



Analys av införande av efterfrågestyrd kollektivtrafik på Färingsö

Jan Persson och Fabian Lorig, K2 – The Swedish Knowledge Centre for Public Transport and Department of Computer Science and Media Technology, Malmö University.

Inledning

Rapporten är gjord inom projektet "Färdplan Färingsö" och skriven av MAU/K2 med input från övriga aktörer i projektet, Sustainable innovation, Trafikförvaltningen Stockholm och Ekerö kommun. Huvudskribent har varit Jan Persson, med stöd av framförallt Fabian Lorig samt Åse Jevinger (granskat och kommenterar) och data förberedelse av Alberto Enrique Alvarez Uribe.

Syftet med rapporten är att belysa de övergripande sannolika effekterna av införande av en ny stomlinje kompletterad med efterfrågestyrd kollektivtrafik på Färingsö som 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.

En avgränsning är att analysen bygger på relaterade studier av efterfrågestyrd kollektivtrafik – även kallad DRT (Demand Responsive Transport) och On-demand kollektivtrafik – och ej på explicita simulering och/eller införande av DRT på Färingsö. Med DRT avser vi ett efterfrågestyrt fordon (som delad taxi) som anpassar sin rutt baserat på resenärernas transportbehov vid en viss tidpunkt och som i framtiden bör kunna utföras med självkörande fordon. Om konceptet efterfrågestyrd kollektivtrafik (DRT) kan man läsa mer om i K2-rapporten (K2 Outreach 2023:1) "Efterfrågestyrd kollektivtrafik – systemeffekter och acceptans"¹.

Denna rapport berör:

- Analys av dagens kollektivtrafikresande på Färingsö främst baserat på valideringar (dvs påstigande)
- Olika scenarier för införande av stomlinje och till del ersättning av nuvarande tidtabellstyrd kollektivtrafik med efterfrågestyrd trafik (DRT).
- För de olika scenarierna estimerade effekter på:
 - o Tidtabellkilometrar (buss), DRT-fordonskilometrar, samt behov av antalet DRT-fordon (peak timme på en vardag)
 - o Uppskattad kostnadseffekter (relativt tidtabellstyrd kollektivtrafik och DRT)
 - o Miljöeffekter givet relationen av miljöprestanda för olika fordonstyper
 - o Grova uppskattningar av förändringar avseende restider och antal byten för resenärer

Analysen baseras på beräknat behov av DRT avseende direkta transportavstånd, geografisk spridning och dess tidsfördelning (genomsnitt och peak). Vidare görs förenklingar i analysen då s.k. Origin-Destination-data (OD) för resenärer saknas som underlag utan utgörs i första hand av data för

¹ <https://www.k2centrum.se/efterfragestyrd-kollektivtrafik-systemeffekter-och-acceptans>

påstigande/validering i nuvarande kollektivtrafik utförd med tidtabellstyrda bussar. Viss beläggningsdata finns också men endast för en del av bussavgångarna under analyserad period (September 2022).

