

# FLYTNING AF BILTRAFIK TIL EN TÆNKT BRT-LØSNING

## INDHOLD

1	Etablering af en BRT-linje mellem Hans Knudsens Plads og Forskerparken	1
2	Sparede bil-kilometer og reduceret CO <sub>2</sub> -udledning	1
3	Merudgifter til BRT og pris pr. sparet ton CO <sub>2</sub>	5
4	Sammenligning	7

### 1 Etablering af en BRT-linje mellem Hans Knudsens Plads og Forskerparken

I dette notat beskrives en række konsekvenser for CO<sub>2</sub>, sparede bil-kilometer samt økonomiske forhold ved etablering af en eldrevet BRT-løsning på Helsingørsmotorvejen (HMV) fra Hans Knudsens Plads til Forskerparken. BRT'en tænkes betjent med batterielektriske busser, og etableres langt motorvejen i de to midterste spor. Den vil i praksis fungere som en opgraderet version af den nuværende buslinje 150S.

### 2 Sparede bil-kilometer og reduceret CO<sub>2</sub>-udledning

I det følgende belyses overordnet tre forskellige scenarier, hvor 30 %, 40 % og henholdsvis 50 % af alle bilister på HMV mellem Hans Knudsens Plads og Forskerparken antages at flytte væk fra bilen og ind i BRT-busserne. Der er foretaget beregninger for sparede bil-kilometer for hver af de tre niveauer for overflytning. Der tages i beregningerne ikke hensyn til, hvordan bilisterne transporterer

PROJEKTNR.

A132936

DOKUMENTNR.

3

VERSION

2

UDGIVELSESDATO

23. januar 2020

BESKRIVELSE

Delopgave 3

UDARBEJDET

MWHR/CANG

KONTROLLERET

OLEK

GODKENDT

CANG

sig til eller fra BRT-linjen. Andre afledte effekter for de tilbageværende bilister er ligeledes ikke inddraget i beregningerne.

#### Data

Beregningerne er baseret på følgende datamateriale:

- > Data fra Vejdirektoratet indeholdende antallet af køretøjer for målestationer på strækningen. Der er taget udgangspunkt i årsdøgntrafikken.
- > Data fra Google Maps over afstanden mellem målestationerne på strækningen.
- > Data fra DTU's Transportvaneundersøgelse om det gennemsnitlige antal passagerer per personbil.
- > Årlig vækstrate for udviklingen i biltrafikken fra Vejdirektoratet.
- > Fremskrivning af CO<sub>2</sub>-emissioner fra den danske bilpark baseret på TEMA2015 og egne beregninger.
- > Movias opgørelse af etablerings- og driftsomkostninger for en BRT-løsning på Helsingør-motorvejen

#### Bil-kilometer og CO<sub>2</sub>

Beregningen af sparede antal bil-kilometer er foretaget ved at gange den strækings-vægtede årsdøgntrafik for hele strækningen (beregnet til ca. 77.100) med længden af BRT-strækningen, som er opgjort til ca. 19,5 km. Det giver ca. 1.503.400 km dagligt. Dette tal er herefter opregnet til hele året (365 dage).

