

Bredde af cykelstier: Analyse af adfærd og kapacitet

Sammenfatningsrapport



Thomas Skallebæk Buch
Poul Greibe

4. februar 2015

Indhold

1 Introduktion	3
1.1 Formål	3
1.2 Eksisterende viden	3
2 Metode	5
2.1 Anvendte begreber	5
2.2 Opstilling og registreringer	6
2.3 Lokalteter.....	6
3 Resultater	8
3.1 Sideværtsplacering	9
3.2 Hastigheder	11
3.3 Kapacitet for 2-sporede cykelstier	13
3.4 Betydningen af specialcykler.....	15
3.5 Stibreder	15

1 Introduktion

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 øge nogle stiers kapacitet. Samtidig er antallet af specialcykler voksende, og disse er kendetegnet ved andre dimensioner og anden køreadfærd, hvilket kan have betydning for cykelstiers kapacitet.

Trafitec har med støtte fra Cykelpuljen gennemført en undersøgelse, der skal belyse emnet. Nærværende notat er en kort sammenfatningsrapport. Der henvises til baggrundsrapporten (Bredde af cykelstier: Analyse af adfærd og kapacitet (Trafitec, december 2014)) for yderligere information.

1.1 Formål

Projektets hovedformål er at belyse forhold omkring cykelstiers kapacitet, hastighed og adfærd baseret på nye data. Der er fokuseret på enkeltrettede stistrækninger langs vej, hvor cyklisteres hastighed og sideværtsplacering på strækning er undersøgt. Med baggrund i disse data ønskes det at vurdere stiernes kapacitet i relation til stibredden. 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 cyklisteres adfærd i situationer med frit flow, tæt trafik og i forbindelse med overhalinger. Ligeledes vurderes det, hvordan specialcykler påvirker speed-flow sammenhænge.

1.2 Eksisterende viden

I tidligere undersøgelser fra ind- og udland er der fundet meget forskellige resultater, når spørgsmål om stibreder, 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 at store trafikstrømme kun observeres i meget korte tidsintervaller.

En anden udfordring er definitionen af en cyklist fysiske dimensioner, og hvor meget frirum en cyklist skal have. Her inkluderes ofte en form for serviceniveau, der afhængig af valgte definition kan have endog meget betydning for den beregnede kapacitet. Yderligere påvirker cykeltype, stand og udstyr både gennemsnits-

hastighed 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, mens tallene i parentes angiver det fulde interval fra de forskellige undersøgelser og forskellige landes 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)

2 Metode

Data er indsamlet ved hjælp af videooptagelser. På baggrund af videooptagelserne er stitrafikanternes gennemsnitlige rejsehastighed mellem to målesnit med ca. 20 meters afstand registreret. Derudover er cyklisternes sideværtsplacering registreret i ét målesnit. Registreringer gør det muligt at undersøge cyklisternes pladsbehov under forskellige forhold i kombination med 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 til de forskellige lokaliteter afhængig af forholdene. I alt er der udført videooptagelser på 8 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. Figur 2, side 9)
- ”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.
- ”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 i målesnittet (se evt. Figur 1, side 6).
- ”Position 1”, ”position 2” og ”position 3”: Cyklistens placering på stien i målesnittet i forbindelse med overlap. Laveste nummer er cyklen tættest på fortovet (se evt. Figur 1, side 6).
- ”Fritkørende”: En cykel der passerer sidste målesnit i en tidsafstand på minimum 2 sekunder til nærmeste forankørende og bagvedkørende stitrafikant.

Når stibredde nævnes i dette notat, 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 to synkroniserede kameraer, som dækker strækningen og muliggør registrering af cyklisterne i to målesnit. På Figur 1 ses et eksempel fra en af lokaliteterne. Cyklisternes passagetidspunkt i snit 1 og snit 2 registreres, og på baggrund af dette beregnes trafikanternes hastighed. Stitrafikanternes sideværtsplacering bestemmes i snit 2. Derudover registreres det, om den enkelte stitrafikant har overlap med andre ved passage af snit 2, og i givet fald nummereres de afhængig af position.



