

# Kollektivassigment i EMMA og VISUM

Odd I. Larsen

Høgskolen i Molde

Stockholm 15.12.2010

# Algoritmene

- VISUM → Random Departure Time (RDT)  
(Hasselström, 1981)
- EMMA → Optimal Strategy (OS)  
(Spiess & Florian, 1989)  
Kommer med modifisert versjon (OS-mod)

# Forutsetninger i modellene

- Adferd
- Tilgang til – og bruk av – informasjon fra tidtabeller
- ”Systemegenskaper” – spesielt den statistiske fordeling av tidsintervallet mellom ruteavganger

# Adferd

## -for begge modeller gjelder:

- "Rasjonelle trafikanter" som ønsker å minimalisere generalisert reisekostnad.
- Kommer uniformt fordelt til holdeplasser, eventuelt uniform fordeling for ønsket avreise- og/eller ankomsttidspunkt.
- De tar ikke hensyn til variasjon (varians/standardavvik) på reisetiden i sitt rutevalg, bare forventningsverdier.
- Ved mye "stokastikk" kunne vi tenkt oss "trade off" mellom forventningsverdi og varians i forbindelse med rutevalg.

# Tidtabellinformasjon

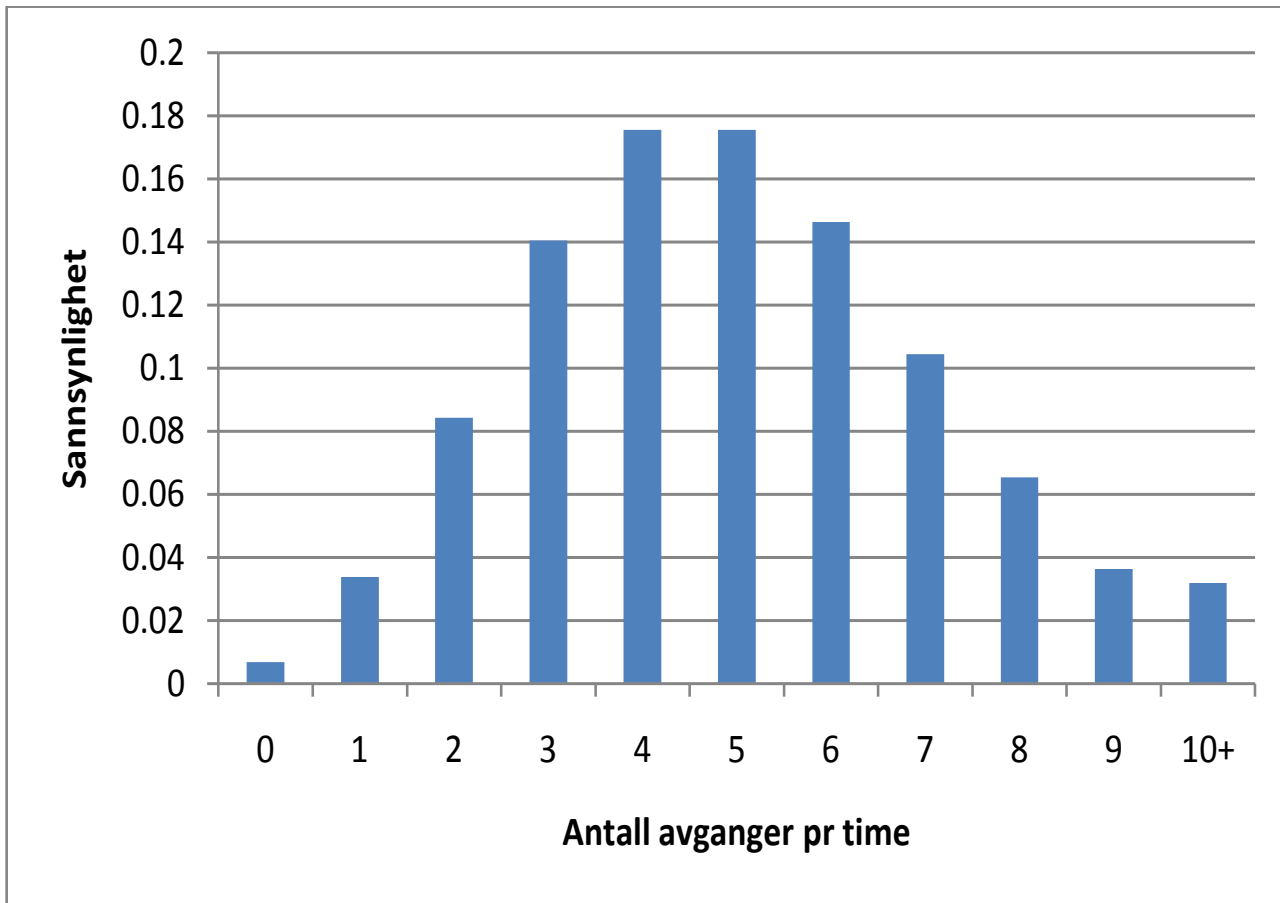
- Ex ante → trafikantene planlegger reiseruten ved hjelp av tidtabeller før reisen starter. De betrakter reisetiden som sikker og gitt ved tidtabellene.
- Ex post → Tidtabellene blir "avslørt" ved ankomst til en stasjon. Ex ante kjenner man da bare avgangsintervaller og fremføringstider. Reisetiden blir en stokastisk variabel for trafikantene.
- Ingen bruk av tidtabellinformasjon.

