

Mindemyren



**Spis godt. Lev godt.**

Optimalisering av distribusjon

November 2024

# Contents

<b>1</b>	<b>Lineær Programmeringsmodell For Ruteoptimering</b>	<b>1</b>
1.1	Mengder . . . . .	1
1.2	Parametere . . . . .	1
1.3	Målfunksjon . . . . .	1
1.4	Begrensninger . . . . .	2
1.5	Forklaring av Data . . . . .	3
1.5.1	Avstandsmatrise . . . . .	3
1.5.2	Prioriteringstabeller . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Lineær Programmeringsmodell for Tidsskjemaoptimalisering</b>	<b>5</b>
2.1	Mengder . . . . .	5
2.2	Parametere . . . . .	5
2.3	Målfunksjon . . . . .	5
2.4	Begrensninger . . . . .	5
2.5	Forklaring av Data . . . . .	6
2.5.1	Lossingstider . . . . .	6
2.5.2	Google Maps Tidsestimat basert på avgangstidspunkt . . . . .	6
2.5.3	Data fra tidligere modell . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>7</b>
3.1	Mandag til Fredag . . . . .	7
3.1.1	Optimal Leveringsruter og Tidsplaner . . . . .	7
3.1.2	Optimal Med Fast Buffer . . . . .	8
3.2	Lørdag . . . . .	9
3.2.1	Utgangspunkt i mTSP modellen.. . . .	9
3.3	Søndag . . . . .	10
3.3.1	Optimal Leveringsruter og Tidsplaner . . . . .	10

## Innledning

Formålet med modellen er å optimalisere leveringsrutene for bakerier ved å minimere den totale distansen som kjøres, samtidig som prioriteringer for tidlige leveranser ivaretas. Modellen sikrer effektiv ruteplanlegging som reduserer kostnader og miljøpåvirkning ved å minimere CO<sub>2</sub>-utslipp, basert på kjørte distanser.

## 1 Lineær Programmeringsmodell For Ruteoptimering

La  $x_{d,i,j}$  være en binær variabel som indikerer om ruten går fra bakeri  $i$  til bakeri  $j$  på dag  $d$ .  
La  $u_{d,i}$  være en hjelpevariabel for å eliminere delruter på dag  $d$  for bakeri  $i$ .

### 1.1 Mengder

- $BA$ : Mengden av alle Bakerier
- $DAGER$ : Mengden av dager i uken (ordnet)

### 1.2 Parametere

- $AVSTAND_{i,j}$ : Avstanden mellom bakeri  $i$  og bakeri  $j$
- $PRIORITET_{d,i}$ : Prioritet for å besøke bakeri  $i$  på dag  $d$

### 1.3 Målfunksjon

Minimer total distanse og prioriter tidlige åpninger for hver dag:

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{d \in DAGER} \sum_{i \in BA} \sum_{\substack{j \in BA \\ i \neq j}} AVSTAND_{i,j} \cdot x_{d,i,j} \\ & + \sum_{d \in DAGER} \sum_{i \in BA} \sum_{\substack{j \in BA \\ i \neq j \\ i \neq MM \\ j \neq MM}} PRIORITET_{d,i} \cdot x_{d,i,j}. \end{aligned}$$

## 1.4 Begrensninger

$$\sum_{j \in BA, j \neq i} x_{d,i,j} = 1, \quad \forall d \in DAGER, i \in BA \setminus \{MM\}$$

$$\sum_{i \in BA, i \neq j} x_{d,i,j} = 1, \quad \forall d \in DAGER, j \in BA \setminus \{MM\}$$

$$u_{d,i} - u_{d,j} + |BA| \cdot x_{d,i,j} \leq |BA| - 1, \quad \forall d \in DAGER, i, j \in BA \setminus \{MM\}, i \neq j$$