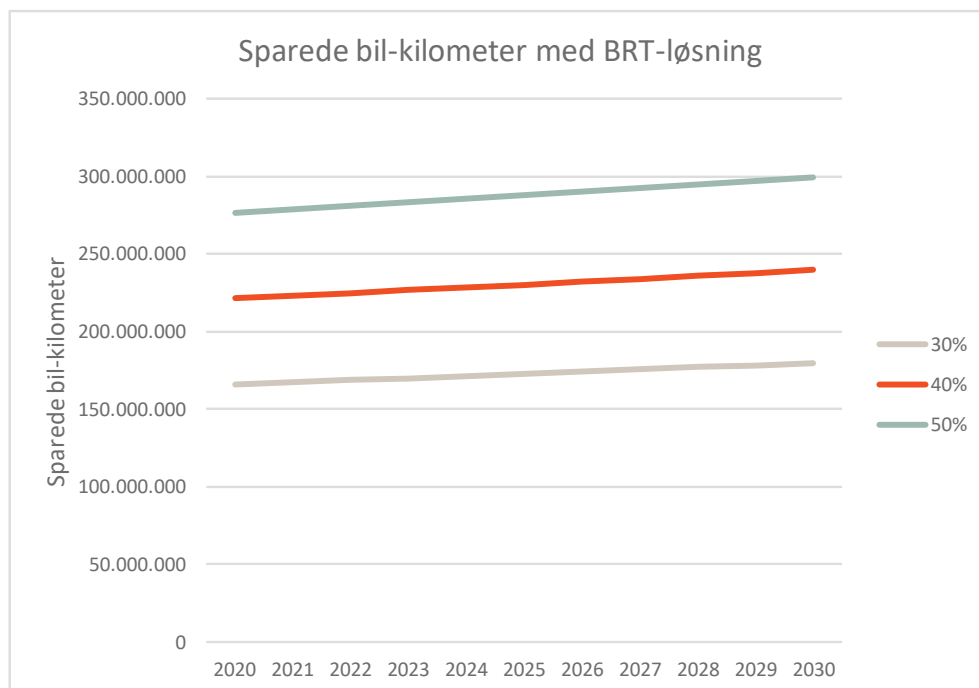
I Tabel 1 er vist, hvor mange bil-kilometer der samlet set spares ved en 30 %, 40% og 50 % overflytning af bilister til en BRT. Det sparede antal bil-kilometer er herefter omregnet til sparet mængde CO<sub>2</sub>-udledning fra bilerne, hvilket også vises i tabellen. Vi har til den del anvendt CO<sub>2</sub>-emissionskoefficienten per km for 2019 for en gennemsnitlig dansk personbil.

*Tabel 1: Sparet antal bil-kilometer og reduceret CO<sub>2</sub>-emission ved overflytning af bilister til en BRT-løsning på HMV (Hans Knudsens Plads til Forskerparken) for 2019*

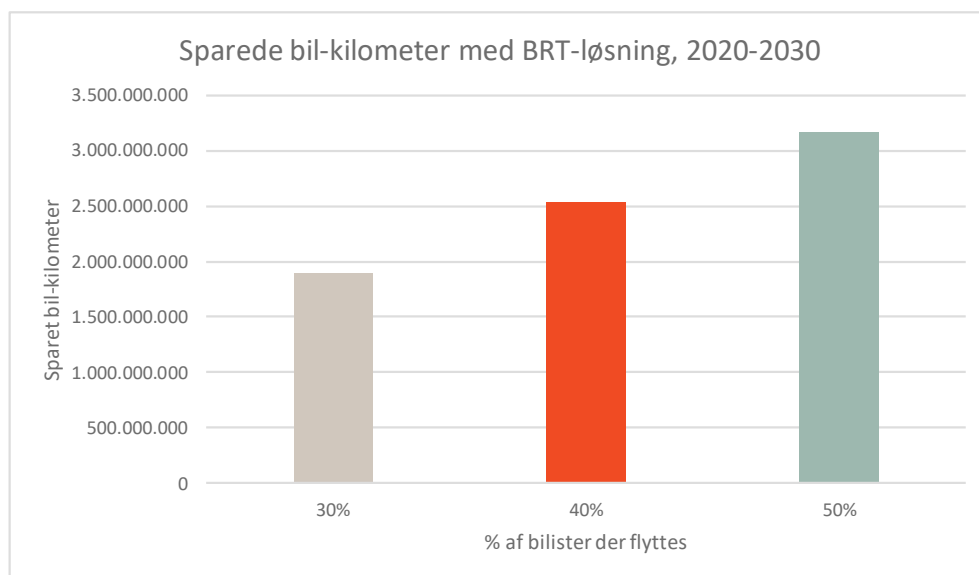
<b>Overflytning til BRT</b>	<b>Sparede bil-kilometer</b>	<b>Reduceret CO<sub>2</sub>-emission</b>
<b>Andel af biltrafik i dag</b>	<b>Årligt</b>	<b>Årligt</b>
30 %	164, 6 mio. km	24.120 ton
40 %	219,5 mio. km	32.160 ton
50 %	274,4 mio. km	40.200 ton