# Forskjellene

- OS – algoritmen forutsetter at trafikantene ikke benytter tidtabellinformasjon.
- OS-mod antar bruk av tidtabellinformasjon ex post, men måten dette gjøres på virker noe ad hoc preget.
- RDT – algoritmen kan håndtere bruk av tidtabellinformasjon både ex ante og ex post.

# ”Systemegenskaper”

- RDT forutsetter ”pålitelig” system hvor rutene følger tidtabeller med de avgangsintervaller som er kodet for de enkelte ruter.
- Resultatene som produseres representerer et gjennomsnitt over settet av mulige tidtabeller.
- OS forutsetter eksponensielt fordelt avgangsintervall med forventningsverdi lik den headway som er kodet.
- Eksempel: 2 ruter med henholdsvis 30 minutt og 20 minutt avgangsintervall.



*Figur 1: Poisson-fordeling med forventningsverdi 5.*



# OS-algoritmen

- Implisitt ligger det egentlig forutsetninger som innbærer et meget "upålitelig" system.
- Ingen konsekvenser så lenge bare forventningsverdier benyttes.
- Fordel: Algoritmen er numerisk sett meget effektiv.
- Ulempe: Algoritmen regner som om det er samme tidsintervall mellom alle avganger. 5 avganger pr time gir 12 minutt og gjennomsnittlig ventetid på 6 minutt.
- Ved pålitelig system vil gjennomsnittet over alle tidtabeller gi ventetid på 7,78 minutt (RDT).
- Forutsetningen om systemegenskaper sammen med forutsetningen om adferd/informasjon gjør at fordelingen mellom ruter skjer proporsjonalt med frekvensen.

## Attraktive ruter-OS

OS-algoritmen starter med den raskeste ruten ( $i=1$ ) og beregner forventet generalisert kostnad ( $GC^{(1)}$ ) – inklusive forventet ventetid – som:

$$GC^{(1)} = gc_1 + \frac{1}{2} w \frac{60}{f_1} \quad (1)$$

Hvis

$gc_2 \leq GC^{(1)}$  tas også rute 2 med i det attraktive sett av ruter og det skjer en oppdatering:

$$GC^{(2)} = \frac{f_1 gc_1 + f_2 gc_2 + \frac{1}{2} w 60}{f_1 + f_2} \quad (2)$$

$GC^{(2)}$  er sammensatt av 2 komponenter. Gjennomsnittlig generalisert kostnad etter påstigning gitt ved:

$$\overline{gc}^{(2)} = \frac{f_1 gc_1 + f_2 gc_2}{f_1 + f_2} \quad (3)$$

Dvs et veid gjennomsnitt av  $gc$  for de to ruter med vektor proporsjonale med frekvensen. I tillegg har man kombinert forventet ventetid gitt ved:

$$EW^{(2)} = \frac{1}{2} w \frac{60}{f_1 + f_2} \quad (4)$$

Hvis

$gc_3 \leq GC^{(2)}$  tas også rute 3 med i det attraktive sett av ruter og det skjer en oppdatering:

$$GC^{(3)} = \frac{f_1 gc_1 + f_2 gc_2 + f_3 gc_3 + \frac{1}{2} w 60}{f_1 + f_2 + f_3} \text{ osv} \quad (5)$$

Det attraktive settet av ruter bestemmes ved:

$$gc_{i+1} > GC^{(i)}$$

# Attraktive ruter, OS-mod

$GC^{(1)}$  beregnes som ved (1). Dersom  $gc^{(2)} \leq GC^{(1)} = gc_1 + EW^{(1)}$  kommer rute nr 2 med i det attraktive sett.

Da beregnes imidlertid en justert frekvens for rute 2 som:

$$f_2^* = f_2 \cdot \left(1 - \frac{gc_2 - gc_1}{EW^{(1)}}\right) \text{ der } 0 < \left(1 - \frac{gc_2 - gc_1}{EW^{(1)}}\right) \leq 1 \quad (7)$$

Generelt får vi:

$$f_k^* = f_k \cdot \left(1 - \frac{gc_k - \overline{gc}^{(k-1)}}{EW^{(k-1)}}\right) \quad (8)$$

Den justerte frekvensen benyttes ved oppdateringen (2), (3) og (4) og nest rute generalisert kostnad for neste rute sammenlignes med  $GC^{(2)}$  osv. Den modifiserte algoritme følger altså den opprinnelige OS-algoritme bortsett fra at alle frekvenser, med unntak av første rute, nedjusteres med formelen (8).

