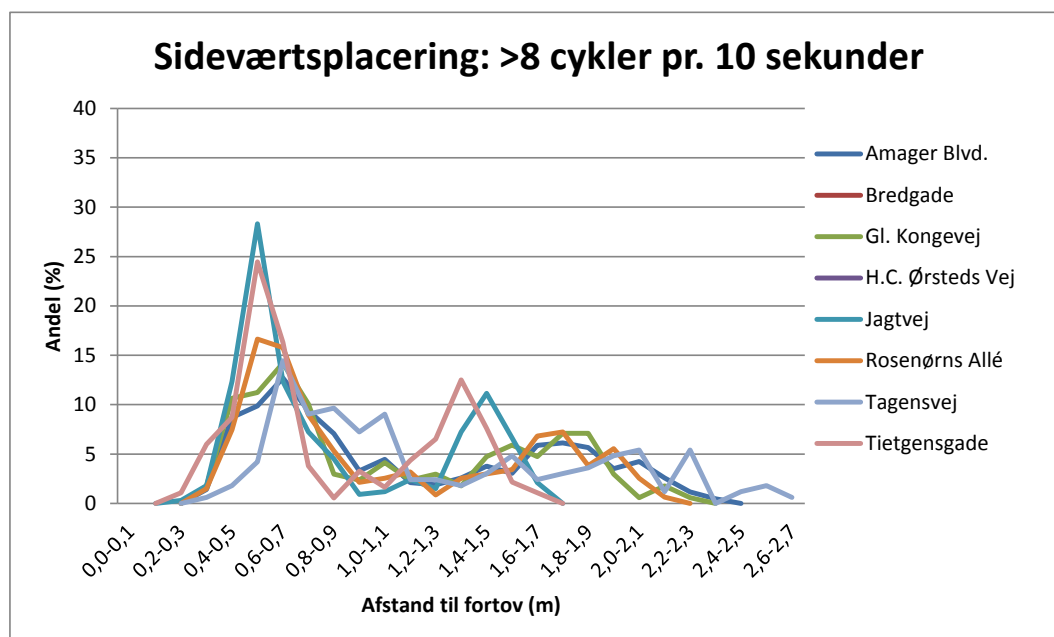
Det bemærkes, at cyklisterne udnyttelse af stibredden intensiveres kraftigt ved en høj trafikintensitet. Som tidligere bemærket ved overlap er sporene smallere og mere veldefinerede på de smalle stier, og særligt spor 2/3 er ikke tydelig på de brede stier.



Figur 25: Fordelingen af almindelige cykler på 10cm-intervaller afhængig af afstand til fortov ved en trafikintensitet på 1-4 stitrafikanter på 10 sek.



Figur 26: Fordelingen af almindelige cykler på 10cm-intervaller afhængig af afstand til fortov ved en trafikintensitet på 5-8 stitrafikanter på 10 sek.



Figur 27: Fordelingen af almindelige cykler på 10cm-intervaller afhængig af afstand til fortov ved en trafikintensitet på 9 eller flere stitrafikanter på 10 sek. For H.C. Ørstedes Vej er der ingen data, ligesom den beskedne datamængde (N=29) for Bredgade er udeladt.

Ved en trafikintensitet på 1-4 stitrafikanter på 10 sekunder placerer hovedparten af de almindelige cykler sig til højre på stien. Hvis der tages hensyn til, at sporbredderne afhænger af den samlede stibredde, er det 85-90 % af de almindelige cykler, der placerer sig indenfor det, der kan kaldes spor 1 (højre spor). Er intensiteten på 5-8 stitrafikanter på 10 sekunder, er det omkring 70 % af de almindelige cyklister, der placerer sig i spor 1 (lidt højere på de smalle stier). Ved trafikintensiteter på mere end 8 cyklister på 10 sekunder er det ca. 60 % af de almindelige cyklister, der placerer sig i spor 1 (Jagtvej har lidt større andel). Tages de begrænsede data med trafikintensiteter på mere end 12 cyklister på 10 sekunder i betragtning, er der en tendens til, at andelen af almindelige cykler i spor 1 reduceres yderligere til lige over halvdelen.

3.3.4 Opsamling

Følgende resultater er fundet ved undersøgelse af sideværtsplacering på undersøgelsens otte lokaliteter:

- Der synes at være en lineær sammenhæng mellem sideværtsplacering og stibredde i både position 1 og position 2 ved overlap. Ligeledes forekommer sammenhængen med standardafvigelsen at være lineær.
- Cyklister i position 2 udnytter en øget stibredde til at øge afstanden til cyklisten i position 1, mens cyklister i position 1 øger afstanden til fortovet, men i et mindre omfang.

- Sideværtsafstanden mellem par af cyklister i position 1 og position 2 synes at afhænge lineært af stibredden. Der er større afstand og større spredning, når stibredden øges.
- Langt hovedparten af parrene vælger en sideværtsafstand på mindst 75 centimeter, hvilket kan bekræfte, at dette er et fornuftigt mål for cyklistbredde.
- Hastighedsforskellen mellem to cyklister med overlap har også betydning for sideværtsafstand mellem disse. Jo større hastighedsforskel, jo større afstand, og afstanden vokser også i takt med, at stibredden øges. Følges cyklisterne (altså ca. samme hastighed) er der ikke fundet en lineær sammenhæng mellem sideværtsafstand og cykelstibredde.
- Fritkørende holder generelt til højre på stien, men i gennemsnit er de placeret mere til venstre end cyklisterne i position 1 ved overlap. Spredningen for fritkørendes placering er større end for position 1.
- For fritkørende er tilpasningen til en lineær sammenhæng mellem afstand til fortov og stibredde dårligere, mens den er rimelig for standardafvigelsen.
- For alle ovenstående forhold gælder, at anvendelse af effektiv stibredde giver en bedre tilpasning til de lineære sammenhænge end anvendelse af den faktiske stibredde.
- Udnyttelsen af stibredden stiger ved øgede trafikmængder. Ved lav trafikintensitet placerer op mod 90 % sig i spor 1, mens det er lidt over halvdelen ved de højest observerede trafikintensiteter.
- Sporene er smallere og mere veldefinerede på en smal sti.

Det er ikke muligt at fastslå, hvad der sker med sammenhængene, hvis stiernes bredde reduceres/øges til 1- eller 3-sporede cykelstier med trafikmængder, der gør, at alle spor er i anvendelse.

3.4 Hastighed for almindelige cykler

Hastighederne blandt cyklisterne er meget følsomme overfor forholdene på et givent sted/tidspunkt. Det drejer sig dels om vind, stibelægning, hældning og afstand til kryds. Det er forsøgt at korrigere for de forhold, der knytter sig til layout, og vindstille dage er anvendt, men selv ved lidt vind er der stor forskel på, om den er med eller mod cyklisterne. Desuden er der forhold omkring stibredde, trafikmængde og trafikantsammensætning, som det i et vist omfang er søgt at inddrage i de efterfølgende afsnit.

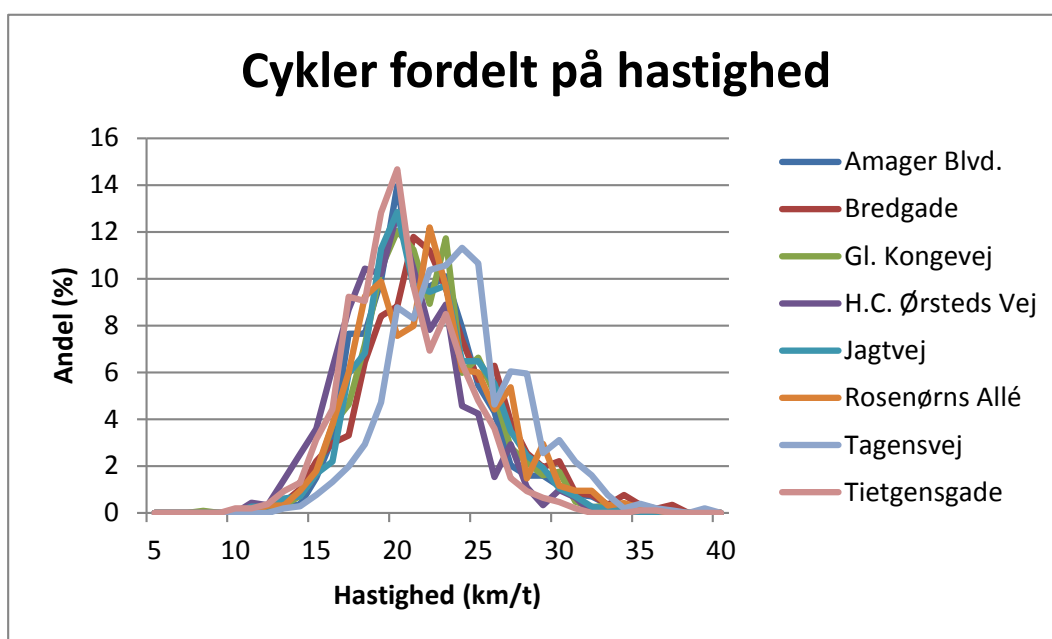
I Tabel 12 ses almindelige cyklisters gennemsnitshastigheder samt standardafvigelserne for disse på undersøgelsens stier.

	Antal	Gennemsnitshastighed (km/t)	Standardafvigelse (km/t)
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	921	20,2	3,6
Tietgensgade (1,73m)	1.084	20,4	3,4
Bredgade (1,85m)	1.179	22,3	4,2
Jagtvej (1,85m)	1.144	21,6	3,7
Rosenørns Allé (2,35m)	952	21,8	4,1
Gammel Kongevej (2,38m)	1.254	21,6	3,6
Amager Boulevard (2,50m)	1.138	21,5	3,5
Tagensvej (2,85m)	1.060	23,7	4,0
I alt	8.732	21,7	3,9

Tabel 12: Almindelige cyklers gennemsnitshastighed og standardafvigelse på stierne.

Som det fremgår af tabellen er det primært tre lokaliteter, der skiller sig ud. De to smalle stier med parkerede biler langs stien, H.C. Ørstedes Vej og Tietgensgade, har de laveste gennemsnitshastigheder, mens den bredeste sti, Tagensvej, har noget højere gennemsnitshastigheder end de øvrige stier. De øvrige stier har relativt ens gennemsnitshastigheder. Standardafvigelserne varierer ikke så meget, og forskellen i størrelse afhænger ikke udelukkende af stibredde eller størrelsen af gennemsnitshastighederne.

En sammenligning af hastighedsfordelingerne på de 8 stier fremgår af Figur 28.

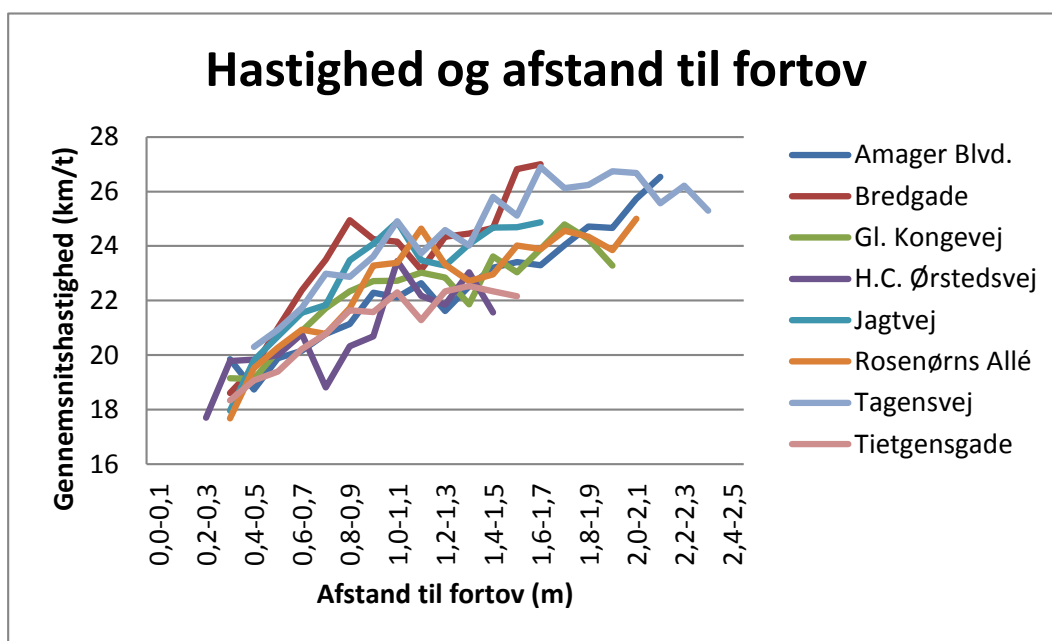


Figur 28: Hastighedsfordeling for almindelige cykler på de 8 lokaliteter. Hastighederne er afrundet til et helt tal.

Hastighedsfordelingerne på de 8 lokaliteter er relativt ensartede, og det er primært H.C. Ørstedes Vej, Tagensvej og Tietgensgade, der adskiller sig en lille smule fra de øvrige lokaliteter. Langt hovedparten af cyklisterne kører med en hastighed på mellem 17 og 27 km/t. Det er værd at bemærke, at der er tegn på, at hastighederne tilpasser sig en normalfordeling, da graferne i nogen udstrækning tilpasser sig en klokkeform.

Hastighed og afstand til kantsten

I Figur 29 er almindelige cyklers hastigheder sammenholdt med cyklernes afstand til fortovet.



Figur 29: Hastigheden sammenholdt med sideværtsplaceringen i form af afstand til fortovet for almindelige cykler på de 8 lokaliteter. Data for 10cm-intervaller er kun medtaget ved min. 10 cykler.

Der synes at være en klar sammenhæng mellem en stigende hastighed og placering længere fra fortovet. Det er også værd at bemærke, at stigningen i gennemsnitshastighed flader noget ud omkring en afstand på 1 meter til fortovskanten. Det tyder på, at de langsomme cykler holder til højre. Cyklister med en afstand på over 1 meter til fortovet er ofte ved at overhale, og det er nok ikke kun hastigheden, der afgør afstanden til fortovet for disse, hvilket kan forklare, hvorfor graferne flader ud.

3.4.1 Hastigheder ved overlap

De almindelige cyklers hastighed i position 1, position 2 og position 3 ved overlap fremgår af Tabel 13.

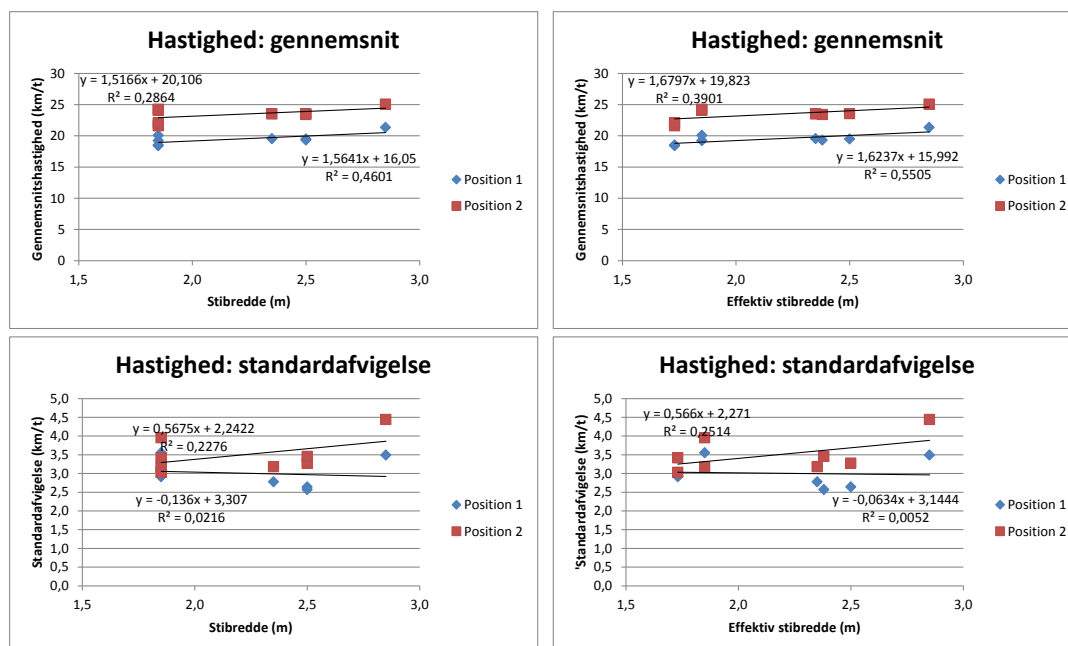
	Position 1		Position 2		Position 3	
	Ha- stighed (km/t)	Standard- afvigelse (km/t)	Ha- stighed (km/t)	Standard- afvigelse (km/t)	Ha- stighed (km/t)	Standard- afvigelse (km/t)
H.C. Ørstedsvvej (1,73 m)	18,4 (53)	2,9	21,6 (58)	3,4	-	-
Tietgensgade (1,73m)	18,5 (115)	2,9	22,1 (120)	3,0	-	-
Bredgade (1,85m)	19,2 (91)	3,2	24,1 (100)	4,0	-	-
Jagtvej (1,85m)	20,1 (141)	3,6	24,3 (146)	3,2	-	-
Rosenørns Allé (2,35m)	19,5 (150)	2,8	23,5 (164)	3,2	23,8 (9)	3,3
Gammel Kongevej (2,38m)	19,3 (138)	2,6	23,4 (143)	3,5	23,9 (7)	2,8
Amager Boulevard (2,50m)	19,5 (182)	2,6	23,6 (196)	3,3	24,4 (15)	3,0
Tagensvej (2,85m)	21,3 (112)	3,5	25,1 (117)	4,4	27,4 (6)	4,3

Tabel 13: Almindelige cyklers hastighed – gennemsnit og standardafvigelse på de 8 stier. I parentes antal cyklister.

