

## Studie vedrørende busfremkommelighed

### Økonomiske effekter af trængselsproblemer

Nicolai J. Maltesen, cand.scient.oecon, NIRAS

## Indledning

Stigende trafikmængder påvirker rejsehastigheden i negativ retning for alle trafikanter. Dermed stiger rejsetiden, og der opstår både samfundsøkonomiske og driftsøkonomiske tab.

I nærværende notat er der foretaget en overordnet analyse af situationen på Nørrebrogade. De økonomiske tab er opgjort i år 2010 i en reference situation hvor den nuværende trafikale udvikling forventes at fortsætte uændret. Derudover er det illustreret, hvordan to alternative tiltag kan reducere de økonomiske tab. Der er ikke taget stilling til hvordan de skitserede indgreb konkret kan gennemføres i praksis.

## Trafikal udvikling uden tiltag

### Mængder

Vurderingen af den trafikale udvikling er foretaget på baggrund af resultater fra trafikmodellen OTM<sup>1</sup> samt trafiktællinger foretaget af Københavns kommune<sup>2</sup>. Udviklingen i biltrafikken fra 2000 til 2010 i trafikmodellen er sammenholdt med de faktiske tællinger, og derved er den forventede trafikmængde i 2010 beregnet.

	1990	2000	2010
Nørrebrogade	15.000	17.800	19.800
Vesterbrogade	13.000	15.300	16.400

**Tabel 1 : Forventet udvikling i biltrafikken på Brogaderne - hverdagsdøgntrafik**

Da der ikke foreligger sammenlignelige tællinger for 1990, er trafikmængderne estimeret på baggrund af den realiserede udvikling i rejsehastigheden. Tallene er medtaget for at illustrere den historiske udvikling, men indgår ikke direkte i beregningen. På tilsvarende vis er antallet af buspassagerer på de to brogader opgjort. Trafikmodellen beskriver et forventet fald i buspassagererne som dels tilskrives en større andel af bilejerskab, dels åbningen af Metroen samt en række andre nye baneprojekter.

	2000	2010
Nørrebrogade	34.400	26.500
Vesterbrogade	11.300	5.400

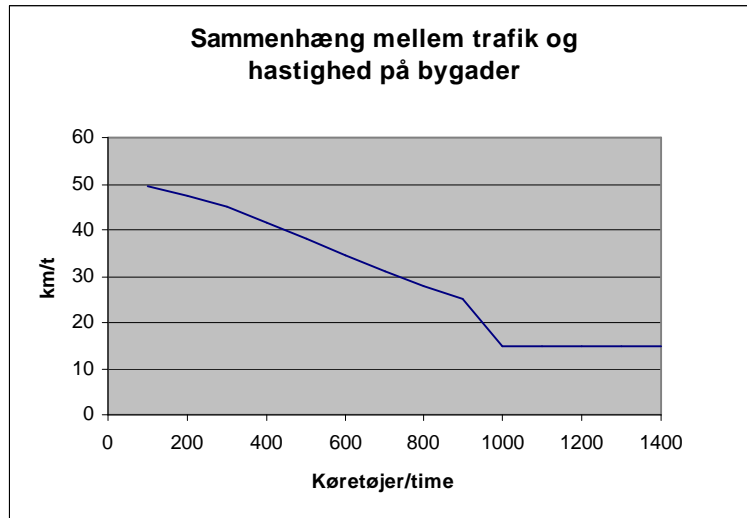
**Tabel 2 : Forventet udvikling i antallet af buspassagerer/døgn på Brogaderne**

<sup>1</sup> Ørestadsprognose V

<sup>2</sup> Kilde: *Færdelstællinger og andre trafikundersøgelser 1997-2001*

## Rejsehastigheder

Ændringen i rejsehastighed som funktion af trafikmængden beskrives ved en *Speed-flow* kurve. I takt med at flow'et stiger, reduceres hastigheden for de rejsende. Figur 1 viser den kurve der benyttes i OTM-modellen, og som også er benyttet i nærværende analyser.