Fordelingen av trafikanter mellom ruter gjøres også på samme måte som i den opprinnelige OS-algoritmen, men ved bruk av de justerte frekvenser. Det vil si at i OS-algoritmen har vi sannsynlighene:

$$P(i) = \frac{f_i}{\sum_{k=1}^I f_k}, \text{ mens vi i den modifiserte algoritmen har}$$

$$P(i) = \frac{f_i^*}{f_1 + \sum_{k=2}^I f_k^*} \quad (9)$$

# Attraktive ruter, RDT

Det attraktive sett i RDT-algoritmen defineres ved alle ruter "k" som tilfredsstillers kravet:

$$gc_k \leq \min_i \{gc_i + wh_i\}$$

Dette kravet innebærer at de ruter som er i det attraktive sett vil få trafikk ved minst én konstellasjon av tidtabeller. Ved et gitt sett av tidtabeller kan det imidlertid godt være at ikke alle ruter får trafikk hvis trafikantenes adferd er som forutsatt.

# Flere attraktive ruter med RDT

*Tabell 1: Attraktive ruter for simulerte tilbud. Forutsatt vekt på ventetid = 1.5*

<b>Antall ruter (n)</b>	<b>Gj.sn. antall attraktive ruter (OS)</b>	<b>Gj.sn. antall attraktive ruter (RDT)</b>
<b>2</b>	1.82	1.97
<b>3</b>	2.08	2.74
<b>4</b>	2.29	3.34
<b>5</b>	2.61	4.43

Kilde: Larsen & Sunde (2008)

# Eksempel

<i>Rute</i>	<i>Ombordtid (min)</i>	<i>Avgangsintervall (min)</i>
A	20	30
B	35	20
C	40	15

**Tabell 3: Assignment med "Optimal strategy"**

<i>Rute</i>	<i>Andel m/1,5</i>	<i>Andel m/2,0</i>
A	0,4000	0,2222
B	0,6000	0,3333
C	0	0,4444
Gjsn. ombordtid	29,0	33,9
Komb. ventetid	6,0	3,3
Vektet totaltid	38,0	40,6

**Tabell 4: "Optimal strategy" - modifisert**

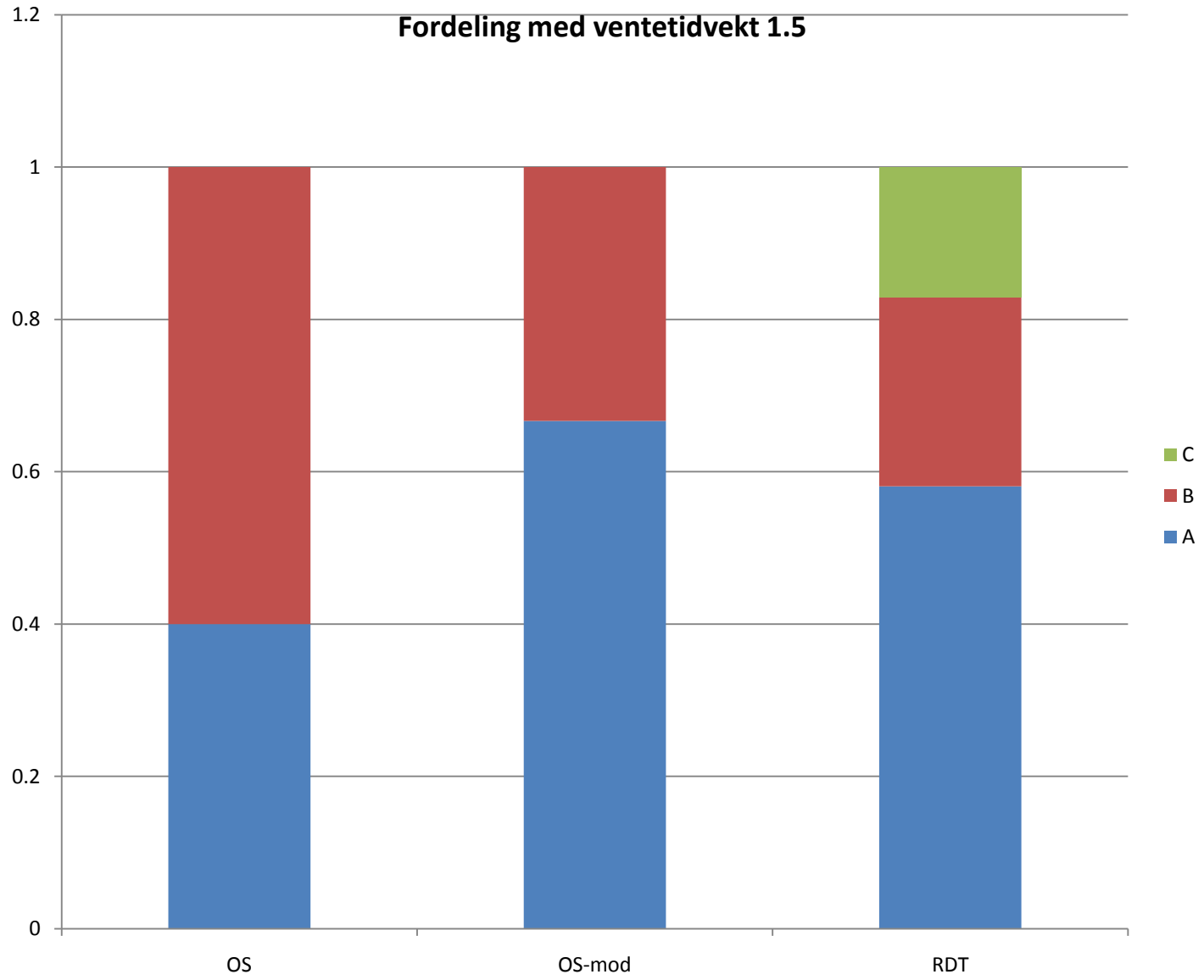
<i>Rute</i>	<i>Andel m/1,5</i>	<i>Andel m/2,0</i>
A	0,6667	0.4615
B	0,3333	0.3462
C	0	0.1923
Gjsn. ombordtid	25.0	29,0
Komb.ventetid	10.0	6,9
Vektet totaltid	40.0	42,9