Både i position 1 og position 2 er hastighederne lavest på H.C. Ørstedsv Vej og Tietgensgade og dermed i tråd med gennemsnitshastighederne for alle almindelige cykler. Jagtvej og Bredgade adskiller sig fra de to andre smalle stier ved højere gennemsnitshastigheder – særligt i position 2. Hastighederne er nogenlunde på niveau med Gammel Kongevej, Amager Boulevard og Rosenørns Allé, hvor gennemsnitshastighederne er stort set identiske. Igen findes de højeste hastigheder på Tagensvej.

Standardafvigelserne er for de fleste stiers vedkommende større for cykler i position 2 end for position 1. Forskellen på gennemsnitshastighederne i position 1 og position 2 varierer mellem strækningerne fra 3,2 km/t på H.C. Ørstedsv Vej til 4,8 km/t på Bredgade. Der synes ikke, at være en sammenhæng mellem stibredderne og, hvor store hastighedsforskellene er. Udover generelle forskelle i trafikant-sammensætning har det også stor betydning, hvor stor en andel af cyklisterne med overlap, der kører i følgeskab og dermed med stort set samme hastighed.

Gennemsnitshastighederne og standardafvigelserne for almindelige cykler i position 1 og position 2 ved overlap er sammenholdt med stibredderne i Figur 30.



Figur 30: Almindelige cyklers gennemsnitshastigheder og standardafvigelsen for hastigheder sammenholdt med hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data for position 1 og position 2 ved overlap tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Der synes at være en sammenhæng med højere hastigheder ved forøgede stibredde i både position 1 og position 2, men en 10 centimeter bredere sti betyder kun en forøgelse af gennemsnitshastigheden på ca. 0,1-0,2 km/t for begge positioner. Tilpasningen til en lineær sammenhæng er tvivlsom, og der ses ikke det samme klare mønster som ved sideværtsplaceringerne. Standardafvigelserne synes ikke at hænge sammen med stibredde. Det må således være helt andre faktorer, der spiller ind, f.eks. trafikintensiteten og sammensætningen af stitrafikanter.

3.4.2 Hastighed for fritkørende

De fritkørende, almindelige cyklers gennemsnitshastigheder og standardafvigelserne for hastighederne fremgår af Tabel 14. Til sammenligning er tilsvarende data indsat for samtlige almindelige cykler.

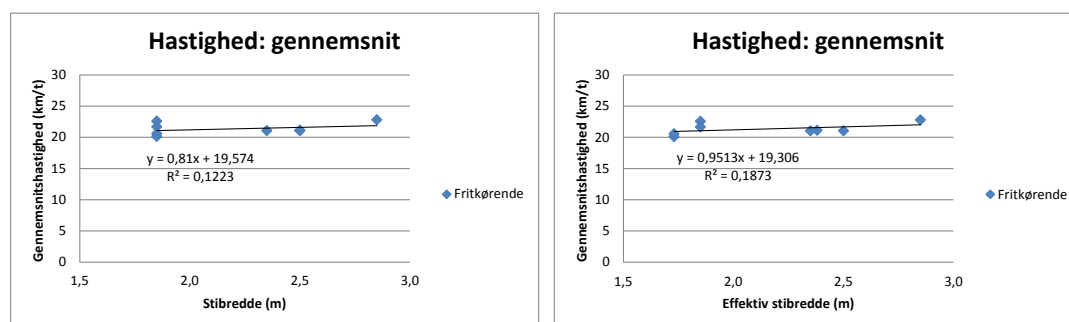
	Fritkørende			Alle			Hastigheds- forskul (km/t)
	Antal	Hastighed (km/t)	Std.afv. (km/t)	Antal	Hastighed (km/t)	Std.afv. (km/t)	
H.C. Ørstedvej (1,73 m)	400	20,1	3,7	921	20,2	3,6	-0,1
Tietgensgade (1,73m)	206	20,6	4,0	1084	20,4	3,4	0,2
Bredgade (1,85m)	370	22,6	4,3	1179	22,3	4,2	0,3
Jagtvej (1,85m)	181	21,6	3,7	1144	21,6	3,7	0,0
Rosenørns Allé (2,35m)	102	21,0	5,0	952	21,8	4,1	-0,8
Gammel Kongevej (2,38m)	311	21,1	3,6	1254	21,6	3,6	-0,5
Amager Boulevard (2,50m)	113	21,0	3,7	1138	21,5	3,5	-0,4
Tagensvej (2,85m)	229	22,8	3,7	1060	23,7	4,0	-0,9

Tabel 14: Fritkørende, almindelige cyklers og alle almindelige cyklers gennemsnitshastighed og standardafvigelsen for hastighederne på de 8 stier.

Gennemsnitshastighederne varierer noget fra lokalitet til lokalitet. De er højest på Bredgade og Tagensvej og lavest på H.C. Ørsted Vej og Tietgensgade. På de fleste lokaliteter er de fritkørendes gennemsnitshastigheder lidt lavere end for den samlede gruppe af almindelige cykler. Forskellen varierer mellem stierne fra Bredgade (+0,3 km/t) til Tagensvej (-0,9 km/t). Kun på Rosenørns Allé og Tietgensgade er der væsentlig forskel på standardafviselserne, der er noget større blandt de fritkørende.

De fritkørendes gennemsnitshastighed er større end blandt cyklisterne i position 1, men mindre end blandt cyklisterne i position 2. Standardafviselserne er til gengæld større end ved begge af de forømtalte grupper. Dette er ikke helt overraskende, da mange af cyklisterne på stierne ankommer i klumper pga. forudgående signalregulerede kryds (se evt. Figur 13, side 35). De fritkørende tæller således bl.a. de hurtige og de langsomme cyklister, som har opnået en vis afstand til de øvrige cyklister, der har passeret det forudgående signalregulerede kryds i samme signal-fase.

I Figur 31 er gennemsnitshastighederne for fritkørende, almindelige cyklister sammenholdt med stibredden.



Figur 31: Almindelige cyklers gennemsnitshastigheder sammenholdt med hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data for fritkørende cykler tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Der er en svag tendens til højere gennemsnitshastigheder hos fritkørende ved en forøgelse af stibredden. Tilpasningen til en lineær sammenhæng er dårlig, og det tyder på, at der er andre faktorer, der spiller ind.

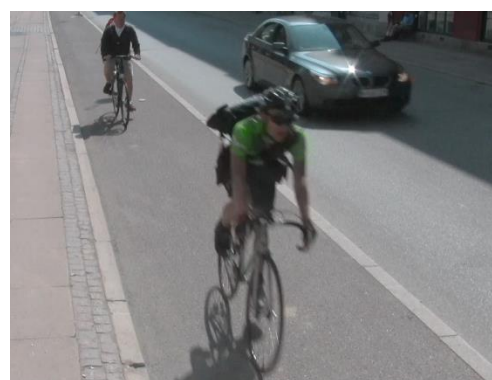
Kønsforskelle

Et oplagt forhold, der kan tænkes at spille ind er trafikantsammensætningen. Forhold omkring alder og turformål kan have betydning, men er ikke mulige at inkludere i dette studie. Derimod er det muligt at inddrage køn, og dette er gjort for de fritkørende (se Tabel 15).

	Kvinder			Mænd		
	Antal	Hastighed (km/t)	Std.afv. (km/t)	Antal	Hastighed (km/t)	Std.afv. (km/t)
H.C. Ørstedsvvej (1,73 m)	200	18,8	2,9	200	21,4	4,0
Tietgensgade (1,73m)	97	18,8	2,6	109	22,1	4,4
Bredgade (1,85m)	171	20,8	3,1	198	24,1	4,6
Jagtvej (1,85m)	102	19,9	2,6	79	23,8	3,8
Rosenørns Allé (2,35m)	52	18,8	3,5	50	23,4	5,4
Gammel Kongevej (2,38m)	170	19,9	2,9	141	22,6	3,8
Amager Boulevard (2,50m)	53	19,2	3,0	60	22,6	3,6
Tagensvej (2,85m)	133	21,4	2,7	91	24,6	4,1

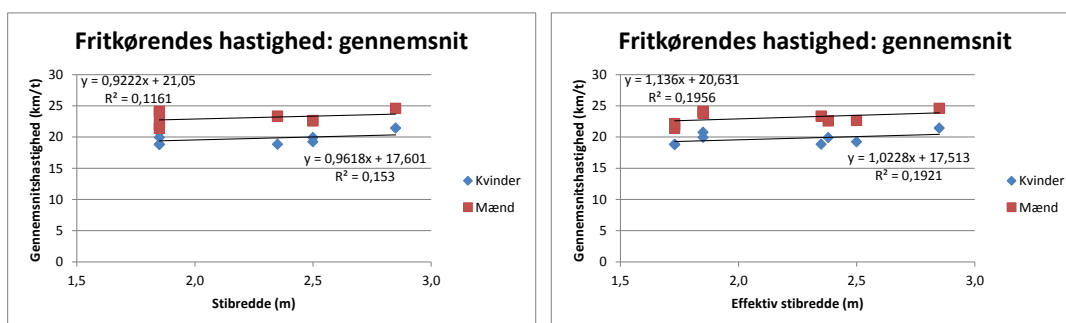
Tabel 15: Fritkørende almindelige cyklers gennemsnitshastighed og standardafvigelsen for hastighederne på de 8 stier fordelt på kvinder og mænd.

Hastighedsforskellene mellem fritkørende kvinder og mænd er 2,7-4,5 km/t afhængig af strækning. Standardafvigelserne for de mandlige cyklister er også væsentligt større end for de kvindelige (0,6-1,9 km/t). Dette tyder på, at der er en overvægt af mænd blandt de hurtigste cyklister, ligesom kvinderne cykler med en langt mere ensartet hastighed på de enkelte stier. Kønsfordelingen kan være med til at forklare lidt af forskellen i gennemsnitshastigheder for fritkørende mellem Bredgade og Jagtvej (uden parkerede biler) ligesom mellem H.C. Ørstedsv Vej og Tietgensgade (med parkerede biler). Det samme gælder ikke på de øvrige strækninger.



Figur 32: Cyklende mænd i forskellige tempi.

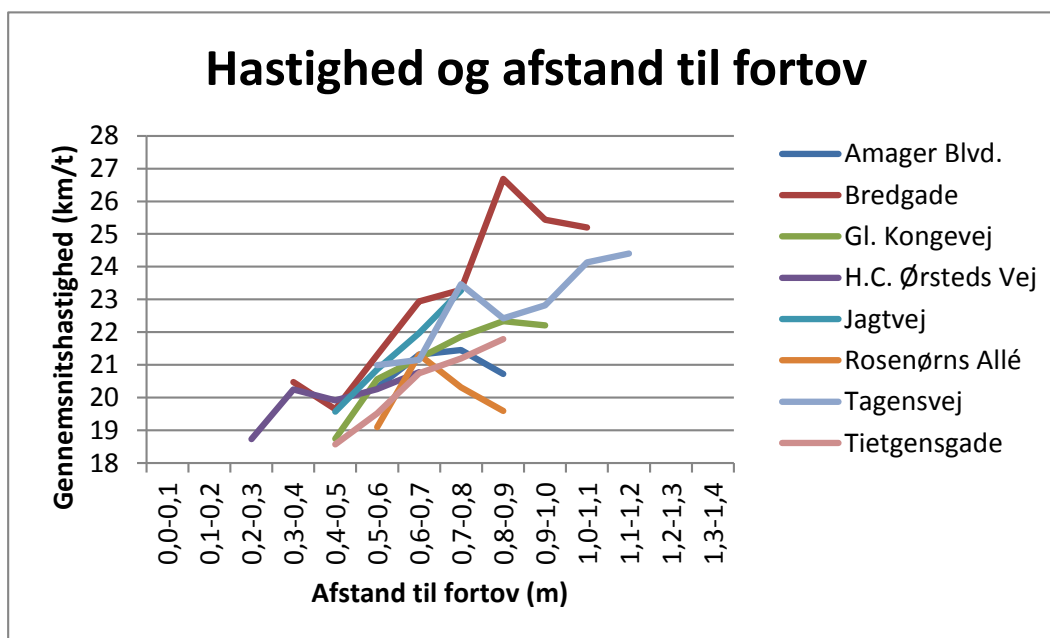
Gennemsnitshastighederne for henholdsvis fritkørende mænd og kvinder på almindelige cykler fremgår af Figur 33. Når gennemsnitshastighederne for fritkørende er fordelt på kvinder og mænd, ændrer det stort set ikke på tilpasningen til en lineær sammenhæng. Der er stadig en tendens til højere hastigheder, hvis stibredden øges, og hastigheden øges ca. det samme for kvinder som for mænd.



Figur 33: Almindelige cyklers gennemsnitshastigheder sammenholdt med hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data for fritkørende kvinder og mænd tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Hastighed og afstand til kantsten

Fritkørende cyklisteres hastighed i forhold til sideværtsplacering i form af afstand til fortovet er opgjort i Figur 34.



Figur 34: Hastigheden sammenholdt med sideværtsplaceringen i form af afstand til fortovet for fritkørende, almindelige cykler på de 8 stier. Data for 10cm-intervaller er kun medtaget ved min. 10 cykler.

Som udgangspunkt er der en sammenhæng mellem hastighed og sideværtsplacering, hvor de langsomste fritkørende holder til højre. De langsomste synes således at være klar til at blive overhalet, mens de hurtigste foretrækker en placering tættere på midten af stierne, hvor belægningen nogle gange er mere jævn, og der i hvert fald er bedre afstand til kantsten og kloakriste. Sammenhængen er mest udtalt på Bredgade, Gammel Kongevej, Jagtvej, Tagensvej og Tietgensgade, som er meget forskellige lokaliteter. Sammenhængen er ikke forekommende på Amager Boulevard og Rosenørns Allé, der er tættest trafikeret og med færrest fritkørende.

3.4.3 Hastighed og trafikintensitet

Stibreddens betydning for hastighed og maksimal trafikintensitet (maks-flow) er analyseret nærmere og hovedresultaterne er præsenteret i dette afsnit.

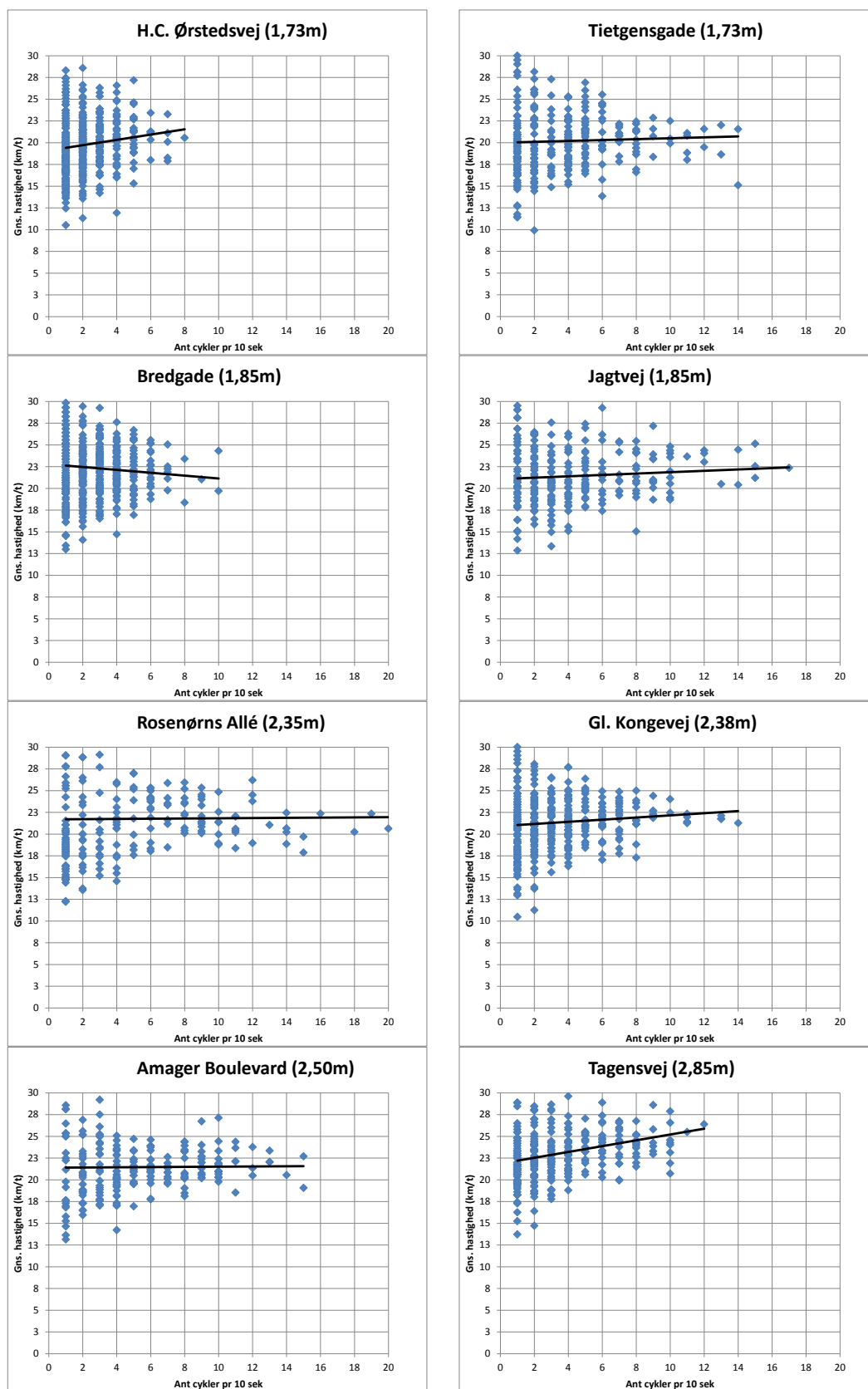
Stitrafikkens hastighed som funktion af trafikmængden og stibredden er undersøgt ved at analysere speed-flow sammenhænge ved forskellige bredder.



