

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift  
**Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet**  
(Proceedings from the Annual Transport Conference  
at Aalborg University)  
ISSN 1603-9696  
[www.trafikdage.dk/artikelarkiv](http://www.trafikdage.dk/artikelarkiv)



# Trafikprognose for den statslige jernbane

*Adnan Jelin, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, adjn@tbst.dk*

---

## Abstrakt

I forbindelse med udarbejdelse af Trafikplanen for den statslige jernbane, som udarbejdes hvert fjerde år, udarbejder Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, TBST, også en tilhørende trafikprognose for den statslige jernbane. Der er stor interesse for prognosen og der er mange der har brugt prognosen fra den forrige trafikplan som planlægningsgrundlag til forskellige projekter. Internt i TBST bruger vi også prognosen som planlægningsgrundlag og prognosen udarbejdes primært på stræknings- og stationsniveau. For Trafikplanen 2017-2032 ønskede vi at detaljere prognosen yderligere så der var mulighed for at vurdere passagerbelægninger på forskellige togsystemer. Derfor blev prognosen udarbejdet helt ned på afgangsniveau.

Eftersom usikkerheden i prognosen øges med detaljeringsgraden i og vi ønskede en detaljeret prognose beregnede vi vores prognoser med udgangspunkt i et observeret turmønster på den statslige jernbane hvor vi lagde beregnet vækst fra Landstrafikmodellen, LTM, oven i det observerede turmønster.

Denne metode som tager udgangspunkt i et observeret turmønster (pivotering omkring observerede OD matricer) er ofte brugt i trafikmodeller som både OTM (Ørestadstrafikmodel) og LTM. Trafikplanens prognose for den statslige jernbane er udarbejdet med samme metode. Efter gennemførte LTM beregninger er rejser fra LTM som vedrører den statslige jernbane isoleret og pivoteringsmodellen er alene brugt på disse rejser. Yderligere brugte vi LTM til at udlægge de endelige prognosestationsmatricer (OD matricer for den statslige jernbane) på jernbanenetnet og de tilhørende køreplaner.

Denne metode kan på sigt implementeres i LTM så LTM automatisk udregner en prognose og lægger turene ud for prædefinerede trafikområder som den statslige jernbane, metro, busområder eller lignende hvor der i udgangspunktet eksisterer rigtig god viden om turmønsteret.

---

## Formål med Trafikplanens trafikprognose

TBST har udarbejdet Trafikplanen for den statslige jernbane 2017-2032 (ikke offentliggjort endnu). Trafikplanen er en samlet, fagligt begrundet anbefaling til en effektiv udvikling i den statslige banetrafik i de kommende 15 år. Samtidig udgør Trafikplanen et fælles planlægningsgrundlag for den kollektive trafik i hele landet. Denne tredje udgave af statens trafikplan har derfor igen fokus på at opstille et fælles planlægningsgrundlag, som kan anvendes af alle aktører. Fælles planlægningsgrundlag inkluderer også udarbejdelse af trafikprognoser som for den nuværende Trafikplan er udarbejdet for planår 2022, 2027 og

2032. Prognoserne er baseret på den aftalte togbetjening på kort sigt og på trafikplanens forslag på langt sigt.

Interessen for prognosen er stor både internt i TBST men også udenfor organisationen. Internt i TBST bruger vi prognosen som planlægningsgrundlag og prognosen udarbejdes primært på strækings- og stationsniveau. Grundet flere interne projekter hvor interessen for en mere detaljeret prognose har været stor, hvor det fx er muligt at analysere rejsemønstre fordelt på togsystemer eller enkelte linjer/afgange, ønskede vi en mere detaljeret prognose. Eftersom Trafikplanens prognose fungerer som planlægningsgrundlag til vores projekter og analyser er det valgt at der i forbindelse med Trafikplanen udarbejdes en detaljeret trafikprognose for den statslige jernbane.