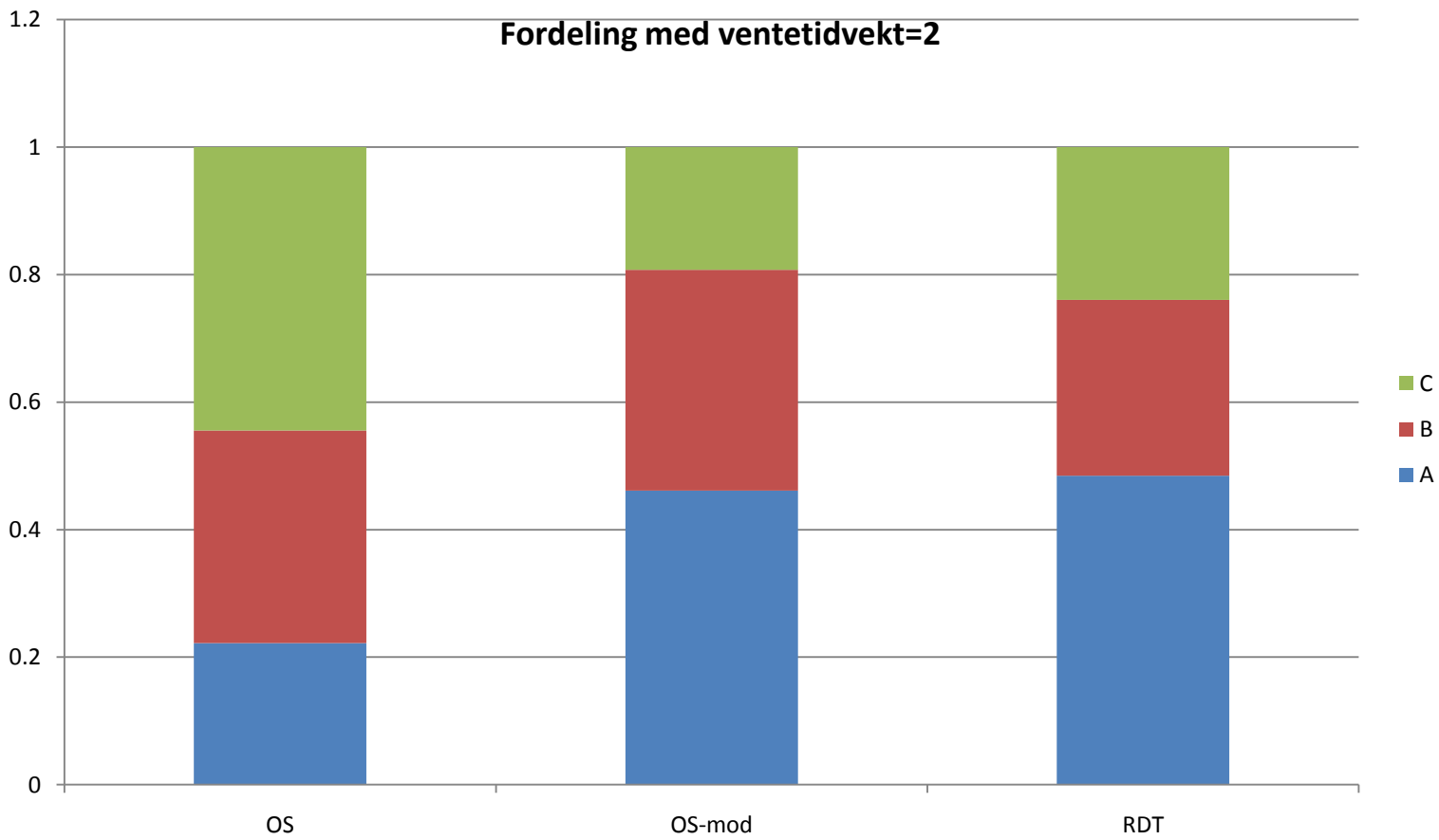


**Tabell 5: RDT assignment**

<i>Rute</i>	<i>Andel m/1,5</i>	<i>Andel m/2,0</i>
A	0.5810	0.4844
B	0.2477	0.2760
C	0.1713	0.2396
Gj.sn ombordtid	27.1	28.9
Komb.ventetid	7.3	6.3
Vektet totaltid	38.1	41.4