Figur 35: Stor trafikintensitet på stier med forskellig bredde.

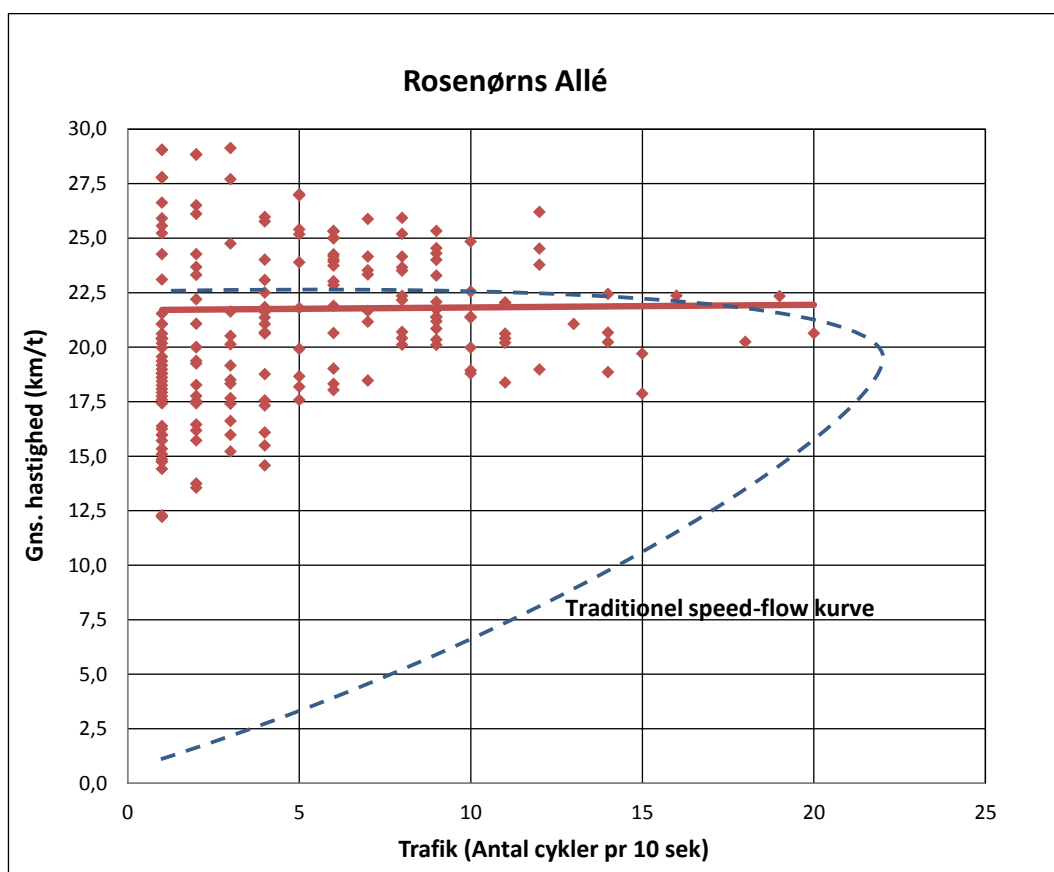
Figur 36 (på næste side) viser speed-flow diagrammer for de analyserede cykelstier. Diagrammerne er baseret på 10 sekunders data.

Figurene viser, at gennemsnitshastigheden ikke ændres væsentligt som følge af trafikintensiteten på cykelstien. Derimod er der for alle strækninger en tendens til et mere ensartet hastighedsniveau ved stigende trafikmængde.



Figur 36: Speed-flow diagram for de analyserede cykelstier (10 sek. data).

I Figur 37 ses eksemplet på data for Rosenørns Allé mere detaljeret. I figuren ses endvidere en lineær tendenslinje samt et eksempel på en traditionel speed-flow kurve for motorkøretøjer. For Rosenørns Allé (såvel som for de andre strækninger) ses det, at de registrerede data kun repræsenterer den øverste gren af den traditionelle speed-flow kurve og, at der således ikke ses noget egentligt trafiksammenbrud med lave hastigheder til følge. Spørgsmålet er, om den traditionelle speed-flow kurve er gældende for en cykeltrafikstrøm, som opfører sig langt mere dynamisk og smidig set i forhold til en trafikstrøm med motorkøretøjer. Man kunne forestille sig, at cyklister ved meget høj intensitet vil rykke tættere sammen og bibeholde hastigheden, og derved vil et egentlig sammenbrud (der hvor speed-flow kurven knækker) ikke ses på samme måde som for en strøm bestående af motorkøretøjer. Den traditionelle speed flow kurve (som vist i figuren) optræder desuden også kun på steder, som udgør de egentlige flaskehalse i systemet. Spørgsmålet er, om de signalregulerede kryds styrer cykeltrafikken på lokaliteterne i så stor udstrækning, at en cykelsti mellem kryds med uændret bredde ikke vil kunne opleve sammenbrud pga. stor trafikintensitet.



Figur 37: Speed-flow curve for Rosenørns Allé (10 sek. data)

Stibreddernes betydning for speed-flow sammenhænge

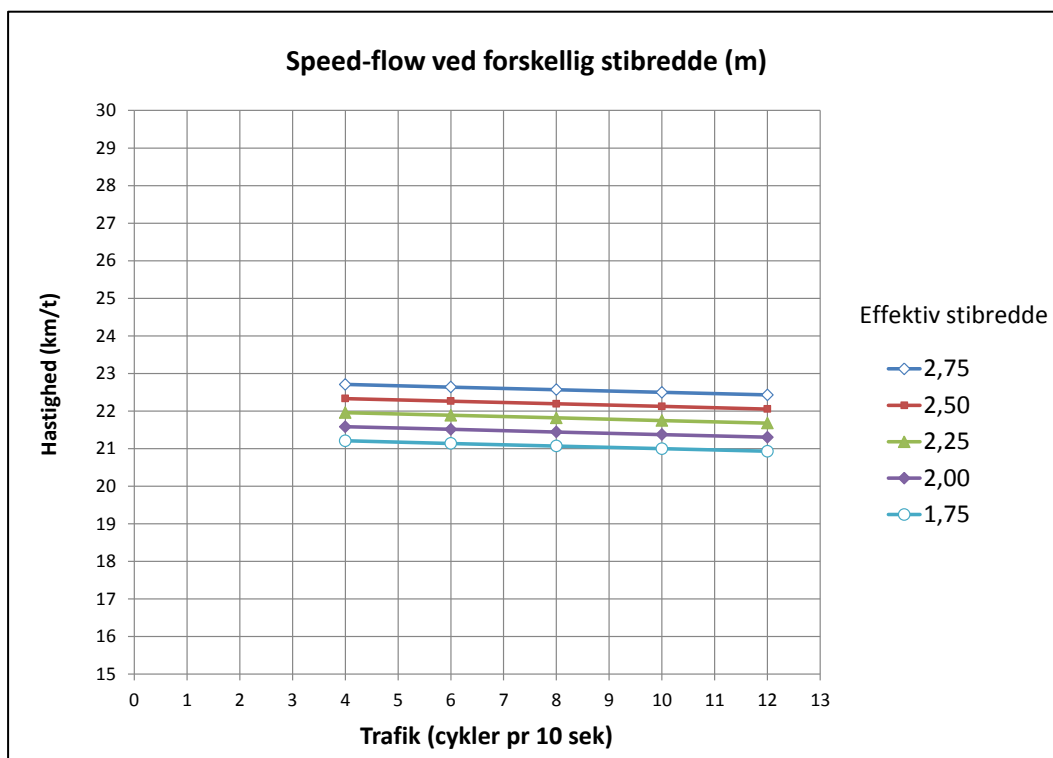
En nærmere analyse af sammenhængen mellem hastighed, trafikintensitet og stibredde for en 2-sporet cykelsti er gennemført med følgende resultat (se Figur

38). Resultaterne dækker som tidligere nævnt kun den øverste del af speed-flow kurven, og den er fremkommet ved lineær regression med effektiv stibredde (B) og trafikintensitet (N) som beskrivende variable. Følgende sammenhæng er fundet:

$$V \text{ (km/t)} = 18,72 + 1,50 \cdot B - 0,035 \cdot N$$

hvor V er den gennemsnitlige hastighed (km/t)
 B er den effektive stibredde (m)
 N er trafikintensiteten (antal cykler pr 10 sekunder)

Modellen har en $R^2 = 0,21$, hvilket betyder, at de observerede data kun i mindre grad tilpasser sig modellen. Kun data for trafikintensiteter større end 4 cykler pr. 10 sekunder indgår i modellen.



Figur 38: Speed-flow relation ved forskellige stibreder for en 2-sporet cykelsti.

Af figuren (og formlen) ses, at hastigheden er svagt faldende ved øget trafikintensitet, og at de brede stier generelt har en lidt højere fremkommelighed (hastighed). Fremkommeligheden er f.eks. 5 % højere for en 2,75 m sti sammenholdt med en 2,00 m sti.

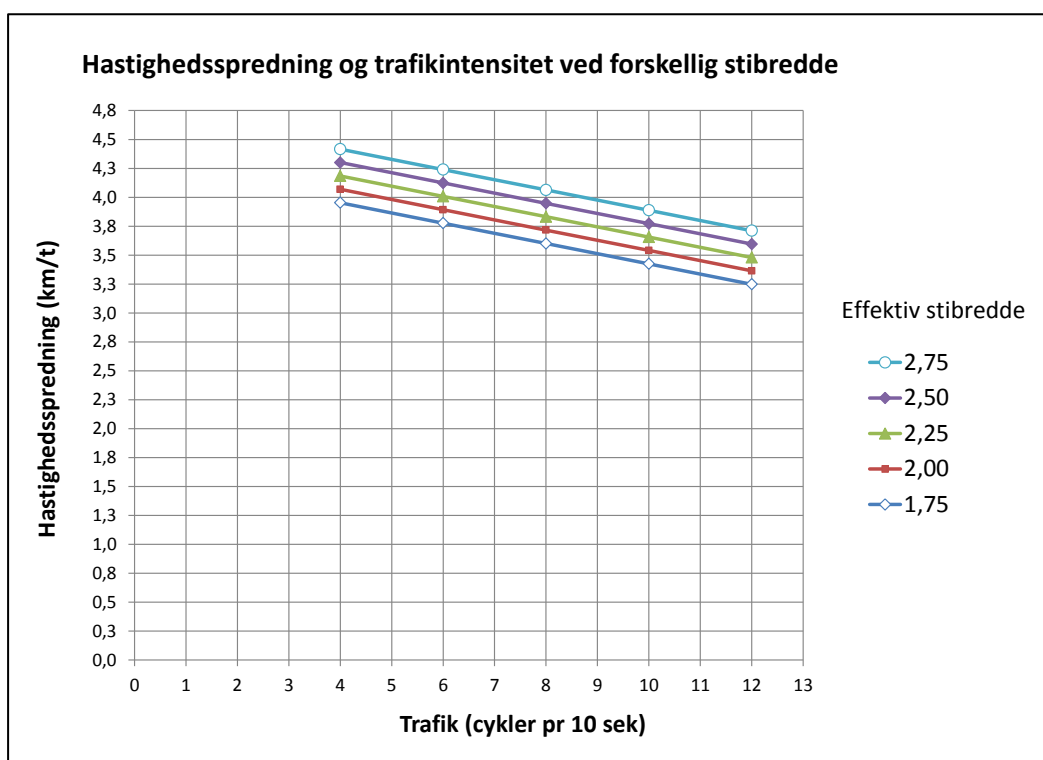
På tilsvarende vis er hastighedsspredning (standardafvigelse) analyseret og sammenholdt med trafikintensitet og stibredde, se Figur 39.

Følgende sammenhæng er fundet:

$$S \text{ (km/t)} = 3,49 + 0,46 \cdot B - 0,088 \cdot N$$

hvor S er hastighedsspredning (standardafvigelse) (km/t)
 B er den effektive stibredde (m)
 N er trafikintensiteten (antal cykler pr 10 sekunder)

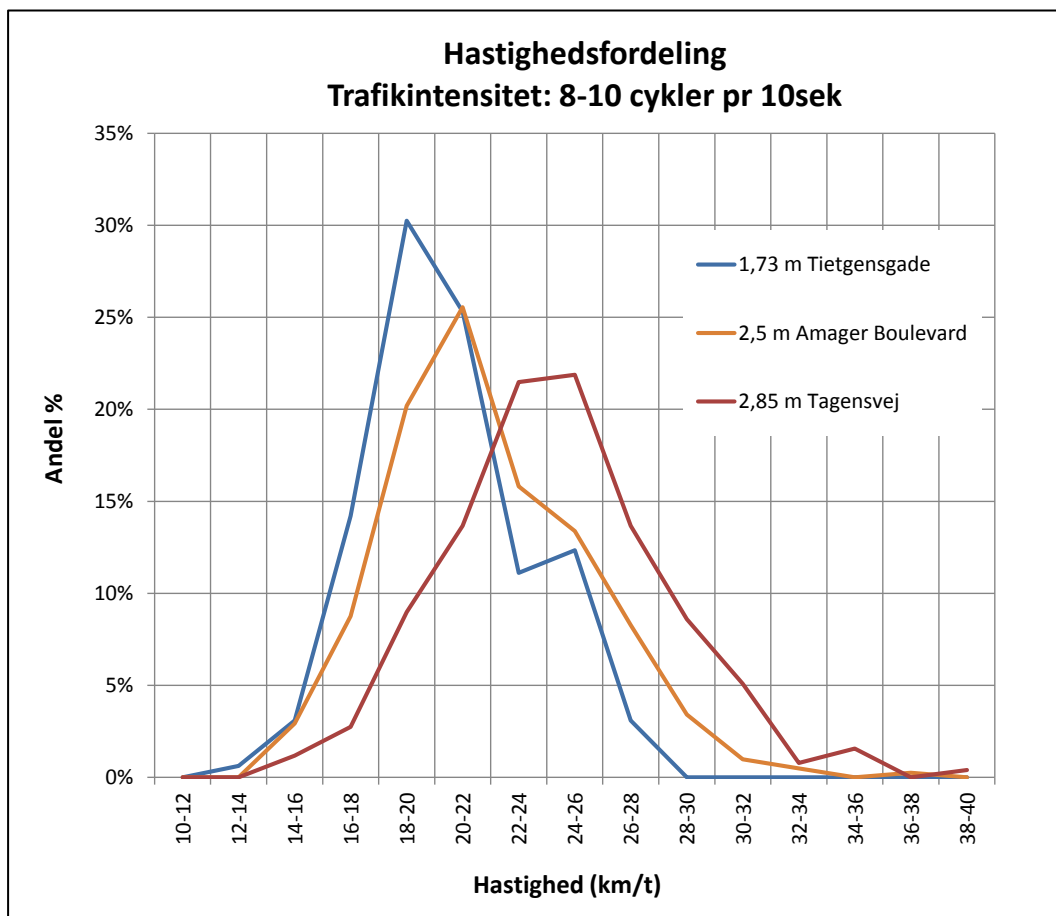
Modellen har en $R^2 = 0,23$, hvilket betyder, at de observerede data som ved forudgående kun i mindre grad tilpasser sig modellen. Kun data for trafikintensiteter større end 4 cykler pr. 10 sekunder indgår i modellen.



Figur 39: Hastighedsspredning som funktion af stibredde og trafikintensitet.

Hastighedsspredning som funktion af stibredde og trafikintensitet viser, at øget trafik giver mindre spredning i hastigheden, og at de brede stier generelt har den største hastighedsspredning.