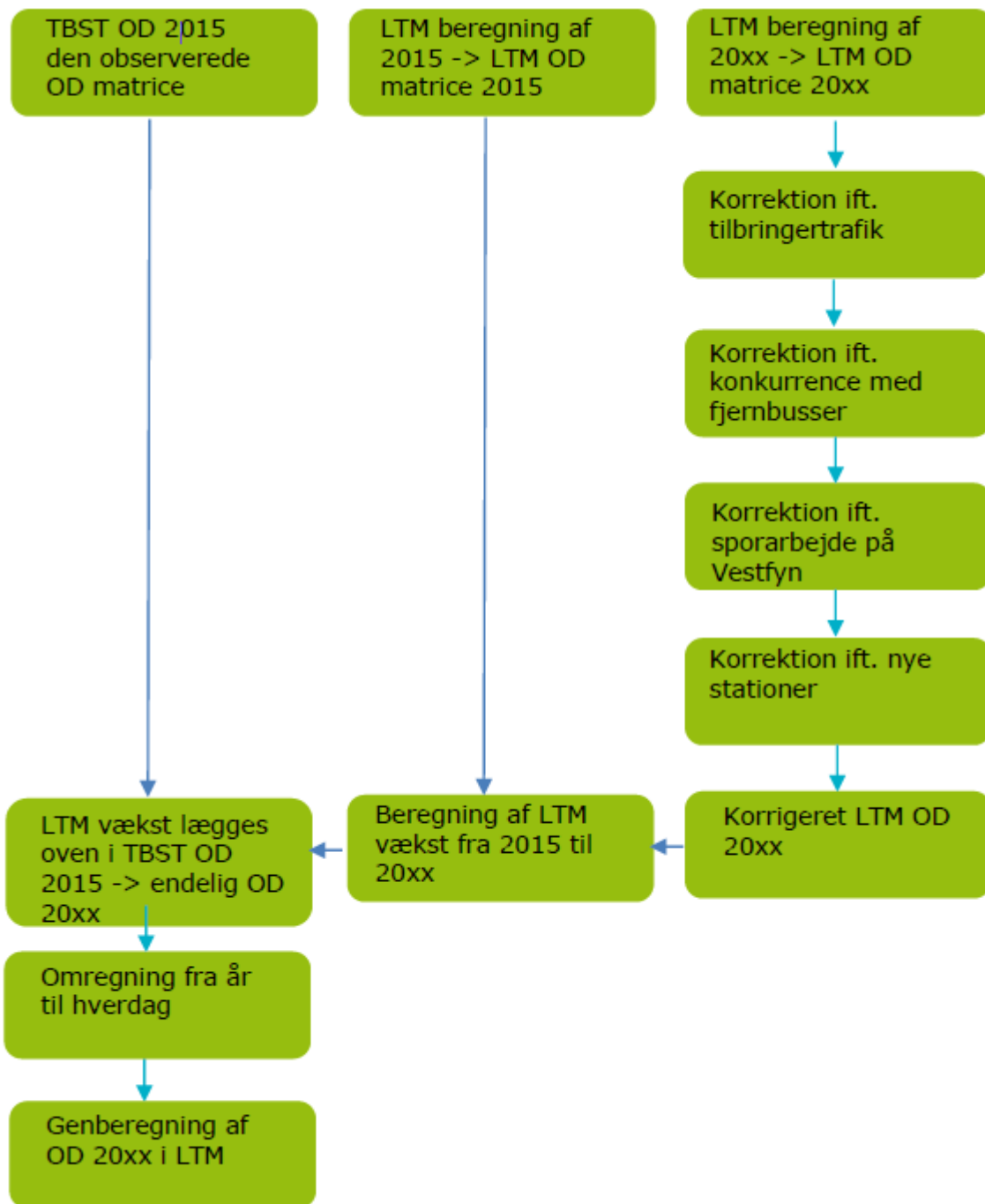
Til prognosen benyttede vi LTM. LTM er et passende redskab idet LTM er køreplansbaseret og dermed også indeholder den ønskede detaljeringsgrad, hvor de enkelte linjer og afgange indgår i modelleringen af den kollektive trafik. Det er også muligt at beregne stationsmatricer alene for den statslige jernbane som vi jo arbejder med i vores prognose i LTM, idet det er muligt i LTM at definere hvilke stationer og togtyper der skal indgå i stationsmatricen. Men for at få en "så god prognose som muligt" var vi nødt til først og fremmest have et godt fundament, udgangspunkt, og samtidigt tage højde for de elementer der ikke er indeholdt i LTM.

LTM er en stor model og kalibreret efter tællinger i 2010 og efterfølgende afstemt til 2015. Men ligegyldigt hvor god en kalibrering der udføres, er det svært at afstemme beregninger med tællinger alle steder. Og usikkerheden bliver endnu større når enkelte rejserelationer analyseres. Rejserelationerne, især på hovedbanen, er ret vigtige hvis prognosen skal bruges til analyse af togsystemer, som fx stoptog vs. hurtigtog, togstørrelser mv.