Figur 1: Cyklisten i position 2 har overlap med to cyklister 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.

I alt er der foretaget registreringer af 8.925 stitrafikanter med en fordeling på mellem 900 og 1.300 pr. lokalitet.

2.3 Lokalteter

I alt er der foretaget observationer på 8 stier med en stibredde på mellem 1,85 meter og 2,85 meter. For at få et datagrundlag med mange registreringer af stitrafikanter med overlap, er der videofilmte i myldretiden på strækninger med mange stitrafikanter, og derfor er strækninger i det centrale København og Frederiksberg anvendt. Det er tilstræbt at filme på vindstille dage således, at det er lokaliteternes kendetegn og ikke vejret, der påvirker trafikanternes hastighed. Blandt lokaliteterne findes både cykelstier med og uden parkerede køretøjer langs sti. Hermed kan effekten af parkering lang sti belyses. I Tabel 1 ses en oversigt over lokaliteterne og deres kendetegn.

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.

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

3 Resultater

I det følgende præsenteres undersøgelsens hovedresultater. Resultater vedrørende sideværtsplacering og hastighed anvendes efterfølgende til vurdering af kapacitet på cykelstier og anbefaling af stibredder.

I Tabel 2 ses datamaterialet fra de enkelte lokaliteter. Der er registreret omkring 1.000 cyklister på hver lokalitet. Som det fremgår, benytter hovedparten af stitrafikanterne almindelige cykler.

	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.

Af Tabel 3 fremgår stitrafikanternes fordeling på køn og alder.

	Kønsfordeling		Aldersgruppfordeling		
	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 %

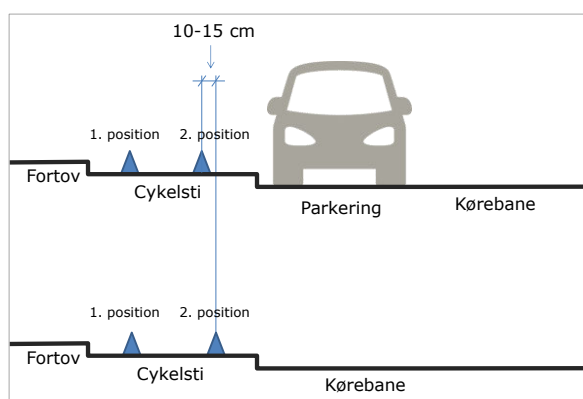
Tabel 3: Stitrafikanterne fordelt efter hhv. køn og alder.

Trafikanterne er jævnt fordelt på køn, men på de fleste af strækningerne er der tale om en lille overvægt af kvinder. Langt hovedparten af trafikanterne er voksne, men det er også forventeligt i forhold til gruppens andel af befolkningen som helhed og filmtidspunkterne.

3.1 Sideværtsplacering

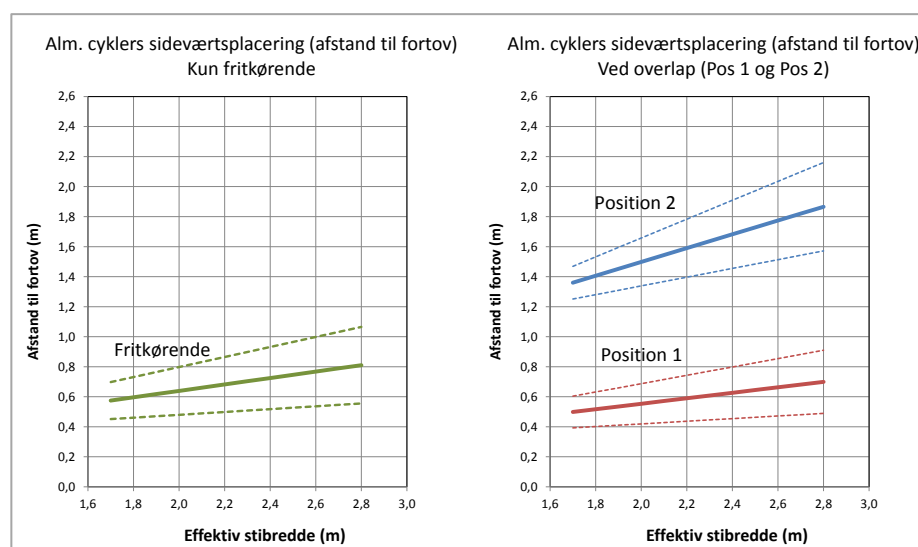
I det følgende præsenteres de vigtigste resultater i forhold til cyklisterne sideværtsplacering. Disse resultater giver et indblik i, hvordan cyklisterne benytter stierne og kan anvendes til at definere stibredder.