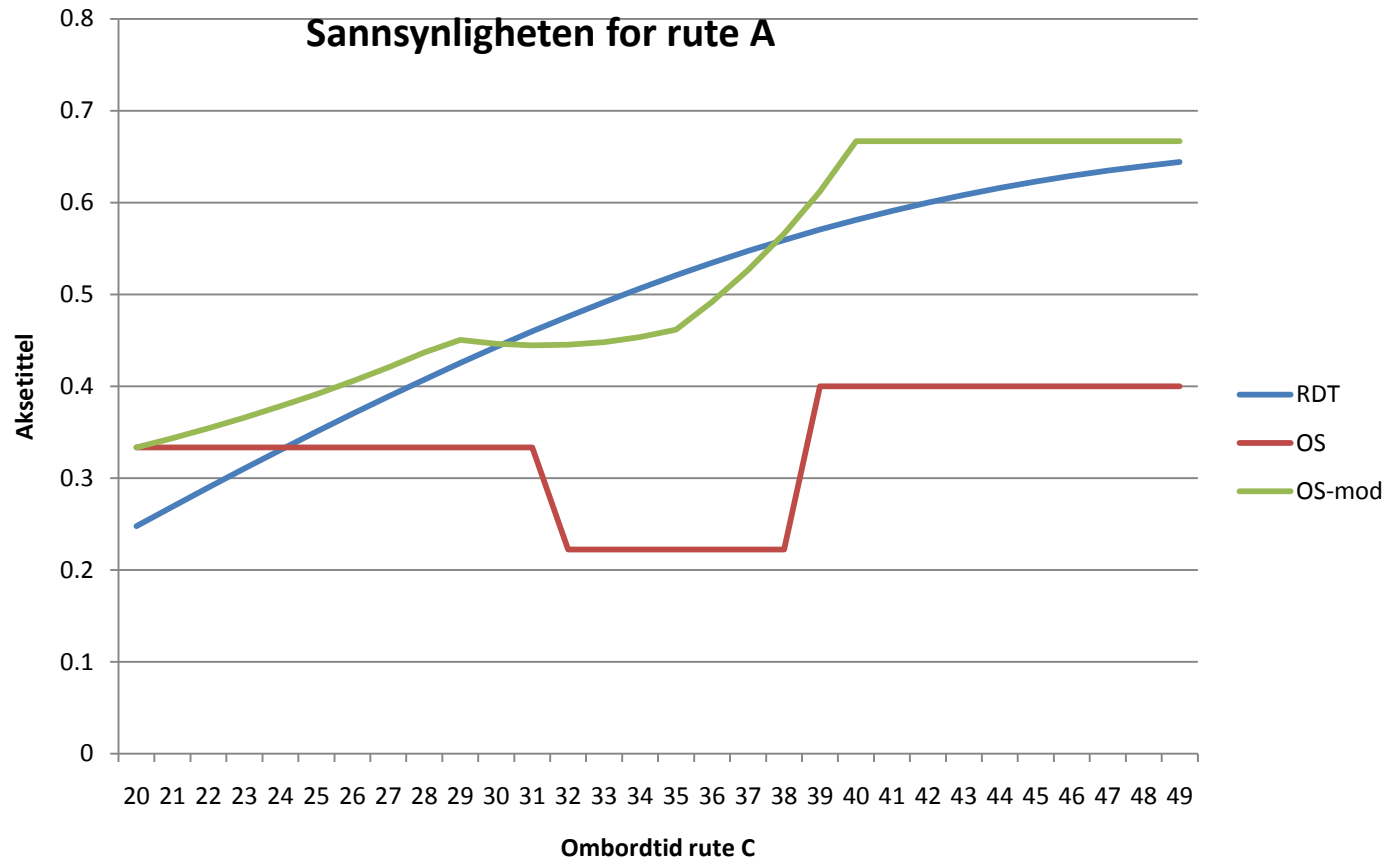
Fordeling med ventetidvekt 1.5





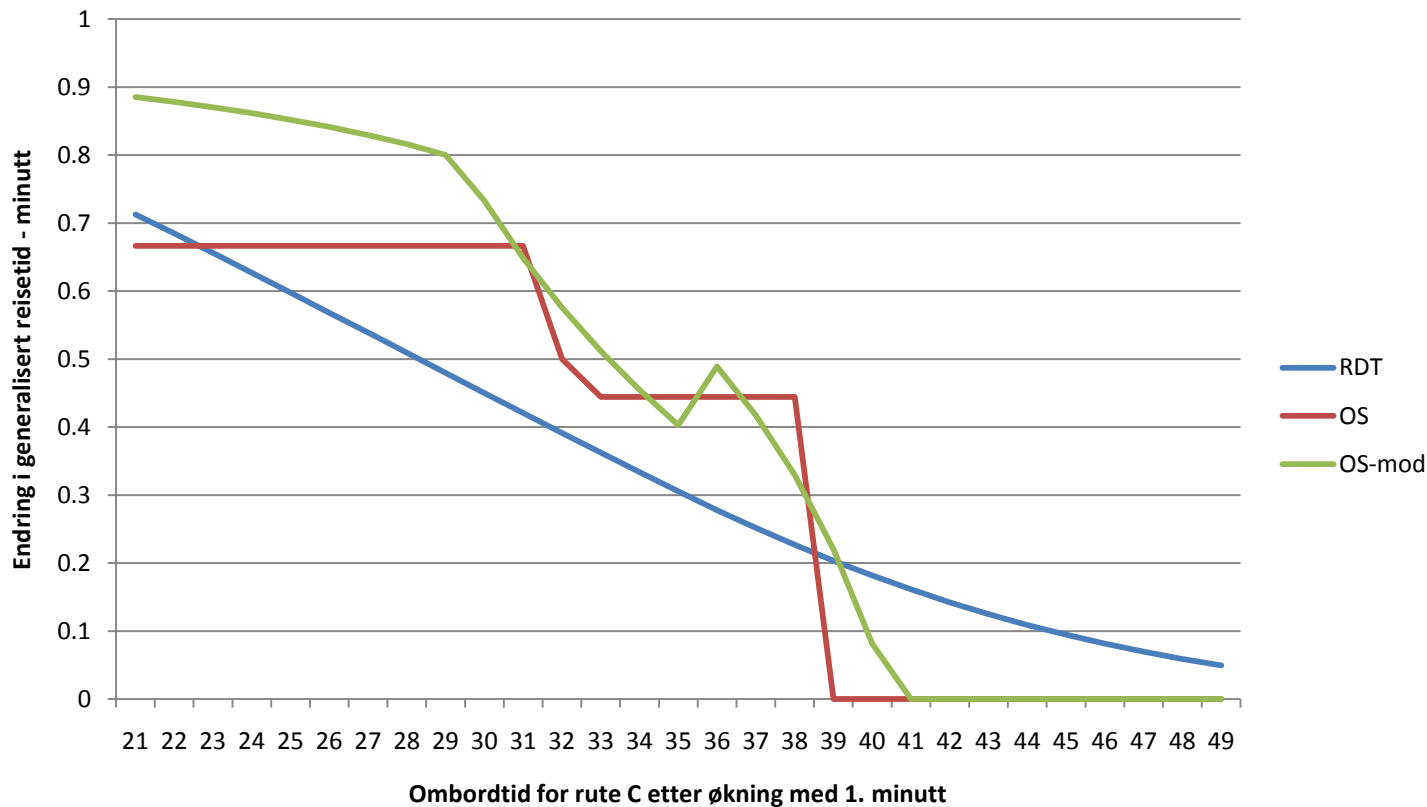
# Evaluering av endringer i tilbud

- Det viktigste er kanskje at en modell evaluerer små endringer på en korrekt måte.
- Algoritmene gir forskjellig resultat