Eftersom vi har godt viden om de rejsende på den statslige jernbane repræsenteret i en stations OD-matrice som er en observeret OD-matrice opstillet af TBST var det oplagt at bruge denne OD-matrice som grundlag til prognosen.

## **Metode til prognoseberegninger**

Metoden der er brugt til at beregne trafikprognoser i trafikplanen for den statslige jernbane 2017-2032 er illustreret på nedenstående figur. De enkelte processer er beskrevet efterfølgende.



Figur 1 - Prognosemetoden

## Udgangspunkt

Metoden består, som nævnt, i at tage udgangspunkt i et observeret rejsemønster som er dannet på et solidt grundlag. I Trafikplanens prognose tog vi udgangspunkt i stationsmatricen for den statslige jernbanenet som vi selv opstiller for hvert år som vi har data for. I dette tilfælde er det OD matricen for 2015 (TBST 2015) der var grundlaget.

Stations OD-matricen beskriver rejsemønstret mellem stationer på den statslige jernbane. Dvs. OD-matricen omfatter ikke solorejser med metro, privatbaner eller SJ. OD-matricen repræsenterer den samlede rejse, men ved skift til metro eller privatbane er skiftestationen anvendt.

OD matricen er dannet på et solidt grundlag. Data vedrørende fjern- og regionalstrækninger er baseret på billetsalg samt modelberegninger for lokale rejser (indenamtsrejser) og frirejser. Data vedrørende S-banen samt Kyst- og Kastrupbanen er baseret på tællesystemer og brikteællinger. OD-matricen for 2015 er symmetriceret.

LTM indeholder også data for et 2015 scenarie og eftersom det er muligt at beregne definerede stationsmatricer i LTM, kunne vi beregne en LTM stationsmatrice for 2015 som indeholdt de samme rejserelationer som vores egen observerede matrice.

### Nødvendige korrektioner

For alle de ønskede prognoseår blev der lavet LTM beregninger, dvs. for planår 2022 (LTM 2020), planår 2027 (LTM 2030) og planår 2032 (LTM 2030), og de tilhørende stationsmatricer for den statslige jernbane blev også beregnet.

LTM har stadigvæk enkelte mangler/svagheder og da vores metode tager udgangspunkt i 2015 hvor der har været stor sporarbejder på jernbanen var der brug for enkelte korrektioner før vi kunne bruge pivoteringsmetoden.

### Korrektion ift. tilbringertrafik

Tilbringertrafik til den statslige jernbane omfatter busser, metro, lokalbaner samt letbaner. LTM's prognosekøreplaner er udarbejdet med udgangspunkt i 2010 køreplanerne (basisår i LTM) mht. busser og lokalbaner. Ift. 2010 nettet er der i prognosescenarierne udarbejdet tilretninger omkring de nye metro- og letbanelinjer.

LTM indeholder som sagt et 2015 scenarie som blev tilføjet i forbindelse med afstemning af modellen til 2015. 2015 køreplanerne er indlæst fra rejseplanen. Eftersom omfang af kørsel på lokalbanerne er øget i perioden 2010-2015 og der har været store ændringer i busnettet, bliver det kollektive udbud til og fra områder som betjenes med tilbringernet i 2015 en del bedre end i prognosescenarierne som jo er lavet med udgangspunkt i 2010 køreplaner.