Stitrafikanter kører ikke så tæt på vejen, når der er parkering langs kantstenen, som når kørebane går helt til cykelstien. Parkering langs kantsten reducerer typisk effektiv stibredde med mellem 10 og 15 centimeter (12 centimeter i gennemsnit). Dette er illustreret i Figur 2.



Figur 2: Parkering langs cykelsti reducerer effektiv stibredde.

Cyklisterne placering i forhold til fortovet afhænger af cykelstiernes bredde. I Figur 3 ses, hvordan sammenhængen er for cyklister på almindelige cykler, når de er henholdsvis fritkørende og kører i position 1 eller position 2 med overlap. De stiplede linjer illustrerer spredningen.

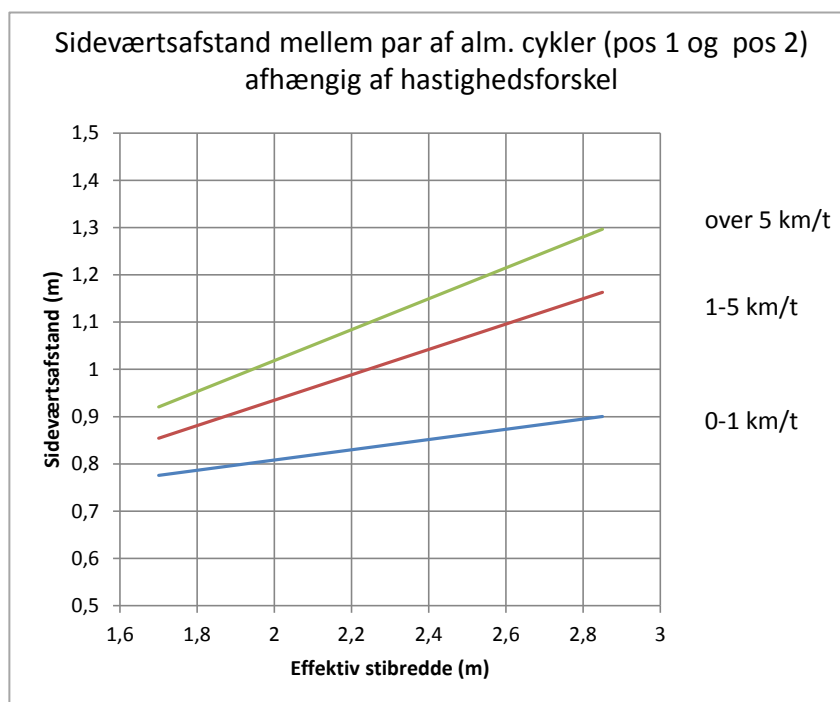


Figur 3: Sideværtsplacering (afstand til fortov) i forhold til stibredde. Fritkørende ses til venstre. I situationer med overlap ses placering for position 1 og 2 til højre.