Et andet eksempel på stibreddens betydning for hastighed og hastighedsspredning er vist i Figur 40. Figuren viser den målte hastighedsfordeling for tre udvalgte stier med forskellig bredde. Kun data for perioder med en trafikintensitet på mellem 8 og 10 cykler på 10 sekunder er medtaget.

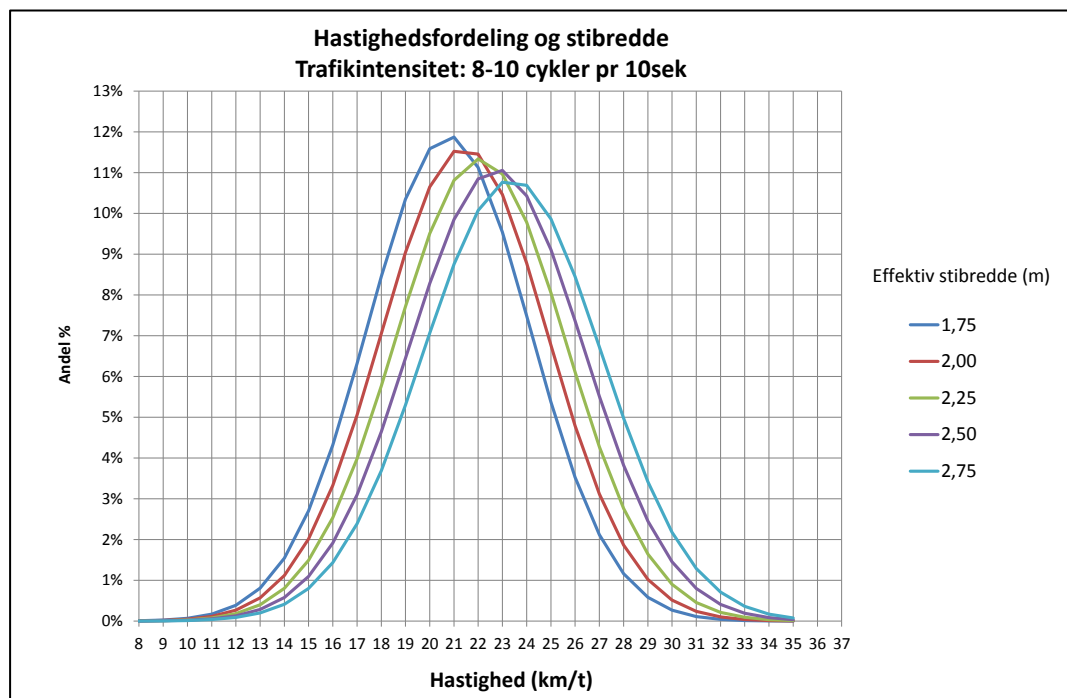


Figur 40: Eksempel på hastighedsfordeling for tre stier med forskellig bredde.

Det ses tydeligt, at såvel hastighedsniveauet som hastighedsspredningen er lavest på den smalle sti og højest på den brede. Den bedre plads giver mulighed for at vælge hastighed mere frit.

En tilnærmet sammenhæng mellem middelhastighed, spredning og stibredde er beregnet for en intensitet på 8-10 cykler pr. 10 sekunder, og resultatet er vist i Figur 41. Det antages at hastighedsfordelingen er normalfordelt.

Det ses hvorledes hastighedsfordelingen ændres som følge af øget stibredde med højere middelhastighed og større spredning til følge – klokkeformen bliver lavere og bredere samt rykkes mere mod højre (højere hastigheder), når stibredden øges.



Figur 41: Beregnet hastighedsfordeling afhængig af stibredde.

3.4.4 Opsamling

Følgende resultater er fundet for almindelige cyklers hastighed på de otte stier:

- Gennemsnitshastigheden for almindelige cykler er 21,7 km/t varierende fra 20,2-23,7 km/t afhængig af strækning. De fleste cyklister kører med 17-27 km/t.
- For både almindelige cykler generelt og fritkørende, almindelige cykler er der en tendens til, at de langsomste holder sig tættest på fortovet.
- Der er en tendens til, at gennemsnitshastighederne er højere ved øgede stibreder både for fritkørende og for cykler i position 1 og position 2 ved overlap. Tilpasningen til en lineær sammenhæng er ringe, særligt for fritkørende.
- Afhængig af lokalitet kører almindelige cykler i position 2 i gennemsnit 3,2-4,8 km/t hurtigere end cykler i position 1. Forskellen afhænger både af trafikantsammensætning og, hvor stor en andel med overlap, der kører i følgeskab med hinanden.
- De fritkørende har en gennemsnitshastighed, der ligger mellem gennemsnitshastighederne for cykler i position 1 og position 2 ved overlap. Standardafvigelserne for fritkørende er til gengæld større end for de to positioner hver for sig.

- Set på fritkørende kører kvinder i gennemsnit 2,7-4,5 km/t langsommere end mænd. Spredningen for kvindernes hastighed er mindre end for mændene.
- Ved øget trafikintensitet ses på alle lokaliteter en tendens til et mere ensartet hastighedsniveau.
- Hastigheden og dermed fremkommeligheden er mellem 5 og 10 % højere på en 2-sporet sti med en bredde på 2,75 meter sammenlignet med 1,75 meter.

Der er en del forskelle mellem hastighederne på strækningerne, som ikke kun er relateret til stibredder. Afhængig af opgørelse kan forhold omkring trafikmængde og trafikantsammensætning have en betydning. Vindforholdenes betydning er det forsøgt at eliminere ved at vælge vindstille dage, men selv på dage med lidt vind har det betydning, om cyklen kører i med- eller modvind.

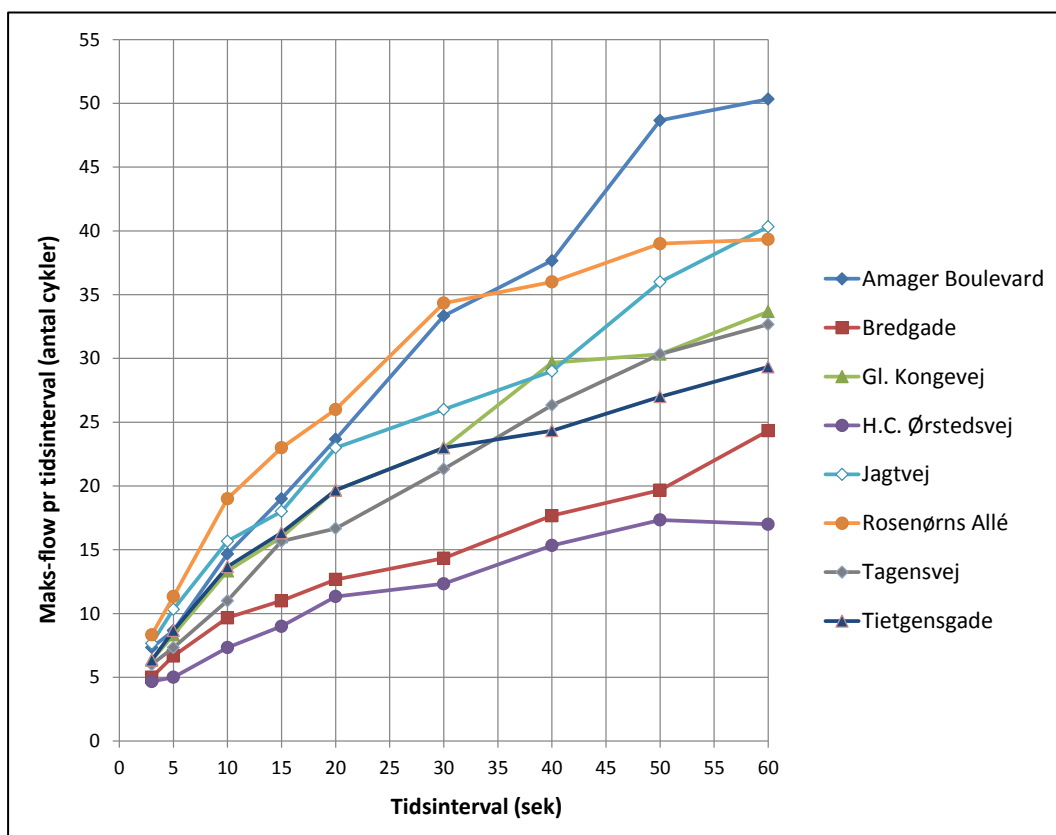
3.5 Kapacitet for 2-sporede cykelstier

I nærværende afsnit analyseres de undersøgte cykelstier med hensyn til trafikflow og effektiv stibredde ved maksimal belastning, altså i situationer med høj trafikintensitet på de pågældende lokaliteter. På baggrund af dette foretages vurderinger af kapacitet.

3.5.1 Maks-flow

Maks-flow er opgjort for forskellige tidsintervaller (3, 5, 10, 15, 20, 30, 40 og 60 sekunder). Herefter er maks-flow beregnet som gennemsnittet af de 3 højeste værdier. Derved udlignes eventuelle ekstremværdier, hvor der er registreret ekstremt mange cyklister i et enkelt kort tidsinterval. Figur 42 viser det beregnede maks-flow i de forskellige tidsintervaller for de undersøgte strækninger.

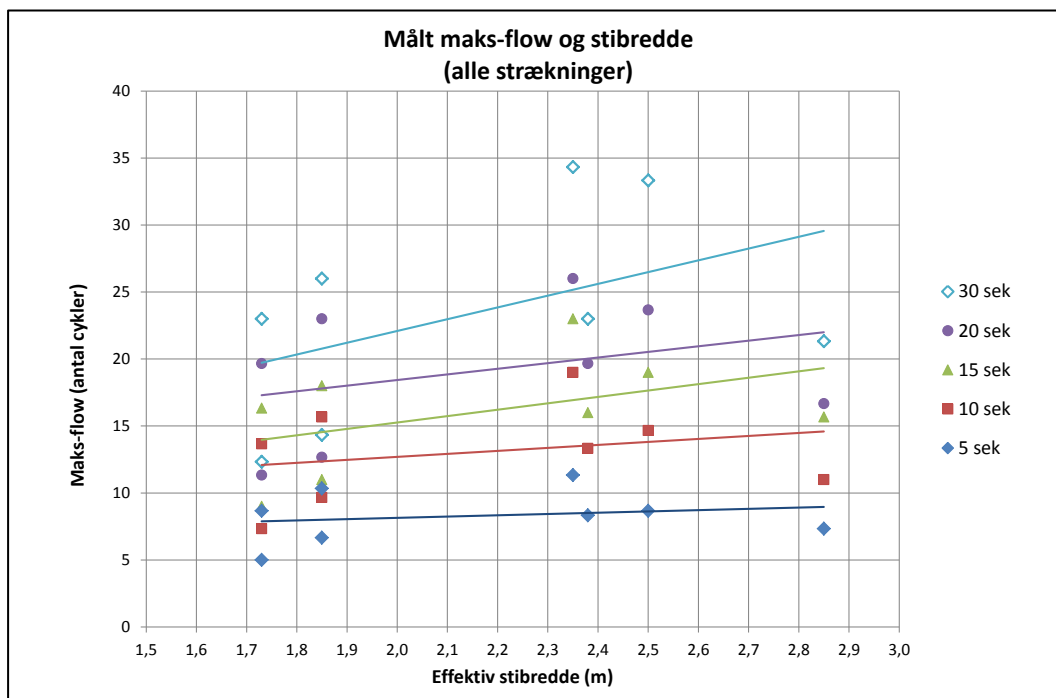
Det målte maks-flow for de undersøgte cykelstier er et produkt af stiens kapacitet og trafikens ankomstfordeling på stedet (se evt. Figur 13, side 35). For Amager Boulevard ses en nogenlunde retlinet sammenhæng mellem tidsinterval og maks-flow, hvilket indikerer at lokaliteten har en stor intensitet målt over et helt minut. For f.eks. Rosenørns Allé ses, at maks-flowet flader ud for tidsintervaller på mere end 30 sekunder, hvilket indikerer at maks-flow på lokaliteten formentlig skal findes for tidsintervaller på mindre end 30 sekunder.



Figur 42: Maks-flow ved forskellige tidsintervaller som gennemsnittet for de tre højeste registreringer pr. tidsinterval pr. lokalitet.

Figur 43 viser maks-flow for forskellige tidsintervaller som funktion af stibredde for alle lokaliteter. På grund af ankomstfordelingerne på lokaliteterne er der ikke medtaget tidsintervaller på mere end 30 sekunder.

Det ses af figuren, at der er stor spredning i data, især for de længste tidsintervaller. Den lineære tilpasning er dårlig og sammenhængen mellem maks-flow og stibredde er spinkel. På trods af dette ses for alle tidsintervaller et stigende maks-flow ved øget stibredde.



Figur 43: Maks-flow som funktion af stibredde.

3.5.2 Kapacitet og stibredder

For at få et så retvisende billede af sammenhængen mellem stibredde og kapacitet som muligt, vurderes det, at anvendelse af maks-flow i tidsintervaller på 10 og 20 sekunder giver det mest troværdige og robuste resultat. Strækningerne H.C. Ørstedes Vej, Tagensvej og Bredgade udelades endvidere, da de kun i begrænset omfang har en trafikintensitet, der nærmer sig det skønnede maks-flow (se evt. lokaliteternes speed-flow kurver i Figur 36, side 62).

For at kunne opregne det målte maks-flow i 10 og 20 sekunders intervaller til timetrafik benyttes et sæt opregningsfaktorer. Opregningsfaktorer er nødvendige, da man i kortere tidsrum typisk vil finde, at der kan afvikles mere trafik end i et længere tidsrum. Dette er bl.a. en konsekvens af, at der i kortere tidsrum med maks-flow typisk ikke medtages trafikanter med kapacitetsnedsættende adfærd (lav hastighed, større pladsoptag, etc.).

Eftersom der ikke findes opregningsfaktorer for cykeltrafik eller data, der kan bruges til at beregne dem, er der foretaget en analyse af trafikdata baseret på biltrafik på 2-sporede motorveje. Her er maks-flow for 10 og 20 sekunders intervaller sammenholdt med maks-flow for 15 minutters intervaller for at kunne estimere opregningsfaktorerne. Ifølge Vejregel "Kapacitet og serviceniveau" (Vejregelrådet, 2010) opgøres kapacitet som en vedholdende trafikbelastning over mindst 15 minutter.

Tabel 16 viser de beregnede opregningsfaktorer. For både 10 og 20 sekunders intervallerne er der angivet et gennemsnit og et interval, der indikerer forskellige resultater afhængig af lokalitet og retning.

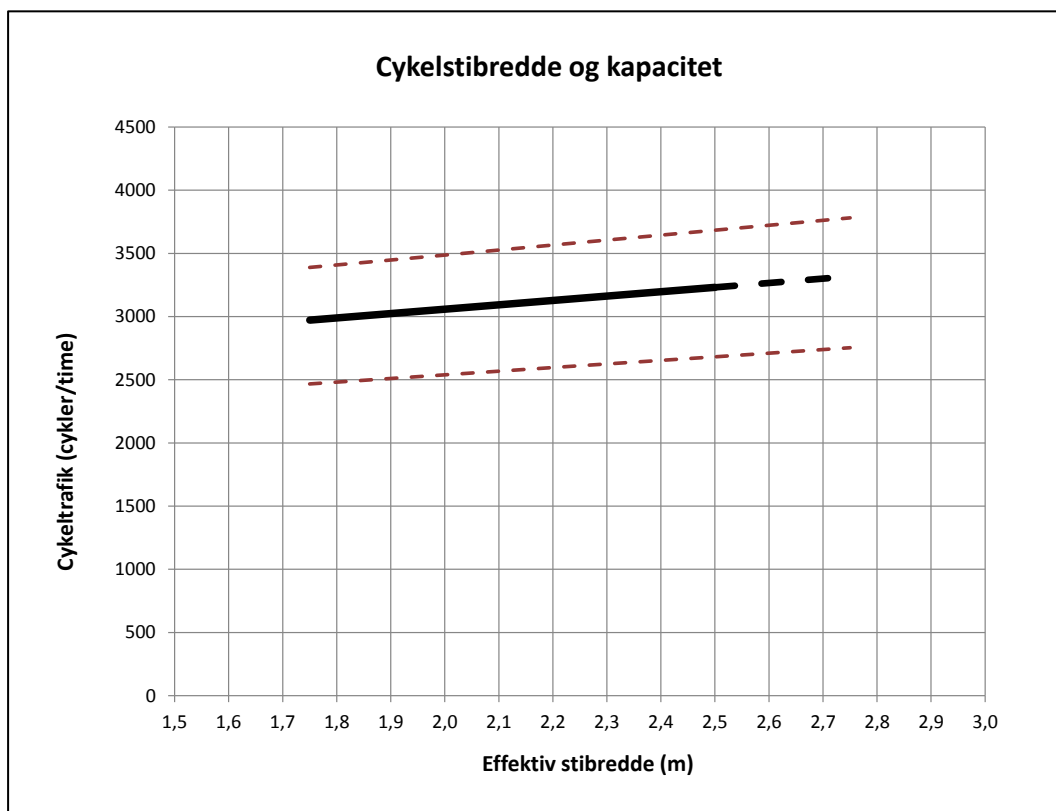
Tidsintervaller (s)	Opregningsfaktorer - interval	Opregningsfaktor - gennemsnit
10	0,61 – 0,65	0,63
20	0,64 – 0,74	0,69

Tabel 16: Opregningsfaktorer til beregning af kapacitet i 15 minutters intervaller baseret på maks-flow i 10 og 20 sek. intervaller.