Dagen kollektivtrafik och grundidén för ny

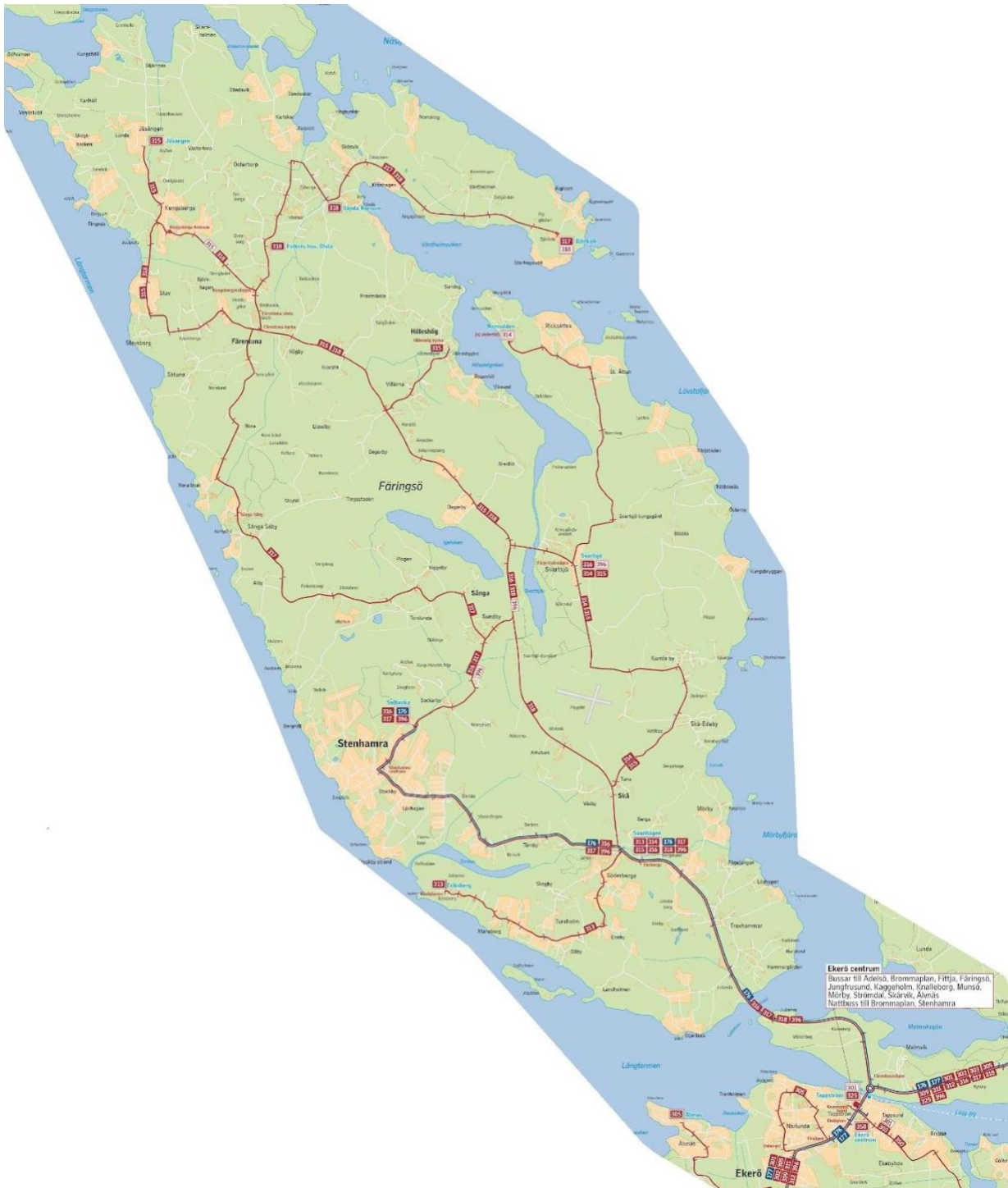
I en nulägesrapport inom projektet belyses nuläget på Färingsö som kan läsas som bakgrundsmaterial.

I korthet var idén, som bakgrund till projektet, att ersätta ett nät med gles kollektivtrafik på Färingsö med en stomlinje samt DRT som matar till och från stomlinjen. Schematisk bild av linjerna för Färingsö återges nedan i Figur 1.



