



K2 WORKING PAPER 2024:2

# Införande av efterfrågestyrd kollektivtrafik på Färingsö

En analys av att ersätta gles tidtabellstyrd kollektivtrafik med stomlinje och efterfrågestyrd kollektivtrafik

Jan A. Persson, Fabian Lorig och Åse Jevinger



Datum: februari 2024  
ISBN: 978-91-89407-38-1  
Tryck: Media-Tryck, Lund

De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis K2:s uppfattning.

# **Införande av efterfrågestyrd kollektivtrafik på Färingsö**

En analys av att ersätta gles tidtabellstyrd kollektivtrafik  
med stomlinje och efterfrågestyrd kollektivtrafik



# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Inledning och bakgrund</b> .....	<b>7</b>
1.1. Nuläge och grundidé för ny kollektivtrafik på Färingsö .....	8
1.2. Scenarier .....	11
1.2.1. Noll-scenario: nulägesituation.....	12
1.2.2. Scenario 1: en ny stomlinje + DRT .....	12
1.2.3. Scenario 2: en ny stomlinje + behåll bussar på sträckningen Solbacka/Stenhamra – Svanhagen .....	12
1.2.4. Scenario 3: en lång stomlinje via Stenhamra.....	13
1.2.5. Scenario 4: två nya stomlinjer .....	13
<b>2. Analys</b> .....	<b>14</b>
2.1. Metod .....	14
2.2. Analys av resande i kollektivtrafik och estimering av resbehov med DRT .....	14
2.3. Relevanta relaterade studier och DRT-prestanda .....	17
2.4. Estimeringar av DRT på Färingsö .....	18
2.5. Estimeringar av effekter i scenarierna.....	21
2.5.1. Noll-scenario: nulägesituation.....	21
2.5.2. Scenario 1: en ny stomlinje + DRT .....	22
2.5.3. Scenario 2: en ny stomlinje + behåll bussar på sträckningen Solbacka/Stenhamra – Svanhagen .....	23
2.5.4. Scenario 3: en lång stomlinje via Stenhamra.....	23
2.5.5. Scenario 4: två nya stomlinjer .....	24
2.6. Fortsatt analys av scenarierna.....	24
2.7. Resenärseffekter .....	25
2.7.1. DRT-tjänsten och dess effekter. ....	25
2.7.2. Byten.....	26
2.7.3. Restider .....	27
2.8. Utveckling av efterfrågestyrd kollektivtrafik On-demand/DRT på Färingsö .....	28
2.9. Några potentiella effekter vid förändrat resbeteende.....	28
2.10. Slutsatser och möjligt fortsatt arbete .....	29
<b>3. Referenser</b> .....	<b>31</b>

# Förord

Rapporten är gjord inom projektet ”Färdplan Färingsö” och skriven av projektparten Malmö universitet/K2 med input från övriga aktörer i projektet: Sustainable innovation, Trafikförvaltningen Stockholm och Ekerö kommun. Huvudskribent har varit Jan Persson, med stöd av Fabian Lorig och Åse Jevinger och dataförberedelse av Alberto Enrique Alvarez Uribe.

Malmö, februari 2024

*Jan Persson*

# Summary

In this report, the potential effects of replacing several bus lines on Färingsö with some variants (i.e. different scenarios) of a main line with feeding to and from in the form of demand responsive public transport are described and analysed. The scenarios have been developed in the project “Färdplan Färingsö” in collaboration between the Stockholm Transport Administration, Sustainable Innovation, and Ekerö Municipality and K2/Malmö University. K2/Malmö University has been responsible for the analysis presented in this report, which has been discussed in the project. The analysis is primarily based on validation data from public transport on Färingsö as well as simulation results of demand responsive transport in other scenarios. In the work, estimates have been made of vehicle needs in the form of number of vehicle kilometres and number of vehicles needed for the demand-driven public transport. For example, the analysis for a scenario (with main line and demand-driven public transport) shows that approx. 1000 timetable kilometres for large buses can be replaced by a little over 2000 vehicle kilometres for the demand-driven smaller vehicles, which should provide a potential for reduced environmental impact (if the smaller vehicles have an energy consumption which is less than half that of the replaced large buses). The cost picture for this scenario is favourable if the cost per vehicle kilometre is half for the demand-driven vehicles compared to the cost per timetable kilometre with a large bus. Travel times are largely maintained for travellers, but the frequencies of trips are increased significantly. Some travellers can get an extra change between demand-controlled public transport and a mainline bus, however, the number of changes can also be reduced for some travellers.

# Sammanfattning

I denna rapport beskrivs och analyseras potentiella effekter av att ersätta flera busslinjer på Färingsö med några varianter (dvs olika scenarier) av en stomlinje med matning till och från i form av anropstyrd trafik/efterfrågestyrd kollektivtrafik. Scenarierna har tagits fram i projektet "Färdplan Färingsö" i samarbete mellan Trafikförvaltningen Stockholm, Sustainable Innovation, och Ekerö kommun och K2/Malmö universitet. K2/Malmö universitet har stått för analysen som redovisas i denna rapport och vilken har diskuterats i projektet. Analysen bygger främst på valideringsdata från kollektivtrafiken på Färingsö samt simuleringsresultat av efterfrågestyrd trafik i andra scenarier. I arbetet har estimeringar tagits fram av fordonsbehov i form av antal fordonskilometrar och antal fordon som behövs för den efterfrågestyrd kollektivtrafiken. Till exempel ger analysen för ett scenario (med stomlinje och efterfrågestyrd kollektivtrafik) att ca 1000 tidtabellskilometrar för stora bussar kan ersättas med lite drygt 2000 fordonskilometrar för de efterfrågestyrd mindre fordonen, vilket bör ge en potential för minskad miljöpåverkan (om de mindre fordonen har en energiåtgång som är mindre än hälften än de ersatta stora bussarna). Kostnadsbilden för detta scenario är gynnsam om kostnad per fordonskilometer ligger på hälften för de efterfrågestyrd fordonen jämfört med kostnaderna per tidtabellskilometer med stor buss. Restider bibehålls i stort för resenärerna men turtätheten höjs väsentligt. Vissa resenärer kan få ett extra byte mellan efterfrågestyrd kollektivtrafik och en stomlinjebuss, dock kan även antalet byten reduceras för några resenärer.



# 1. Inledning och bakgrund

Efterfrågestyrd kollektivtrafik – även kallad Demand Responsive Transport (DRT)<sup>1</sup> och On-demand kollektivtrafik – är en typ av persontransporter som under senare år fått ett ökat intresse [1,2]. Med DRT menar vi en transporttjänst där fordonet anpassar sin rutt baserat på resenärernas specifika transportbehov vid en specifik tidpunkt [3,4]. Transporten kan bokas för enskild eller för en mindre grupp och fordonens rutter anpassas så att samåkning kan uppnås. Tjänsten är öppen för alla och betalning sker per person och inte per fordon då hela fordonet inte normalt bokas. Upplägget innebär att resenären måste beställa sin resa.

En transportservice med DRT kan utföras på många olika sätt, dvs det finns många olika designalternativ, t.ex. avseende vilka resmål som betjänas, förfarande för beställning (åka nu eller senare), största omväg som tillåts och huruvida tjänsten integreras med annan kollektivtrafik [5,6]. Motiv till ökat intresse för DRT är bland annat kopplat till förhoppningar om effektivare utförande (planering) och förbättrad interaktivitet med resenär (via appar) genom IT-utveckling såsom inom AI, vilket kan öka relativa fördelarna med DRT jämfört med tidtabellstyrd buss och privatbilism. Fördelarna förväntas också öka vid nyttjande av självkörande fordon. Den relativa kostnadsfördelen med ett stort fordon i förhållande till ett mindre fordon minskar då förarkostnader kan elimineras och i scenarier med lägre efterfrågan har DRT med mindre fordon visat sig vara potentiellt mer kostnadseffektivt än traditionell busstrafik [7].

Noterbart är att motiven till att införa DRT kan vara flera samtidigt som varianterna av DRT är många. Målet med DRT är ofta att göra kollektivtrafiken mer hållbar t.ex. med hänsyn till ekonomisk effektivitet, minskad miljöpåverkan och sociala faktorer såsom tillgänglighet eller överkomliga priser [8,9]. Generellt bedömer vi att det finns kunskapsluckor avseende möjligheter och effekter av olika DRT-varianter i olika kontexter.

Syftet med den här rapporten är att belysa de övergripande sannolika effekterna av några specifika varianter av DRT i en specifik kontext, i det här fallet införande av en ny stomlinje kompletterad med efterfrågestyrd kollektivtrafik på Färingsö. Syftet är att bidra med underlag för eventuella fortsatta pilottester och/eller fördjupade analyser. Genom att undersöka några olika scenarier bidrar rapporten till val av lämplig design av sådant system. Studerade scenarier berör olika dragningar och frekvenser avseende en ny stomlinje.

Vår analys bygger främst på resandedata från kollektivtrafiken (påstigande) inom aktuellt område, samt på relaterade studier av DRT. Sålunda görs ej varken någon explicit simulering och/eller något införande av DRT på Färingsö. I vår analys uppskattar vi behovet av antal DRT-fordon och dess fordonskilometrar samt förändrade

---

<sup>1</sup> Om konceptet efterfrågestyrd kollektivtrafik (DRT) kan man läsa mer om i K2-rapporten (K2 Outreach 2023:1) ”Efterfrågestyrd kollektivtrafik – systemeffekter och acceptans” [2]

fordonskilometrar för tidtabellstyrd buss jämfört mot idag (hösten 2022). Vidare görs grova uppskattningar avseende kostnadseffekter och energi-/miljöeffekter. Slutligen görs uppskattningar av antal förväntade byten och restider för resenären. Analysarbetet har utförts inom projektet Färdplan Färingsö [10], finansierat av Drive Sweden och Vinnova. Scenarierna tagits fram i samarbete inom projektet och effekterna har diskuterats gemensamt.

Denna rapport bidrar med insikter för det specifika caset (Färingsö) samt ger inblick i hur effekter av DRT kan uppskattas genom nyttjande av data från kollektivtrafiken (påstigande) samt resultat från andra simuleringsstudier. Även metodens utmaningar illustreras genom att visa på det relativt stora spannet som finns avseende DRTs effektivitet i olika kontexter. Rapporten utgör en viss utvidgning och bearbetad version av delrapporten ”Analys av införande av efterfrågestyrd kollektivtrafik på Färingsö” [11].

## 1.1. Nuläge och grundidé för ny kollektivtrafik på Färingsö

Färingsö ingår i den ögrupp om 140 små och stora öar väster om Stockholm som brukar benämnas Mälardöarna. Denna ögrupp bildar Ekerö kommun, som totalt bebos av 28 917 invånare (2023-09-31), varav 9 502 är fördelade till Färingsö (2022-12-31) [12,13]. Den största tätorten på Färingsö är Stenhamra men det finns ytterligare ett antal mindre orter på ön. Ungefär hälften av befolkningens pendling i Ekerö kommun görs ut från kommunen, vanligtvis till Stockholmsområdet [14]. Generellt reser Ekeröbornas framför allt med bil och den totala fördelningen av färdmedel, oavsett typ av resa, ser ut som följer: bil 57%, kollektivtrafik 27%, gång och cykel 14%, samt övrigt 2% [15].