Et målt maks-flow på 20 cykler pr. 20 sekunder skal således opregnes til 15 minutters trafik på følgende måde:

20 cykler pr 20 sek = $20 \cdot 3 \cdot 15 \cdot 0,69 = 621$ cykler pr 15 min = 2484 cykler pr time

Figur 44 viser et plot af målt kapacitet (maks-flow) som funktion af effektiv stibredde. For hver lokalitet er der benyttet et gennemsnit af de tre tidsintervaller med højest målte maks-flow (pr. 10 og 20 sekunders interval).



Figur 44: Kapaciteten som funktion af effektiv stibredde baseret på det målte maks-flow.

Den sorte linje er det bedste bud på kapaciteten som funktion af effektiv stibredde. Den er beregnet som et gennemsnit af 10 og 20 sekunders data opregnet med den gennemsnitlige opregningsfaktor fra Tabel 16. De røde linjer indikerer usikkerheden på estimeringen. De er fremkommet med udgangspunkt i de laveste og højeste værdier som opnås når 10/20 sekunder data opregnes med de henholdsvis højeste/laveste opregningsfaktorer. Bemærk, at beregningerne i princippet kun er baseret på lokaliteter med en effektiv stibredde på op til 2,5 meter. Kapaciteten for bredere stier er ekstrapoleret ud fra de observerede data (stiplet sort linje).

Figur 44 viser, at en cykelsti med en effektiv stibredde på 2,0 meter (bemærk eksklusiv kantsten) kan afvikle ca. 3.000 cykler pr. time. Øges bredden til 2,5 meter vil kapaciteten stige en anelse til ca. 3.250 cykler pr. time. I vejreglerne anbefales en kapacitetsgrænse på 2.000 cykler pr. time for en 2,0 meter sti og 3.500 cykler pr. time for en 3,0 meter bred sti (Vejreglerrådet, 2012). Nærværende undersøgelse finder altså en noget højere kapacitet (ca. 50 %) ved 2,0 meter stibredde. Selv med bundgrænsen for usikkerhed på 2.500 cykler pr. time er kapaciteten højere end i vejreglerne. Til gengæld er den estimerede kapacitet væsentligt lavere end, hvad der er fundet i de øvrige danske/udenlandske studier, hvor kapaciteten ligeledes modelleres ud fra trafikregistreringer i korte tidsintervaller.

Antages det, at en 2-sporet cykelsti kan afvikle ca. 3.000 cykler pr. time vil det svare til ca. 1.500 cykler/time pr. spor. En 3-sporet cykelsti må således forventelig kunne afvikle ca. 4.500 cykler pr. time. Eftersom det 3. spor først optræder for stibredder større end ca. 2,75m er det ikke utænkeligt, at kapaciteten ved stibredder over 3 meter (hvor der er plads til at køre i 3 spor) ligger på ca. 4.500 cykler/time. Det betyder, at hvis man på Figur 44 vil forlænge den sorte streg til også at repræsentere bredere stier, vil man ved en ukendt stibredde se et spring i kapaciteten fra ca. 3.000 til 4.500 cykler/time. Nærmere undersøgelser af brede cykelstier vil evt. kunne bekræfte dette samt ved hvilken stibredde, springet sker. Det er muligt, at adfærdsændringer ved tilføjelsen af et 3. spor medfører, at kapaciteten pr. spor enten er større eller mindre end de ca. 1.500 cykler/time fundet for 2-sporede cykelstier.

Et andet emne til diskussion er, hvordan cykelstiers kapacitet opgøres mest hensigtsmæssigt. Den generelle definition af kapacitet som en vedholdende trafikintensitet over mindst 15 minutter synes ikke at være brugbar, når det kommer til vurdering af cykeltrafik og planlægning af infrastruktur til cyklister. Cykeltrafik har sjældent så lang en periode med vedholdende intensitet. Ved planlægning og vurdering af cykelstiers kapacitet vil det ofte være mere hensigtsmæssigt at vurdere kapaciteten over langt kortere tidsintervaller, f.eks. 20/30/40 sekunder svarende til grøntiden for signalreguleret kryds på strækningen. Hvis en cykelstrøm i byområde er styret af signalregulerede kryds, bør man således ikke planlægge efter timetrafikken, men efter hvor mange cyklister der afvikles pr. grøntid, da det er disse perioder, hvor stitrafikken er mest belastet. Figur 43 (side 70) giver nogle omtrentlige værdier for kapaciteten ved intervaller på op til 30 sekunder.

3.5.3 Opsamling

Følgende resultater er fundet omkring maks-flow og kapacitet på 2-sporede cykelstier:

- Trafikintensiteten varierer på de undersøgte lokaliteter, og derfor er der nogen variation for det fundne maks-flow. Ankomstfordelingen medfører, at maks-flow flader ud for tidsintervaller på mere end 30 sekunder på nogle af de anvendte lokaliteter.
- Maks-flow synes at stige ved forøgelse af effektiv stibredde, men tilpasningen til en lineær sammenhæng er ringe.
- Kapaciteten for en 2,0 meter bred sti er ca. 3.000 cykler pr. time, hvilket er mere end de 2.000 cykler pr. time i vejreglerne, men væsentligt mindre end vurderingerne i andre studier (typisk 4-7.000 cykler pr. time).
- En 2,5 meter bred sti vurderes at have en lidt større kapacitet på 3.250 cykler pr. time.
- Hvis kapaciteten for en 2-sporet cykelsti er ca. 3.000 cykler/time må det antages, at hvert spor kan afvikle ca. 1.500 cykler pr time. Dermed vil en 3. sporet sti forventelig kunne afvikle ca. 4.500 cykler/time.

3.6 Specialcykler

Ladcykler og cykler med anhænger udgør en begrænset andel af den samlede trafik på cykelstierne. Derfor er opgørelserne i forhold til specialcyklers sideværtsplacering, hastighed og betydningen for kapaciteten forbundet med usikkerhed.

Af Tabel 17 fremgår den samlede datamængde for specialcykler, herunder antallet af fritkørende og antallet, der passerer snit 2 med overlap med andre cykler. Desuden er specialcyklernes gennemsnitlige bredde opgjort.

	Antal alle	Antal fritkørende	Antal i overlap	Cykelbredde (m)
Amager Boulevard	13	4	5	0,80
Bredgade	22	10	3	0,84
Gammel Kongevej	16	4	4	0,81
H.C. Ørstedes Vej	23	7	6	0,77
Jagtvej	9	1	3	0,76
Rosenørns Allé	13	4	3	0,85
Tagensvej	9	3	2	0,80
Tietgensgade	25	10	2	0,82
I alt	130	43	28	0,81

Tabel 17: Antal specialcykler, antallet af disse, der er fritkørende eller i overlap. Desuden cykelbredden for samtlige specialcykler.

Specialcyklerne i undersøgelsen består af en større andel ladcykler end cykler med efterspændt anhænger. Den målte cykelbredde synes lidt i underkanten i forhold til målene på Christiania ladcykler og Winther cykelanhængere. Dette kan skyldes måleusikkerhed, for særligt bredden af en cykelanhænger kan være svær at måle, hvis kameraet er opstillet, så cyklisten skygger for det ene hjul. Cykelbredden er målt som afstanden mellem midten af højre og venstre hjul, så afhængig af cykelhjulstykkelser og evt. skærme eller lignende kan den reelle cykelbredde være en anelse større.

3.6.1 Sideværtsplacering

Almindelige cyklers sideværtsplacering varierer afhængig af cyklistens position ved overlap og, hvis cyklisten er fritkørende. I Tabel 18 er sideværtsplaceringen som afstand fra højre hjul til fortovskant for specialcykler opgjort for to grupper, i position 1 ved overlap og for fritkørende. Resultaterne er pga. datamængden meget usikre.

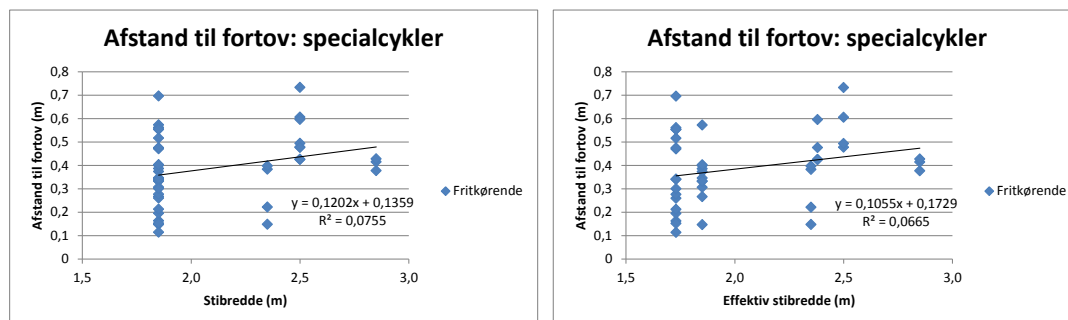
	Position 1			Fritkørende		
	Antal	Afstand til fortov (m)	Std.afv. (m)	Antal	Afstand til fortov (m)	Std.afv. (m)
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	5	0,19	0,04	7	0,24	0,09
Tietgensgade (1,73m)	2	0,16	0,02	10	0,45	0,17
Bredgade (1,85m)	3	0,27	0,05	10	0,35	0,11
Jagtvej (1,85m)	2	0,31	0,09	1	0,40	-
Rosenørns Allé (2,35m)	3	0,35	0,05	4	0,29	0,12
Gammel Kongevej (2,38m)	3	0,33	0,10	4	0,48	0,08
Amager Boulevard (2,50m)	5	0,41	0,18	4	0,58	0,12
Tagensvej (2,85m)	2	0,33	0,12	3	0,41	0,03

Tabel 18: Specialcyklers sideværtsplacering som afstand til fortov fra højre hjul på de 8 stier – gennemsnit og standardafvigelse. For cykler i position 1 ved overlap og for fritkørende.

Der synes at være to tendenser, som er i overensstemmelse med resultaterne for almindelige cykler. Specialcykler, der er ved at blive overhalet holder længere til højre end fritkørende. Specialcykler på de smalleste cykelstier holder mindre afstand til fortovet, end specialcykler på de bredeste stier.

Datamængden for specialcykler varierer noget fra strækning til strækning, og der er generelt så få data, at det ikke er helt rimeligt at anvende gennemsnit for de enkelte strækninger, når sideværtsplaceringen holdes op mod stibredde. Derfor anvendes data for hver enkelt cyklist.

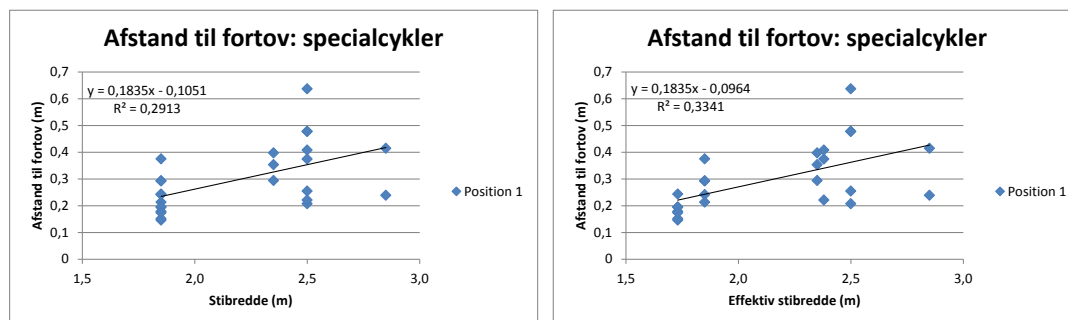
I Figur 45 ses sammenhængen mellem sideværtsplacering og stibredde for fritkørende specialcykler.



Figur 45: Fritkørende specialcyklers sideværtsplacering som afstand fra højre hjul til fortov afhængig af hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Som det fremgår af figuren, er der meget stor variation i data, og der er derfor en meget dårlig tilpasning til en lineær sammenhæng. Brug af effektiv stibredde forbedrer ikke tilpasningen. Der synes at være den forventede tendens til, at specialcyklerne holder en større afstand til fortovet, når stibredden øges.

Ligeledes er sideværtsplacering for specialcykler i position 1 ved overlap sammenholdt med stibredden i Figur 46.



Figur 46: Specialcyklers sideværtsplacering som afstand fra højre hjul til fortov ved overlap for cykler i position 1 afhængig af hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Tilpasningen til en lineær sammenhæng er også dårlig for specialcykler i position 1 ved overlap, men den er væsentligt bedre end for de fritkørende. Der er en rimelig klar tendens til, at cykler holder større afstand til kantstenen ved større stibredder.

En måde til at vurdere, hvor meget mere en specialcykel fylder på stien i forhold til en almindelig cykel, kan være at sammenligne cykler i position 1. Da sideværtsplaceringen er målt i forhold til cykelhjul kan placeringen af venstre hjul for specialcykler sammenlignes med sideværtsplacering plus 37,5 centimeter (en halv cyklistbredde) for almindelige cykler. Dette er opgjort i Tabel 19.

	Specialcykel i position 1		Almindelig cykel i position 1		Forskel (m)
	Antal	Placering af venstre hjul (m)	Antal	Placering + 0,375m (m)	
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	5	0,90	53	0,81	0,09
Tietgensgade (1,73m)	2	0,96	115	0,93	0,03
Bredgade (1,85m)	3	1,07	91	0,90	0,17
Jagtvej (1,85m)	2	0,99	141	0,92	0,06
Rosenørns Allé (2,35m)	3	1,20	150	0,99	0,21
Gammel Kongevej (2,38m)	3	1,21	138	1,00	0,21
Amager Boulevard (2,50m)	5	1,17	182	1,01	0,16
Tagensvej (2,85m)	2	1,06	112	1,09	-0,03

Tabel 19: Sammenligning af hvor meget specialcykler og almindelige cykler fylder i position 1 ved overlap. Afstand mellem venstre hjul og fortov for specialcykler og afstand mellem hjul og fortov + en halv cyklistbredde (0,375m) for almindelige cykler.

Datamængden for specialcykler er meget begrænset, men det synes at være tilfældet, at specialcyklerne fylder mere end de almindelige cykler. Forskellen varierer meget mellem lokaliteterne, men den er typisk mindst på de smalleste stier med under 10 centimeter mod op mod 20 centimeter på de brede (Bredgade og Tagensvej undtaget).

Da specialcyklerne er bredere end de almindelige cykler, kan det være interessant at sammenligne afstanden mellem cyklister ved overlap. I Tabel 20 fremgår den gennemsnitlige sideværtsafstand mellem to cyklister ved passage af snit 2, hvor der er en almindelig cykel i position 2 og henholdsvis en specialcykel og en almindelig cykel i position 1.

	Specialcykel i position 1			Almindelig cykel i position 1		Forskelle (m)
	Antal	Bredde af specialcykel (m)	Sideværtsafstand (m)	Antal	Sideværtsafstand (m)	
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	5	0,71	0,82	51	0,86	-0,03
Tietgensgade (1,73m)	2	0,80	0,75	114	0,81	-0,06
Bredgade (1,85m)	3	0,81	1,00	89	0,94	0,06
Jagtvej (1,85m)	2	0,68	1,00	139	0,91	0,08
Rosenørns Allé (2,35m)	3	0,85	1,20	150	1,09	0,11
Gammel Kongevej (2,38m)	3	0,87	1,08	136	1,07	0,02
Amager Boulevard (2,50m)	5	0,76	1,05	181	1,07	-0,02
Tagensvej (2,85m)	2	0,73	1,56	111	1,13	0,43

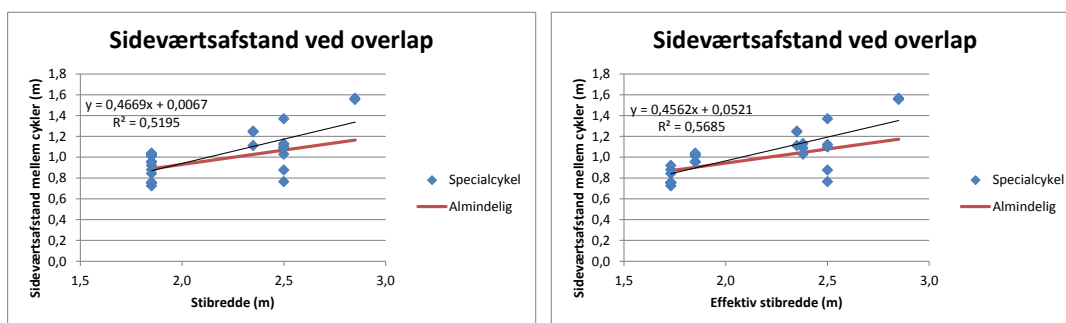
Tabel 20: Par af cykler med overlap med almindelig cykel i position 2 og hhv. specialcykel og almindelig cykel i position 1. Sideværtsafstand målt mellem midten af de to cykler.