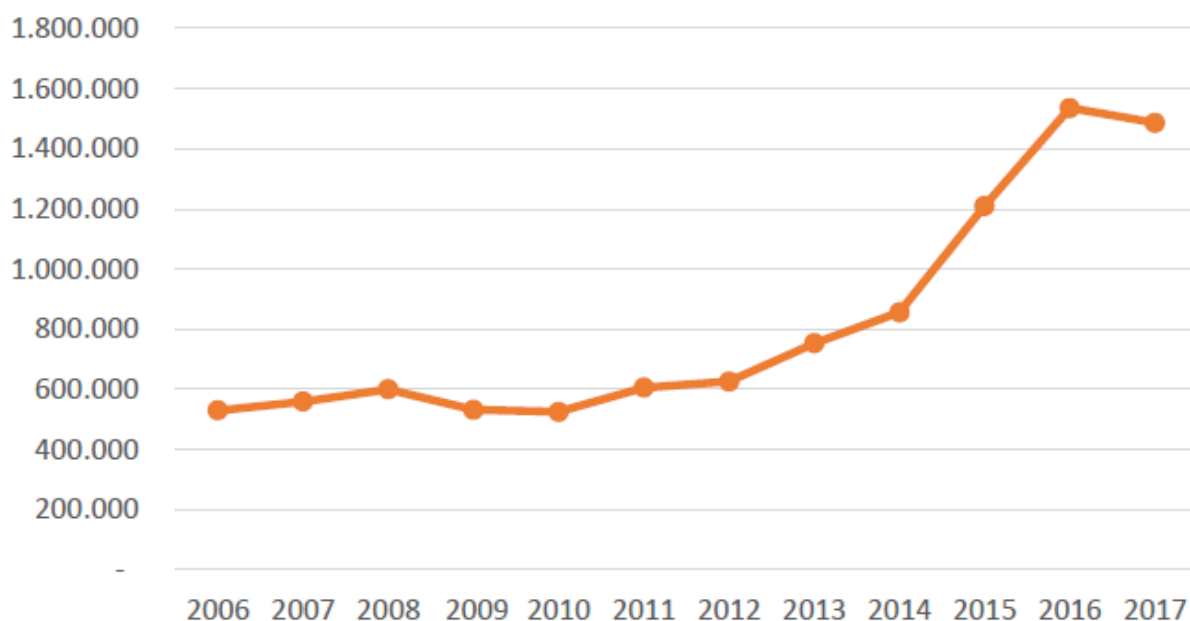
Derfor var der behov at korrigerer LTM beregnede stationsmatricer ift. til de forbedringer der er sket i perioden 2010-2015. Dog skal det nævnes at dette problem er løst i LTM 2.0 da forbedringerne som er sket fra 2010 til 2015 nu også er afspejlet i prognosekøreplanerne. LTM 2.0 forventes at offentliggøres snarest.

### Fjernbusser

Fjernbusserne er i direkte konkurrence med tog, især når det gælder rejser mellem øst og vest DK, dvs. rejser der krydser Storebælt. Fjernbusserne har overtaget en del af togpassagererne. LTM modellerer ikke fjernbusser eller rettere sagt er fjernbusruter kodet i LTM men eftersom modellen ikke kan differentiere kollektive takster kan effekten af fjernbusser ikke modelleres korrekt.

Derfor var det også nødvendigt at foretage korrektioner idet der forventes yderligere stigning i antallet af fjernbuskunder som vil vælge bussen frem for toget. Udviklingen i antallet af fjernbuspassagerer ses i Figur 2. Der ses en stigning i antallet af fjernbuspassagerer i de seneste 5-6 år. Og der er også en stigning i antallet i fjernbuspassagerer efter 2015 som er det år hvor LTM senest er afstemt ift. tællinger.

## Antal passagerer i fjernbusserne 2006-2017



Figur 2 – Antal passagerer i fjernbusserne 2006-2017

### Sporarbejder

Prognosen tager udgangspunkt i den observerede matrice for 2015. I 2015 var jernbanen over Vestfyn omfattet af store sporarbejder i perioden maj-august og derfor har der været et fald i antallet af passagerer i de rejserelationer der var påvirkede af sporarbejder. Dette kan tydeligt aflæses i den observerede OD-matrice. Væksten fra LTM korrigeres for de berørte rejserelationer fordi LTM indeholder principkøreplaner og derfor bliver uregelmæssigheder i togdriften ikke modelleret (dvs. heller ikke for 2015) og har ingen betydning for beregningerne, mens den observerede OD matrice er jo påvirket af sporarbejder. Eftersom den observerede OD matrice er på årsniveau var vi nødt til at korrigere for sporarbejder for at tage hensyn til "det lave udgangspunkt" i 2015.

Korrektionsfaktoren blev beregnet ved at bruge TRAP tællinger for strækningen mellem Odense og Middelfart for 2013, 2014 og 2015 fordelt på måneder. Månederne maj-august, som var omfattet af sporarbejder i 2015, er hver især sammenlignet ift. gennemsnittet af passagererne i resterende måneder januar-april og september-december.