Färingsö trafikeras idag (hösten 2022) av 8 busslinjer, varav 1 stomlinje, 6 dagslinjer och 1 nattlinje. Många av bussarna på Färingsö har relativt låg turtäthet och de transporterar ofta endast ett fåtal passagerare. Grundidén bakom projektet var att ersätta den glesa kollektivtrafiken på Färingsö med en stomlinje kombinerad med DRT som matar till och från stomlinjen. Den glesa kollektivtrafiken är illustrerad i form av en schematisk bild av linjerna för Färingsö i Figur 1 samt en linjekarta i Figur 2. Figur 2 saknar nattlinjen (396) och en av dagslinjerna som endast kör två turer om dagen (314). I en nulägesrapport [16] inom projektet belyses nuläget på Färingsö som kan läsas som bakgrundsmaterial.

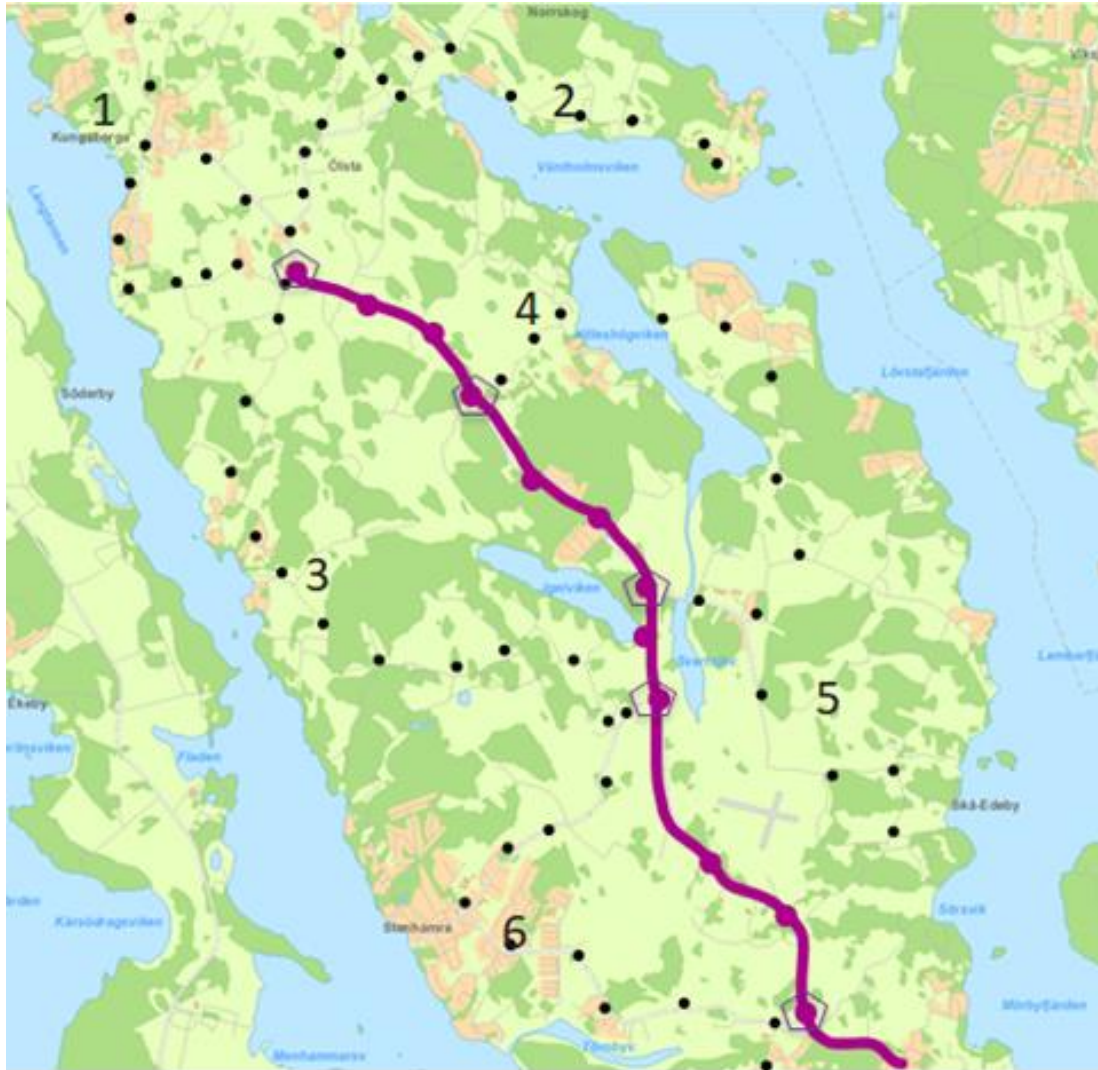


Figur 1 Schematisk illustration av busslinjer på Färingsö.



Figur 2 Linjekarta för Färingsö. [17]

Figur 3 illustrerar den grundläggande idén om att ersätta befintlig kollektivtrafik med en stomlinje kombinerad med DRT. Stomlinjen är markerad med en lila linje medan hållplatserna för påstigande/avstigande är markerade med lila punkter på stomlinjen och bytespunkter mellan DRT och stomlinje är markerade med lila femtagoner på stomlinjen. De svarta punkterna symboliserar nuvarande (hösten 2022) busshållplatser som vi antar kommer att användas för DRT trafiken.



**Figur 3** Stomlinje, samt hållplatser som kan betjänas med DRT.

Utifrån ändpunkterna på nuvarande busslinjenät delades Färingsö in i 7 områden (se Figur 3). Denna områdesindelning användes för att analysera efterfrågan i olika delar av Färingsö. Linje 313 återfinns mestadels utanför/nedanför Figur 3, och motsvarar område 7 i vår områdesindelning.

## 1.2. Scenarier

I projektet togs ett antal scenarier fram för varianter av stomlinjer kompletterad med DRT för att jämföra med varandra samt med nulägesituationen, representerad av befintlig kollektivtrafik hösten 2022. Målsättningen med samtliga scenarier var att de skulle leda till förbättringar. Väsentliga försämringar i restider och frekvens skulle undvikas för flertalet av resenärerna och scenarier som sannolikt leder till orealistiskt kostnadsökningar skulle undvikas.

### 1.2.1. Noll-scenario: nulägesituation

Noll-scenariot representerar dagens kollektivtrafik (hösten 2022) för vilken vi har haft tillgång till valideringsdata (i form av antal validerade biljetter vid påstigning) samt viss beläggningsdata. Hösten 2022 trafikerades Färingsö med linjerna 176, 313-318 samt 396 (natt). Linje 176 har en turtäthet på ca 15-20 minuter, medan övrig trafik har en turtäthet på ca 60-120 minuter (men variationer förekommer). Schematisk representation och linjekarta återfinns i Figur 1 och 2.

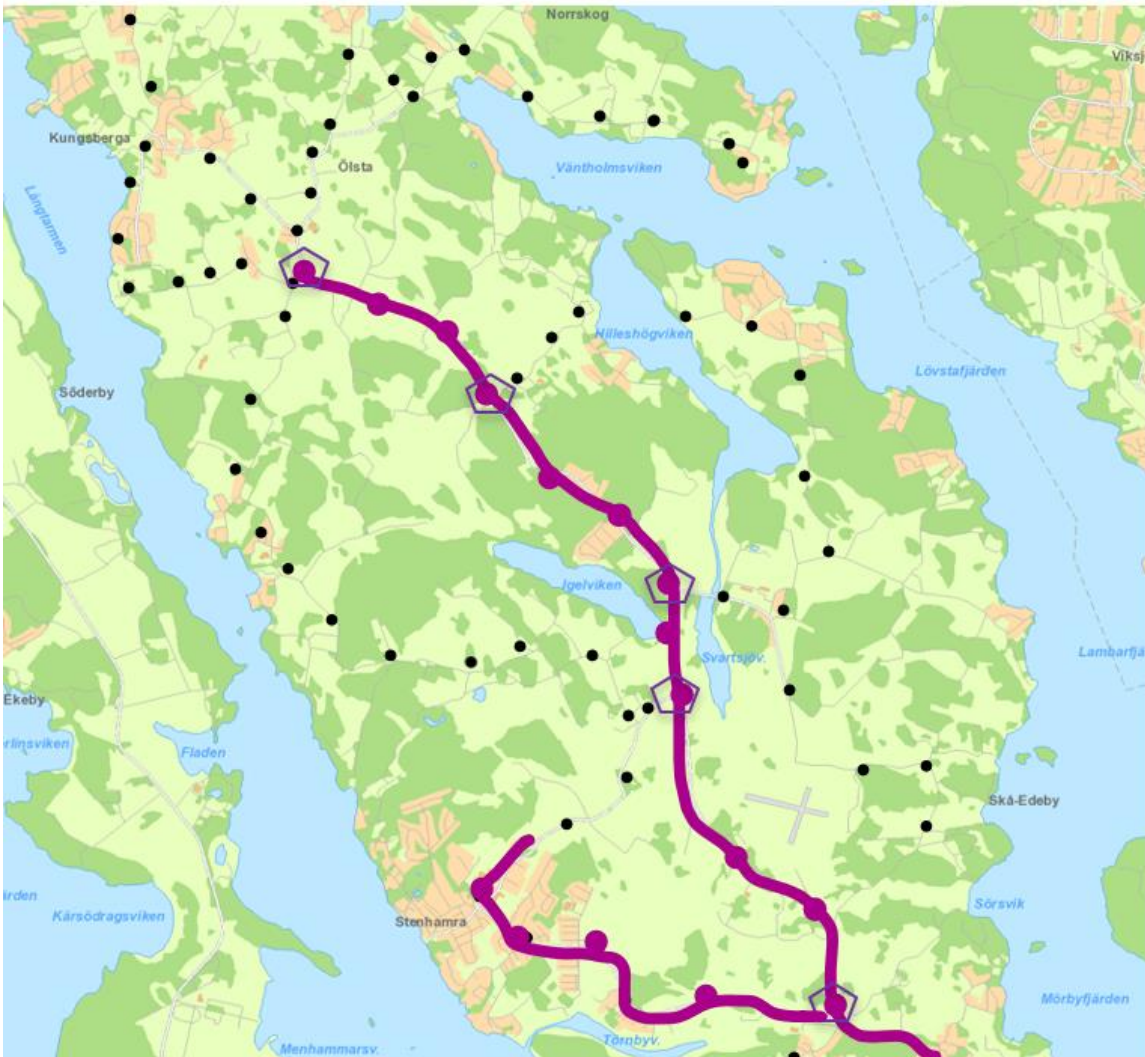
### 1.2.2. Scenario 1: en ny stomlinje + DRT

Scenario 1 motsvarar grundidén för projektet, vilket innebär att all kollektivtrafik på Färingsö ersätts med DRT och en stomlinje, se Figur 3. Sålunda står DRT för all kollektivtrafik, förutom de hållplatser som finns utmed stomlinjen. Föreslagen stomlinje i detta scenario sätts till 15-20-minuterstrafik.