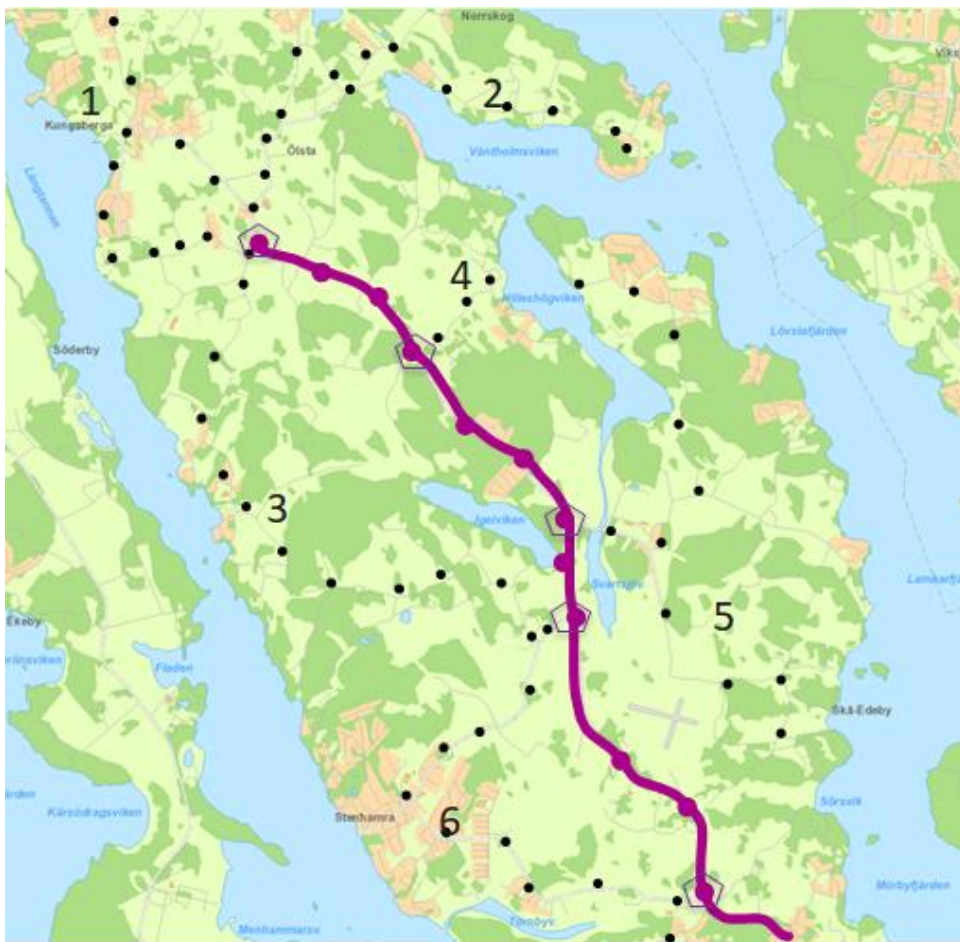
Figur 1 Schematisk illustration av busslinjer på Färingsö.

Vidare ges en översikt av busslinjerna i Figur 2.



Figur 2 Linjekarta för Färingsö

Idén är att ersätta ovanstående busslinjenät med följande: en stomlinje (lila linje) samt hållplatser för påstigande (lila punkter) och byten från/till DRT till stomlinje (lila punkter med femtagon runt), se Figur 3. De svarta punkterna symboliserar tidigare busshållplatser som vi antar kommer att användas för på- och avstigande för DRT trafiken.



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

Notera att linje 313 mestadels återfinns utanför/nedanför Figur 3, och utgör område 7 i vår områdesindelning. Områdesindelningen är gjord utifrån ändpunkterna på nuvarande buslinjenät och utgör ett sätt att analysera efterfrågan för olika områden.

Analys

Metod

Den grundläggande metod som använts bygger på att estimerar antalet påstigande och avstigande vid de svarta punkterna i Figur 3, 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 estimerar 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 kompensationer 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.

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. Då avgångstiden för bussen från linjens första hållplats har använts istället för exakt tid bussen är vid hållplats finns en viss förskjutning i tid för insamlad data, dvs även om en påstigning i datan är klassificerad som skett mellan 07 och 08 kan den i själva verket skett

efter 08. Valideringsdatan innehåller också information om vilken riktning bussen har varit påväg 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.