I begge situationer ses, at cyklisterne holder større afstand til kantsten og kører i mindre veldefinerede spor (større spredning) på de brede stier sammenlignet med de smalle. Ved overlap fremgår det også, at cyklister i position 1 og 2 øger sideværtsafstanden til hinanden, når stibredden øges. På de smalleste stier er sideværtsafstanden i nogle tilfælde nede på omkring 70-75 centimeter, som svarer meget godt til bredden af en cyklist. De fritkørendes sideværtsplacering ligger mellem position 1 og position 2, men tættest på position 1.

I nogle få tilfælde er der observeret cyklister i 3. position, hvilket dog kun forekommer for de brede stier (>2,30m). På ingen af strækningerne er der observeret tidspunkter, hvor cyklisterne fordeler sig i tre veldefinerede spor.

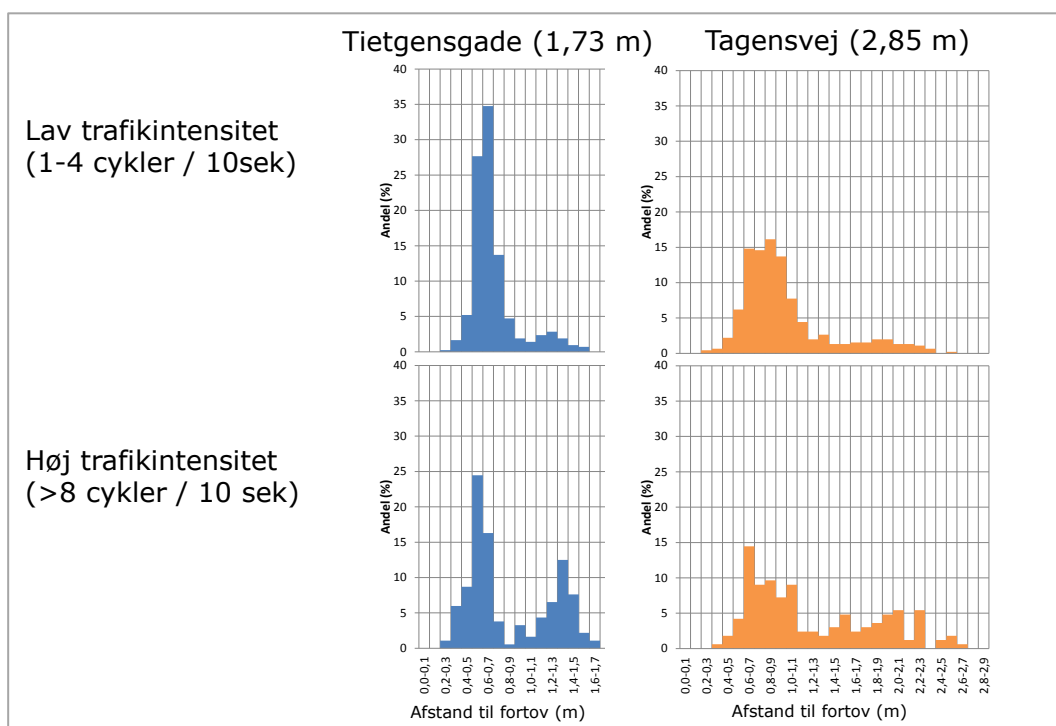
Hastighedsforskellen mellem cyklisterne i ”position 1” og ”position 2” synes også at have en betydning for sideværtsafstanden. Dette ses af Figur 4 for par af almindelige cykler i henholdsvis position 1 og 2 ved overlap.



Figur 4: Sammenhængen mellem sideværtsafstand mellem par i position 1 og position 2 og effektiv stibredde afhængig af hastighedsforskellen mellem de to cyklister (kun almindelige cykler).

Cyklister, der følges ad (næsten samme hastighed), kører generelt tættere på hinanden end to cyklister under overhaling, og sideværtsafstanden varierer mindre afhængig af stibredden. Under overhaling synes det også at gælde, at parrene har en større sideværtsafstand, når hastighedsforskellen er stor.