#### Perioden 2020-2030

Udviklingen i sparede bil-kilometer kan fastlægges frem mod 2030 ved at indregne en årlig vækst på 0,8 % i biltrafikken frem til 2030, som Vejdirektoratet forudsætter, se Figur 1. I Figur 2 er resultaterne opsummeret for perioden 2020-2030.



Figur 1: *Udvikling i de årlige besparelser i kørte bil-kilometer ved en overflytning af hhv. 30 %, 40 % og 50 % af biltrafikken til en BRT-løsning*

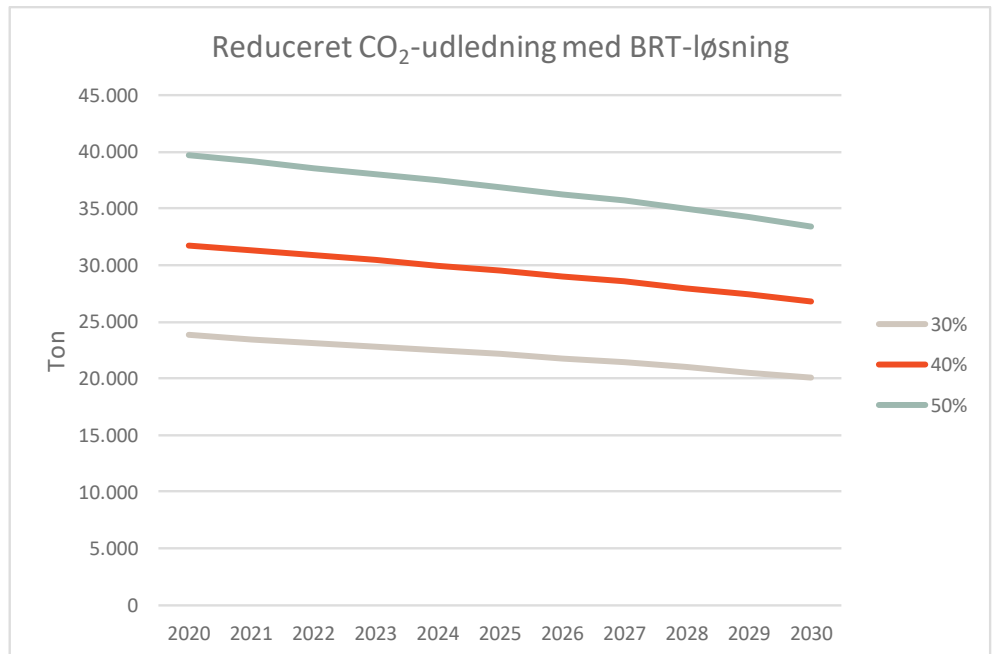


Figur 2: *Akkumuleret reduktion i kørte bil-kilometer ved en overflytning af hhv. 30 %, 40 % og 50 % af biltrafikken til en BRT-løsning, opgjort for perioden 2020-2030*

