

Analyse af transport af containere fra genbrugspladser

Sanne Wøhlk

28/10 2020

Nedenstående rapport giver en analyse af de transportmæssige konsekvenser (antal ruter og km.) af at skifte fra fast returnering af containere fra genbrugspladser til et mere fleksibelt returneringssystem. Rapporten giver detaljer for hver af de fire partnere der har leveret data til analysen.

1. Datagrundlag

Analysen er baseret på baggrund af data fra fire områder i Danmark. Data er summeret i Tabel 1. Vi angiver antallet af genbrugspladser og antallet af modtageranlæg. Antallet af containertyper er relevant i den fleksible returnering. Første interval angiver det antal containertyper det er i grunddataet. Tallene i parentes angiver de antal vi har reduceret til i containeranalysen. Derudover angiver tabellen antallet af datasæt, samt de gennemsnitlige afstande internt mellem genbrugspladserne og de gennemsnitlige afstand fra genbrugspladserne til modtageranlæggene.

# Genbrugspladser	8 – 24
# Modtageranlæg	8 – 18
# Container typer	5-9 (5-6, 3-4)
# Data sæt	989
Gns. km ml. pladser	10,5 – 32,0 km
Gns. km til modtager	21,0 – 39,8 km

Tabel 1

Figurer viser genbrugspladsernes og modtageranlæggenes placering.



Figur 1

2. Antagelser

Der er brugte følgende antagelser:

- Tider
 - Tider og km for kørsel kommer fra et krak-lignende system.
 - Der er brugt 8 timer som tidsbegrænsning for en dags arbejde. Denne kan ikke overskrides.
 - Der er brugt service tider på 7, 8, 7 minutter for opsamling, tømning, aflæsning af en container. Disse service tider og også anvendt hvis containeren ikke flyttes fysisk.
- Der er anvendt en algoritme til optimering at kørsel. Algoritmen minimerer først og fremmest antallet af ruter (den straffes med hvad der svarer til 500 km for hver rute den bruger på en given dag), og sekundært minimerer den kørte km.
- Hver rute starter ved første opsamling og slutter ved sidste aflæsning. Dvs der "betales" hverken km eller tid for at køre til første opsamling eller fra sidste aflæsning. Af denne grund er det også vigtigt at der først og fremmest minimeres antal ruter, da der eller kan spares en masse kørsel ved at bruge flere ruter.
- Algoritmen stiler imod at minimere omkostninger ($500 \cdot \text{antal biler} + \text{km}$) men garanterer ikke at løsningerne er optimale. For at skabe større sikkerhed omkring resultaterne, er algoritmen kørt 25 gange for hvert scenarie og det er minimum over disse 25 gentagelser der er brugt i analysen.

3. Fast vs. fleksibel returnering af containere

Vi ønsker at sammenligne de to scenarier:

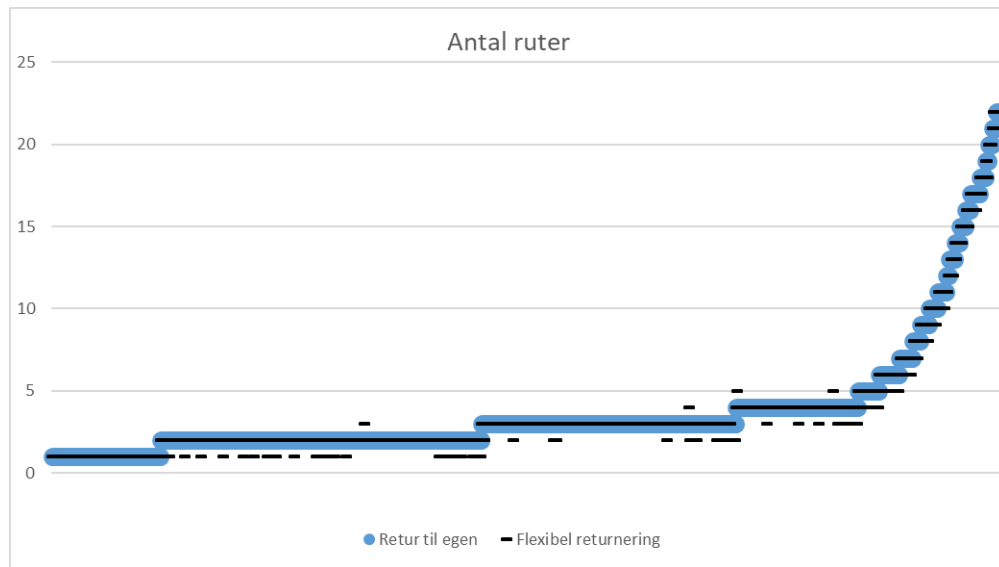
- **Retur til egen:** ALLE containere samles op, køres til modtageranlæg og returneres til det sted hvor de blev samlet op (også hvis opsamlingsstedet faktisk er et modtageranlæg og der reelt er tale om en returkørsel).
- **Fleksibel returnering af containere:** Når der bruges fleksibel returnering betyder det at containere af samme type (høj, lav, osv) kan byttes rundt i forbindelse med at de sættes tilbage – dog således at HVERT sted slutter med samme antal af hver type som de startede med. Dvs. containerne samles op og køres til et forudbestemt modtageranlæg. Derefter returneres de til en af de pladser der havde mindst én container af den pågældende type til tømning den dag.