### 1.2.3. Scenario 2: en ny stomlinje + behåll bussar på sträckningen Solbacka/Stenhamra – Svanhagen

I detta scenario bibehålls bussarna på den mest trafikerade delen av område 6, dvs trafik från Solbacka/Stenhamra till Svanhagen och vidare (i båda riktningar), genom att linje 176 helt behålls samt genom att delar av 316 och 317 (Solbacka-Svanhagen) behålls som idag.

En ny Stomlinjen föreslås med 15-20 minuterstrafik från Färentuna kyrka till Svanhagen (50 turer i vardera riktning), på samma sätt som i scenario 1. DRT får sålunda serva områden 1-5 och 7, samt några hållplatser norr om Solbacka/Stenhamra (ej Solbacka) i område 6, dvs Signesberg, Sundby by, Karlslund och Sockarby. Resterande hållplatser i område 6 servas av nuvarande busslinjer. Scenario 2 illustreras i Figur 4.



**Figur 4** Stomlinje samt behålla linje 176 som stomlinje

#### 1.2.4. Scenario 3: en lång stomlinje via Stenhamra

I detta scenario låter vi stomlinjen från scenario 1 gå via Stenhamra istället för direkt till Svanhagen. Effekten blir att stomlinjen tar över delar av den befintliga linje 176 i Solbacka/Stenhamra.

#### 1.2.5. Scenario 4: två nya stomlinjer

Här tänker vi oss en kombination av Scenario 2 och 3 på så sätt att nya stomlinjer går dels från Färentuna kyrka direkt till Svanhagen och dels via Stenhamra (och går upp i linje 176). Varje stomlinje körs med ca 20-minuterstrafik per linje.

## 2. Analys

### 2.1. Metod

Den grundläggande metod som använts bygger på att estimeras antalet påstigande och avstigande vid de svarta punkterna i Figur 3 och 4, dvs hållplatser som kan komma att betjänas av DRT. I den tillgängliga data saknas dock explicit data på avstigande, så vissa antagande har gjorts för att estimeras antalet avstigande. Givet en sådan estimering, dvs av påstigande och avstigande vid hållplats som kan betjänas med DRT istället för tidtabellstyrd buss (inkl tidsfördelning) görs en estimering av behovet av DRT-fordon (fordonskilometrar och antal fordon) genom att jämföra med andra scenarier där DRT simulerats eller nyttjats. Vid jämförelsen görs vissa komparationer för karakteristiken på Färingsö jämfört med andra scenarier såsom geografisk spridning samt relation mellan peak-timmen och hela dygnet. Mer detaljer om detta i analysen nedan.

### 2.2. Analys av resande i kollektivtrafik och estimering av resbehov med DRT

För vardagar i perioden 2022-09-05 till 2022-09-25 har vi kunnat få fram data på valideringarna per hållplats och därmed per område. Avgångstiden för bussen från linjens första hållplats har använts istället för exakt tid bussen är vid hållplats. Därför finns en viss förskjutning i tid för insamlad data, dvs även om en påstigning i datan är klassificerad som skett mellan kl 07 och kl 08 kan den i själva verket skett efter kl 08. Valideringsdatan innehåller också information om vilken riktning bussen har varit på väg vid påstigningen. Riktning 1 kan beskrivas som riktning mot Svanhagen från norr i sydlig riktning (med undantaget 313 som har riktning mot Svanhagen i ”nordostlig” riktning) och riktning 2 från Svanhagen och i nordlig riktning. Se Tabell 1 för information om dagliga valideringar.

Vidare indikerar beläggningsdatan att det färdas 840 resenärer söderut från Svanhagen per dygn, vilket skall jämföras med 1123 valideringar i område 1-7 per dygn, se Figur 3. Även om beläggningsdatan ej är komplett och valideringsdata ej inkluderar påstigande utmed tänkt stomlinje, är det en tydlig fingervisning att en majoritet av bussresenärerna på Färingsö åker till/från Färingsö (till skillnad från resor på Färingsö). Detta stärks av användarundersökningen som indikerar att ca 76% av rapporterade resor (både med bil och kollektivtrafik) var till eller från Färingsö.

Om vi antar att valideringarna är liktydigt med påstigande (vilket är rimligt), så ger det sannolikt en ganska god bild av hur många DRT resor som skulle genereras från varje svart punkt (nuvarande hållplats som antas servas med DRT) till bytespunkt på stomlinje (lila med pentagon runt i Figur 3). Vi tänker oss att det typisk är den närmaste bytespunkten som är den mest sannolika bytespunkten mellan DRT och stomlinje. Om vi

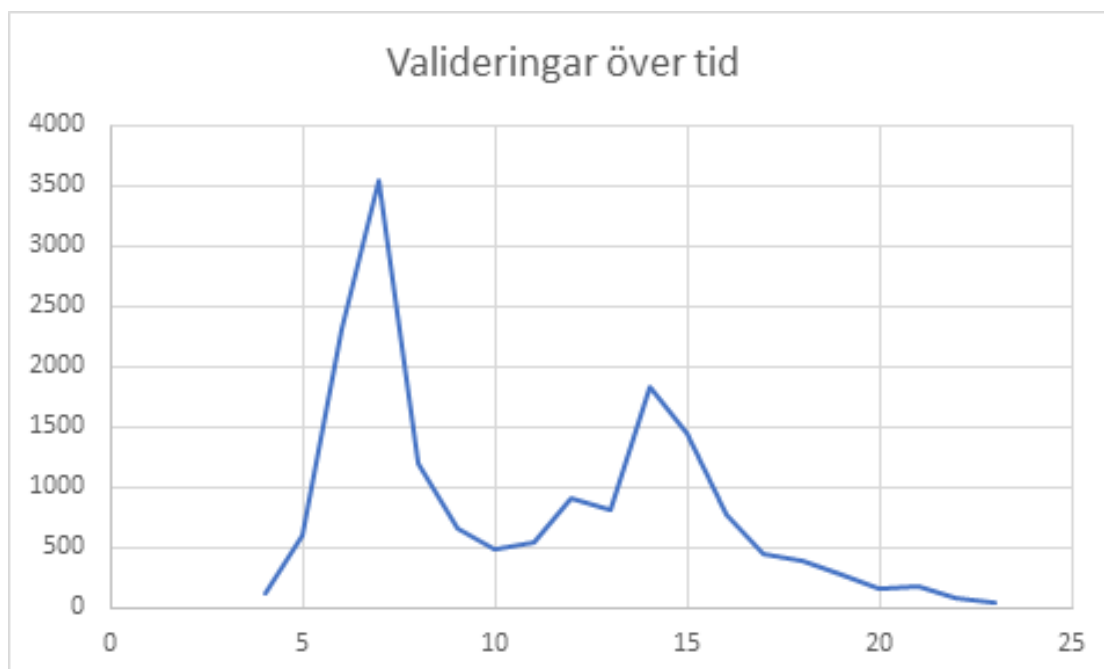


dessutom antar att under ett dygn är det ungefärliga antalet avstigningar lika med påstigningar för varje punkt kan även antalet valideringar sannolikt också representera en DRT resa från en bytespunkt på stomlinje till svart prick (hållplats).

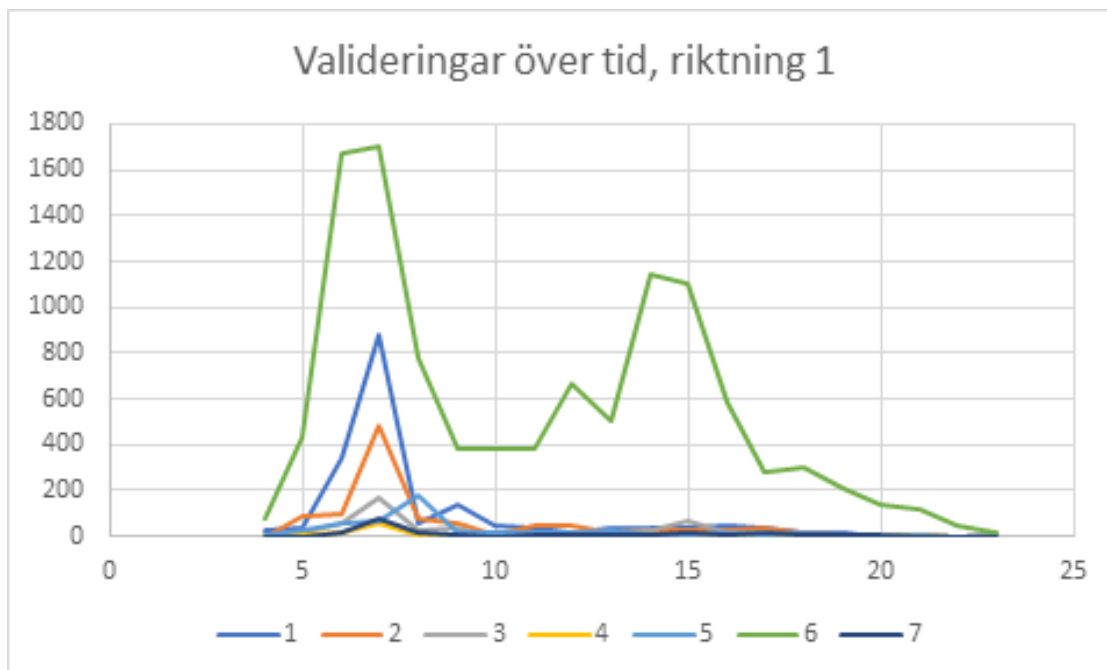
Dock finns några felkällor här. Dels indikerar en påstigning i nordlig riktning (riktning 2) vid en DRT-hållplats (svart punkt) ofta en resa mellan ganska närliggande hållplatser som skulle kunna utföras med hjälp av en DRT resa per validering (dvs att resan löses med ett DRT-fordon), åtminstone för områden 1-5, 7.

Sålunda bör estimering av behovet av antal DRT-resor (dvs personer) beräknas som  $2 \cdot \#r1 + \#r2$ , dvs 2 gånger antalet validering i riktning 1 plus antalet validering i riktning 2. Denna beräkning är sannolikt relativt rättvisande om inga byten sker på Färingsö förutom vid hållplatser för stomlinjen (t.ex. Färentuna kyrka) och Svanhagen. Vi väljer att anta att inga byten sker vid svarta punkter/hållplatser i område 1-5 och 7, men att byten sker utmed linje 176 mellan Solbacka/Stenhamra till Svanhagen. (T.ex. kan man notera att SL-reseplanerare kan föreslå byte vid t.ex. Solbacka), så vi justerar ned DRT behovet för område 6 med 20% med avseende på detta. Tyvärr med stor osäkerhet då det inte kunnat valideras omfattningen av byten utmed sträckan Solbacka/Stenhamra-Svanhagen. Resultatet har gets på raden "Estimerad DRT" i Tabell 1 nedan.