Igen er resultaterne meget usikre grundet den lille datamængde. Der synes ikke at være den store forskel på afstanden mellem midten af cyklerne og dermed selve

cyklisterne, når der er overlap uanset, om det er en specialcykel eller en almindelig cykel, der befinder sig i position 1 (Tagensvej undtaget). På de to smalleste stier med parkerede biler langs stien er sideværtsafstanden mindre ved specialcykler i position 1 end almindelige cykler. For de to smalleste stier uden parkerede biler langs stien synes den øgede effektive stibredde at blive benyttet af cyklen i position 2 til at øge sideværtsafstanden, når specialcykler overhales. For de fire smalleste stier er det værd at bemærke, at bredden af specialcyklerne i position 1 i gennemsnit er 7 centimeter smallere end for samtlige af undersøgelsens specialcykler.

Det skal også bemærkes, at specialcyklerne i endnu mindre grad har samme bredde fra forende til bagende end almindelige cykler, og derfor kan det i højere grad have en betydning, hvordan cyklerne har overlap ved registrering af afstand til forto.

I Figur 47 er sammenhængen mellem stibredden og sideværtsafstand mellem en almindelig cykel i position 2 og en specialcykel i position 1 afbilledet. Til sammenligning er tendenslinjen for sideværtsafstand med en almindelig cykel i position 1 afbilledet.



Figur 47: Sideværtsafstand for par af specialcykler i position 1 og almindelige cykler i position 2 ved overlap afhængig af stibredde og effektiv stibredde. Data tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2). Desuden er tendenslinjen ved almindelige cykler i position 1 medtaget.

Der er tegn på, at sideværtsafstanden mellem en almindelig cykel i position 2 og en specialcykel i position 1 øges i takt med, at stibredden øges, og der er en vis tilpasning til en lineær sammenhæng. Denne tendenslinje følger i nogen grad tendenslinjen for sideværtsafstand, når det er en almindelig cykel, der er placeret i position 1. På de smalle stier synes sideværtsafstanden at være næsten ens.

3.6.2 Hastighed

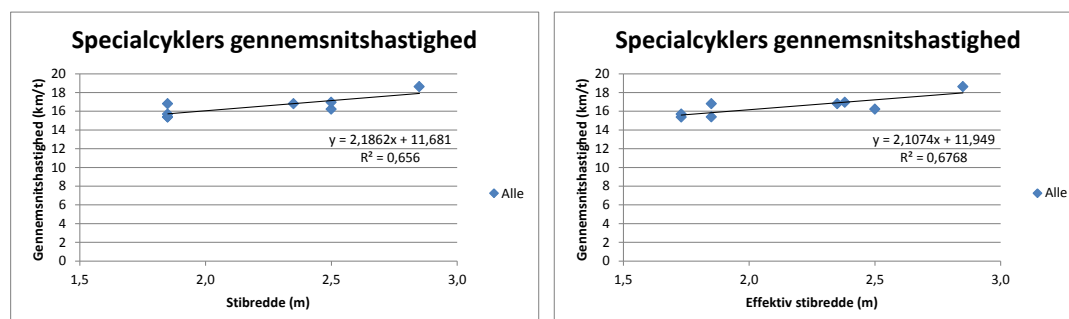
Specialcyklerne kører generelt langsommere end de almindelige cykler (se Tabel 21).

	Specialcykler			Almindelige cykler	Forskel (km/t)
	Antal	Hastighed (km/t)	Std.afv. (km/t)	Hastighed (km/t)	
H.C. Ørstedsvvej (1,73 m)	23	15,4	1,9	20,2	-4,8
Tietgensgade (1,73m)	25	15,7	2,5	20,4	-4,7
Bredgade (1,85m)	22	16,8	3,3	22,3	-5,5
Jagtvej (1,85m)	9	15,4	2,4	21,6	-6,2
Rosenørns Allé (2,35m)	13	16,8	5,3	21,8	-5,0
Gammel Kongevej (2,38m)	16	17,0	4,2	21,6	-4,6
Amager Boulevard (2,50m)	13	16,2	1,8	21,5	-5,2
Tagensvej (2,85m)	9	18,6	5,9	23,7	-5,1

Tabel 21: Specialcyklers hastighed – gennemsnit og standardafvigelse på de 8 stier. Til sammenligning ses gennemsnitshastigheden for almindelige cykler.

Som for de almindelige cykler findes den højeste hastighed på Tagensvej, højere hastighed på Bredgade end øvrige smalle stier og tegn på højere hastighed på de brede stier sammenlignet med de smalle (Bredgade undtaget). Standardafvigelserne er størst på strækningerne med højeste gennemsnitshastigheder, hvilket kunne tyde på, at der her er målt nogle få specialcykler med en væsentligt højere hastighed end de øvrige. Hastighedsforskellen mellem almindelige cykler og specialcykler er på 4,6-6,2 km/t afhængig af strækning. Der er tilsyneladende ingen sammenhæng mellem størrelsen af hastighedsforskellen og stibredden.

I Figur 48 sammenholdes specialcyklernes hastigheder med stibredden. Alle specialcykler indgår uanset, om de er ved at overhale, cykler i følgeskab med andre stitrafikanter eller er fritkørende.



Figur 48: Specialcyklers gennemsnitshastigheder sammenholdt med hhv. stibredde og effektiv stibredde. Data tilpasset en lineær tendenslinje med formel og grad af tilpasning (R^2).

Der er en vis tilpasning til en lineær sammenhæng mellem gennemsnitshastighed og stibredde, og den er faktisk bedre end for almindelige cyklister. Der synes at være en tendens til, at specialcyklerne kører hurtigere, jo bredere cykelstien er.

Gennemsnitshastigheden blandt specialcykler på de otte stier er forsøgt opgjort for to grupper, men som tidligere nævnt er der få data, og det skal fortolkes med forsigtighed (se Tabel 22). De to grupper er cykler i position 1 ved overlap og fritkørende.

	Position 1			Fritkørende			Forskel (km/t)
	Antal	Hastighed (km/t)	Std.afv. (km/t)	Antal	Hastighed (km/t)	Std.afv. (km/t)	
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	5	15,6	2,2	7	15,8	1,5	-0,2
Tietgensgade (1,73m)	2	15,5	0,2	10	15,8	3,6	-0,3
Bredgade (1,85m)	3	14,8	1,7	10	16,5	2,9	-1,7
Jagtvej (1,85m)	2	16,5	0,0	1	11,4	-	5,1
Rosenørns Allé (2,35m)	3	19,0	4,3	4	15,3	0,8	3,6
Gammel Kongevej (2,38m)	3	12,4	2,1	4	16,3	5,1	-4,0
Amager Boulevard (2,50m)	5	15,5	1,0	4	14,9	1,5	0,6
Tagensvej (2,85m)	2	17,3	1,8	3	14,4	0,9	2,9

Tabel 22: Specialcyklers sideværtsplacering som afstand til fortovej fra højre hjul på de 8 stier – gennemsnit og standardafvigelse. For cykler i position 1 ved overlap og for fritkørende. Hastighedsforskellen mellem de to grupper er medtaget.

Der synes ikke at være nogen entydighed med hensyn til, om fritkørende specialcykler eller specialcykler i position 1 ved overlap kører hurtigst. Hastighederne varierer en del mellem stierne, hvilket sandsynligvis skyldes størrelsen af datamængden. For begge grupper er specialcyklernes hastigheder væsentligt lavere end de tilsvarende for almindelige cykler.

3.6.3 Betydning for andre trafikanters hastighed og maks-flow

Generelt har specialcykler en lavere hastighed sammenholdt med almindelige cyklister, men det er interessant om specialcyklerne påvirker de øvrige trafikanters hastighed.

I Tabel 23 er det gjort op, hvilken gennemsnitshastighed almindelige cykler i position 2 har ved overlap med en specialcykel i position 1. Usikkerheden er stor, da datamængden med overhaling af specialcykler er lille.

	Overlap med specialcykler		Overlap med almindelig cykler		Forskel (km/t)
	Antal	Hastighed (km/t)	Antal	Hastighed (km/t)	
H.C. Ørstedsvvej (1,73 m)	5	20,0	51	21,7	-1,6
Tietgensgade (1,73m)	2	19,3	114	22,1	-2,8
Bredgade (1,85m)	3	23,0	89	24,0	-1,1
Jagtvej (1,85m)	2	26,1	139	24,3	1,8
Rosenørns Allé (2,35m)	3	22,7	150	23,7	-0,9
Gammel Kongevej (2,38m)	3	18,3	136	23,5	-5,2
Amager Boulevard (2,50m)	5	21,9	181	23,7	-1,8
Tagensvej (2,85m)	2	21,6	111	25,2	-3,5

Tabel 23: Gennemsnitshastigheden for almindelige cykler i position 2 ved overlap med hhv. specialcykler og almindelige cykler i position 1 samt forskellen mellem disse.

På stierne er hastighederne ved overlap med specialcykler lavere for cyklen i position 2 (Jagtvej undtaget). Det kan skyldes flere faktorer f.eks. at specialcyklernes hastighed er så lav, at det får nogle af de langsomme cyklister til at foretage overhaling, eller at der er så lidt plads at overhale på, at den overhalende føler sig nødsaget til at køre langsomt forbi (nok særligt Tietgensgade og H.C. Ørstedsvvej).

Det er ikke kun i selve overhalingsøjeblikket, at specialcykler påvirker andre trafikanters hastighed – særligt ikke hvis der er flere, der ønsker at overhale på én gang. Afhængig af stibredden vil fremkommeligheden derfor blive påvirket i situationer med specialcykler. Almindelig cyklisters hastighed som funktion af stibredde i situationer med og uden specialcykler er analyseret. Der tages udgangspunkt i 10 sekunders data, hvor der ses på situationer med lav trafikintensitet (1-5 cykler pr. 10 sekunder) og høj trafikintensitet (6-15 cykler pr. 10 sekunder). Der skelnes imellem 10 sekunders intervaller med alene almindelige cykler og 10 sekunders intervaller, hvor der optræder mindst én specialcykel (oftest kun én specialcykel).

Tabel 24 viser den målte gennemsnitshastighed for almindelige cyklister på de forskellige lokaliteter afhængig af, om der er en specialcykel eller ej i de målte 10 sekunders intervaller. Tabellen er opdelt på lav trafikintensitet (1-5 cykler pr. 10 sekunder) og høj trafikintensitet (6-15 cykler pr. 10 sekunder).

Af tabellen ses hvor meget fremkommeligheden for almindelige cyklister ændres i situationer, hvor der er en specialcykel sammenholdt med situationer med kun almindelige cykler. Ved lav trafikintensitet ses en reduktion i hastigheden for de smalle stier på ca. 2 km/t i situationer med en specialcykel. For de brede stier ses en noget mindre hastighedsreduktion. Ved stor trafikintensitet ses en hastighedsreduktion for de fleste stibredder og en svag tendens til at reduktionen er størst for de smalle stier. Det skal bemærkes, at antal observationer med specialcykler for nogle lokaliteter er begrænset, især ved høj trafikintensitet, hvorfor resultaterne skal tages med forbehold.

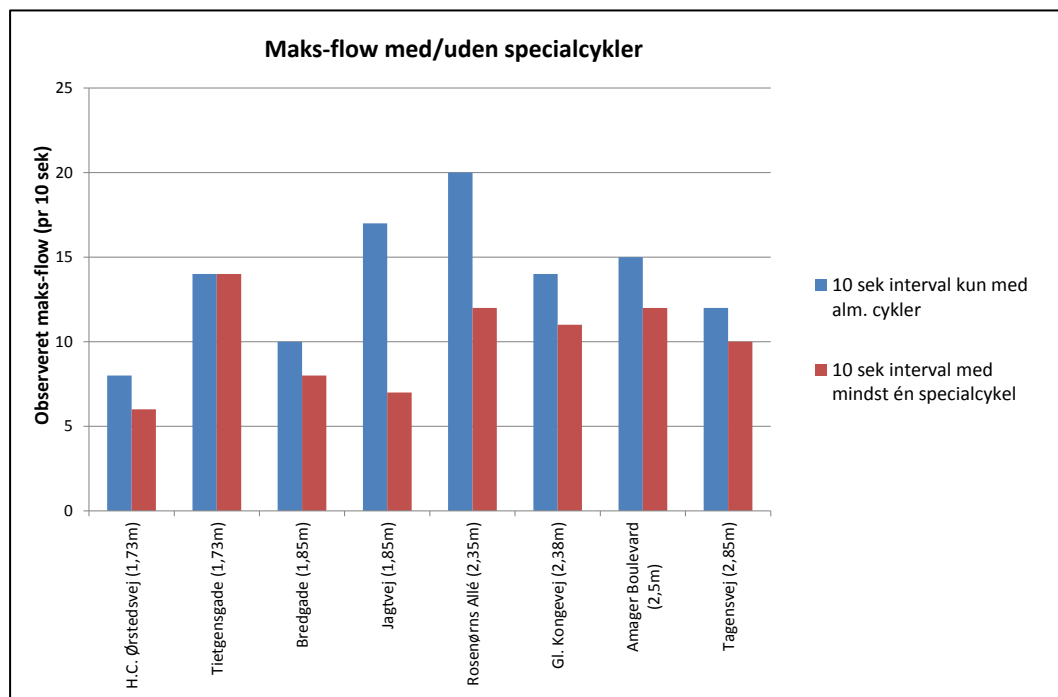
Strækning	Lav trafikintensitet (1-5 cykler/10sek)					Høj trafikintensitet (6-15 cykler /10sek)				
	Kun alm. cykler		Mindst én specialcykel		Hast forskel (km/t)	Kun alm. cykler		Mindst én specialcykel		Hast forskel (km/t)
	Antal obs.	Hast (km/t)	Antal obs.	Hast (km/t)		Antal obs.	Hast (km/t)	Antal obs.	Hast (km/t)	
H.C. Ørstedesvej (1,73 m)	385	20,0	18	17,6	-2,4	12	20,6	1	20,8	+0,2
Tietgensgade (1,73m)	232	20,3	12	18,5	-1,9	55	20,7	5	18,0	-2,7
Bredgade (1,85m)	393	22,5	15	21,5	-1,0	28	22,3	2	19,8	-2,5
Jagtvej (1,85m)	198	21,3	7	18,7	-2,6	68	22,0	1	20,1	-1,9
Rosenørns Allé (2,35m)	111	21,7	5	21,5	-0,2	67	22,0	3	22,9	+0,9
Gammel Kongevej (2,38m)	294	21,3	6	21,4	+0,1	62	22,0	6	20,7	-1,4
Amager Boulevard (2,50m)	122	21,1	4	20,1	-1,0	85	21,7	6	20,7	-1,0
Tagensvej (2,85m)	231	22,7	3	22,8	+0,1	63	24,5	4	22,0	-2,6

Tabel 24: Gennemsnitshastigheden for almindelige cykler opdelt på hvorvidt der er en specialcykel i samme 10 sek. interval.

Grunden til at hastigheden for almindelige cyklister reduceres i situationer med specialcykler er, at specialcyklernes hastighed generelt er lavere og at overhalingmulighederne kan være reduceret eller vanskelige afhængig af stibredde på lokaliteten.

Maks-flow i situationer med specialcykler

Figur 49 viser det observerede maks-flow pr. 10 sekunder opdelt på, om det er et interval kun med almindelige cykler eller om der er mindst én specialcykel med.



Figur 49: Målt maks-flow (pr. 10 sek.) for trafikstrømme med og uden én specialcykel.

Generelt for alle lokaliteter ses, at de største maks-flow værdier findes i situationen med alene almindelige cykler. Situationer med specialcykler har typisk 2-4 færre cykler pr. 10 sekunder end situationer med alene almindelige cykler. Forskellen varierer, og der synes ikke at være nogen systematisk forskel som kan relateres til stibredde. Igen skal det bemærkes, at antal situationer med specialcykler er væsentlig mindre end for situationer med kun almindelige cykler. Noget af forskellen i maks-flow kan måske forklares ud fra forskel i antal observationer med/uden specialcykler. Der er således en mulighed for, at maks-flow med specialcykler ikke repræsenterer, hvor mange cykler, der kan passere i det givne tidsrum.

Ønsker man skønsmæssigt at beregne en cykelækvivalent for specialcykler, altså hvor mange almindelige cykler én specialcykel svarer til i en trafikstrøm, kan man ud fra ovenstående figur antage, at én specialcykel svarer til ca. 3-4 almindelige cykler, når det gælder beregning af maks-flow (kapacitet). Dette bekræfter niveauet, som ligeledes er fundet af Rambøll (2012).