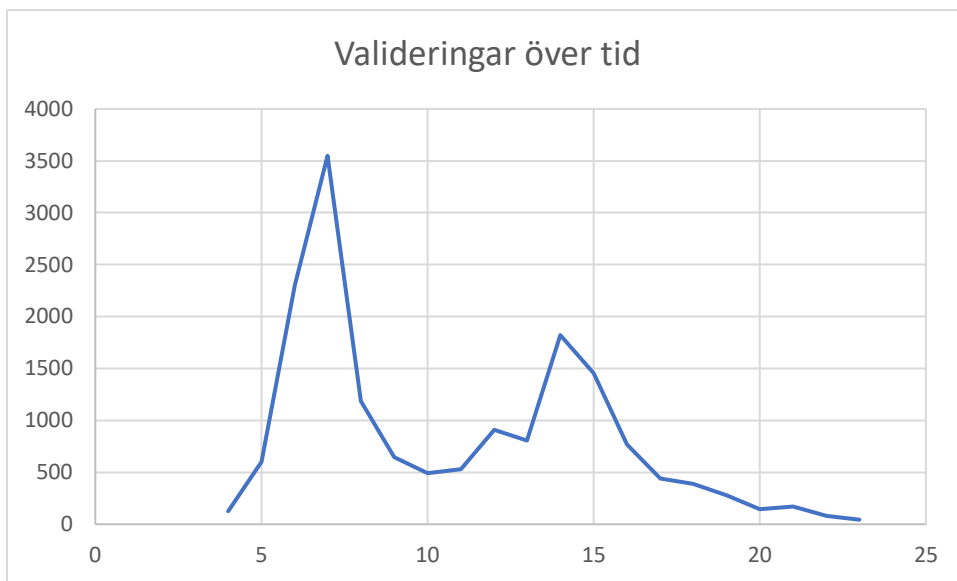
Vidare indikerar beläggningsdatan att det färdas 840 resenärer söderut från Svanhagen per dygn, vilket skall jämföras med 1123 valideringar i område 1-7 per dygn. Även om beläggningsdatan ej är komplett och valideringsdata ej inkluderar påstigande utmed tänkt stomlinje, är det en tydlig fingervisning 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).

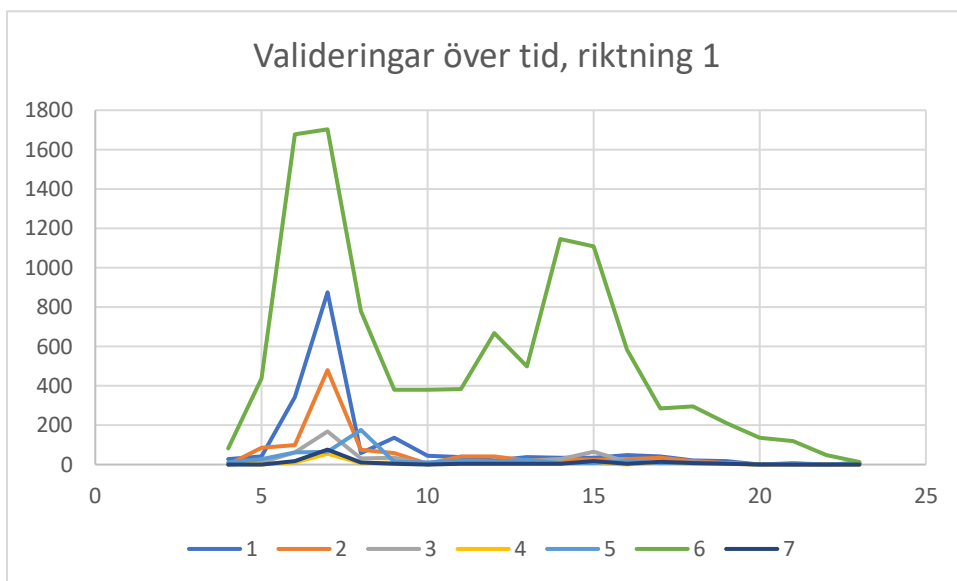
Dock finns några felkällor här. Dels indikerar en påstigning i nordlig riktning (riktning 2) vid en DRT-hållplats (svart punkt) oftan en resa mellan ganska närliggande hållplatser som skulle kunna utföras mha av en DRT resa per validering (dvs att resan löses med ett DRT-fordon), åtminstone för områden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