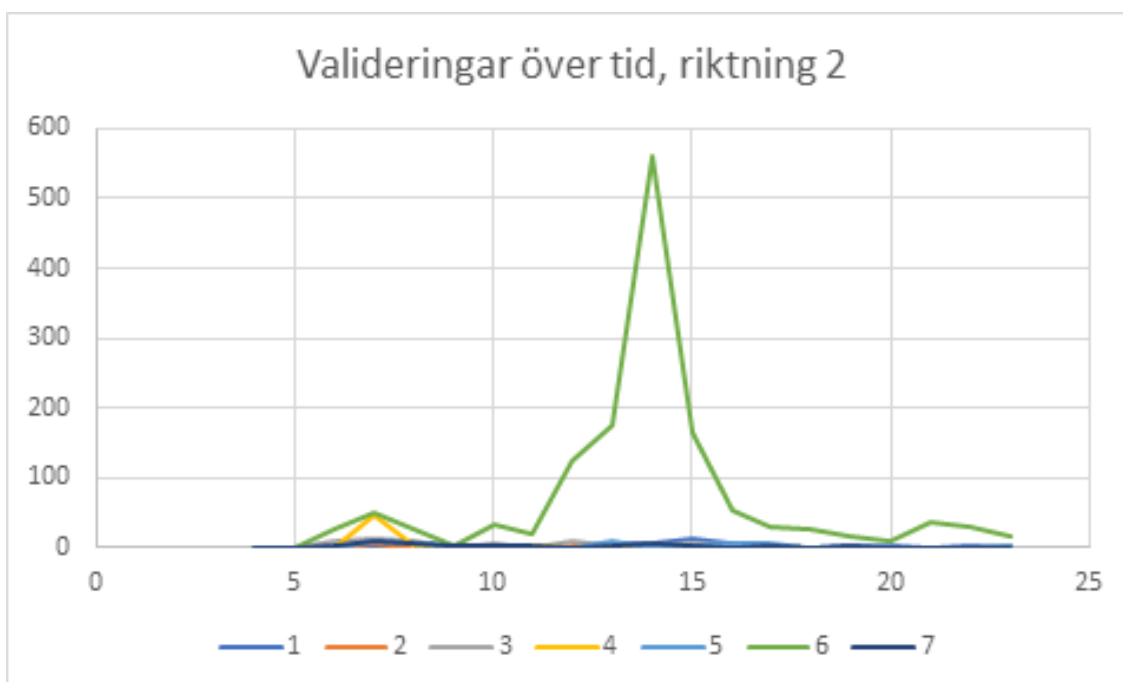
Enligt valideringsdatan finns en peak i timmen mellan 7-8 för samtliga områden (se Figur 5). Förhållande är tydligt i alla områden utom område 6, där en nästan lika stor peak finns under timmen 14 till 15 detta beroende på att valideringar i riktning 2 (dvs norrut) också förekommer i väsentlig omfattning. En rimlig förklaring är att det finns viss pendlings trafik (eller för andra ärenden) till och från Stenhamra i viss omfattning samt att skolelever som med skolgång i Stenhamra reser både från norra delar och från söder via Svanhagen till Stenhamra.



Figur 5 Totala antal valideringar under dygnets timmar (15 arbetsdagar) för samtliga områden (1-7).



**Figur 6** Antal valideringar för respektive område under dygnets timmar (15 arbetsdagar) – riktning 1



**Figur 7** Antal valideringar per område under dygnets timmar (15 arbetsdagar) – riktning 2

Figureerna ovan visar totalt antal validering för båda riktningarna (Figur 5) under 15 arbetsdagar (2022-09-05 till 2022-09-25). Samt antal validering i riktning 1 (Figur 6) vilka är betydligt fler än i riktning 2 (Figur 7) pga. att valideringarna på “hemvägen” sker utanför Färingsö och inte finns med i datan för valideringar på Färingsö. Vår bild av att en majoritet av resorna är pendelresor från Färingsö från morgonen och återresor på

eftermiddagen bekräftas av skillnaden mellan valideringar på förmiddag och eftermiddag i de olika riktningarna.

För att estimeras antalet DRT fordon som behövs tar vi fram antalet genomsnittliga valideringar per område samt totalt (och alla utom område 6) per arbetsdag, samt för peak-timme (7-8), se Tabell 1. Givet antalet valideringar under peak-timmen går det att göra en estimering av antalet DRT fordon som behövs när efterfrågan är som störst. Om man antar alla ersatta hållplatser (svart punkter i Figur 3) är startpunkter och ej målpunkter (dvs inga avstigande) vid timme 7-8, så blir antalet DRT resor lika med antal valideringar under timmen. Dock är det tydligt att många sådana hållplatser sannolikt också är målpunkter för aktiviteter, då valideringar också görs på eftermiddagen och då det sannolikt är en resa från aktivitet (som skett under dagen). Särskilt tydligt är detta för område 6 där en väsentlig validering sker på eftermiddagen. Vi väljer att estimeras behovet av antal DRT-resor under peak-timmen som 110% av valideringarna för alla områden utom område 6 där vi väljer 120% av valideringarna. Nedan har vi inkluderat resultatet av denna estimering ”Estimerade DRT-resor peak” För att underlätta att jämföra med andra scenarier har vi också beräknat ”Direkta reskilometrar” för DRT, vilket utgör en summering av avstånden mellan på-/avstigningspunkt för DRT och bytespunkt till stomlinjen för en genomsnittlig arbetsdag. Avstånden är beräknade mha Google maps. Vi har även beräkna den genomsnittliga direkta reskilometern per område. Notera att detta avstånd är ej liktydigt med DRT fordonskilometrar då de kan bli större beroende på tomkörning till och från upphämtning eller avlämning och vid omvägar pga flera resenärer. De kan också reduceras i förhållande till direkta kilometrar vid samåkning.

**Tabell 1** Dagliga valideringar och beräknat behov av DRT per område, samt estimerat direkta kilometrar med DRT.

Område	1	2	3	4	5	6	7	sum	sum (ej 6)
Valideringar (totalt)	125	71	36	13	42	822	14	1123	302
Riktning 1	122	70	33	10	39	729	12	1013	284
Riktning 2	3	1	4	4	4	93	2	110	17
Peak-timme (7-8)	58	32	12	7	5	117	6	237	120
peak/totalt	0,47	0,46	0,33	0,50	0,12	0,14	0,40	0,21	0,40
Estimerade DRT (resor per dygn)	247	141	69	23	81	1240	26	1826	586
Estimerade DRT (resor peak)	64	36	13	7	5	140	6	272	132
Direkta reskilometrar	716	412	259	42	133	6139	89	7790	1650
Genomsnitt direkta reskilometrar	2,9	2,9	3,8	1,8	1,6	5,0	3,4	4,3	2,8

### 2.3. Relevanta relaterade studier och DRT-prestanda

Det har genomförts ett antal studier där effekterna av DRT i olika miljöer och städer har analyserats med hjälp av simuleringar [18]. I tabellen redovisas olika relaterade studier, beskrivningen av respektive scenario, samt relevanta resultat. I den här analysen kommer

vi använda dessa resultat för att göra en estimering för Färingsö utifrån hur de lokala förhållandena relaterar till de andra studier. Vissa studier, t.ex. Sjöbo [19] och Lolland [7], avser också landsbygdsområden dock med en betydligt större yta och, som en följd av detta, en lägre befolkningstäthet. Andra studier undersöker DRT i storstäder, som t.ex. Göteborg [20,21], Dublin [22] och Oslo [23], och hjälper oss att jämföra och förstå hur olika parametrar påverkar DRT. Den studien som motsvarar utgångssituationen på Färingsö mest är en jämförelse mellan DRT och konventionell kollektivtrafik som har gjorts i Colditz, en kommun med ca. 9000 invånare i Tyskland [24]. Referenserna till de olika rapporterna finns i källförteckning i slutet av denna rapport. Vi tar även med Färingsö i tabellen och redovisar de värden som är kända under de antaganden som gjorts.

**Tabell 2** Karakteristik för andra studier av DRT i jämförelse med Färingsö

	Invånare	Areal (km <sup>2</sup> )	Invånare per km <sup>2</sup>	Fordon	Kapacitet (platser)	Resor	Resor per fordon	Fordon s-km	Fordon s-km per fordon	Direkta km
Colditz (DE)	9 000	90	100	10	6–14	512	50	840	84	-
Sjöbo	20 000	500	40	110	4	2 400	21	36 100	328	22 900
Lolland	45 000	885	50	29	8	1250	45	9 730	345	10 300
Göteborg*	585 000	200	2 900	14 900	5	90 000	6	688 000	46	824 000
Dublin (IE)	1,8 mn	7 000	260	14 300	6	1,6 mn	112	21,1 mn	1 475	24,8 mn (pkm)
Oslo* (NO)	1,3 mn	5 400	240	26 000		400 000	15	3,7 mn	142	-
Färingsö	9 300	82	113			1 826 (526)				7 790 (1 650)

\*Studien avser bara rusningstrafiken mellan 6 och 10.

## 2.4. Estimeringar av DRT på Färingsö

I ovanstående relaterade studier bedömer vi Lollandstudien vara mest relevant för denna studie om DRT på Färingsö, då trafiken berör hållplats till hållplats samt avser till stor del trafik till och från byte till annan kollektivtrafik (Tåg). Dock är byten till stor del fokuserad till byten vid en bytespunkt (tågstationen i Naskov) medan byten på Färingsö förväntas ske vid flertal ställen utmed stomlinjen. En annan skillnad är att den genomsnittliga längden (direkt avstånd) för Lolland är 10300/1250 dvs drygt 8km medan på Färingsö är det 4,3 eller 2,8 beroende om område 6 löses med DRT eller ej. För Lolland hamnar relationen mellan direkta fordonskilometrar 9730 och direkta kilometrar 10300 runt 1, dvs 10300 / 9730 som kan anses vara ett effektivitetsmått för DRT (ju högre desto effektivare). Då vi har tillgång till viss rå-data för simuleringsstudierna av Lolland, Sjöbo och Göteborg (egentligen Göteborg, Mölndal och Partille) gör vi lite jämförelser med dessa utifrån relationen direkta reskilometrar och fordonskilometrar (vkm) samt antal fordon. I Tabell 3 redovisar vi återigen estimerat transportbehovet för Färingsö (DRT-resor), direkta reskilometrar, samt effektiviteten (dvs relation Direkta reskilometrar/fordonskilometrar) för dessa studier.