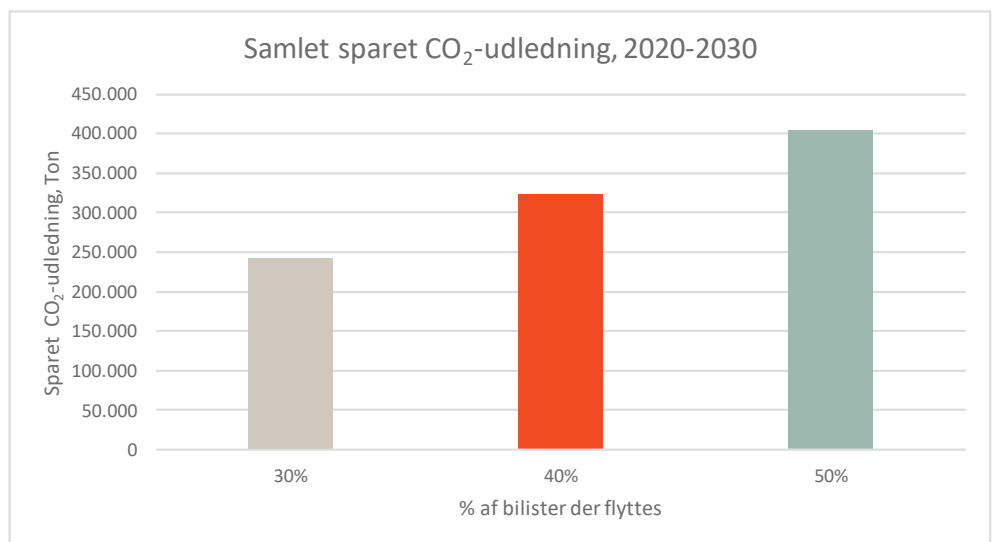
Antallet af sparede bil-kilometer er som illustreret i Figur 1 og Figur 2 stigende frem mod 2030, hvilket er et direkte resultat af Vejdirektoratets forventning om en vækst i vejtrafikken.

Den sparede CO<sub>2</sub>-udledning frem mod 2030 beregnes som før beskrevet ud fra antallet af sparede bil-kilometer i hele perioden og ved hjælp af en gennemsnitlig emissionskoefficient i hvert enkelt år. Emissionskoefficienten falder i perioden svarende til det historiske fald på ca. 1% om året set over de seneste 10 år.

Resultaterne er vist i Figur 3 og Figur 4. Den gennemsnitlige emission indeholder bl.a. en indfasning af elbiler svarende til Energistyrelsens basisfremskrivning. Dvs. der fortrænges både konventionelle benzin- og dieslbiler og elbiler fra strækningen.



Figur 3: *Udvikling i de årlige CO<sub>2</sub>-reduktioner ved en overflytning af hhv. 30 %, 40 % og 50 % af biltrafikken til en BRT-løsning*



Figur 4 *Akkumuleret reduktion i CO<sub>2</sub>-udledninger ved en overflytning af hhv. 30 %, 40 % og 50 % af biltrafikken til en BRT-løsning, opgjort for perioden 2020-2030*

CO<sub>2</sub>-udledningen fra biltrafikken falder løbende frem mod 2030. På trods af at biltrafikken forventes at stige, falder de samlede CO<sub>2</sub>-emissioner. Dette er primært et resultat af, at der kommer en større andel af elbiler ind i den samlede bilpark. Dette betyder, at den forventede CO<sub>2</sub>-emission for en gennemsnitlig

personbil forventes at falde frem mod 2030. Konsekvensen er, at den årlige CO<sub>2</sub>-gevinst ved overflytningen af biltrafikken er faldende frem mod 2030.

### 3 Merudgifter til BRT og pris pr. sparet ton CO<sub>2</sub>

Opgradering af 150S til en BRT-linje indebærer en række merudgifter både i form af anlægsinvesteringer og øgede udgifter til driften af linjen.

#### Investeringer

MOVIA har skønnet, at anlægsinvesteringerne til en BRT-løsning må forventes at ligge i omegnen af 1,3 mia. kr. Dette skøn anvendes i de følgende beregninger.

Vi har beregningsmæssigt lagt til grund, at investeringen i en BRT-løsning simpelt fordeles over en periode på 20 år med den samme årlige udgift hvert år<sup>1</sup>. Dette er udtryk for en forsigtig tilgang. Ofte vil anlæg af denne karakter have en længere levetid, som investeringen i så fald beregningsmæssigt kan fordeles over.