$$\sum_{j \in BA \setminus \{MM\}} x_{d,MM,j} = 1, \quad \forall d \in DAGER$$

$$\sum_{i \in BA \setminus \{MM\}} x_{d,i,MM} = 1, \quad \forall d \in DAGER$$

$$u_{d,MM} = 0, \quad \forall d \in DAGER$$

$$\sum_{j \in BA \setminus \{MM\}, \text{PRIORITET}_{d,j}=1} x_{d,MM,j} = 1, \quad \forall d \in DAGER$$

$$\text{PRIORITET}_{d,i} \leq \text{PRIORITET}_{d,j} + |BA| \cdot (1 - x_{d,i,j}), \quad \forall d \in DAGER, i, j \in BA \setminus \{MM\}, i \neq j$$

$$x_{d,\text{Horisont},MM} = 1, \quad \forall d \in DAGER$$

### Forklaring av begrensninger

- Besøk hvert bakeri én gang per dag
- Forlat hvert bakeri én gang per dag
- Eliminer delruter
- Start ruten fra MM
- Avslutt ruten ved MM
- Sett MM som første stopp
- Besøk bakeri med prioritet 1 først
- Oppretthold prioritetsrekkefølgen
- Horisont som siste stopp før MM

## 1.5 Forklaring av Data

- **Bakerier (BAKERIES):** En liste over bakeriene som inngår i modellen.
- **Dager (DAYS):** En oversikt over dager i uken som brukes i planleggingen.
- **Avstandsmatrise (DISTANCE):** Måler avstanden mellom bakerier i kilometer.
- **Prioritetstabell (PRIORITY):** Viser viktigheten av å besøke spesifikke bakerier basert på ukedag (åpningstider).

### 1.5.1 Avstandsmatrise

Tabellen nedenfor viser avstandene mellom bakerier i kilometer. Merk at matrisen ikke er symmetrisk, da avstanden mellom to punkter kan variere avhengig av kjøreretningen på grunn av trafikkforhold, enveiskjørte gater eller andre geografiske forhold.

Fra/til	H	F	C	Fm	M	Mi	L	Kx	Vt	K	Fl
H	0	12.6	13.08	13.32	12.47	14.2	21.72	13.13	12.8	13.41	13.3
F	13.25	0	1.02	3.51	0.38	4.66	12.18	3.59	0.74	0.76	0.74
C	12.76	1.15	0	3.14	1.54	4.29	11.81	3.22	1.35	1.96	1.85
Fm	14.01	3.4	3.1	0	3.6	3.28	10.79	1.93	2.59	4.54	4.43
M	12.79	1.06	1.54	3.05	0	4.2	11.72	3.13	1.26	0.6	0.54
Mi	13.54	3.39	3.09	2.86	3.26	0	10.13	1.04	3.59	4.2	4.09
L	22.01	11.74	12.22	11.48	11.61	8.35	0	9.39	11.94	12.55	12.44
Kx	13.09	2.95	2.65	2.42	2.82	2.29	9.8	0	3.15	3.76	3.65
Vt	12.94	0.49	0.67	3.2	0.88	4.35	11.86	3.28	0	1.25	1.19
K	13.19	1.46	1.94	3.45	0.48	4.6	12.11	3.53	1.66	0	0.29
Fl	13.27	1.54	2.02	3.53	0.56	4.68	12.2	3.61	1.74	0.29	0

### Forklaring av Forkortelser

Tabellen nedenfor forklarer forkortelsene som brukes i avstandsmatrisen:

Forkortelse	Beskrivelse
H	Horisont
F	Festplassen
C	Christie
Fm	Fløttmannsplassen
M	Marken
Mi	Mindemyren
L	Lagunen
Kx	KronstadX
Vt	VestreTorggaten
K	Korskirken
Fl	Fløyen

### 1.5.2 Prioriteringstabeller

Tabellene nedenfor viser prioriteringslistene for bakeriene basert på dager i uken. Prioriteringene har grunnlag i åpningstidene og bestemmer rekkefølgen for leveringsbesøk.