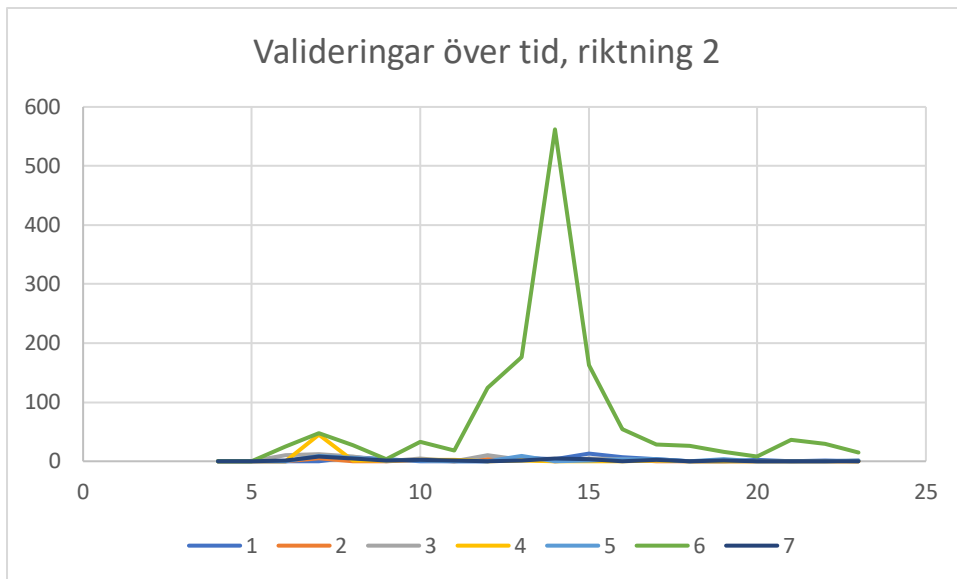
Enligt valideringsdatan finns en peak i timmen mellan 7-8 för samtliga områden (se Figur 1). Förhållande är tydligt i alla områden utom område 6, där en nästan lika stor peak finns under timmen 14 till 15 detta beroende på att valideringar i riktning 2 (dvs norrut) också förekommer i väsentlig omfattning. En rimlig förklaring är att det finns viss pendlingstrafik (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 4 Totala antal valideringar under dygnets timmar (15 arbetsdagar) för samtliga områden (1-7).



Figur 5 Antal valideringar för respektive område under dygnets timmar (15 arbetsdagar) – riktning 1



Figur 6 Antal valideringar per område under dygnets timmar (15 arbetsdagar) – riktning 2

Figurerna ovan visar totalt antal validering för båda riktningarna (Figur 4) under 15 arbetsdagar (2022-09-05 till 2022-09-25). Samt antal validering i riktning 1 (Figur 5) vilka är betydligt fler än i riktning 2 (Figur 6) 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 estimerar 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 estimerar 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

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

Några 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. 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 och Lolland, avser också landsbygdsområdena dock med en betydlig större yta och, som en följd av detta, en lägre befolkningstäthet. Andra studier undersöker DRT i storstäder, som t.ex. Göteborg, Dublin och Oslo, och hjälper oss att jämföra och förstå hur olika parametrar påverkar DRT. 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 ²)	Invånare per km ²	Fordon	Kapacitet (platser)	Trips	Trips per fordon	fkm	fkm 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.

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) medans 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 kilometer 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 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		Hela	ej omr. 6	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	
Implikation på Färingsö							
	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.

Estimat fordonskilometrar och av antal DRT-fordon

Igen bedömer vi Lollandstudien vara mest relevant för Färingsö. På Lolland var värdet för effektivitetsmättet 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 räcka 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 karakteristikerna 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 förutom område 6 till Svanhagen via 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 kilometer för resorna). Vi landar i att ca 20 fordon borde räcka 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.