### Nye stationer

LTM indeholder ikke de nye regionshospitaler og heller ikke udbygningerne omkring de planlagte stationer. Derfor blev der passagertallene for de planlagte stationer korrigeret jf. de tidligere analyser der er udarbejdet i forbindelse med analyserne af stationerne. Dette problem forventes også løst i LTM 2.0

### Prognoser - vækst fra LTM

Efter de udførte LTM beregninger og korrektioner på LTM matricer blev de endelige prognosematricer beregnet. Formålet til at starte med var at at beholde og bruge den viden som vi har fra den observerede OD-matrice, TBST 2015. Derfor beregnede vi prognoserne ved at bruge LTM beregnet vækst fra 2015 til 20xx (de ønskede prognoseår) for alle rejserelationer på den statslige jernbane. Væksten blev lagt oven i (enten relativ eller absolut udvikling) i den observerede matrice. Denne metode hvor der pivoteres omkring basismatricer (observerede matricer) er velkendt og bruges bl.a. i både LTM og OTM. Derfor var det også den metode vi brugte med samme "pivoteringsregler" som i LTM og OTM. Disse er beskrevet nedenfor.

Enkelte rejserelationer i prognoserne kan få stor vækst grundet udbygninger omkring stationer eller hvis der sker radikale ændringer i køreplanerne. Derfor er det ikke altid at de relative ændringer som kan bruges i prognosemetoden, i hvert fald ikke for de rejserelationer, hvor der sker en "kraftig udvikling". Hvis den relative vækst bruges til at beregne prognosen for en rejserelation hvor der sker en stor udvikling i antallet af ture kan det medføre at turantallet på rejserelationen eksploderer i udviklingen antallet af ture i prognosescenariet. For disse rejserelationer er det mere fornuftigt at bruge den absolutte vækst.

Derfor er der to måder hvorpå prognoserelationer blev udregnet. Ved en "normal vækst" blev det resulterende turmønster i prognosesituationen beregnet som de relative ændringer fra en modelberegnet prognosematrice (20xx) og en modelberegnet basismatrice (2015) i forhold til den observerede OD matrice (TBST 2015) for alle rejserelationer ij:

$$OD20xx_{ij} = \frac{LTM20xx_{ij}}{LTM2015_{ij}} TBST2015_{ij}$$

Hvor OD20xx er den endelige OD matrice for prognosen 20xx  
 LTM20xx er den LTM beregnede OD matrice for 20xx  
 LTM2015 er den LTM beregnede OD matrice for 2015  
 TBST2015 er den observerede OD matrice for 2015

For de rejserelationer, hvor der sker en "kraftig" udvikling brugte vi nedenstående formel som bygger på absolut vækst. "Kraftig vækst" betyder, at der sker stor udvikling i én rejserelation.:

$$OD20xx_{ij} = TBST2015_{ij} + (LTM20xx_{ij} - LTM2015_{ij})$$

Den øverste formel kan ikke bruges i tilfælde af, at nogle af komponenterne på højre siden af formelen er lig med nul, da beregningen enten bliver umuligt at gennemføre eller meningsløs. Dette tages der hensyn til i de tilhørende otte beregningsregler som vist i Tabel 1 hvor beregningsreglerne for normal hhv. kraftig vækst er inkluderet.

Tabel 1 - Beregningsregler ved pivotering

TBST2015 <sub>ij</sub>	LTM2015 <sub>ij</sub>	LTM20xx <sub>ij</sub>	OD20xx <sub>ij</sub>	Type	
0	0	0	0	1	
0	0	>0	LTM20xx <sub>ij</sub>	2	
0	>0	0	0	3	
0	>0	>0	Normal vækst	0	4
			Kraftig vækst	LTM20xx <sub>ij</sub> - LTM2015 <sub>ij</sub>	
>0	0	0	TBST2015 <sub>ij</sub>	5	
>0	0	>0	TBST2015 <sub>ij</sub> + LTM20xx <sub>ij</sub>	6	
>0	>0	0	0	7	
>0	>0	>0	Normal vækst	$\frac{LTM20xx_{ij}}{LTM2015_{ij}} TBST2015_{ij}$	8
			Kraftig vækst	$\frac{TBST2015_{ij} \cdot X}{LTM2015_{ij}} + (LTM20xx_{ij} - X)$	

For type 4 gælder følgende:

- Kraftig vækst regel bruges når  $LTM20xx_{ij} > LTM2015_{ij}$

For type 8 gælder følgende:

- Kraftig vækst regel bruges når  $LTM20xx_{ij} > X$  og

$$x = LTM2015_{xx} \cdot \left[ 0,5 + 5 \cdot \max\left(\frac{LTM2015_{ij}}{TBST2015_{ij}}; 0,1\right) \right]$$

## Omregning mellem hverdag og år

Idet den observerede OD matrice, TBST 2015, er på årsniveau og LTM OD stationsmatricerne er på hverdagsdøgnniveau, var det nødvendigt at omregne matricerne fra år til hverdag og omvendt.