#### Mandag til Fredag

Bakeri	Prioritet
KronstadX	1
Marken	2
Fløttmannsplassen	3
Fløyen	3
Festplassen	3
VestreTorggaten	3
Korskirken	4
Christie	4
Lagunen	5
Horisont	6

#### Lørdag

Bakeri	Prioritet
Fløttmannsplassen	1
Fløyen	1
KronstadX	2
Marken	2
VestreTorggaten	2
Festplassen	2
Korskirken	2
Lagunen	2
Christie	3
Horisont	3

#### Søndag

Bakeri	Prioritet
Fløyen	1
KronstadX	2
Fløttmannsplassen	2
Marken	2
VestreTorggaten	2
Festplassen	2
Korskirken	3
Christie	3
Lagunen	4
Horisont	-

## 2 Lineær Programmeringsmodell for Tidsskjemaoptimalisering

La  $arrival\_time_i$  være en kontinuerlig variabel som indikerer ankomsttid til lokasjon  $i$  (i minutter etter midnatt).

### 2.1 Mengder

- *LOCATIONS*: Mengden av alle lokasjoner i ruten.
- *PRIORITIES*: Mengden av prioriteringsnivåer for lokasjonene.

### 2.2 Parametere

- $travel\_time_{i,j}$ : Reisetiden fra lokasjon  $i$  til lokasjon  $j$  (i minutter). Standardverdi er uendelig ( $\infty$ ) dersom det ikke finnes en direkte rute.
- $unloading\_time_i$ : Lossingstiden ved lokasjon  $i$  (i minutter).
- $opening\_time_p$ : Åpningstiden for prioritet  $p$  (i minutter etter midnatt).
- $buffer\_time$ : Buffer-tid som skal være tilstede mellom ankomsttid og åpningstid [fleksibel] (i minutter).

### 2.3 Målfunksjon

Maksimer den seneste avgangstiden fra den første lokasjonen:

$$\text{Maksimer } Z = arrival\_time_{\text{first}(LOCATIONS)}$$

### 2.4 Begrensninger

$$\text{Last\_Arrival: } arrival\_time_{\text{last}(LOCATIONS)} = opening\_time_{\text{last}(PRIORITIES)} - buffer\_time$$

$$\begin{aligned} \text{Travel\_Time: } arrival\_time_j &= arrival\_time_i + travel\_time_{i,j} + unloading\_time_i, \\ &\forall i, j \in LOCATIONS \text{ der } ord(j) = ord(i) + 1. \end{aligned}$$

### Forklaring av Begrensninger

- **Last\_Arrival**: Sikrer at ankomsttiden til den siste lokasjonen tilsvarer åpningstiden minus buffer-tid.
- **Travel\_Time**: Definerer sammenhengen mellom ankomsttidene til påfølgende lokasjoner basert på reisetid og lossingstid.

## 2.5 Forklaring av Data

- **Lokasjoner (LOCATIONS):** En liste over stedene som inngår i ruten.
- **Prioriteter (PRIORITIES):** En oversikt over prioriteringsnivåer for lokasjonene.
- **Reisetider (travel\_time):** Matrise som viser reisetiden mellom lokasjoner.
- **Lossingstid (unloading\_time):** Tid brukt til å losse varer ved hver lokasjon.
- **Åpningstider (opening\_time):** Tidspunktet når hver lokasjon åpner.

### 2.5.1 Lossingstider

- **Lossingstider (unloading\_time):** Tabellen nedenfor viser lossingstiden i minutter for hver lokasjon.

Lokasjon	Lossingstid (minutter)
KronstadX	7
Fløttmannsplassen	7
Marken	7
VestreTorggaten	7
Festplassen	7
Fløyen	7
Korskirken	7
Christie	7
Lagunen	15
Horisont	7

### 2.5.2 Google Maps Tidsestimat basert på avgangstidspunkt

Reisetidene (*travel\_time*) er basert på tidsestimater fra Google Maps, som tar hensyn til tidspunktet på dagen for å reflektere varierende trafikkforhold og dermed gi mer nøyaktige estimater for reisetiden mellom lokasjonene.