#### Drift og økonomi

Tal fra MOVIA viser, at driften på den eksisterende linje 150S svarer til ca. 65.600 køreplantimer. Den gennemsnitlige, aktuelle timepris er opgjort til ca. 700 kr. Med denne drift er der beregningsmæssigt et samlet kapacitetsoverskud hen over dagen (antal tilbudte sidde- og ståpladser i de nuværende busser holdt op mod rejsetallet) på godt 80 %. De nuværende busser har typisk en kapacitet på knap 100 passagerer.

Ved etablering af en BRT-linje har vi forudsat, at der indsættes busser med en samlet kapacitet på 150 siddende og stående passagerer (som 5C). Vores beregninger viser, at der er behov for ca. 138.000 køreplantimer ved en overflytning af 30 % af de nuværende bilister. Ved overflytning af 40 % af de nuværende bilister vil driften øges til samlet ca. 154.000 køreplantimer, og ved en overflytning af 50 % af bilisterne vil driften nå op på ca. 183.000 køreplantimer årligt.

Den foreslåede drift er dels fastsat ud fra de markant flere rejsende med linjen i alle tre scenarier, dels under hensyntagen til, at der skal være en passende ekstra kapacitet i de busser, der betjener linjen i alle tre situationer. Med en så massiv tilgang til busserne som forudsat i de tre scenarier, er antaget, at materiellet kan udnyttes mere effektivt, end i dag. Det betyder, at den beregnede overskudskapacitet, der i dag er ca. 80 %, reduceres i takt med øget drift og tilgang af rejsende. I scenariet med overflytning af 50 % af bilisterne har vi indregnet en ekstra kapacitet, der svarer til godt 40 %. Det bør sikre tilstrækkeligt med plads til de rejsende.

Vi har forsigtigt indregnet en gennemsnitlig timepris for de nye og større, el-drevne busser på 875 kr. Det svarer til +25 % af den aktuelle pris.

På indtægtssiden har vi fastholdt den gennemsnitlige indtægt pr. passagerer i dag på linjen. Betragtes merudgifterne til en opgraderet BRT-løsning og

---

<sup>1</sup> I praksis vil udgifterne være engangsudgifter, der afholdes når anlægges etableres. Da vi ikke regner med en diskontering af omkostningerne, har det i praksis ikke nogen betydning for resultaterne.

merindtægterne fra de mange ekstra rejsende på linjen, vil linjen i alle tre scenarier generere et driftsmæssigt nettooverskud.

I Tabel 1 er nøgletallene samlet for merudgifter til investeringer og drift for den skitserede løsning og de tre scenarier.

*Tabel 2: Årlige nettoændringer i udgifter ved etablering af en BRT-linje på 150S. Opgjort ved overflytning af 30 %, 40 % og 50 % bilister. 2019*

Andel	30 %	40 %	50 %
Driftsomkostninger	-15,9 mio. kr.	-32,7 mio. kr.	-37,3 mio. kr.
Årlige nettoændringer			
Investeringer, årlige	64,4 mio. kr.	64,4 mio. kr.	64,4 mio. kr.
<b>I alt</b>	<b>48,5 mio. kr.</b>	<b>31,7 mio. kr.</b>	<b>27,1 mio. kr.</b>

Det ses, at de årlige investeringer udgør ca. 64 mio. kr. og at der er en besparelse på driften på mellem ca. 16 og 37 mio. kr. afhængigt af scenarie. Nettooverskuddet på driften øges jo flere passagerer, der overflyttes, idet kapaciteten udnyttes bedre. Samlet set ligger de årlige omkostninger på ca. 27-48 mio. kr. afhængigt af scenarie.