For at få et så godt grundlag som muligt har vi udarbejdet omregningsfaktorer for hver enkel rejserelation. Omregningsfaktorerne er beregnet ud fra TU data (2010-2016). Faktorerne blev beregnet for togture opdelt på turformål (pendler, fritid/øvrige og erhverv) geografi (øst, vest og øst-vest) og turens længde (under 10 km, 10-50 km og over 50 km). Fordeling på turformål for hver rejserelation blev hentet fra LTM.

## Genberegning i LTM

De endelige stationsmatricer blev genberegnet i LTM for at fordele turene på de rigtige strækninger og togsystemer. Men for at gøre dette var vi nødt til at sørge for at hver station, som er en del af vores stationsmatrice, var forbundet med kun ét aktivt zoneophæng. Og der måtte ikke være to aktive zoneophæng fra én zone. Alle andre zoneophæng blev gjort ikke aktive. Hvis hver relevant station var forbundet med sin egen zone (ligegyldigt hvilken) kunne vi omdanne vores stationsmatricer til LTM OD matricer som kunne lægges ud på tognettet i LTM ved at alene køre en turudlægning for kollektiv trafik. Det tog ca. én time for at gøre dette. Og OD matricerne var opdelt i tidsintervaller idet stationsmatricerne fra LTM også var opdelt på tidsintervaller (sker automatisk i LTM). Det er tiden for hvornår en tur starter rejsen på den statslige jernbane der bliver noteret i LTM stationsmatricen. Derfor blev rejsetiden for alle de aktive zoneophæng sat til 0 og det var ligegyldigt hvilke zoneophæng der blev brugt så længe hver station havde sit eget ophæng og sin egen zone. Tabel 2 viser et eksempel på udtræk af passagerbelægninger fra LTM for en enkel afgang og Figur 3 viser hverdagsdøgntrafik efter en genberegning af vores observerede stationsmatrice i LTM.

Tabel 2 – Eksempel på passagerbelægninger

LineVarName	Afgang	FromStopName	Ankomst	ToStopName	Belastning
Kolding St./Sønderborg St.	13:45	Kolding st	13:52	Lunderskov st	105
Kolding St./Sønderborg St.	13:53	Lunderskov st	13:58	Vamdrup st	103
Kolding St./Sønderborg St.	13:58	Vamdrup st	14:12	Vojens st	95
Kolding St./Sønderborg St.	14:13	Vojens st	14:22	Rødekro st	89
Kolding St./Sønderborg St.	14:23	Rødekro st	14:31	Tinglev st	71
Kolding St./Sønderborg St.	14:33	Tinglev st	14:40	Klipleve st	66
Kolding St./Sønderborg St.	14:41	Klipleve st	14:54	Gråsten st	59
Kolding St./Sønderborg St.	14:54	Gråsten st	15:07	Sønderborg st	47

### Hverdagsdøgntrafik sum begge retninger 2015

- < 1.000
- 1.000 - 5.000
- 5.000 - 10.000
- 10.000 - 25.000
- 25.000 - 50.000
- > 50.000



Figur 3 – Eksempel på hverdagsdøgntrafik efter genberegning i LTM.



## Perspektiv

Trafikplanens prognose for den statslige jernbane skulle kun indeholde rejserne på den statslige jernbane. Eftersom vi har en god viden af rejsemønsteret på den statslige jernbane i form af den observerede stationsmatrice var det også oplagt at tage udgangspunkt i denne. Samtidigt kunne vi nemt, ved almindelig zoneophæng redigering i LTM, omdanne vores observerede stationsmatrice og de beregnede stationsmatricer for prognoserne til LTM format så de kunne lægges ud (alene) på de detaljerede køreplaner der eksisterer i LTM. Genberegningen tog kun én time. Hele processen med pivoteringen og beregning af stationsmatricerne for prognoserne samt transformering til LTM zoner blev lavet udenfor modellen i Access. Men dette kunne med fordel på sigt indarbejdes i LTM eller andre modeller.