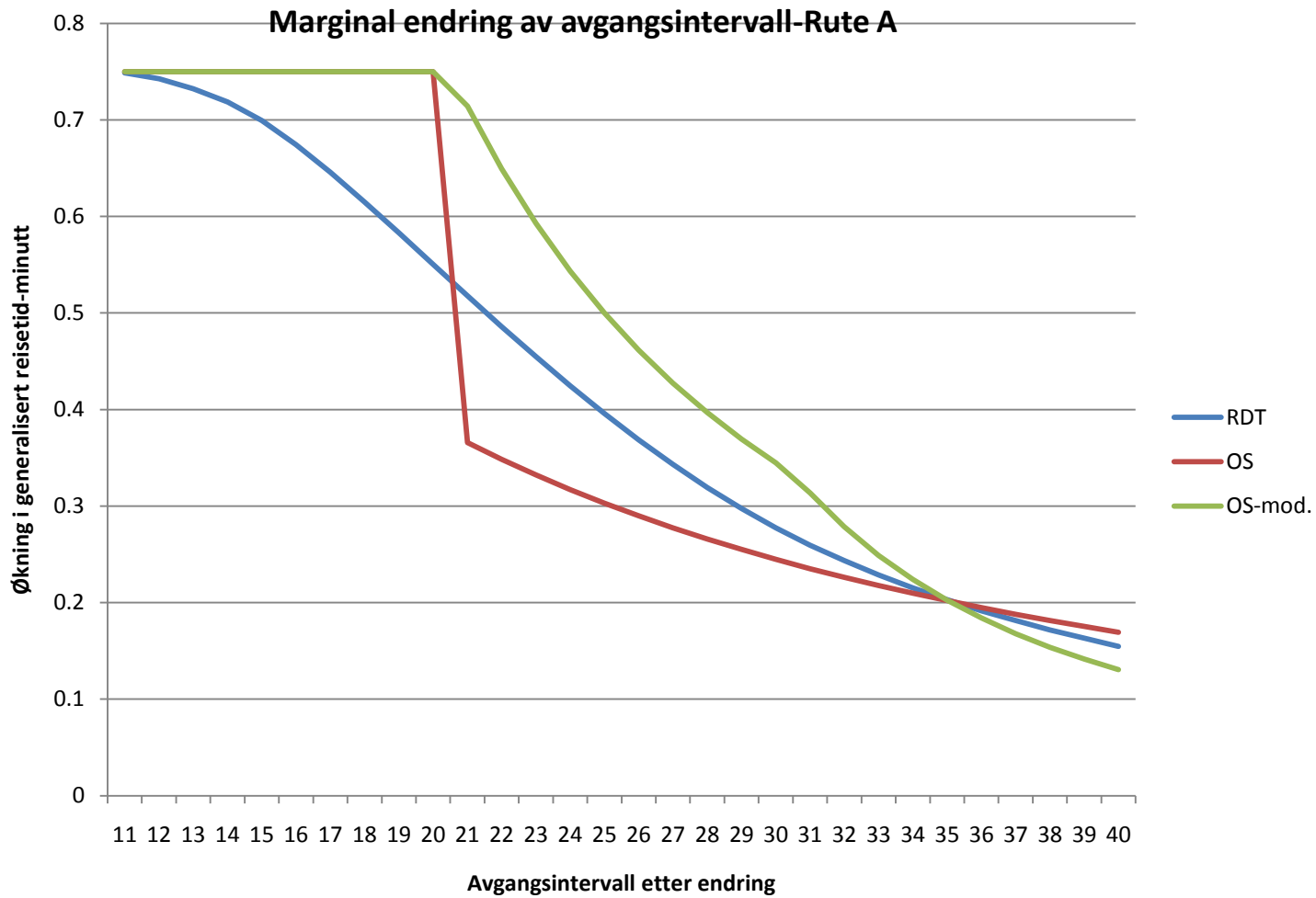


*Figur 4: Ventetidsvekt=1.5*

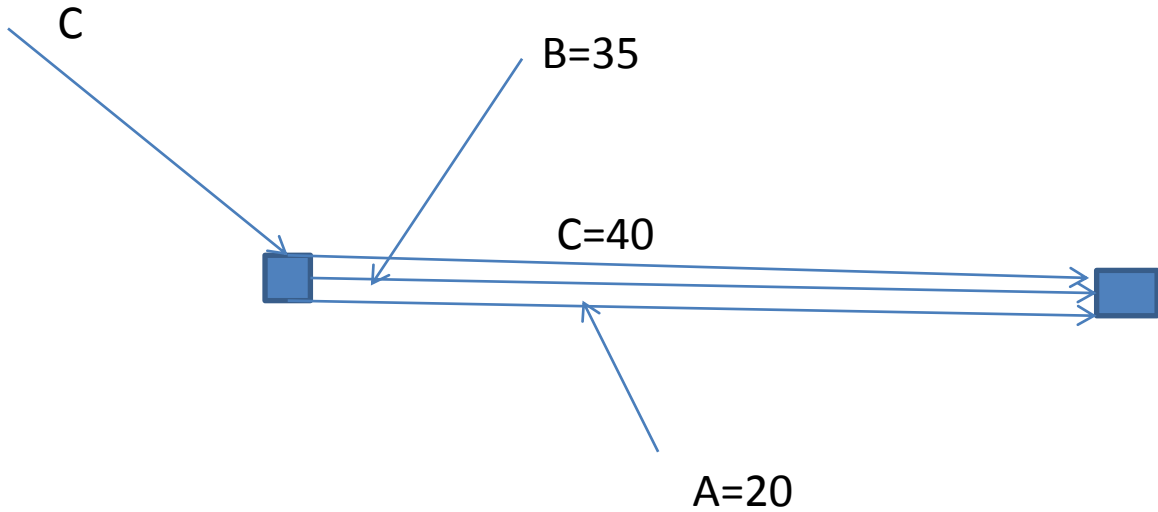
### Evaluering av marginal endring i ombordtid for rute C