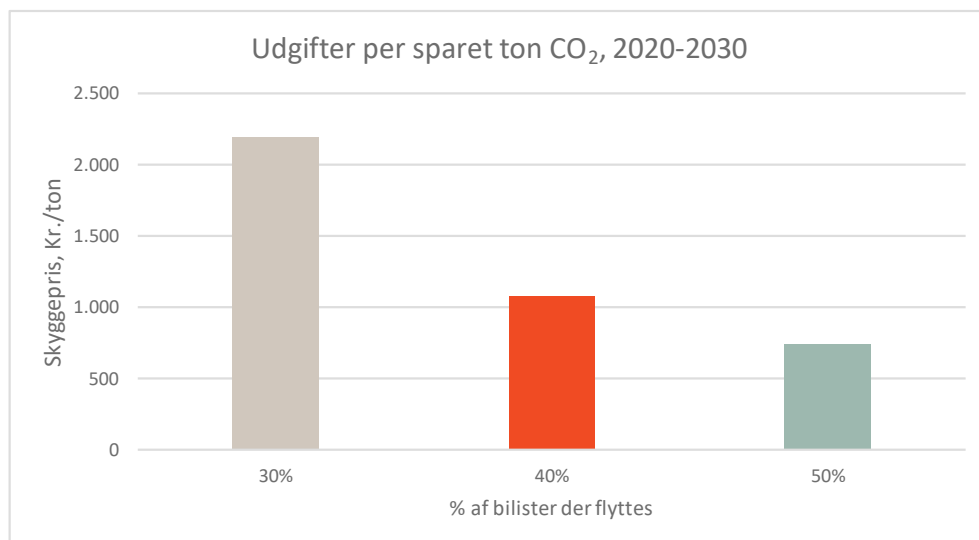
CO<sub>2</sub>

I Tabel 3 ses de samlede udgifter for perioden 2020-2030 samt de samlede sparede mængder CO<sub>2</sub>. Udgifterne per sparet ton CO<sub>2</sub> ("skyggeprisen") er ligeledes opgjort i sidste kolonne.

*Tabel 3 Samlede udgifter for perioden 2020-2030, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning og udgifter per sparet ton CO<sub>2</sub>*

Andel	Samlede udgifter	Sparet CO <sub>2</sub>	Udgifter per sparet ton CO <sub>2</sub>
30 %	533 mio. kr.	242.700 ton	2.200 kr./ton
40 %	349 mio. kr.	323.600 ton	1.080 kr./ton
50 %	298 mio. kr.	404.500 ton	740 kr./ton

"Skyggeprisen", opgjort som prisen per sparet ton CO<sub>2</sub>, kan beregnes til ca. 2.200 kr. per ton CO<sub>2</sub> ved en overflytning af 30 % af bilisterne. Ved en overflytning af 50 % af bilisterne er skyggeprisen beregnet til ca. 740 kr. per ton CO<sub>2</sub>. Resultaterne er også vist i Figur 5.



Figur 5 Hvad koster et sparet ton CO<sub>2</sub> ved de tre overflytnings-scenarier

## 4 Sammenligning

Prisen for at spare et ton CO<sub>2</sub> ved opgradering af 150S til en eldrevet BRT-linje som beskrevet ovenfor ligger mellem ca. 740 og 2200 kr. jf. beregningerne.

En elbil, der anvendes i 15 år og kører ca. 16.000 km årligt sparer en CO<sub>2</sub>-udledning fra en typisk fossil bil svarende til ca. 35 ton i perioden. Støttes udskiftningen til elbilen med et tilskud på 50.000 kr. og andre afgiftslempelser for ca. 125.000 kr. i perioden, kan prisen pr. sparet ton CO<sub>2</sub> opgøres til ca. 4.970 kr.<sup>2</sup>

I

<sup>2</sup> Se uddybning i "Offentlige udgifter ved at nå 1,6 mio. elbiler i 2030", COWI, 22. januar 2020

Tabel 4 er vist værdisætningen af 1 ton CO<sub>2</sub> i forskellige kilder. CO<sub>2</sub> kvoteprisen anvendes f.eks. i de Transportøkonomiske enhedspriser (154 kr./ton), mens Energistyrelsen benytter en CO<sub>2</sub>-kvotepris på 331 kr. per ton CO<sub>2</sub> i 2030. I Sverige er det besluttet at benytte en CO<sub>2</sub>-afgift på 1.180 SEK per ton CO<sub>2</sub> og der er yderligere tale om, at der ved samfundsøkonomiske beregninger skal benyttes en CO<sub>2</sub>-pris på op mod 650 euro per ton CO<sub>2</sub> eller ca. 4.800 Kr.