**Tabell 3** Skalning av Färingsö-parametrar utifrån andra studier.

		Färingsö		Lolland		Sjöbo		Göteborg
	Hela	ej omr. 6						
Estimerade DRT-resor per dygn	1826	586	1250		2400		90000 (6-10)	
Estimerade DRT-resor peak (7-8)	272	132	135					
Direkt reskilometrar	7790	1650	10300		22900		824000	
Fordonskilometrar (DRT)			9730		36100		688000	
Effektivitet-Direkta reskilometer/ Fordonskilometrar			1,06		0,63		1,20	
Antal DRT-fordon			29		110		14900	
<b>Implikation på Färingsö</b>								
			Hela	ej omr. 6	Hela	ej omr. 6	Hela	ej omr. 6
DRT-fordonskilometrar om samma effektivitet			7359	1559	12280	2602	6504	1378
Antal DRT-fordon, skalad utifrån DRT-resor under dygnet			42	14	84	27	-	-
Antal DRT-fordon, skalade utifrån peak-timmens behov			58	28				
Antagen effektivitetsfaktor	0,85	0,8						
Antagen DRT-fordonskilometrar	9164	2063						

Vidare innehåller tabellen en skalning av Färingsös behov till fordonskilometrar om det har samma effektivitet som Lolland, Sjöbo samt Göteborg, för respektive hela Färingsö eller Färingsö utan omr. 6. Vidare skalar vi behovet av antal fordon baserat på antalet DRT-resor per dygn respektive under peak-timmen. (Dock saknas data för hela dygnet och peak-timme för Göteborg och för Sjöbo saknas data för peak-timmen). Noterbart är att estimering av fordonskilometrar och antalet DRT-fordon variera relativt stort. T.ex. för hela Färingsö varierar skalningen av fordonskilometrar från 6504 till 12280 kilometer.

Igen bedömer vi Lollandstudien vara mest relevant för Färingsö. På Lolland var värdet för effektivitetsmålet 1,06 (direkta kilometer genom fordonskilometrar). Dock, med tanke på det betydligt kortare avstånden (direkt avstånd) på Färingsö bedöms det effektiviteten vara lägre på Färingsö pga. ökad längd på tomkörningar mellan respektive transport i förhållande till effektiv transport. Vi föreslår därför ett effektivitetsvärde om 0,85 i vår analys för Hela Färingsö och 0,8 för Färingsö utan område 6. Med hjälp av dessa parametervärden kan man göra en estimering av förväntade fordonskilometrar för DRT fordon på Färingsö till 9164 för hela Färingsö samt 2063 för Färingsö utan område 6. Estimeringen förutsätter att fordonsstorleken är tillräckligt stor så att den inte begränsar mer än i undantagsfall. I Lolland var kapaciteten 8, vilken dock knappast alls utnyttjades.

Så vår estimering av fordonskilometrar bör hålla hyfsat bra även med en kapacitet om 5 personer per fordon, gäller eventuell inte för område 6. Om man dessutom har en heterogen flotta i form av t.ex. 20% bilar med större kapacitet bör det i större utsträckning reducera ev. problem med för liten fordonskapacitet.

En kostnadsdrivare för systemet är ju hur långt fordonen körs (dvs fordonskilometer) som behandlats ovan. En annan aspekt är antalet fordon som krävs i systemet. Det som naturligt dimensionerar fordonsflottan är ju när efterfrågan är som störst. Vår resandedata tyder ju på att det är under timmen 7-8 för Färingsö. Genom att relatera till andra studier om hur många fordon som behövs ges en möjlighet att uppskatta hur många fordon som behövs även på Färingsö.

Återigen, genom att relatera till den mest relevanta studien om Lolland, i vilken vi kan se att ungefär 135 DRT-passagerare betjänas av ca 29 fordon under peak-timmen. Dvs ca  $135/29 = 4,65$  passagerare per fordon och timme. Då resorna på Färingsö (dvs direkta reskilometrar) är i genomsnitt betydligt kortare än på Lolland räknar vi med att denna siffra bör kunna ökas. Notera att om vi skalar från Lolland baserat på dygnets DRT-efterfråga borde 42 respektive 16 räkna för hela Färingsö respektive utan område 6.

För att komplettera ovanstående jämförelse med andra studier, gör överslagsräkning på hur många fordon som behövs för ett specifikt område på Färingsö. Vi väljer område 2 (se Figur 3). Om vi utgår från nuvarande antal bussresenärer som kliver på i området mot Färentuna kyrka skulle det motsvara 32 DRT-resenärer under peak-timmen. En bilresa tar enkel resa från ändhållplats Björkvik till Färentuna kyrka ca 8 minuter med bil (Google maps). Förvisso finns några hållplatser utanför genaste vägen så restiden kan öka något i värsta fall. Dock är det ju osannolikt att DRT-fordonen måste åka ut till ändhållplatsen varje gång (stärks också av att valideringsdatan visar på relativt få påstigande för ytterhållplatserna men fler från t.ex. Karlskär, Folkets hus, och Ölsta). Vidare är det genomsnittliga direkta reseavståndet till bytespunkten 2,9km (vilket kan köras på ca 5 minuter enligt Google maps). Om vi estimerar den genomsnittliga DRT-resan för att hämta passagerare med fordon utgående från Färentuna kyrka samt hämta 4 passagerare inom område 2 och lämna dessa passagerare vid Färentuna kyrka tar ca 15 minuter (inklusive tid för upphämtning vid hållplatser och avlämning vid hållplatserna) hinner ett DRT fordon med 4st vändor per timme. Om vi antar att fordonet under peak kan fyllas till 4 passagerare klarar sålunda ett DRT fordon av  $4*4=16$  resenärer per timme. (Vi antar dock att fordonen har kapacitet om minst 5 passagerare) Troligen en optimistisk uppskattning men inte helt orealistiskt givet karakteristiken på efterfrågan (efterfrågan på en linje och till en ändhållplats/bytespunkt).

Med en estimering om 16 DRT resenärer per timme i genomsnitt kan antalet DRT fordon uppskattas till ca  $237/16 = 14,8$  för hela Färingsö och  $120/16=7,5$  för hela Färingsö förutom område 6 ( med Stenhamra).

Tyvärr får vi konstatera att dimensioneringen av antal fordon som krävs är osäker baserad på ovanstående beräkningar och jämförelser. Vidare beror behovet av antal fordon på servicekvalitén, dvs hur lång är största tillåtna förskjutning av önskad avgångs- eller ankomsttid för resenären. På Lolland tilläts t.ex. en förskjutning om +- 30 minuter. Om man dessutom sätter in några få väl valda bussavgångar i peak-tider är vår bedömning att antalet DRT-fordon som behövs skulle kunna reduceras väsentligt.

Summa summarum bedömer vi att vår överslagsberäkning är något optimistisk och kan rendera något för dålig service (dvs för lång väntetid eller för stor förskjutning i önskad avresetid) samt att jämförelsen med Lolland ger en överskattning av behovet av antalet fordon (främst pga mer and dubbelt så långa direkta kilometrar för resorna). Vi landar i att ca 20 fordon borde räkna för hela Färingsö och ca 10 då område 6 undantas om

kapaciteten på fordonen i huvudsak är 5 (åtminstone högre för del av flottan om område 6 inkluderas). Vidare kan antalet fordon reduceras om några skolskjutsliknande bussar behålls för att samla upp resenärer från åtminstone område 1 och 2 till område 6 och för eventuella resor till och från Färingsö.

## 2.5. Estimeringar av effekter i scenarierna

Den fördjupade analysen nedan ger en bild av sannolika effekter i de olika scenarierna. DRT-tjänsten förutsätts att lösa hållplats-till-hållplats transporter mellan de hållplatser som i respektive scenario betjänas av DRT och bytespunkterna mellan DRT och stomlinje (se Figur 3). Vi har inte ambitionen att specificera DRT-tjänsten i detalj men gör vissa antagande för att kunna relatera till andra DRT-tjänster (t.ex. simulerade tjänster). Sålunda antar vi att tidsfönstret för att betjänas med DRT inte är större än en timme (oftast får resenären åka när den vill och passande i förhållande till stomlinjes tidtabell) med högsta omväg på en faktor 1.5. Generellt innebär det att DRT har en ungefärlig servicekvalitet motsvarande 60-minuterstrafik (avseende högsta väntetid), vilket även har antagits i Lollandstudien.

Nedanstående estimat av effekter på bussutbudet ges i form av tidtabellskilometrar, definierat som summan av turer i tidtabellen multiplicerat med längden på turen (uppskattad mha Google maps). Sålunda tas ingen hänsyn till omlopp och eventuella tomkörningar av buss till och från ändhållplats. I estimering av behovet av kilometrar som DRT-fordonen behöver rulla utgår vi igen från nuvarande kollektivtrafikresande (September 2022) under vardagar. I vårt beräkningsunderlag har vi använt tidtabellsdata för våren 2022.

### 2.5.1. Noll-scenario: nulägesituation

Då vi främst tänker oss förändringar av trafik norr om Svanhagen samt för linje 313 har vi extraerat antal avgångar för vardag samt tidtabellskilometrar (utbudskilometrar) för denna del av Färingsö. I tabellen nedan anges antal avgångar (för olika riktningar) samt estimerade antal tidtabellskilometrar beräknade mha av avstånd från Google maps.

I en analys av hur många tidtabellskilometrar som busslinjerna ger upphov till norr om Svanhagen samt linje 313 fås följande:

**Tabell 4** Karakteristik för bussarna på Färings, antal turer och tidtabellskilometrar på Färingsö

			#turer (1)	#turer (2)	km/t ur	Tot. km	Solbacka/Stenhamra - Svanhagen
176	Solbacka	Svanhagen	50	51	5,1	515	515
313	Vändplanen	Svanhagen	14	15	3,8	110	
314	Norrudden	Svanhagen	2	2	10,5	42	
315	Jäsängen	Svanhagen	18	19	16,7	618	
316	Svartsjö	Solbacka	13	12	4,4	110	
316	Solbacka	Svanhagen	16	15	5,1	158	158
317	Björkvik	Solbacka	15	16	17,6	546	
317	Solbacka	Svanhagen	5	8	5,1	66	66
318	Ilända konsum	Svanhagen	18	17	13,4	469	
<b>Summa</b>						<b>2634</b>	<b>740</b>

Det går att göra en grov uppskattning av antalet bussar som behövs genom att kolla genomsnittliga hastigheten på bussar vilken t.ex. ligger på ca 27km/h för linje 315 (16,7km på ca 37minuter i tidtabellen). Om man antar att aktiva timmar för bussarna är ca 15 timmar (från 06.00 till 21.00). Förvisso går enstaka bussar tidigare och senare än detta intervall, men å andra sidan finns luckor i tidtabellen med längre tid mellan bussavångar på t.ex. kvällar. En grov uppskattning på minsta antalet bussar som behövs på Färingsö blir då att ca  $2634/27/15 = 6.5$ st bussar. Notera att detta bör betraktas som ett minimum (optimistisk uppskattning). Beaktas dessutom ev. extra täthet i rusningstrafik samt med hänsyn till tomkörning och omloppsproblematik behövs sannolikt fler bussar för trafiken som servar Färingsö.