Der er desuden forskel på, hvor meget af stibredden der udnyttes ved høj og lav trafikintensitet. Et eksempel på dette på to af lokaliteterne ses i Figur 5.

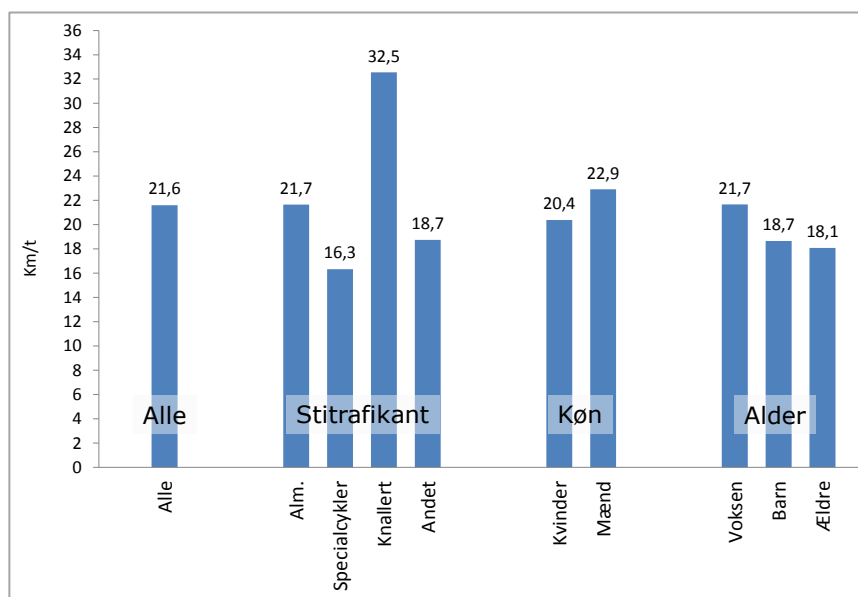


Figur 5: Fordelingen af cyklister på almindelige cykler i form af afstand til fortov ved lav og høj trafikintensitet på to lokaliteter med forskellig stibredde.

Ved lav trafikintensitet holder cyklisterne til højre på stierne – omkring 90 % af cyklisterne placerer sig i et afgrænset område, spor 1. Sporet er mest veldefineret på smalle stier. Ved høj intensitet udnyttes stibredden væsentligt mere. På de smalle stier ses to veldefinerede spor, mens sporene ikke er klart afgrænsede på den brede sti. Under de størst observerede trafikmængder i undersøgelsen er det omkring halvdelen af cyklisterne, der placerer sig i spor 1.