Der er internationalt lavet en række studier i, hvad det vil koste at reducere CO<sub>2</sub>. Disse er både billigere og enkelte dyrere end BRT-løsningen her. Disse internationale studier ser dog bredere på gevinsterne end den simple direkte omkostningsberegning, vi har opstillet.



Tabel 4 Værdisætning af 1 ton CO<sub>2</sub>.

Kilder	Værdien af 1 ton CO <sub>2</sub>
<b>Indførelse af BRT-løsning</b>	
Udgift ved overflytning af 30 % bilister	2.200 DKK
Udgift ved overflytning af 40 % bilister	1.080 DKK
Udgift ved overflytning af 50 % bilister	740 DKK
<b>Støtte til elbil</b> Tilskud og afgiftstab	4.970 DKK
<b>Transportøkonomiske enhedspriser</b>	154 DKK
<b>Energistyrelsen (2030)</b>	331 DKK
<b>Sverige<sup>3</sup></b>	1.180 SEK

## 5 Førerløse busser

I en fremtidig situation, hvor det vil være muligt at indsætte førerløse busser på BRT-linjen, vil driftsudgifterne til en sådan linje reduceres i forhold til en BRT med fører. Primært som følge af, at udgifterne til chaufførerne bortfalder og ikke opvejes af øgede udgifter til selvkørende teknologi.

I det følgende forestiller vi os for eksemplets skyld, at linje 150S kunne opgrades til en førerløs BRT allerede i dag og fungere som alternativ til fossildrevne biler på motorvejen<sup>4</sup>. Rent teoretisk ville det betyde, at udgifterne til at opnå de beregnede CO<sub>2</sub>-besparelser med en BRT bliver markant lavere end anført i Tabel 3.

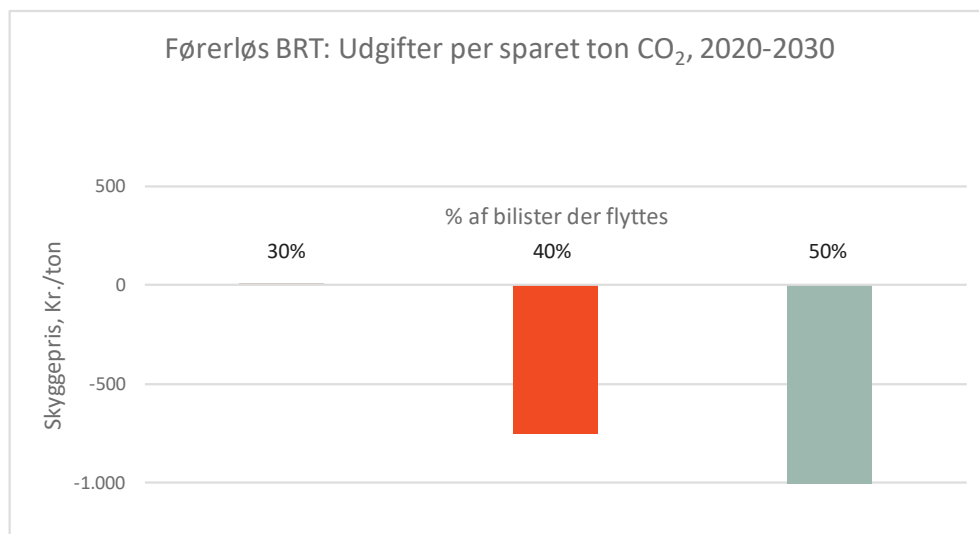
I forlængelse af de foregående beregninger, har vi på tilsvarende vis opgjort udgifterne pr. sparet ton CO<sub>2</sub> med en førerløs BRT. Vi har i beregningerne anvendt følgende forudsætninger:

- > 50 % af den gennemsnitlige timebetaling på 700 kr. i dag udgør omkostninger, der er knyttet til chaufførens løn. Det svarer til 350 kr. per time
- > Den gennemsnitlige, skønnede timebetaling på 875 kr. for en større, eldrevet BRT-bus (i dette tilfælde også autonom) reduceres i en førerløs løsning med 350 kr., svarende til udgifterne knyttet til chaufførens løn. Prisen pr. time sættes til 525 kr.

Resultaterne er vist i Figur 6. Ved en overflytning på 30 % af bilisterne, ville udgifterne per sparet ton CO<sub>2</sub> kun udgøre ca. 6 kr. Ved en overflytning af 40 % af

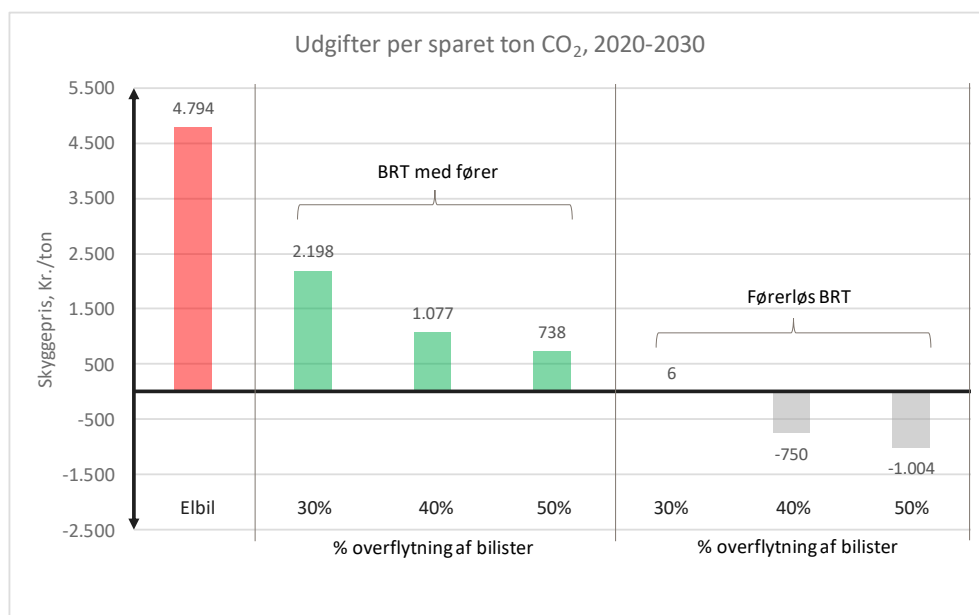
<sup>3</sup> <https://www.government.se/government-policy/taxes-and-tariffs/swedens-carbon-tax/>

<sup>4</sup> Teknologien er endnu ikke moden til kørsel uden chauffør/fører, så eksemplet er teoretisk



Figur 6 Førerløs BRT: Hvad koster et sparet ton CO<sub>2</sub> ved de tre overflytnings-scenarier. Implementering af en førerløs BRT er ikke en realistisk mulighed endnu, og opgørelsen for perioden frem mod 2030 er derfor teoretisk

bilisterne ville udgifterne blive negative (-750 kr. pr. ton CO<sub>2</sub>), og billedet forstærkes i takt med øget overflytning. Ved 50 % overflytning ville indtægten udgøre ca. 1.000 kr. per ton CO<sub>2</sub>. Det er ligeledes illustreret i Figur 7.



Figur 7 Udgifter per sparet ton CO<sub>2</sub> for elbil, BRT med fører og førerløs BRT. Implementering af en førerløs BRT er ikke en realistisk mulighed endnu, men er medtaget som et teoretisk eksempel