Scenario idag och framtid

När vi tagit fram scenarier har vi utgått från att undvika väsentliga försämringar i restider och frekvens för flertalet av resenärer och siktat på förbättringar, samt undvikit scenarier som sannolikt leder till orealistiskt kostnadsökningar. Den fördjupade analysen nedan introducerar scenarierna och ger fördjupad bild av sannolika effekter.

DRT-tjänsten förutsätts i nedanstående scenarier att lösa hållplats-till-hållplats transporter från hållplatser som i scenariot betjänas av DRT till och från bytespunkter mellan DRT och stomlinje (femkanter i figuren ovan). 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). Sålunda antar vi att tidsfönstret för att betjänas med DRT antas ej vara 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 ungefärliga servicekvalitet som 60-minuterstrafik (avseende högsta väntetid) som antagits i Lollandstudien.

Introduktion av Scenarierna och estimeringar för scenarierna

I det följande introducerar vi scenarierna samt ger grundläggande estimat av effekter på bussutbudet i form av tidtabellskilometer 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 kilometer som DRT-fordonen behöver rulla utgår vi igen från nuvarande kollektivtrafiksresande (September 2022) under vardagar. I vårt underlag har vi haft tidtabellsdata för våren 2022, vilken har använts för beräkningar.

Noll-scenariot

Representerar dagens kollektivtrafik (avseende hösten 2022) för vilken vi haft tillgång till valideringsdata (samt viss beläggningsdata). Då servades Färingsö med linjerna 176, 313-318 samt 396 (natt). Linje 176 har en turtäthet på ca 15-20 minuter, medan övrig trafik ligger på ca 60-120 minuterstrafik (men variationer förekommer).

Då vi främst tänker oss förändringar av trafik norr om Svanhagen samt för linje 313 har vi extraherat 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/tur	Tot. km	Solbacka/Stenh amra - 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	
Summa						2634	740

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 bussavgångar på t.ex. kvällar. En grov uppskattning på minsta antalet bussar som behövs på Färingsö blir då att $ca\ 2634/27/15=6.5st$ 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

Grundscenario: en ny stomlinje + DRT

Ett scenario som utgjorde grundidén för detta projekt innebär att all kollektivtrafik på Färingsö ersätts med DRT och en stomlinje, se Figur 3. Sålunda servas all kollektivtrafik mha DRT förutom avseende hållplatserna utmed stomlinjen. Föreslagen stomlinje i detta scenario sätts till 15-20 minuterstrafik, som för linje 176 med 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) vilket innebär att 1826 DRT-resor per dygn varav ca 272 behöver ske under peak-timme 7-8. Uppskattningsvis fås följande förändringar

Tabell 5 Estimerade förändring för grundscenariot

Förändring busstidtabellskilometrar	1020 – 2634 = -1614km
Besparing antal bussar	1614/27/15= 3,98
DRT-resor (per dygn)	1826
Direkta kilometrar	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.

Scenario 1: en ny stomlinje + behåll bussar på sträckningen (Solbacka/Stenhamra – Svanhagen)

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

En ny Stomlinjen föreslås om 15-20-minuterstrafik från Färentuna kyrka– Svanhagen (50 turer i vardera riktning), som för grundscenariet.

DRT får sålunda serva områden 1-5, 7, samt några hållplatser norr om Solbacka/Stenhamra (ej Solbacka) i område 6, dvs Signesberg, Sundby by, Karlslund och Sockarby, medan resterande hållplatser i område 6 servas av nuvarande busslinjer. 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 kilometrar 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 1

Förändring busstidtabellskilometrar	1020 - 2634 + 740 = -875km
-------------------------------------	----------------------------

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

Scenario 2: en lång stomlinje vi Stenhamra

I detta scenario låter vi stomlinjen gå vid Stenhamra istället för direkt till Svanhagen. Effekten blir att stomlinjen kan ses som att övergå i linje 176 i Solbacka/Stenhamra. I övrigt blir busstrafiken lik den i Scenario 1. 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 $81 + 13$ fordonskilometer.