### 2.5.2. Scenario 1: en ny stomlinje + DRT

Som nämnts ovan, innefattar detta scenario en stomlinje som kör 15-20 minuterstrafik. På samma sätt som för linje 176 antas 50 avgångar per dygn i vardera riktning. I vår estimering genererar en sådan stomlinje 1020 busstidtabellskilometrar per dygn. DRT får sålunda serva områden 1-7 (dock ej utmed stomlinjen) (se Figur 3), vilket innebär att 1826 DRT-resor per dygn, varav ca 272 behöver ske under peak-timme 7-8. Uppskattningsvis fås de förändringar som visas i Tabell 5.

**Tabell 5** Estimerade förändring för scenario 1

Förändring busstidtabellskilometrar	1020 – 2634 = -1614km
Besparing antal bussar	$1614/27/15 = 3,98$
DRT-resor (per dygn)	1826
Direkta kilometer	7790
Estimerat antal DRT-fordonskilometrar	9164
Antal DRT fordon ca	20st

I detta scenario får en del resenärer till/från norra delarna av Färingsö till/från Stenhamra nyttja både DRT i början av sin resa och i slutet av sin resa. Vi har ej data för att kunna validera omfattningen men t.ex. finns väsentlig validering i Stenhamra norrut främst på eftermiddagen men även på förmiddagen som tyder på att det finns resenärer som reser



mellan Stenhamra och norra delarna. En väsentlig del av dessa valideringar kan utgöra byte från 176 till andra linjer (316 och 317) men rimligen inte alla.

### 2.5.3. Scenario 2: en ny stomlinje + behåll bussar på sträckningen Solbacka/Stenhamra – Svanhagen

Vårt underlag ger att avstigande och påstigande vid dessa hållplatser ger upphov till ca 22 DRT-resenärer per dygn (baserat på formeln ovan där DRT beräknas som 2 gånger valideringar riktning 1 + valideringar riktning 1) vilket är en marginell ökning, vidare fås en ökning av antalet direkta kilometer med 14km (igen högst marginell ökning utifrån estimeringen utan område 6). Vi estimerar att ökningen av antalet DRT-fordonskilometrar också blir 14km. Ökningen är relativt liten så vår tidigare estimering av antalet DRT-fordon om 10 fordon kvarstår.

**Tabell 6** Estimerade förändring för Scenario 2

Förändring busstidtabellskilometrar	$1020 - 2634 + 740 = -875\text{km}$
Besparing antal bussar	$875/27/15 = 2,1$
DRT-resor (per dygn)	$586+22 = 608$
Direkta kilometer	$1650 + 14 = 1664$
Estimerat antal DRT-fordonskilometrar	$2063 + 14 = 2077 \text{ km}$
Antal DRT fordon ca	Ca 10st

### 2.5.4. Scenario 3: en lång stomlinje via Stenhamra

Den nya stomlinjen genererar ca  $8,5 \cdot 100 = 850 \text{ km}$ . Direkta kilometer för område 5 förlängs något då några bytespunkter mellan stomlinje och DRT-försvinner. Vi uppskattar den genomsnittliga förlängningen till 1km (vilket är avståndet från Skåkyrka till Svanhagen) för de 81 dagliga DRT-resorna (dvs 81km)

I detta scenario finns några hållplatser som ej längre betjänas av stomlinjen (Skå industriområde, Tuna, Skå kyrka) vilka har 13 estimerade dagliga DRT-resor (varav 11 från Skå kyrka) och därmed ca 1 km till Svanhagen vilket ger ca 13 tillkommande direkta kilometer och  $81 + 13$  fordonskilometrar.

**Tabell 7** Estimerade förändring för Scenario 3

Förändring busstidtabellskilometrar	$850 - 2634 + 740 = -1045\text{km}$
Besparing antal bussar	$1045/27/15 = 2,6$
DRT-resor (per dygn)	$586+13 = 599$
Direkta kilometer	$1650 + 13+ 81 = 1744$
Estimerat antal DRT-fordonskilometrar	$2063 + 13 +81 = 2157 \text{ km}$
Antal DRT fordon ca	Ca 10st

I detta scenario servas Stenhamra med förbindelser norrut på ett effektivare sätt än i Scenario 3.

### 2.5.5. Scenario 4: två nya stomlinjer

Här tänker vi oss en kombination av Scenario 2 och 3 så att nya stomlinjer går dels från Färentuna kyrka direkt till Svanhagen och en annan via Stenhamra (och går upp i linje 176). För att fortfarande möjligen spara lite busstidtabellskilometrar räkna vi på en reduktion av turtätheten till ca 40 per stomlinje och 80 totalt. Ger ca 20 minuterstrafik per linje. Detta ger tillskott av busskilometrar för stomlinjerna om  $ca 80 * 8,5km + 80 * 10,2km = 1496$

I detta scenario servas hela område 6 med stomlinje+176, och kvarvarande delar av 316 och 317 och följande fås:

**Tabell 8** Estimerade förändring för Scenario 4

Förändring busstidtabellskilometrar	$1496 - 2634 + 740 = -398km$
Besparing antal bussar	$398/27/15 = 0,98$
DRT-resor (per dygn)	586
Direkta kilometer	1650
Estimerat antal DRT-fordonskilometrar	2063 km
Antal DRT fordon ca	Ca 10st

Ett möjligt problem är att även om bussarna avgår var 10e minut i Färentuna kommer bussen med omväg genom Stenhamra att ungefär dyka upp samtidigt i Svanhagen.

## 2.6. Fortsatt analys av scenarierna

En rimlig fråga är om **kapaciteten** i stomlinjen är tillräcklig utan att skapa kapacitetsproblem. Om vi utgår från att linje 176, som främst servar område 6 idag, har 822 validering per dygn är det ju rimligt att en stomlinjen med samma turtäthet med 530 valideringar (även om den förra även servas av 316 och 317) räcker kapacitetsmässigt. Antalet valideringar har uppskattats genom att titta på valideringar i område 1-5 med 288 valideringar per dygn, samt valideringar utmed stomlinjen (i scenario 1) som utgör 242 (drygt hälften vid Färentuna kyrka). Vidare i peak-timmen, 7-8, finns 114 valideringar i område 1-5 samt något färre utmed stomlinjen (104st), ger ca 218 resenärer i peak-timmen på fyra bussavgångar i vardera riktning. Vilket kan uppfattas som en ganska hög genomsnittlig beläggning då nästan alla validering är i riktning 1 och skall hanteras av fyra bussavgångar.

I det följande fokuserar vi på att estimerar **kostnadsimplikationer** vid förändrat bussutbud och införande av DRT. Vi fokuserar på förändringen i tidtabellskilometrar och uppskattat antal DRT-fordonskilometrar. Ett skäl är att vi från Västtrafik tagit del av att genomsnittlig kostnad för upphandlad färdtjänst respektive busstrafik. I den uppskattning var kostnaden för buss ca 1240kr per tidtabellstimme och Färdtjänst 380 kr per körd timme (ink. tomkörning). Dvs en relativ skillnad på  $1250 / 380 = 3,3$ . Sålunda har vi en indikation på att om en förändring leder till att ökningen av DRT-fordonskilometrar som är större än 3,3 de tidtabellskilometer som de ersätter, är det ej ekonomiskt. Med det

grova antagandet att en DRT-kilometer kostar lika mycket som en färdtjänstkilometer och att Västragötalandsregionens upphandlade trafik är representativ också på Färingsö. Vi är medvetna om att detta är en mycket osäker siffra samt att vid självkörande fordon ökar relativa fördelen för små fordon då förarkostnaden kan elimineras. I Tabell 9 har förändringarna i fordonskilometrar samt antalet fordon återgetts.

**Tabell 9** Förändringar i Tidtabellskilometrar och DRT-fordonskilometrar

	Nollscenario	Grund scen.	Scen 1	Scen 2	Scen 3
Förändring tidtabellskilometrar	(2634)	-1614	-875	-1045	-398
Förändring DRT-fordonskilometrar		9164	2077	2157	2063
Relation DRT-/tidtabellskilometrar		5,7	2,4	2,1	5,2
Förändring antal DRT-fordon		20	10	10	10
Förändring antal bussar		-4	-2,1	-2,6	-1

I tabell 9 kan vi se att ökningen av DRT-fordonskilometrar i relation till tidtabellskilometrar är mindre än 3,3 för Scenario 1 (2,4) och scenario 2 (2,1) och betydligt över för Grund scenariot och Scen 3. Sålunda bör Scen 1 och 2 övervägas i första hand som grundmodell för införande av DRT och i förlängningen självkörande när man beaktar ekonomiska konsekvenser. Om efterfrågan på kollektivtrafik ökar kan sannolikt även Scen 3 övervägas som en grundmodell då det har störst täckning av tidtabellstyrdkollektivtrafik som är mest ekonomisk vid högre efterfrågan.

Om vi beaktar **miljöeffekter** så finns ju många aspekter att väga in som t.ex. effekter av produktionen av fordon, drivmedel (el eller fossilt) mm. Om vi förenklar och fokuserar på fordonskilometrar som det gjordes i Lollandstudien. I den nyttjades The Hand-book of Emission Factors for Road Transport (HBEFA) (se vidare Dytckov et. al., 2022, för mer detaljer och källor) att relatera miljöprestanda mellan DRT-fordon och linjebuss. Både med avseende på utsläpp och energi som krävs för framdrift är den relativa skillnaden runt 4 (dvs en fyra gånger reduktion om buss ersätts med ett mindre fordon, t.ex. minivan). Men om vi förenklar till att anta att fordon med en kapacitet runt 5 passagerare är åtminstone tre till fyra gånger så miljöeffektiva som normala bussar är igen Scen 1 och Scen 2 mest lämpade scenarier (och möjligen Scen 3 med samma motiv som ovan).

## 2.7. Resenärs effekter

### 2.7.1. DRT-tjänsten och dess effekter.

Först bör det tydliggöras att vid införande av DRT blir det en väsentlig förändring för resenären i form av att denne måste beställa sin resa och kan ej bara ställa sig vid en hållplats. Förvisso kan man tänka sig hybridlösningar där DRT-fordonet checkar vid vissa platser för passagerare och kör dem till önskad/möjlig plats, men sådana lösningar är ej av oss kända, åtminstone för system med många upphämtnings och avlämningsplatser.