Headway for specialcykler vs. alm. cykler (kun spor 1)

Ved beregning af personbilækvivalenter for andre motorkøretøjer, f.eks. for store køretøjer, tages typisk udgangspunkt i målte headways for personbiler sat i forhold til headways for store køretøjer. Headway måles som tidsafstand fra forende af det undersøgte køretøj til forende af det bagvedkørende køretøj. Headway består således af både køretøjets passagetid samt det tidsgab (gap), der er imellem de to køretøjer.

Samme type undersøgelse er forsøgt for en cykelstrøm, hvor headway for almindelige cyklister sammenholdes med headways for specialcykler. I analysen ses kun på cyklister placeret i spor 1 (med eller uden overlap). Der tages udgangspunkt i trafikstrømme med forskellig trafikintensitet for at vurdere, hvordan headways afhænger af trafikmængden. Tabel 25 viser de beregnede headways.

Trafikintensitet	Almindelige cykler (s)	Specialcykler (s)	Forhold
1-4 cykler/10s	5,9	6,8	1,5
5-9 cykler/10s	2,4	2,9	1,2
10-14 cykler/10s	1,5	1,9	1,2
Alle	4,0	5,3	1,3

Tabel 25: Beregnet gennemsnitlig headway for almindelige cykler og specialcykler samt forholdet mellem disse. Kun spor 1.

Forholdet imellem headways for almindelige cykler og specialcykler er ved mellem/høj trafikintensitet 1,2. I sådanne sammenhænge fylder én specialcykel altså det samme som 1,2 almindelige cykler. Pga. det relative spinkle datamateriale for specialcykler kan der i analyserne ikke skelnes imellem stier med forskellige bredder. Det skal bemærkes, at analyserne kun gælder for trafik i spor 1. Der er således ikke taget hensyn til hvor mange/få cyklister, der placerer sig i spor 2

(uden på en specialcykel), hvor det jo netop er specialcyklens større bredde som kan være en kapacitetsreducerende faktor. Der er ej heller skelnet imellem forskellige typer af specialcykler, hvor længden varierer noget afhængig af, om det er en ladcykel eller en almindelige cykel med anhænger, som analyseres.

3.6.4 Opsamling

Følgende resultater er fundet for specialcykler:

- Ligesom for almindelige cykler holder specialcykler mere til højre, når de ligger i position 1 ved overlap end, når de er fritkørende.
- Der er en tendens til, at specialcykler vælger en større afstand til fortovet, når stibredden øges (dårlig tilpasning til lineær sammenhæng).
- Der synes ikke at være den store forskel på sideværtsafstanden mellem midten af cykler ved overlap, når en almindelig cykel i position 2 ligger ved siden af en specialcykel eller en almindelig cykel i position 1 på de smalleste stier. På bredere stier holdes større afstand til specialcykler.
- Specialcyklerne optager lidt mere plads på stierne end almindelige cykler (10-20 centimeter).
- Specialcyklerne kører med væsentligt lavere hastigheder end almindelige cykler. Hastighederne synes at være højere i takt med, at stibredden øges (en vis tilpasning til en lineær sammenhæng).
- Almindelige cykler i position 2 synes at have en lavere hastighed, når de har overlap med en specialcykel i position 1 frem for en almindelig cykel.
- Specialcykler reducerer hastigheden for almindelige cykler på de smalle stier ved både høj og lav trafikintensitet.
- Maks-flow værdier i situationer med specialcykler ligger lavere end maks-flow værdier med alene almindelige cykler
- Specialcyklers headway er kun omkring 1,2 gange større end almindelige cyklers i spor 1, og specialcyklers medvirken til kapacitetsreduktioner hænger således mere sammen med deres bredde og lavere hastighed. For maks-flow synes en specialcykel at svare til 3-4 almindelige cykler.

Datamængden for specialcykler er så begrænset, at ovenstående konklusioner er behæftet med usikkerhed.

3.7 Cykelstibredder

På baggrund af datamaterialet er der udarbejdet anbefalinger for minimumsbredder for ensrettede cykelstier langs vej. Det er opstillet minimumsmål med hensyn tagen til parkerede biler og mulighed for overhaling af specialcykler, mål med et højere serviceniveau samt mål for 3-sporede cykelstier. Målene gælder for cykelstier med kantsten til fortov og kloakriste på stien langs fortovet. Desuden forventes

tes en kantstensafgrænsning til vejen med en bredde på ca. 15 centimeter, som ikke er inkluderet i målene.

3.7.1 2-sporet cykelsti med minimumsbredde

I dette afsnit gøres et forsøg på at klarlægge, hvad minimumsmålene er for en enkeltrettet cykelsti med 2 spor. Til formålet benyttes data fra de fire stier med en bredde på 1,85 meter (Bredgade, H.C. Ørstedes Vej, Jagtvej og Tietgensgade). Det antages, at cyklister i position 1 ved overlap benytter spor 1, og cyklister i position 2 benytter spor 2.

Minimumsbredden for en 2-sporet cykelsti kan være svær at klarlægge, da cyklister er meget dygtige til at skabe sig plads til overhaling, hvis de har besluttet sig til dette. Derfor er målet at finde en bredde, hvor det formodes, at to cykler kan passere hinanden uden så stor justering af sideværtsplacering eller fart, at det formodes at ændre kapaciteten for stien i væsentlig grad.

Stier med ingen/få specialcykler

Det er særligt cyklisten i position 2, der er afgørende for, hvor bred stier minimum kan være. Flere faktorer er givetvis afgørende for, hvordan cyklisten i position 2 placerer sig. De vigtigste er formentlig, hvor cyklisten i position 1 har placeret sig (dvs. sideværtsafstand til cyklist i position 1), og hvor tæt cyklisten ønsker at køre på vejen. Ligeledes gælder det for cyklisten i position 1, at denne vælger sin placering i forhold til, hvor tæt denne ønsker at køre på fortovet, og hvor tæt denne ønsker at være på en cyklist, der er ved at overhale.

Den 2-sporede cykelstis tværsnit kan inddeles i tre forskellige dele. Afstanden mellem fortovskant og cyklisterne i position 1 (se Tabel 26), afstanden mellem cyklisterne i position 2 og kantsten til vej (se Tabel 26) og sideværtsafstand mellem par af almindelige cykler (se Tabel 27). For sideværtsafstanden er der både set på alle par med overlap og de par, der passerer snit 2 med en tidsforskel på mindre end 0,2 sekunder.

Cyklisterne i position 1 lader til i højere grad at vælge placering i forhold til fortov, og så er det mere op til cyklisterne i position 2 at bestemme afstanden mellem cykler og afstand til vej. H.C. Ørstedes Vej skiller sig ud, men det er nok nærmere dækslet på stien end de parkerede biler, der er årsagen. Cyklisterne i position 2's sideværtsplacering lader til at være kraftigt influeret af, om der er parkerede biler eller ej. Den længere afstand til kantstenen mod vejen vælges sammen med en kortere afstand til cyklisten i position 1. For sideværtsplacering er der ikke den store forskel på, om der ses på alle par eller kun de par, der passerer snit 2 med en tidsforskel på under 0,2 sekunder.

	Position 1: Afstand til kantsten til fortov				Position 2: Afstand til kantsten til vej			
	Antal	Gns. (m)	25 % (m)	75 % (m)	Antal	Gns. (m)	25 % (m)	75 % (m)
Bredgade	89	0,52	0,41	0,60	95	0,39	0,31	0,45
H.C. Ørstedes Vej (p)	51	0,44	0,37	0,48	53	0,56	0,47	0,63
Jagtvej	139	0,55	0,48	0,62	144	0,39	0,31	0,47
Tietgensgade (p)	114	0,55	0,50	0,62	117	0,49	0,41	0,56
Alle 4	393	0,53	0,45	0,60	409	0,44	0,35	0,52
Bredgade + Jagtvej	228	0,54	0,47	0,61	239	0,39	0,31	0,47
H.C. Ørstedes Vej + Tietgensgade (p)	165	0,52	0,42	0,60	170	0,51	0,43	0,59

Tabel 26: Afstande til kantsten for almindelige cykler i position 1 og position 2 i forbindelse med overlap med en anden almindelig cykel. Både gennemsnit, 25 %-fraktil og 75 %-fraktil. p = parkerede biler langs sti.

	Overlap: Alle par				Overlap: Par med tidsforskel <0,2s			
	Antal	Gns. (m)	25 % (m)	75 % (m)	Antal	Gns. (m)	25 % (m)	75 % (m)
Bredgade	89	0,94	0,83	1,04	50	0,97	0,86	1,09
H.C. Ørstedes Vej (p)	51	0,86	0,77	0,96	34	0,86	0,78	0,97
Jagtvej	139	0,91	0,84	1,00	75	0,94	0,87	1,06
Tietgensgade (p)	114	0,81	0,73	0,90	50	0,84	0,76	0,90
Alle 4	393	0,88	0,79	0,98	209	0,91	0,81	1,01
Bredgade + Jagtvej	228	0,92	0,83	1,02	125	0,95	0,86	1,06
H.C. Ørstedes Vej + Tietgensgade (p)	165	0,83	0,73	0,92	84	0,85	0,76	0,94

Tabel 27: Sideværtsafstand mellem par af almindelige cykler i position 1 og position 2 ved overlap: alle par og de par, der passerer snit 2 med en tidsforskel på under 0,2 sek. Både gennemsnit, 25 %-fraktil og 75 %-fraktil. p = parkerede biler langs sti.

Til bestemmelse af de tre dele, der indgår i cykelstibredde er følgende anvendt:

- Afstand til fortov: Data for alle fire strækninger benyttes, da forskelle ikke synes at afhænge af parkerede biler. 25 %-fraktilen vælges, da der søges en minimumsværdi. Ved denne værdi forventes det, at de, der kører tæt på fortov pga. slinger eller i forbindelse med meget lav hastighed, er sorteret fra.
- Sideværtsafstand mellem cykler: Data for Tietgensgade og H.C. Ørstedes Vej benyttes (de to strækninger med parkerede biler langs sti), da cyklerne kører tættere på hinanden. Der er en sammenhæng mellem hastighedsforskellen på cyklerne i position 1 og position 2 og sideværtsafstanden mellem disse (0,15 meter mindre, hvis parterne følges ad, end hvis hastighedsforskellen er på minimum 5 km/t). Gennemsnitsværdien er derfor benyttet,

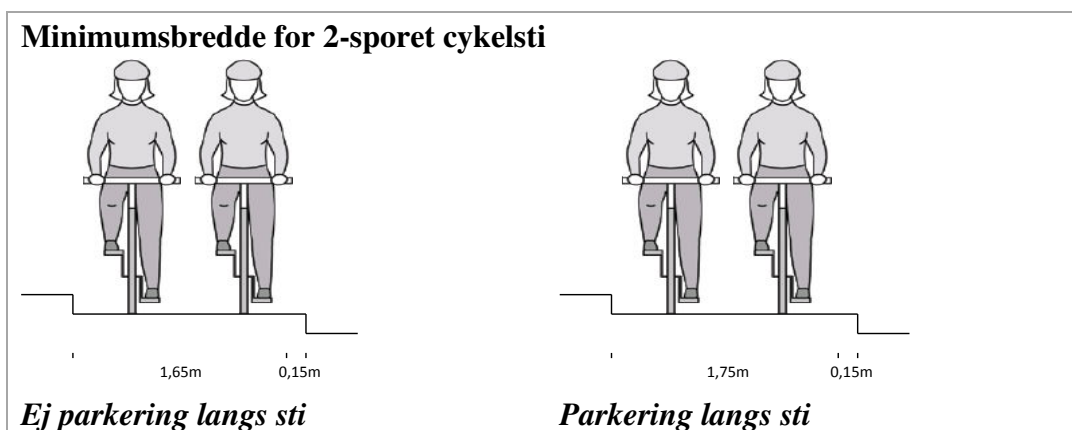
og der benyttes data for par med tidsforskel på under 0,2 sekunder ved passage af snit 2.

- Afstand til kantsten: Stierne opdeles, så der skelnes mellem, om der er parkerede biler langs kantstenen. Igen vælges 25 %-fraktilen, da det er en minimumsværdi.

Det giver følgende minimumsbredde:

- Afstand mellem cyklist i position 1 og fortov: 0,45 meter
- Sideværtsafstand mellem cyklist i position 1 og position 2: 0,85 meter
- Afstand mellem cyklist i position 2 og kantsten til vej: 0,31/0,43 meter (uden/med parkerede biler)
- I alt: 1,61/1,73 meter (uden/med parkerede biler) – med oprunding, da det er minimumsbredder: 1,65/1,75 meter (uden/med parkerede biler)

I Figur 50 ses en skitse af, hvordan cyklisterne kan forventes at fordele sig på to spor på den smalle sti.



Figur 50: Skitse for, hvordan almindelige cykler kan forventes at fordele sig på en 2-sporet cykelsti med minimumsbredden med og uden parkerede biler langs sti.

Kapaciteten for denne sti forventes at være omkring 2.900 cykler pr. time.

Stier med plads til specialcykler

Ovenstående giver et indtryk af minimumsbredden på en sti, hvis der skal være plads til to spor. Der vil givetvis være plads til, at specialcykler kan overhales, men det vil medføre, at begge parter skal sætte hastigheden ned. Er der mange specialcykler vil det påvirke kapaciteten negativt. Derfor udarbejdes på baggrund af de beskudte data med specialcykler et bud på, hvad minimumsbredden skal være, hvis specialcykler skal kunne indgå i trafikstrømmen uden at skabe væsentlige kapacitetsforringelser. Igen er det data fra de fire smalleste stier, der ligger til grund for vurderingerne, og de væsentligste data er opsummeret i Tabel 28. Der ses på en situation, hvor en almindelig cykel overhaler en specialcykel.

		Afstand til fortov (midte af cykel)		Sideværtsafstand ved overlap (midte af cykler)	
		Special- cykel	Almindelig	Special- cykel	Almindelig
Bredgade	3	0,67	0,52	1,00	0,94
H.C. Ørstedes Vej (p)	5	0,55	0,44	0,82	0,86
Jagtvej	2	0,65	0,55	1,00	0,91
Tietgensgade (p)	2	0,56	0,55	0,75	0,81
Alle 4	12	0,60	0,53	0,88	0,88
Bredgade + Jagtvej	5	0,66	0,54	1,00	0,92
H.C. Ørstedes Vej + Tietgensgade (p)	7	0,55	0,52	0,80	0,83

Tabel 28: Overlap med en specialcykel i position 1 og en almindelig cykel i position 2 sammenlignes med overlap med to almindelige cykler. Gennemsnitsværdier for afstand til fortov for position 1 og sideværtsafstand mellem par med overlap. p = parkerede biler langs sti.

Specialcykler på strækningerne med parkerede biler synes at køre tættere på fortovet end på de to øvrige strækninger. Data er så beskedent, at der ses på tværs af de fire strækninger, hvor midten af specialcykler i gennemsnit er 7 centimeter længere fra fortovet end en almindelig cykel. Afstanden mellem cyklister synes at være den samme (i gennemsnit) uanset, om det er en specialcykel eller en almindelig cykel, der er placeret i position 1.

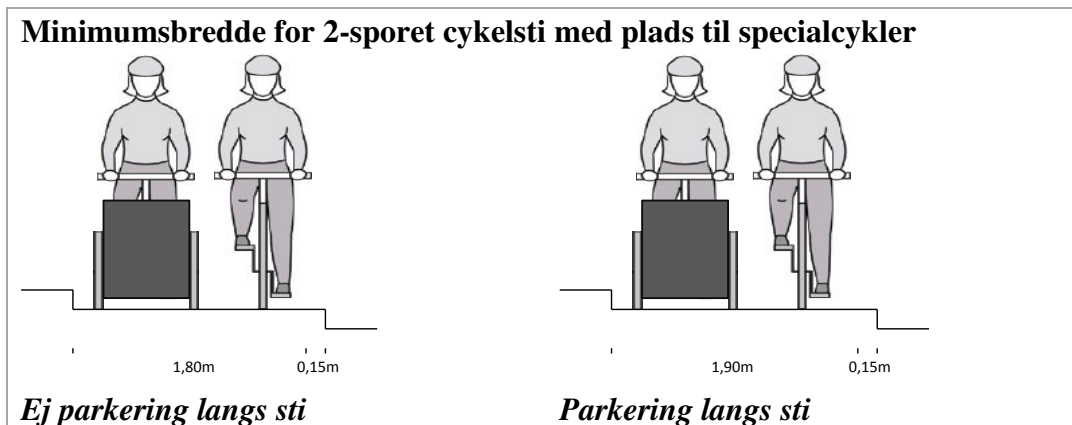
Gennemsnitsbredden på 0,74 meter for ovenstående 12 specialcykler er noget lavere end for undersøgelsen i sin helhed, hvor samtlige specialcykler er 0,81 meter brede i gennemsnit (baseret på 130 stk.). Det synes rimeligt at korrigere for dette.

Det formodes, at cyklerne i position 2 som udgangspunkt vil foretrække samme afstand til vejen, uanset om de overhaler en almindelig cykel eller en specialcykel, og derfor anvendes den samme værdi som ved minimumsbredde for stier med få/ingen specialcykler.