Figur 1 : Speed-flow kurve for bygade

Matematisk er kurven beskrevet ved følgende udtryk:

$$t(T) = t_0 \cdot \left( 1 + a \cdot \left( \frac{T + g \cdot T_{\text{mod.sat}}}{T_{\text{Kap}}} \right)^b \right)$$

for  $T < T_{\text{kap}}$

- $T$  - Rejsetid ved belastning  $T$
- $t_0$  - Den "frie" rejsetid (ingen anden trafik)
- $T$  - Mængden af trafik, antal køretøjer pr. time
- $T_{\text{kap}}$  - Kapacitet, antal køretøjer pr. time
- $T_{\text{modsat}}$  - Trafikmængde i modsatte retning
- $a, b, g$  - BRP-parametre ( $a=1, b=2, g=0,1$ )<sup>3</sup>

For  $T > T_{\text{kap}}$

$$t(T) = \text{rejsetid ved køhastighed}$$

<sup>3</sup> Parameterværdier benyttet i OTM

Kapaciteten på en 1-spors bygade er på 900 køretøjer/time. Rejsehastigheden reduceres markant hvis kapaciteten overskrides, resultaterne er derfor særligt følsomme omkring dette punkt.

Det er antaget, at ca. 50% af trafikken afvikles i myldretiden fordelt på 5 timer dagligt. Dermed udgør myldretidstrafikken ca. 5% af døgntrafikken i hver retning.

Baseret på sammenhængen mellem trafikmængder og rejsehastigheder, fås følgende udvikling i rejsehastigheden for biltrafikken på brogaderne:

	1990	2000	2010
Nørrebrogade	29,5	25,3	15,0
Vesterbrogade	32,9	29,0	27,3

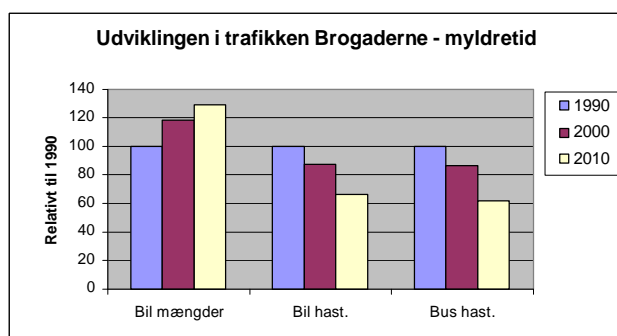
**Tabel 3 : Udvikling i rejsehastighed for bilister på Brogaderne**

Det er antaget et bilisternes reducerede rejsehastighed har en afsmittende effekt på busserne fremkommelighed. Der er forudsat samme *relative* reduktion i rejsehastigheden for busserne hvor der ikke er sammenhængende prioritetstiltag (busbaner e.l.) i forvejen.

	1990	2000	2010
Nørrebrogade	14,0	12,0	7,1
Vesterbrogade	18,0	15,9	14,9

**Tabel 4 : Udvikling i rejsehastighed for busserne på Brogaderne**

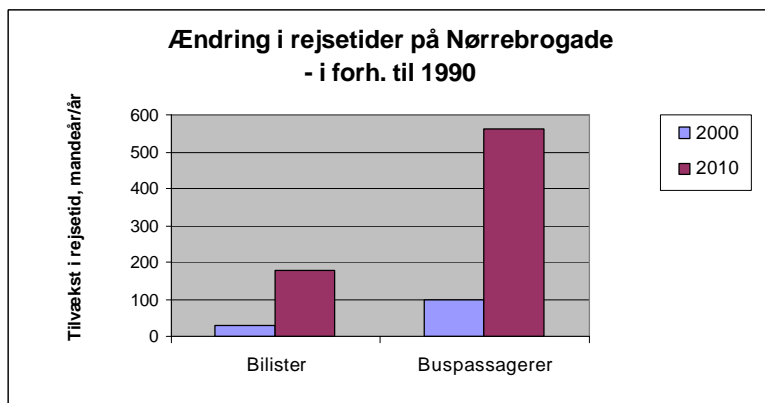
Den forventede trafikale udvikling for brogaderne er sammenfattet i Figur 2.