För att systemet skall kunna leverera en rimlig prestanda krävs att fordonet kan ta en viss omfattning av omväg alt. extra stopp för att plocka upp ytterligare resenärer. Därav bör erbjudandet till resenären vara i någon form av tidsfönster för upphämtning eller avlämning. Då DRT i våra scenarier kör resenärer till/från en stomlinje med fast tidtabell bör tidpunkten för ankomst till eller avfärd från bytespunkten vara fixerad, medans tiden för upphämtning eller avlämning vid de svarta punkterna i Figur 3 bör ges resenären i form av tidsfönster (t.ex. 08.00-08.15) vid förbeställning av resan. Resenären kan förväntas få en fixerad tid strax innan upphämtning. Vid resenärs önskan om att åka nu/så snart som möjligt kan dock resenären få en fixerad tid direkt på förfrågan.

Noterbart är att en resa som resenären företar kan se något annorlunda ut en viss dag beroende på andra resenärers resande även om resenären beställer utifrån samma resmål och tider för avfärd och ankomst (men dock inom erbjudna tidsramar/tidsfönster). Detta beror på att fordonens planerade färdväg beror ju på andra resenärers önskan. Ofta kommer sannolikt resandet se likartat ut dag från dag beroende på att de flesta mönster kommer upprepas samt den geografiska förhållandena gör att DRT-fordonen ofta kommer köra fram och tillbaka utmed nuvarande linjelagda trafik till bytespunkter på stomlinjen.

### 2.7.2. Byten

Då scenario 1 inte sannolikt är varken ekonomiskt eller miljömässigt försvarbart fokuserar vi analysen på Scen 1 till 3. För scenario 2-4 kommer en majoritet av nuvarande kollektivtrafikresenärer på Färingsö inte få fler byten då resenärerna utmed sträckan Solbacka/Stenhamra - Svanhagen samt utmed ny stomlinje utgör en klar majoritet av resenärerna (ses t.ex. genom valideringar för område 6 är 822 och ca 242 utmed ny stomlinje för Scen 1 i relation till dagliga validering inom område 1-5, 7 som är 302). Av denna majoritet reser en stor andel sannolikt från/till Färingsö, och byten vid Svanhagen kan eventuellt bli färre om några eller alla avgångar med Stomlinjen fortsätter av Färingsö.

Resenärer som kommer nyttja DRT får typiskt ett byte till/från stomlinjen för en enkel resa och i vissa fall kommer det vara en ökning av antalet byten då resenärer idag ev. kan ta sig till resmålet utan byte. Vår bedömning är dock att en väsentlig andel av de resenärer som idag nyttjar 314-318 gör minst ett byte för att kunna ta sig till resmålet (t.ex. i Svanhagen eller någon annanstans för att t.ex. ta sig till Stenhamra). Vår användarundersökning visar att utav 63 rapporterade kollektivtrafikresor innehöll 63% (40st) ett eller fler byten. I scenario 2 ges ju en sannolikt ett ökat antal byten för vissa resenärer som reser mellan norra Färingsö och Stenhamra då de nu kan behöva byta i Svanhagen (några av denna grupp resande byter dock redan idag mellan bussar t.ex. i Stenhamra)

Det finns en grupp resenärer som har start och målpunkter vid de svarta prickarna (DRT-hållplatser) inom olika områden på Färingsö som idag behöver en eller i undantagsfall inget byte (om det finns en linje som råkar gå lämpligt idag) som kan få två byten, både från DRT till stomlinje och från stomlinje till DRT för att ta sig till målpunkten. Då vi bedömer att det finns få resmål vid DRT-hållplatser/svarta prickarna, så är sannolikt denna grupp av resenärer relativt liten.

Då majoriteten behåller antal byten eller minskar om stomlinjen förlängs av Färingsö, medan antal byten ökar för en relativt mindre grupp av resenärer, bedömer vi att antalet byten för resenärerna på Färingsö bibehålls i genomsnitt, i alla fall för Scenario 2-4.

### 2.7.3. Restider

Det finns flera sätt att bedöma förändring av restid som en effekt vid införande av DRT. Ett sätt att se på restiden är tiden från resenären kliver ombord på det första fordonet (DRT eller buss) till den kliver av vid sista hållplatsen för sin resa. Om vi först utgår från att bytestiden är obefintlig mellan DRT och stomlinjen. Då får en majoritet av resenärerna på Färingsö bibehållen sådan restid i område 6 (för scenario 2-4). Restiden med påstigning utmed stomlinjen förbättras i de flesta scenarierna eller bibehålls då nuvarande busslinjer typiskt har en avvikelse från stomlinjen/genaste vägen (dock ej 318 som har sin förläggning norr om Färentuna kyrka) som i alla fall för Scenario 2 och 4 kan reduceras. Scenario 3 kan dock leda till förlängning för vissa resenärer till Svanhagen och vidare av Färingsö, då stomlinjen tar omvägen via Stenhamra som vissa resenärer idag kan undvika, t.ex. för påstigande på linje 318 söder om Färentuna kyrka söderut. Alla andra relevanta linjer har idag olika förlängningar (314-317) i förhållande till Stomlinjen för Scenario 2, sålunda gäller denna restidsförlängning endast för en del av dagens resenärer för Scenario 3. För scenario 4 kan restiden förkortas för resenärer mellan norra och Färingsö och Stenhamra. Räknas bytestiden in, inklusive viss marginal vid bytespunkter (från/till DRT från/till stomlinjen) och ev. omväg för resan med DRT kan viss restidsförlängning ske. I stort genom att ställa dagen bussnät med omvägar mot stomlinjen tillsammans med DRT fås i stort ungefär samma restider (några relationer får viss ökning och andra viss minskning), de stora start-och målpunkter Stenhamra och Färentuna kyrka får typiskt samma eller kortare restider. Det bör uppmärksammas att omvägen ett DRT-fordon ev. gör kan variera från dag till dag, även om det i många fall kommer följa rutten för dagens bussar i ytterområden eller genvägar till stomlinjen när sådana finns.

Ett annat sätt att se på restid är att bedöma utifrån hur nära resenären kan åka den tidpunkten denne faktiskt önskar att resa eller komma fram till resmålet. Då får turtätheten mycket stor betydelse. Då stomlinjen har en turtäthet på 15-20 minuterstrafik för våra scenarier 1-3 (15minuter under peak timmar för scenario 3 och 4) medans turtätheten idag för områden 1-5,7 ligger på ca 60-120 minuter (ofta 60 i peak). Jämför man en turtäthet om 15 minuter med 60 minuter så betyder det att resenären behöver vänta i genomsnitt 7,5 minuter respektive 30 minuter i förhållande till en slumpvis vald tidpunkt och i värsta fall 15 respektive 60 minuter. Då DRT förväntas ha en kapacitet att kunna betjäna resenären så att denne kan komma med önskad avgång/ankomst från byteshållplats på stomlinjen, fås en avvikelse i tiden vid DRT-införande som är likvärdig med avvikelse för införda stomlinjerna. Sålunda förväntas resenärerna i områden 1-5,7 få en väsentlig förbättrad turtäthet/mindre avvikelse från önskad avresetid eller ankomsttid vid införande av DRT och stomlinjer. (Område 6 har redan så god turtäthet att här skulle DRT ur denna aspekt ej leda till någon förbättring i scenario 1). Igen bör det noteras att om DRT-fordonen har för liten kapacitet (för få till antalet och/eller för liten kapacitet/sittplatser) i förhållande till efterfrågan kan ju dock förskjutning i tiden ske för resenären beroende på efterfrågan av DRT-tjänsten.

## 2.8. Utveckling av efterfrågestyrd kollektivtrafik On-demand/DRT på Färingsö

Vår analys visar tydligt utifrån ett systemeffektivitetsperspektiv att både traditionell kollektivtrafik kan vara att föredra (vid hög reseefterfråga som för område 6) samt DRT för andra områden. Konsekvensen av det är ju också att DRT kan vara att föredra för vissa tider på dygnet vid låg efterfråga (även för område 6) samt att tidtabellstyrd trafik kan vara att föredra för några peak-timmar (område 1-5,7). Vidare om efterfrågan ändras genom t.ex. inflyttning eller förändrat resmodsvälj (t.ex. att fler bilister väljer kollektivtrafik) förändras det vilken trafik som är att föredra. Ser man det ur ett resenärsperspektiv är sannolikt inte resenären speciellt förtjust i osäkerheten över att inte veta vilken trafik det är som gäller för mina önskade resmål och startpunkter för en viss tidpunkt. Kan också vara en organisatorisk utmaning att med relativt kort tidshorisont ändra från tidtabellstyrd trafik till DRT och vice versa med t.ex. tanke på kontraktuella förhållanden rörande upphandlad trafik och tillgänglighet av lämpliga fordon.

Vår analys pekar på att mycket kan bli bättre för resenärer på Färingsö, objektivt sett, vid ett införande av DRT enligt Scen 1-3, framförallt genom en ökad turtäthet och i vissa fall minskad restid, men för vissa resenärer till priset av ökat antal byten. Detta tillsammans med att användarundersökningar visar på en negativ inställning till byten, bör byten (som inte kan undvikas) göras så positiva för resenären som möjligt, t.ex. genom planering av lämplig marginal för tid, dvs så att trade-off mellan stor marginal för att undvika missat byte och kort bytestid för att slippa väntan noggrant sätts till lämplig nivå. Det är inte orimligt att överväga policier för inväntande av försenat fordon för att kunna ha normalt relativt korta väntetider vid bytespunkter och ändå skapa trygghet hos resenären att komma med förväntad avgång med stomlinjen eller DRT-fordon som planerats. Vidare är det relevant att överväga bra väderskydd och liknande för trivsamt byte samt även se över säkerhetsaspekter vid bytespunkter (både avseende trafiksäkerhet och trygghet).

## 2.9. Några potentiella effekter vid förändrat resbeteende

Då potentiella resenärer gärna undviker ett byte kommer det sannolikt finnas resenärer som väljer att ta sig något längre sträckor (än idag) till stomlinjens hållplats istället för kortare sträckor till DRT-hållplatsen, då det innebär ett färre byte för resenären. Nu har vi uppskattat resenärerna tar DRT om avståndet mellan DRT-hållplatsen och byteshållplatsen på stomlinjen överstiger 300 meter till hållplatsen. (I praktiken finns ingen av de aktuella hållplatserna på mindre än ca 500 meter.) I tabellen 10 har vi beräknat antal dagliga valideringar som finns på hållplatser på olika avstånd (t.ex. innebär att kolumnen 1km visar det totala antalet dagliga valideringar på hållplatser som ligger på avståndet 1 kilometer eller längre från bytespunkt på stomlinjen). Då minskningen av antalet valideringar för område 1-5 och 7 sker från 302 till 180 (dvs 40%) skulle även behovet av antalet DRT resor kunna minskas med ca 40% för Scenario 2-4 och med ca 12% för hela Färingsö. Ur ett systemperspektiv är ju det positivt (leder till färre fordonskilometrar för DRT-fordonen) om resenären väljer att ta sig en längre sträcka till stomlinjen.