### 2.5.3 Data fra tidligere modell

Ruten som er brukt i dataene er hentet fra ruteoptimeringsmodellen tidligere tidligere for å sikre effektiv distribusjon mellom lokasjonene.



### 3 Resultater

#### 3.1 Mandag til Fredag

##### 3.1.1 Optimal Leveringsruter og Tidsplaner

Nedenfor presenteres de optimale leveringsrutene og tilhørende ankomsttider for hver dag fra Mandag til Fredag med utgangspunkt i lossetider. Den møter ikke buffertid for alle avdelinger ettersom det vil føre til lang ventetid for sjåfør eller utvalgte avdelinger får varene betraktlig tidligere enn andre.

**Total Avstand:** 60.98 km

**Seneste Avgangstid fra Mindemyren:** 05:35 - 05:40

**Seneste Ankomsttid ved Første Bakeri:** 05:47

Steg	Fra	Til	Prioritet	Ankomsttid	Åpningstid
1	Mindemyren	KronstadX	1	05:47	06:00
2	KronstadX	Marken	2	06:00	06:30
3	Marken	Fløttmannsplassen	3	06:17	07:00
4	Fløttmannsplassen	VestreTorggaten	3	06:29	07:00
5	VestreTorggaten	Festplassen	3	06:39	07:00
6	Festplassen	Fløyen	3	06:49	07:00
7	Fløyen	Korskirken	4	07:05	07:30
8	Korskirken	Christie	4	07:20	07:30
9	Christie	Lagunen	5	07:47	08:00
10	Lagunen	Horisont	6	08:32	09:00
11	Horisont	Mindemyren	-	-	-

Table 7: Optimal Leveringsrute for Mandag med Åpningstider

**Ankomsttider for hver lokasjon:**

- **KronstadX:** 05:47
- **Fløttmannsplassen:** 06:00
- **Marken:** 06:17
- **VestreTorggaten:** 06:29
- **Festplassen:** 06:39
- **Fløyen:** 06:49
- **Korskirken:** 07:05
- **Christie:** 07:20
- **Lagunen:** 07:47
- **Horisont:** 08:32

### 3.1.2 Optimal Med Fast Buffer

Nedenfor presenteres de optimale leveringsrutene og tilhørende ankomsttider for hver dag fra Mandag til Fredag med utgangspunkt i en fast buffer på 28 minutt.

**Total Avstand:** 60.98 km

**Seneste Avgangstid fra Mindemyren:** 02:40

**Seneste Ankomsttid ved Første Bakeri:** 02:46

Steg	Fra	Til	Prioritet	Ankomsttid	Åpningstid
1	Mindemyren	KronstadX	1	02:46	06:00
2	KronstadX	Marken	2	03:20	06:30
3	Marken	Fløttmannsplassen	3	03:58	07:00
4	Fløttmannsplassen	VestreTorggaten	3	04:31	07:00
5	VestreTorggaten	Festplassen	3	05:02	07:00
6	Festplassen	Fløyen	3	05:33	07:00
7	Fløyen	Korskirken	4	06:10	07:30
8	Korskirken	Christie	4	06:46	07:30
9	Christie	Lagunen	5	07:34	08:00
10	Lagunen	Horisont	6	08:32	09:00
11	Horisont	Mindemyren	-	-	-

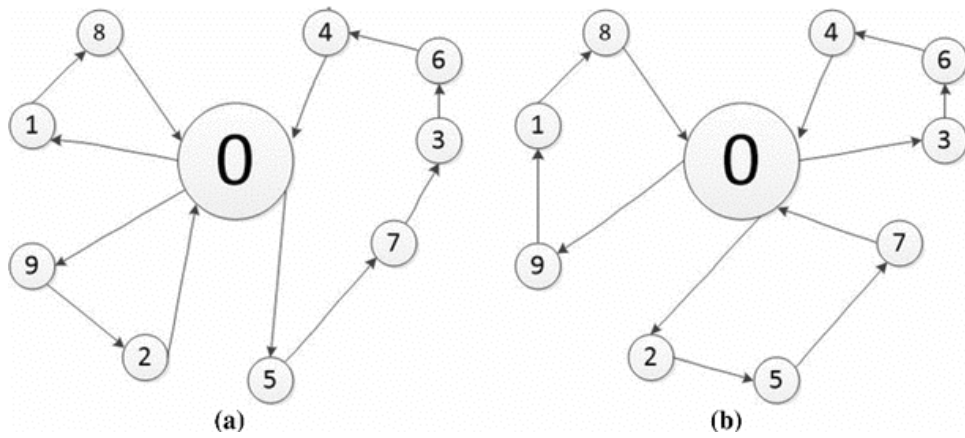
Table 8: Optimal Leveringsrute for Mandag med Åpningstider