3.1 Vigtigt om analysen:

Algoritmisk usikkerhed: Hvis vi havde de optimale løsninger, ville retur til egen aldrig kunne blive bedre end fleksibel returnering. Det skyldes at vi tilføjer mere fleksibilitet til modellen. Når man bruger algoritmer der ikke garanterer at finde den optimale løsning, er der en algoritmisk usikkerhed der gør at "det forkerte" scenarie bliver bedst i nogle af kørslerne. Det er derfor vigtigt at man kører over en tilstrækkelig mængde data og ser på gennemsnitstal fremfor at fokusere på enkeltværdier. Analysen er lavet på baggrund af 989 datasæt. For disse er der 36 tilfælde hvor "det forkerte scenarie" er bedst. Det er et relativt lille antal og givet ikke grund til bekymring.

3.2 Antal ruter

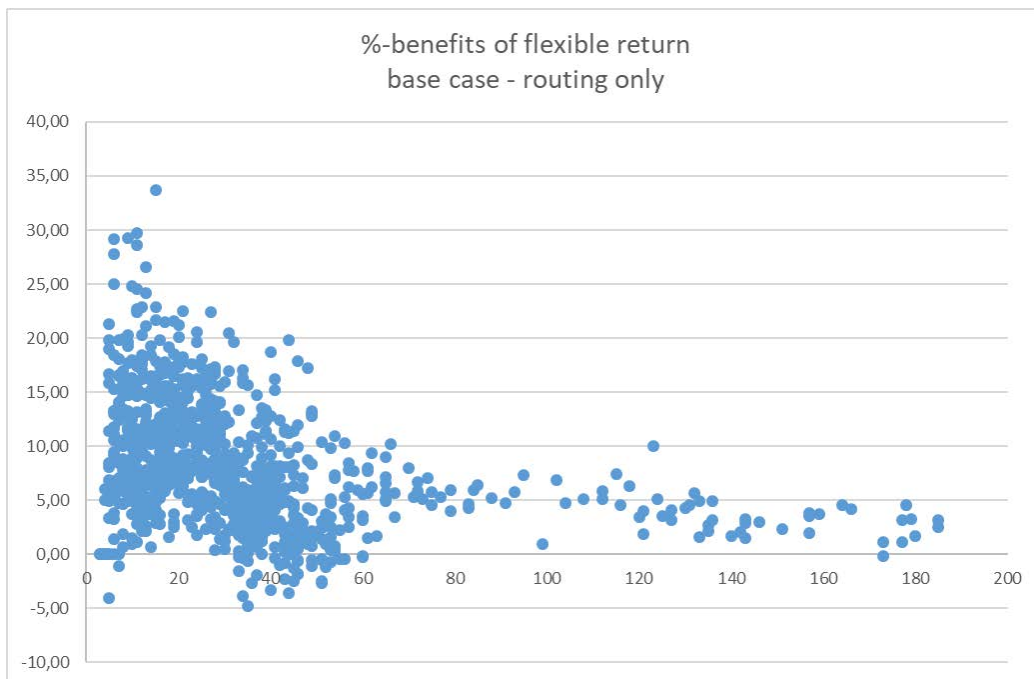
Antallet af ruter kan ses som et estimat for antallet af køretøjer, da hvert køretøj har fået lov til at køre en rute af max 8 timer. Figur 2 viser antallet af ruter brugt i løsningerne for retur til egen (blå) og fleksibel returnering (sort). X-aksen angiver blot datasæt. Ud af de 989 datasæt er der sparet en rute ved brug af fleksibel returnering i 104 tilfælde. I 5 tilfælde giver den algoritmiske usikkerhed et ekstra køretøj og i de resterende 880 tilfælde er der brugt samme antal ruter. Dvs. der spares en rute i ca 10% af tilfældene.