**Tabell 10** Dagliga valideringar för DRT-hållplatser vid olika minsta avstånd till stomlinje hållplats

	Dagliga Valideringar			
Min Avstånd	0,3km	1km	2km	3km
Omr. 1-7	1123	1073	987	770
Omr. 1-5,7	302	257	180	72

Om systemet uppfattas som attraktivt för några bilister kan det öka antalet nyttjare av systemet. Vår användarundersökning pekade på att hybridresor förekommer där bil och kollektivtrafik kombineras (sådana resor utgjorde 18%). Rimligen borde denna grupp av resenärer kunna lockas enklare till DRT + kollektivtrafik än bilisten som åker hela vägen med bil. Dock är underlaget för lite för att förstå varför denna grupp ej åker kollektivtrafik idag.

Noterbart är om dessa bilister redan innan kört bil till lämplig hållplats fås knappast någon förbättring ur ett samhällsperspektiv om den enskildes fordon är lika energi- och miljöeffektivt som ett DRT-fordon. Detta beroende på att effektivitetsnivån i DRT-systemet ej förväntas överstiga 1 i genomsnitt, så varje direktkilometer från DRT-hållplats till bytespunkt genererar i genomsnitt fler (eller ungefär lika många) kilometer med DRT-fordonet än om resenären tar sin egna bil till bytespunkten. Kontentan är att om DRT-resan ersätter en bilresa längre än DRT-delen (t.ex. en resa till/från Färingsö) så är det positivt ur ett samhällsperspektiv men om DRT-resan ersätter en bilresa till en pendelparkering är det mer tveksamt om det är samhällseffektivt (beror t.ex. på fordonets miljöprestanda). Om DRT-resan ersätter en cykelresa är den återigen inte samhällseffektivt (om man t.ex. beaktar energi och utsläpp).

## 2.10. Slutsatser och möjligt fortsatt arbete

För att mer fullödigt kunna utreda effekterna för systemet och för resenärerna saknas främst god origin-destination data för resor på och till och från Färingsö. I sådant fall kan bättre estimeringar göras för behovet av DRT samt effekter för resenärerna. När huvudscenarier för DRT valts kan ytterligare användarundersökning också ge tydligare bild av acceptans och ev. byteseffekter från/till kollektivtrafik från andra mod såsom bil och kanske cykel.

Med valideringsdata (dvs påstigande) bedömer vi att en ganska god bild dock kan fås av systemeffekter om del av kollektivtrafiksystemet ersätts med DRT och resenärerna behåller sitt resandemönster. Med systemeffekter menar vi främst behovet av antal DRT-fordonskilometer, antal DRT-fordon och övergripande resenäreffekter i form av restid samt förändring av utbudskilometer för tidtabellstyrd buss. Dock gäller detta, dvs ger en god bild, främst om resorna utgör pendlingstrafik (fram och tillbaka) dvs att avstigningar kan uppskattas ske vid samma punkter som påstigningar skett. Önskvärt är också att påstigningsdata är tidsstämplad så att både spridning mellan dygn och över dygnet kan uppskattas. Överlag förenklas analysen om resmöjligheterna inte är komplexa genom t.ex. att resande sker i stråk till och från annan huvudort/området (som är fallet med Färingsö). I analysen är det lämpligt att lokalkännedom finns så att t.ex. omfattning och

egenskaper för avvikelser från normalresandet (pendling till och från huvudort) kan uppskattas.

En intressant aspekt är att undersöka effekterna och intresset för mer dörr-till-dörr-lik transport eller åtminstone en utökning av platser som DRT betjänar. Resultat från andra studier kan till viss del användas för att göra analys av sådana effekter. När det gäller simuleringar, som är ett lovande verktyg för att utveckla framtida DRT lösningar samt att undersöka och jämföra deras potentiella effekter, finns det dock fortfarande brister när det gäller hur realistiska och relevanta dessa simuleringar är. Det finns en stor variation av parametrar som påverkar utformningen av DRT, skillnader mellan olika områden och resenärernas resvanor med mera. Därför är det svårt att dra generella slutsatser från befintliga studier kring hur vissa DRT scenarier kan påverka resandet.

Vi har indikerat på de positiva effekterna av att betjäna vissa DRT-hållplatser med tidtabellstyrd trafik under peak-timmen och kanske framförallt resor till och från skolor. Hur och effekterna av sådana lösningar är intressanta att undersöka djupare utifrån både systemeffekter (inklusive tillgången på fordon) och resenärernas perspektiv. Färingsö har ett relativt högt resande i peak-timme utifrån vad vi kan bedöma (dock lite oklart om det är pga att en del av valideringar är bytesvalideringar under peak).



### 3. Referenser

- [1] F. Pettersson, "An international review of experiences from on-demand public transport services," K2 Working Paper 2019:5 [Online], 2019. Available: <https://www.k2centrum.se/international-review-experiences-demand-public-transport-services>
- [2] J. A. Persson, Å. Jevinger, P. Davidsson, S. Dytckov, F. Lorig, H. Svensson and Zhao C., "Efterfrågestyrd kollektivtrafik – systemeffekter och acceptans," K2 Outreach 2023:1 [Online], 2023. Available: <https://www.k2centrum.se/efterfragestyr-d-kollektivtrafik-systemeffekter-och-acceptans>
- [3] J. Brake, J. D. Nelson and S. Wright, "Demand responsive transport: towards the emergence of a new market segment," *Journal of Transport Geography*, vol. 12(4), pp. 323-337, 2004.
- [4] C. Mulley and J. D. Nelson, "Flexible transport services: A new market opportunity for public transport," *Research in Transportation Economics*, vol. 25(1), pp. 39-45, 2009.
- [5] L. Davison, M. Enoch, T. Ryley, M. Quddus and C. Wang , "Identifying potential market niches for Demand Responsive Transport," *Research in Transportation Business & Management*, vol. 3, pp. 50-61, 2012.
- [6] S. Dytckov, "Modelling and Simulating Demand-Responsive Transport," *Thesis for Licentiate Degree*, Studies in Computer Science, No. 25, Malmö University Press [Online], 2023. Available: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:mau:diva-62403>
- [7] S. Dytckov, J. A. Persson, F. Lorig, and P. Davidsson, "Potential benefits of demand responsive transport in rural areas: A simulation study in Lolland, Denmark," *Sustainability*, vol. 14(6), 3252, 2022.
- [8] P. Miller, A. G. de Barros, L. Kattan and S. C. Wirasinghe, "Public transportation and sustainability: A review," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 20(3), pp. 1076-1083, 2016.
- [9] S. E. Schasché, R. G. Sposato and N. Hampl, "The dilemma of demand-responsive transport services in rural areas: Conflicting expectations and weak user acceptance," *Transport Policy*, vol. 126, pp. 43-54, 2022.
- [10] M. Fransson, "Färdplan Färingsö – Kort sammanfattning av projektet. Analys och utvärdering av efterfrågestyrda autonoma bussar för effektivare kollektivtrafik på landsbygden," Drive Sweden [Online], 2023. Available: <https://www.drivesweden.net/projekt/fardplan-faringso>
- [11] J. A. Persson and F. Lorig, "Analys av införande av efterfrågestyrd kollektivtrafik på Färingsö," Drive Sweden [Online], 2023. Available: <https://www.drivesweden.net/projekt/fardplan-faringso>
- [12] Statistiska centralbyrån (2022). *Statistikdatabasen* [Online]. Available: <https://www.statistikdatabasen.scb.se/>
- [13] Statistiska centralbyrån (2023). *Folkmängd och befolkningsförändringar - Kvartal 3, 2023* [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/folkmangd-och-befolkningsforandringar---manad-kvartal-och-halvar/folkmangd-och-befolkningsforandringar---kvartal-3-2023/>
- [14] Ekerö Kommun (2024) *Pendlarstatistik* [Online]. Available: <https://www.pendlarstatistik.se/stockholms-lan/ekero-kommun/>
- [15] Region Stockholm (2020). *Resvaneundersökning 2019* [Online]. Available: <https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/trafik/resvanor/RVU-stockholms-lan-2019.pdf>.
- [16] Trafikförvaltningen, "Färdplan Färingsö – Nulägesbeskrivning," Region Stockholm [Online], 2022. Available: <https://www.drivesweden.net/projekt/fardplan-faringso>

- [17] Stockholms Länstrafik (2024). *Kartor Stockholms län: Väster om Stockholm - Ekerö* [Online]. Available: <https://sl.se/reseplanering/kartor/stockholms-lan/>
- [18] N. Ronald, R. Thompson and S. Winter, “Simulating demand-responsive transportation: a review of agent-based approaches,” *Transport Reviews*, vol. 35(4), pp. 404-421, 2015.
- [19] S. Dytckov, F. Lorig, P. Davidsson, J. Holmgren and J. A. Persson, “Modelling commuting activities for the simulation of demand responsive transport in rural areas,” *International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*, SciTePress, vol. 1, pp. 89-97, 2020.
- [20] F. Lorig, J. A. Persson and A. Michielsen, “Simulating the Impact of Shared Mobility on Demand: a Study of Future Transportation Systems in Gothenburg, Sweden,” *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, vol. 21(1), pp. 129-144, 2023.
- [21] Trafikkontoret Göteborg Stad (2023). *Eldsjal – Elektriska delade självkörande fordon i det framtida fossiloberoende transportsystemet* [Online]. Available: <https://www.drivesweden.net/sites/default/files/2022-09/slutrappport-eldsjal.pdf>
- [22] ITF (2018). *Shared Mobility Simulations for Dublin*. International Transport Forum Policy Papers [Online], No. 58, OECD Publishing, Paris. Available: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shared-mobility-simulations-dublin.pdf>
- [23] COWI (2019). *The Oslo Study: How Autonomous Cars May Change Transport in Cities*. Available: <https://www.cowi.com/insights/how-autonomous-cars-may-change-transport-in-cities>
- [24] K. Viergutz and C. Schmidt, “Demand responsive- vs. conventional public transportation: A MATSim study about the rural town of Colditz, Germany,” *Procedia Computer Science*, vol. 151, pp. 69-76, 2019.



K2 är Sveriges nationella centrum för forskning och utbildning om kollektivtrafik. Här möts akademi, offentliga aktörer och näringsliv för att tillsammans diskutera och utveckla kollektivtrafikens roll i Sverige.

Vi forskar om hur kollektivtrafiken kan bidra till framtidens attraktiva och hållbara storstadsregioner. Vi utbildar kollektivtrafikens aktörer och sprider kunskap till beslutsfattare så att debatten om kollektivtrafik förs på vetenskaplig grund.

K2 drivs och finansieras av Lunds universitet, Malmö universitet och VTI i samarbete med Region Stockholm, Västra Götalandsregionen och Region Skåne. Vi får stöd av Vinnova, Formas och Trafikverket.

[www.k2centrum.se](http://www.k2centrum.se)