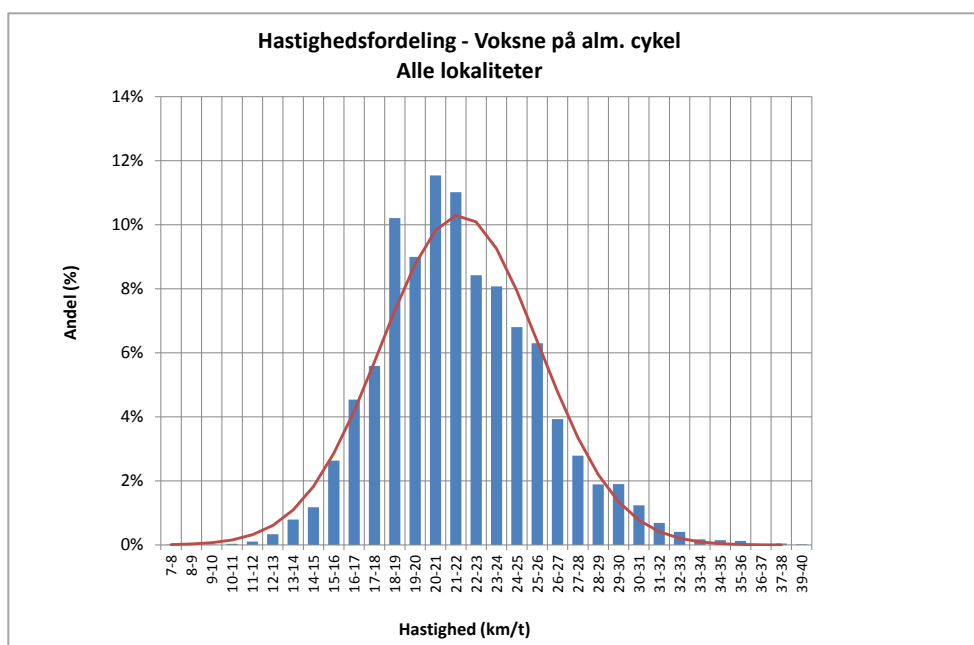
3.2 Hastigheder

De målte hastigheder opdelt på cykeltype, køn og alder ses i Figur 6. Cyklister på almindelige cykler kører med en gennemsnitshastighed på 21,7 km/t (spredning på 3,9 km/t og en 85%-fraktil på 25,9 km/t). Dette dækker over et spænd for gennemsnitshastighederne for lokaliteterne på mellem 20,2 km/t og 23,7 km/t. Førere af specialcykler har en gennemsnitshastighed på 16,3 km/t. Mænd kører i gennemsnit lidt hurtigere end kvinder og børn/ældre lidt langsommere end voksne. Blandt kvinder er gennemsnitshastigheden 20,4 km/t, mens den blandt mænd er 22,9 km/t. Spredningen er større for mændene, hvilket tyder på, at mænd udgør majoriteten blandt de hurtigste cyklister, mens kvinder har en mere ensartet hastighed.



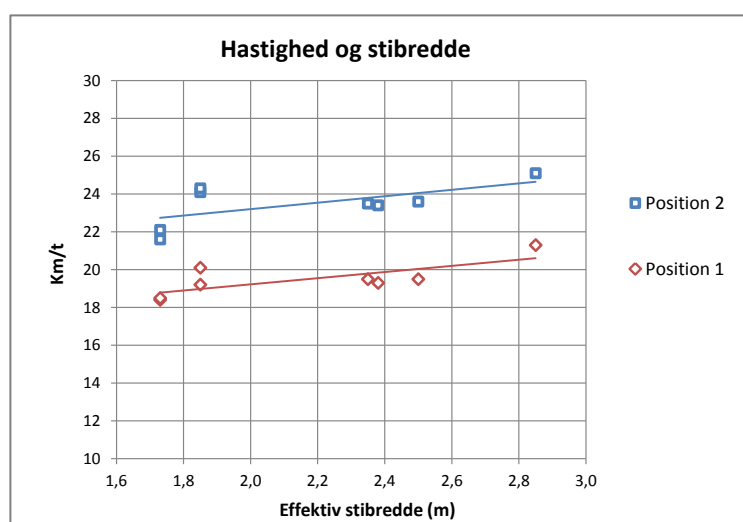
Figur 6: Gennemsnitshastigheder fordelt på cykeltype, køn og alder (alle lokaliteter).

Som det fremgår af Figur 7 tilpasser cyklisterne hastigheder sig en normalfordeling. Klokkeformen findes også for de enkelte stier hver for sig. På de smalle stier er klokkeformen typisk smallere og forskudt mod venstre i forhold til de brede stier. Dette indikerer lavere hastigheder og mindre spredning.



Figur 7: Fordelingen af voksne på almindelige cykler efter hastighed sammenholdt med en normalfordelingskurve (alle lokaliteter).

I Figur 8 ses førere af almindelige cyklers hastighed i position 1 og 2 som funktion af effektiv stibredde. Hastigheden er svagt stigende ved øget stibredde, men som det fremgår, er sammenhængen ikke stærk. For cyklister i 3. position findes meget få data (og kun for stibreder >2,30m), men hastigheden ligger her typisk på niveau med cyklister i 2. position eller lidt højere.