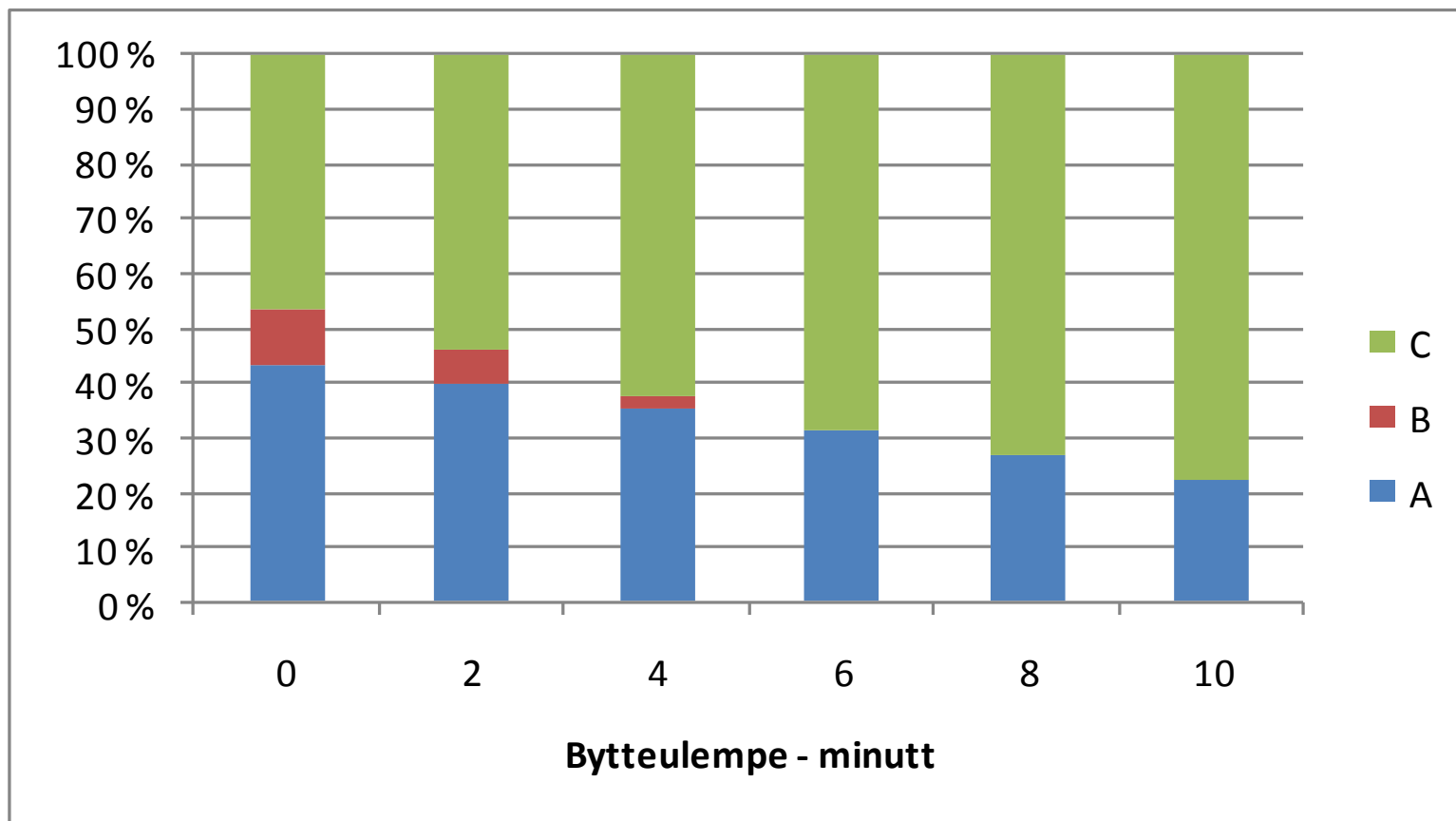
Figur 8: Ombordtid for rute C økt i step på 1 minutt. Ventetidsvekt=1.5



*Figur 9: Avgangsintervall for Rute A økt i step på 1 minutt. Ventetidsvekt =1.5*







*Figur 10: Videre fordeling av trafikanter som ankommer holdeplass med rute C. Ventetidsvekt=1.5*

# Andre forhold

- Takster
- Vekting av tid for ulike ruter (eks buss, tog, T-bane)
- Forsinkelser