I alt vil minimumsbredden skulle tilføjes 14 centimeter (15 centimeter med afrunding), hvis der skal gøres plads til specialcykler. Dvs. minimumsbredden bliver 1,80/1,90 meter uden/med parkerede biler langs kantstenen (ekskl. kantsten).

For Tietgensgade og H.C. Ørstedes Vej er det rent faktisk mere end stiernes bredde. Alligevel lader overhaling af specialcykler sig gøre, hvilket bl.a. skyldes, at specialcyklerne her kører tættere på fortovet. Faktisk kører de så tæt på fortovet, at de kører på det stykke, hvor kloakristene ligger. Ligeledes er forskellen i sideværtsplacering mellem midten af cyklerne mindre, end når to almindelige cykler passerer hinanden og i gennemsnit tæt på cyklistbredden på 0,75 meter. Tabel 23 (side 80) antyder også, at stibredden på disse to strækninger kan have betydning for hastighederne blandt overhalende, men der er for få data til en sikker vurdering.

Af Figur 51 fremgår en skitse af, hvordan cyklerne vil kunne placere sig på stien med en specialcykel i position 1 og en almindelig cykel i position 2.



Figur 51: Skitse for, hvordan en specialcykel i position 1 og en almindelig cykel i position 2 kan forventes at fordele sig på en 2-sporet cykelsti med og uden parkerede biler langs sti.

Stibredden vil også gøre det muligt for to specialcykler at passere hinanden. Afhængig af deres bredde kan det dog medføre, at den ene part skal køre helt tæt op af fortovs-kanten og den anden skal tage kantstenen ud til vejen i anvendelse.

Kapaciteten for stien vurderes at være omkring 3.000 cykler pr. time afhængig af andelen af specialcykler.

3.7.2 2-sporet cykelsti med højere serviceniveau

Stier med de fundne minimumsbredder må formodes at være forbundet med et lavt serviceniveau. Det gælder særligt ved større trafikmængder, da de stiller store krav til trafikanternes opmærksomhed. Er stien lidt bredere, kan det forventes, at cyklisterne kan holde bedre afstand til hinanden og til fortov og vej, hvilket må medføre en øget tryghed og tilfredshed. Ligeledes vil en større stibredde forøge kapaciteten.

For at vurdere stibredden for en sti med højere serviceniveau benyttes undersøgelsens fire bredeste stier. På alle fire stier kan tre cyklister passere hinanden, men Rosenørns Allé, Gammel Kongevej og Amager Boulevard fungerer primært som 2-sporede stier også under spidsbelastning. Tagensvej er bredere og ikke observeret under trafikmængder, der kan klarlægge antallet af spor under spidsbelastning.

Til at vurdere den foretrukne stibredde er der taget udgangspunkt i, hvordan almindelige cykler i position 1 placerer sig i forhold til fortovet ved overlap med en almindelig cykel i position 2, og hvilken sideværtsafstand de to cyklister vælger til hinanden. Gennemsnit, 25 %-fraktil og 75 %-fraktil for disse længder på de fire bredeste stier fremgår af Tabel 29.

		Position 1: Afstand til kantsten til fortov			Position 1 og position 2: Sideværtsafstand		
		Gns. (m)	25 % (m)	75 % (m)	Gns. (m)	25 % (m)	75 % (m)
Amager Boulevard	181	0,64	0,49	0,73	1,07	0,92	1,21
Gammel Kongevej	136	0,62	0,49	0,70	1,07	0,94	1,19
Rosenørns Allé	150	0,62	0,52	0,71	1,09	0,96	1,21
Tagensvej	111	0,71	0,57	0,82	1,13	0,97	1,28
Alle 4 stier	578	0,64	0,52	0,74	1,09	0,94	1,23
De 3 stier (ej Tagensvej)	467	0,63	0,50	0,72	1,08	0,94	1,21

Tabel 29: Afstand til kantsten for almindelige cykler i position 1 ved overlap med en anden almindelig cykel i position 2 samt sideværtsafstanden mellem disse. Både gennemsnitlig afstand, 25 %-fraktil og 75 %-fraktil.

Afstanden til fortovet for cykler i position 1 og sideværtsafstanden er meget ens på de tre af stierne, mens Tagensvej adskiller sig fra de øvrige. For sideværtsafstanden kan det ligeledes tilføjes, at det ikke ændrer størrelserne kun at anvende data fra de overlap, hvor parrene passerer snit 2 med en tidsforskel på under 0,2 sekunder.

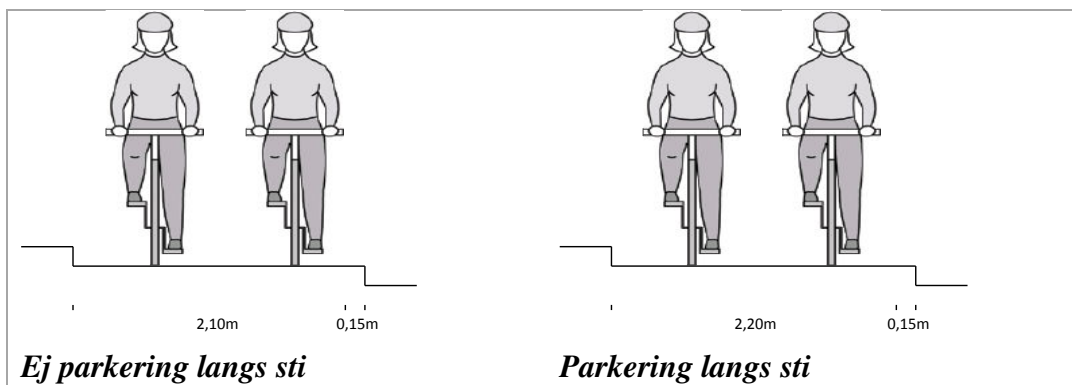
Det formodes, at gennemsnitsværdierne for Amager Boulevard, Gammel Kongevej og Rosenørns Allé er et godt udtryk for, hvor langt cyklister i position 1 og position 2 ønsker at have til hinanden og til fortovet.

På disse tre stier holder cyklisterne i position 2 en afstand til vejen, som er væsentligt større end en halv cyklistbredde (37,5 centimeter). Dette kunne tyde på, at stierne er bredere end nødvendigt for en 2-sporet sti selv med et højt serviceniveau. Derfor er der taget udgangspunkt i cyklisternes afstand til kantsten til vej for de fire smalle stier, som fremgår af Tabel 26 (side 85). I modsætning til ved bestemmelsen af minimumsbredder, anvendes gennemsnitsværdierne til stier med højere serviceniveau.

På baggrund af dette kan bredden af en 2-sporet cykelsti med et højere serviceniveau bestemmes:

- Afstand mellem cyklist i position 1 og fortov: 0,63 meter
- Sideværtsafstand mellem cyklist i position 1 og position 2: 1,08 meter
- Afstand mellem cyklist i position 2 og kantsten til vej: 0,39/0,51 meter (uden/med parkerede biler)
- I alt: 2,10/2,22 meter (uden/med parkerede biler) – med afrunding: 2,10/2,20 meter (uden/med parkerede biler)

En skitse af, hvordan to almindelige cyklister formodes at placere sig i sporene på en 2-sporet sti med et højere serviceniveau fremgår af Figur 52.



Figur 52: Skitse for, hvordan almindelige cykler kan forventes at fordele sig på en 2-sporet cykelsti med højere serviceniveau med og uden parkerede biler langs sti.

Den fundne bredde betyder også, at det er let for en almindelig cykel at passere en specialcykel, ligesom to specialcykler af gennemsnitlig størrelse vil kunne passere hinanden uden problemer.

Kapaciteten for stien vil være omkring 3.100 cykler pr. time afhængig af andelen af specialcykler. Dette er ikke væsentligt mere end for stien med minimumsbredden, men det formodes at køreoplevelsen på stien vil være en anden.

3.7.3 3-sporet cykelsti

Fra et kapacitetsperspektiv er det interessant, hvor bred en cykelsti skal være, før den fungerer som en 3-sporet cykelsti. Fra optagelserne vides det, at en sti på 2,5 meter inkl. kantsten giver plads til, at 3 cyklister kan passere hinanden, men at den primært fungerer som en 2-sporet cykelsti selv under store trafikstrømme. Hvor når en sti går fra at være 2-sporet til at være 3-sporet kommer nok meget an på trafikanterne på et givent tidspunkt, men det forsøges at opstille en bredde, der med stor sikkerhed vil blive benyttet som en 3-sporet sti ved en høj trafikintensitet. Følgende vurdering af minimumsbredden for en 3-sporede cykelstier er en antagelse forbundet med stor usikkerhed.

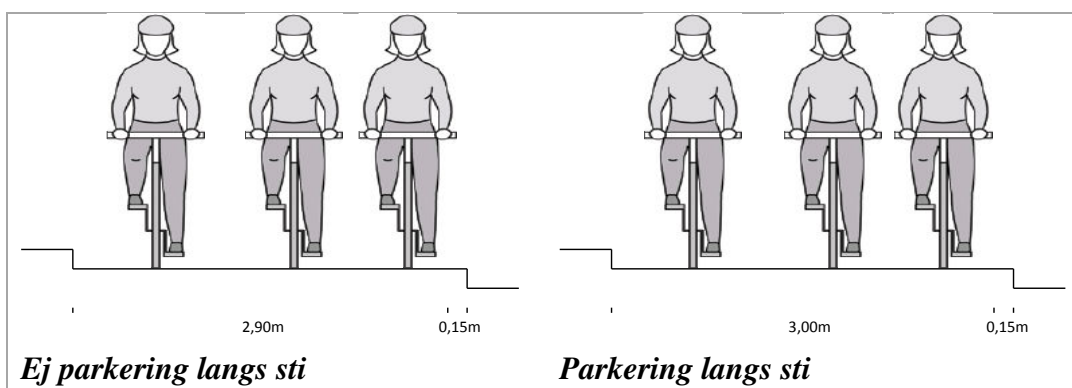
Fra undersøgelsen vides det, at almindelige cyklister i position 1 tilsyneladende primært placerer sig i forhold til kantstenen og ikke så meget i forhold til overhalende – en bred sti giver dog anledning til, at de vælger en større afstand til fortovet. Cyklisterne i position 2 på en 3-sporet cykelsti vil sandsynligvis forholde sig lidt på samme måde og derfor vælge mere end en minimumsafstand til cyklisterne i position 1. Cyklisterne i position 3 vil nok have en interesse i at komme hurtigt frem og derfor acceptere mindre afstande til cyklisterne i position 2 og til kantstenen til vejen.

Kort sagt tænkes det, at cyklisterne i position 1 og position 2 placerer sig i forhold til en stibredde med højt serviceniveau, mens cyklister i position 3 accepterer minimumsbredder. Dette giver følgende minimumsbredde for en 3-sporet cykelsti:

- Afstand mellem cyklist i position 1 og fortov: 0,63 meter
- Sideværtsafstand mellem cyklist i position 1 og position 2: 1,08 meter
- Sideværtsafstand mellem cyklist i position 2 og position 3: 0,85 meter
- Afstand mellem cyklist i position 2 og kantsten til vej: 0,31/0,43 meter (uden/med parkerede biler)
- I alt: 2,87/2,99 meter (uden/med parkerede biler) – med afrunding: 2,90/3,00 meter (uden/med parkerede biler)

Det betyder, at en sti med en bredde på 2,90 meter (uden parkerede biler) og 3,00 meter (med parkerede biler) vil være 3-sporet. Dertil skal lægges en kantsten til vejbanen med en bredde på 0,15 meter. Det skulle betyde, at den undersøgte strækning på Tagensvej næsten har bredden som en 3-sporet cykelsti. Desværre er den ikke udsat for en trafikbelastning, der kan bekræfte teorien. Ved de få situationer med tre cyklister ved siden af hinanden synes passagen at forløbe gnidningsfrit.

En skitse af, hvordan det kan tænkes, at almindelige cyklister vil fordele sig på en 3-sporet sti, fremgår af Figur 53.



Figur 53: Skitse for, hvordan almindelige cykler kan forventes at fordele sig på en 3-sporet cykelsti med den forventede minimumsbredde med og uden parkerede biler langs sti.

Muligvis vil presset fra cyklisten i position 3 kunne få cyklister i position 2 til at rykke tættere på cyklisten i position 1. Derfor kan det være, at en lidt smallere sti kan fungere som 3-sporet, men måske vil det 3. spor så opstå og forsvinde igen afhængig af trafikanterne. Kapaciteten for denne 3-sporede cykelsti kendes ikke, men et forsigtigt skøn anslår en kapacitetsgrænse på ca. 4.500 cykler/time.

En forøgelse af stibredden med 1,1 meter vil tilføje et ekstra spor. Tillæggene for det ekstra spor er væsentligt højere end sporbredderne på en 2-sporet cykelsti med

minimumsbredden. Dette er en konsekvens af, at cyklisterne forventes at tilstræbe et vist serviceniveau, før de vil tillade et nyt cykelspors opståen.

3.7.4 Opsamling

Følgende resultater er opnået for stibredder for en 2-sporet cykelsti uden parkerings langs kantstenen mellem vej og sti:

- Minimum (ingen/få specialcykler): 1,65 meter (ekskl. kantsten)
- Minimum (plads til specialcykler): 1,80 meter (ekskl. kantsten)
- Højere serviceniveau: 2,10 meter (ekskl. kantsten)

Bredden er stort set på niveau med vejreglernes anbefalinger på minimum 1,70 meter (kun ved kortere forløb) og anbefalet 2,20 meter (Vejregelrådet, 2012).

For en 2-sporet cykelsti med parkering langs kantstenen mellem vej og sti fås:

- Minimum (ingen/få specialcykler): 1,75 meter (ekskl. kantsten)
- Minimum (plads til specialcykler): 1,90 meter (ekskl. kantsten)
- Højere serviceniveau: 2,20 meter (ekskl. kantsten)

En 3-sporet cykelsti er fundet til at have en minimumsbredde på 2,90 meter (ekskl. kantsten) uden parkering langs stien og 3,00 meter (ekskl. kantsten) med parkering. På en lidt smallere sti kan tre cykler godt køre ved siden af hinanden, men det forventes ikke, at stien vil fungere som en reel 3-sporet sti.

Tillægget for et yderligere spor på cykelstien forventes at være ca. 1,10 meter. Dette er i den højere ende sammenlignet med andre studier.

Referencer

- Allen, P., Roupail, N., Hummer, J.E., Milazzo, J.S. (1998): Operational Analysis of Uninterrupted Bicycle Facilities. *Transportation Research Record 1636*. USA: TRB.
- Christiania Bikes, 2014. *Modeller*. [Internet] Tilgængelig på: <<http://christianiabikes.com/category-product/modeller/>> [Besøgt 4. juni, 2014].
- CROW (2007). *Design manual for bicycle traffic*. Record 25. Holland: CROW.
- Cycling Embassy of Denmark (2012). *Idékatalog for cykeltrafik '12*. Danmark: Cycling Embassy of Denmark.
- Dansk Cyklist Forbund (2007). *Cykelparkeringshåndbog*. Danmark: Dansk Cyklist Forbund.
- Falkenberg, G. (2003). *Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten*. Heft V103. Tyskland: BAST.
- Lee, C., Lee, J., Shin, H.C., Park, J., Eom, K. (2011). Measurement of Desirable Minimum Bike Lane Width Using RTK GPS. *Transportation Research Board's 90th Annual Meeting*. Washington, D.C. 2011. USA: TRB.
- Li, Z., Wang, W., Liu, P., Bigam, J., Ragland, D.R. (2013). Modeling Bicycle Passing Maneuvers on Multilane Separated Bicycle Paths. *Journal of Transportation Engineering*. USA: American Society of Civil Engineers.
- Ministeriet for Offentlige Arbejder, (1943). *Vejregler. Normer for anlæg, udvidelse og ombygning af veje, gader og stier*. Danmark: Ministeriet for Offentlige Arbejder.
- Navin, F.P.D (1994): Bicycle Traffic Flow Characteristics: Experimental Results and Comparisons. *ITE Journal*. Volume 64, s. 31-36. USA: Institute of Transportation Engineers.
- Rambøll (2012). *Vurdering af kapacitet af cykelstier*. Danmark: Rambøll.
- Sveriges Kommuner och Landsting, Vägverket, Banverket, Boverket (2007). *Trafik för en Attraktiv Stad. Underlag*. 2. udgave. Sverige: Sveriges Kommuner och Landsting, Vägverket, Banverket og Boverket.
- TRB (2010). *HCM2010 Highway Capacity Manual*. USA: TRB.

Vejregelrådet (2000). *Byernes trafikarealer – Hæfte 3 – Tværprofiler*. Danmark: Vejdirektoratet.

Vejregelrådet (2010). *Kapacitet og Serviceniveau*. Danmark: Vejdirektoratet.

Vejregelrådet (2012). *Grundlag for udformning af trafikarealer*. Danmark: Vejdirektoratet.

Winther, 2014. *Dolphin*. [Internet] Tilgængelig på:
<<http://www.wintherbikes.com/da/kategori/dolphin>> [Besøgt 4. juni, 2014].