Tabell 7 Estimerade förändring för Scenario 2

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

I detta scenario servas Stenhamra med förbindelser norrut på ett effektivare sätt än i Scenario 2.

Scenario 3: två nya stomlinjer

Här tänker vi oss en kombination av Scenario 1 och 2 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 busstidtabellskilometer 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 busskilometer för stomlinjerna om $ca 80 \cdot 8,5 \text{ km} + 80 \cdot 10,2 \text{ km} = 1496$

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 3

Förändring busstidtabellskilometer	$1496 - 2634 + 740 = -398 \text{ km}$
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.

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 serverar 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 Grundscenariet) 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

	Nollscenari o	Grund scen.	Scen 1	Scen 2	Scen 3
<i>Förändring tidtabellskilometrar</i>	(2634)	-1614	-875	-1045	-398
<i>Förändring DRT-fordonskilometerar</i>		9164	2077	2157	2063
<i>Relation DRT-/tidtabellskilometrar</i>		5,7	2,4	2,1	5,2
<i>Förändring antal DRT-fordon</i>		20	10	10	10
<i>Förändring antal bussar</i>		-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 Scen 1 och 2 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).

Resenärs effekter

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.

Byten

Då grundscenariot inte sannolikt är varken ekonomiskt eller miljömässigt försvarbart fokuserar vi analysen på Scen 1 till 3. För scenario 1-3 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 1 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 1-3.

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 1-3). 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 1 och 3 kan reduceras. Scenario 2 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 1, sålunda gäller denna restidsförlängning endast för en del av dagens resenärer för Scenario 2. För scenario 3 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 2 och 3) 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 grundscenariet). 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.

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 resmönster (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 nogsamt sätts till lämplig nivå. Det är inte orimligt att överväga policies 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).

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 sträcka 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 1-3 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 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).

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.

En andra 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.

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 väsentlig del av valideringar är bytesvalideringar under peak).

Referenser

- COWI (2019). The Oslo Study: How Autonomous Cars May Change Transport in Cities. <https://www.cowi.com/insights/how-autonomous-cars-may-change-transport-in-cities>
- Dytckov, S., Lorig, F., Davidsson, P., Holmgren, J., & Persson, J. A. (2020). Modelling commuting activities for the simulation of demand responsive transport in rural areas. In International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (Vol. 1, pp. 89-97). SciTePress.
- Dytckov, S., Persson, J. A., Lorig, F., & Davidsson, P. (2022). Potential benefits of demand responsive transport in rural areas: A simulation study in Lolland, Denmark. *Sustainability*, 14(6), 3252.
- ITF (2018). Shared Mobility Simulations for Dublin. International Transport Forum Policy Papers, No. 58, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/e7b26d59-en>.
- Lorig, F., Persson, J. A., & Michielsen, A. (2023). Simulating the Impact of Shared Mobility on Demand: a Study of Future Transportation Systems in Gothenburg, Sweden. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 21(1), 129-144.
- Persson, J. A., Jevinger, Å., Davidsson, P., Dytckov, S., Lorig, F., Svensson, H., & Zhao, C. (2023). Efterfrågestyrd kollektivtrafik – Systemeffekter och acceptans. K2 OUTREACH 2023:1.
- Trafikkontoret Göteborg Stad (2023). Eldsjäl – Elektriska delade självkörande fordon i det framtida fossiloberoende transportsystemet. <https://www.drivesweden.net/sites/default/files/2022-09/slutrapport-eldsjal.pdf>
- Viergutz, K., & Schmidt, C. (2019). Demand responsive- vs. conventional public transportation: A MATSim study about the rural town of Colditz, Germany. *Procedia Computer Science*, 151, 69-76.