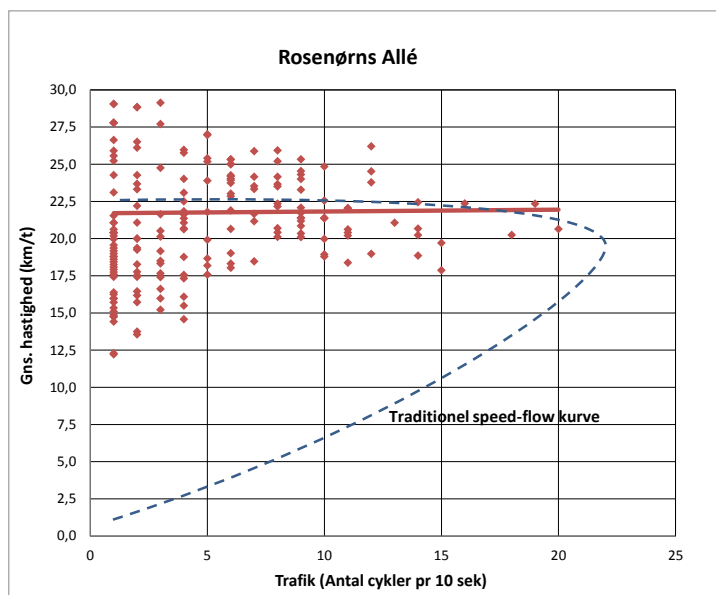
Figur 8: Hastighed for cyklister på almindelige cykler i position 1 og position 2 ved overlap som funktion af effektiv stibredde.

3.3 Kapacitet for 2-sporede cykelstier

Samtlige lokaliteter i undersøgelsen har en ujævn ankomstfordeling også under spidsbelastning. Dette skyldes, at trafikken i høj grad styres af signalanlæg i kryds på ruterne forud for lokaliteterne. Derfor er det kun muligt at registrere høj trafikintensitet i intervaller på op til 20-40 sekunder, og det er således trafikmængderne i sådanne tidsrum, som stier bør designes efter.

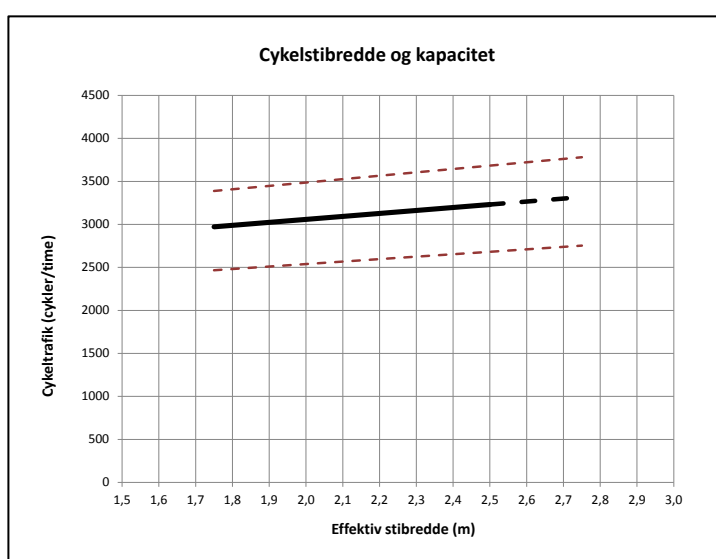
Der opleves ikke et sammenbrud i trafikken på de undersøgte lokaliteter under den observerede spidsbelastning. Fælles for lokaliteterne er derimod, at gennemsnitshastighederne i kortere tidsintervaller bliver mere ensartede ved højere trafikintensiteter. Data fra Rosenørns Allé for 10 sekunders intervaller kan eksempelvis ses af Figur 9.