**Ankomsttider for hver lokasjon:**

- **KronstadX:** 02:46
- **Fløttmannsplassen:** 03:20
- **Marken:** 03:58
- **VestreTorggaten:** 04:31
- **Festplassen:** 05:02
- **Fløyen:** 05:33
- **Korskirken:** 06:10
- **Christie:** 06:46
- **Lagunen:** 07:34
- **Horisont:** 08:32

## 3.2 Lørdag

### 3.2.1 Utgangspunkt i mTSP modellen..



### 3.3 Søndag

#### 3.3.1 Optimal Leveringsruter og Tidsplaner

Nedenfor presenteres de optimale leveringsrutene og tilhørende ankomsttider for Søndag med utgangspunkt i lossetider. Det er større variasjon i differanse mellom ankomsttid og åpningstid enn tidligere. Men avstanden er kraftig redusert ettersom Horisont er stengt på søndager.

**Total Avstand:** 36.13 km

**Seneste Avgangstid fra Mindemyren:** 06:30 - 06:35

**Seneste Ankomsttid ved Første Bakeri:** 06:45

Steg	Fra	Til	Prioritet	Ankomsttid	Åpningstid
1	Mindemyren	Fløyen	1	06:45	07:00
2	Fløyen	Marken	2	07:01	08:00
3	Marken	Fløttmannsplassen	2	07:16	08:00
4	Fløttmannsplassen	KronstadX	2	07:28	08:00
5	KronstadX	VestreTorggaten	2	07:44	08:00
6	VestreTorggaten	Festplassen	2	07:54	08:00
7	Festplassen	Korskirken	3	08:04	09:00
8	Korskirken	Christie	3	08:20	09:00
9	Christie	Lagunen	4	08:43	10:00
10	Lagunen	Mindemyren	-	-	-

Table 9: Optimal Leveringsrute for Søndag med Åpningstider

**Ankomsttider for hver lokasjon:**

- **Fløyen:** 06:45
- **Marken:** 07:01
- **Fløttmannsplassen:** 07:16
- **KronstadX:** 07:28
- **VestreTorggaten:** 07:44
- **Festplassen:** 07:54
- **Korskirken:** 08:04
- **Christie:** 08:20
- **Lagunen:** 08:43

**Samlet kjørelengde for uken: —**

### **CO<sub>2</sub>-utslippsberegning**

Utslipp beregnes som:

$$\text{Utslipp} = \text{Utslippsfaktor} \times \text{Distanse}$$

Sett inn verdier:

$$\text{Utslipp} = 52.75 \text{ g CO}_2/\text{tkm} \times - \text{ km}$$

Utfør beregningen:

$$\text{Utslipp} = - \text{ g CO}_2$$

Konverter til kilogram:

$$\text{Utslipp} = \frac{- \text{ g CO}_2}{1000 \text{ g/kg}}$$

$$\text{Utslipp} = - \text{ kg CO}_2$$

Dette er den grunnleggende beregningen for å finne CO<sub>2</sub>-utslippet for en nyere lastebil som kjører - km, gitt en utslippsfaktor på 52.75 g CO<sub>2</sub> per tonn-kilometer. Resultatet viser at lastebilen vil slippe ut - kg CO<sub>2</sub> på denne strekningen hver uke.