Figur 2

3.3 Kørte km

Figur 3 viser den procentvise besparelse i kørt distance ved at bruge fleksibel returnering af containere i forhold til den faste returnering. Hvert område er angivet med en separat farve, x-aksen angiver antallet af containere der skal tømmes i det enkelte datasæt og y-aksen angiver den procentvise forbedring.



Figur 3

Den gennemsnitlige besparelse er 8,2%. Gennemsnittet varierer mellem områderne, men der er ikke noget i fx de gennemsnitlige afstande der direkte kan forklare forskellene. De store besparelser ses fortrinsvist for datasæt med få containere.

4. Fast vs. fleksibel returnering for sammenlagte containere

I scenariet med fleksibel returnering af containere er det containere af samme type der kan returneres til hinandens startsteder. Derfor vil flere containere af samme type skabe større fleksibilitet og det vil sige at færre forskellige container typer har potentiale for yderligere besparelser ved at anvende fleksibel returnering af containere. Til at undersøge dette, er der lavet to ekstra dataserier, *merge 1* og *merge 2* (hver med 989 datasæt), hvor antallet af containertyper er reduceret til de i Tabel 1 angivne størrelser. Alt andet i datasættene er uændret.

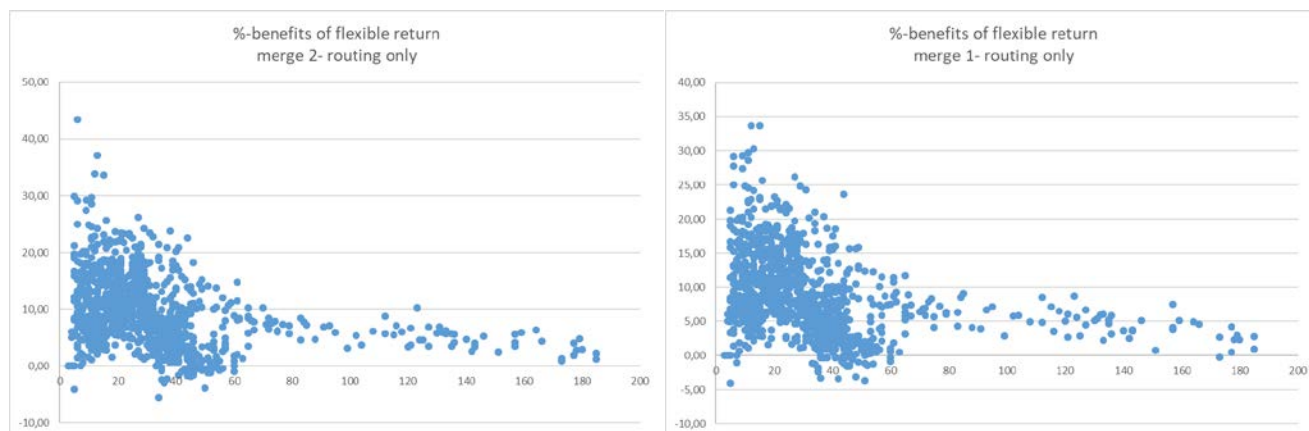
Resultaterne er meget lig dem vi fandt ovenfor.

Tabel 2 viser i hvor mange af de 989 datasæt der blev sparet en rute ved brug af fleksibel returnering, i hvor mange tilfælde den algoritmiske usikkerhed gav det modsatte resultat og i hvor mange tilfælde der blev brugt det samme antal ruter. Tabellen viser resultaterne for de to versioner af sammenlægning samt det originale datasæt som blev undersøgt ovenfor.

	Original	Merge 1	Merge 2
Der spares en rute	104	115	122
Samme antal ruter	880	869	864
En rute mere (alg. usikkerhed.)	5	5	3

Tabel 2

Figurer 4 viser den procentvise besparelse ved at bruge fleksibel returnering i hver af de to dataserier med sammenlagte containere.



Figur 4

Den gennemsnitlige besparelse i det originale datasæt var 8,2%. for merge 1 er det 8,8% og for merge 2 er gennemsnittet 9,4%.

Som det ses af resultaterne i denne sektion, er den procentvise besparelse der kan opnås via fleksibel returnering relativt uafhængig af containersammenlægningen. Der er en lille tendens til at mere containersammenlægning, og dermed færre containertyper, gør at besparelsen ved fleksibilitet er større. Det skyldes at fleksibiliteten kan udnyttes bedre med få containertyper. Men der er tale om marginale forskelle.