I Figur 9 er en traditionel speed-flow kurve for biltrafik desuden indsat. Det ses, at data kun følger den øverste gren i speed-flow kurven. Det er ukendt ved hvilken trafikmængde sammenbruddet på kurven vil opstå, ligesom det er ukendt, hvorvidt en speed-flow kurve for cykeltrafik rent faktisk vil ligne en sådan speed-flow kurve for biltrafik. Til forskel fra biltrafik kører cyklister eksempelvis ikke i så veldefinerede spor.



Figur 9: Speed-flow kurve for Rosenørns Allé (10 sek. data)

På baggrund af de største observerede trafikmængder i korte tidsintervaller er der givet et bud på sammenhængen mellem kapacitet og stibredde (se Figur 10). Trafikken er opregnet til kapacitet for en time ved brug af opregningsfaktorer baseret på biltrafik på en 4-sporet motorvej med trafik omkring kapacitetsgrænsen. De stiplede røde linjer indikerer usikkerheden på estimeringen. Data inkluderer ikke H.C. Ørstedes Vej, Bredgade og Tagensvej, da disse strækninger ikke er observeret under tilstrækkeligt store trafikmængder i forhold til stiernes kapacitet. Det betyder, at kurven gælder for en 2-sporet cykelsti med en bredde mellem ca. 1,7 og 2,5 meter (ekskl. kantsten).



Figur 10: Kapaciteten som funktion af effektiv stibredde baseret på de største observerede trafikmængder.

Som det ses af Figur 10, har en forøgelse af stibredden kun en lille betydning for stiens kapacitet, så længe stien er 2-sporet. Det betyder, at der sandsynligvis sker et spring i kapacitet ved en bredde lidt mindre end 1,7 meter og en bredde lidt større end 2,5 meter, når en sti vil fungere som henholdsvis 1- og 3-sporet.

Den estimerede kapacitet for en 2-sporet cykelsti på ca. 3.000 cykler i timen er i den lave ende sammenlignet med tidligere undersøgelser, men det er 50 % større end den nævnte kapacitet i vejreglerne.

3.4 Betydningen af specialcykler

Specialcyklerne udgør en begrænset andel af den samlede trafikmængde på stierne i myldretiden. Det betyder, at data er begrænset, og derfor er følgende punkter om betydningen af specialcykler behæftet med nogen usikkerhed:

- Cyklister på specialcykler kører langsommere (16,3 km/t mod 21,7 km/t for almindelige cykler).
- Specialcykler tager 10-20 centimeter mere af stibredden i anvendelse end almindelige cykler (bredde af cykel samt afstand til fortov).
- Ses alene på flow i spor 1, fylder en specialcykel ca. 1,3 gange en almindelig cykel i længden (målt på headway).
- Tilsammen betyder det, at én specialcykel reducerer kapaciteten med ca. 3-4 almindelige cykler. Det skyldes, at specialcyklerne også reducerer flowet i stiernes spor 2 – i særdeleshed på de smalle stier. I den forbindelse reduceres de øvrige stitrafikanter gennemsnitshastighed også.
- Målinger af flow (10 sekunders data) viser lavere hastighed og mindre flow, når der optræder en specialcykel.

3.5 Stibredder

På baggrund af observationerne af sideværtsplacering mv. er der angivet nogle absolut minimumsbredder for 2-sporede cykelstier samt en anbefalet stibredde med højere serviceniveau. Den anbefalede stibredde sikrer trafikanterne mere plads i form af større afstand til kantsten og sideværtsafstand til andre cyklister ved overlap.

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)

Bredderne er stort set på niveau med vejreglernes anbefalinger på minimum 1,70 meter (kun ved kortere forløb) og anbefalet 2,20 meter. Det er dog ikke klart, om vejreglerne medregner kantstensadskillelsen til vej.

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 cyklister godt køre ved siden af hinanden, men det forventes ikke, at stien vil fungere som en reel 3-sporet sti. Dette er baseret på en formodning om, at cyklisterne ønsker nogen plads omkring sig, før de tillader, at et nyt spor opstår.

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