**Figur 2: Udvikling i trafikmængder og rejsehastighed**

### Tidstab

Den lavere rejsehastighed medfører betydelige tidstab for både buspassagerer og bilister i 2010. Rejsetiden for bilister på den undersøgte strækning stiger med ca. 1 minut fra 1990 til 2000 og yderligere 2 minutter fra 2000 til 2010. Tilsvarende stiger rejsetiden for buspassagerer med henholdsvis 2 og 6 minutter.



**Figur 3: Stigning i rejsetid for bilister og buspassagerer på Nørrebrogade**

Figur 3 viser tidstabet for de rejsende opgjort som mandeår/år. Der er forudsat en arbejdstid på 1500 timer/år.

## Fremkommelighedstiltag

Sammenhængende fremkommelighedstiltag for busserne kan medvirke til at reducere tidstabet for buspassagererne, og dermed begrænse de økonomiske tab som følge af den stigende trafik. I dette afsnit beskrives de overordnede konsekvenser af et sammenhængende fremkommelighedstiltag på Nørrebrogade.

De konkrete tiltag er ikke skitseret, men forventes at bestå af et mix flere tiltag:

- Fremskudte stoppesteder
- Busbaner
- Signalprioritet



Der er forudsat et sammenhængende tiltag, da lokale gevinster ellers nemt går tabt på andre dele af strækningen. Figuren viser den berørte stækning.

**Figur 4: Sammenhængende fremkommelighedstiltag på Nørrebrogade (2½ km)**

## Beregningsforudsætninger

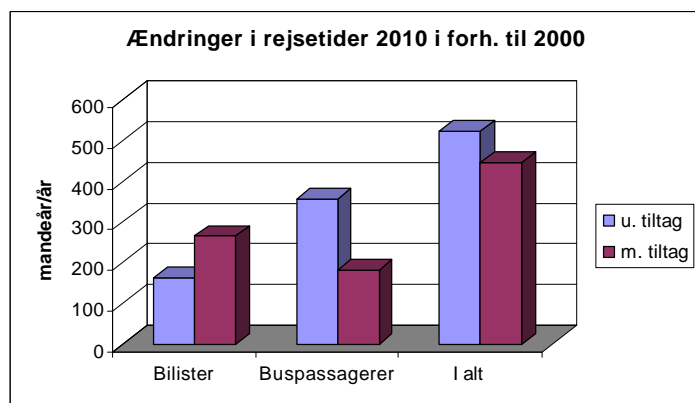
Analysen omfatter en ca. 2½ km lang strækning fra Nørrebro st. til søerne. Følgende forudsætninger og antagelser er benyttet i analysen:

- Bussernes rejsehastighed øges med 25% på grund af tiltag<sup>4</sup>.
- Bilerne rejsehastighed reduceres med 20% på grund af tiltag<sup>4</sup>.
- 50% af trafikanterne påvirkes af tiltag, idet der ikke er fremkommelighedsproblemer i alle timer af døgnet<sup>5</sup>.
- 1,3 personer pr. bil.
- Kortere køretid omsættes til en reducere af køreplanminutterne som igen omsættes til en besparelse i antallet af vogntimer, og dermed reduceres driftsomkostningerne. Det er forudsat at ½-delen af køretidsbesparelsen kan omsættes til besparelser i vogntimetallet.
- Rejsetidsforbedringerne medfører en stigning i passagerer, der både påvirker indtægter og udgifter. Der er benyttet en rejsetidselasticitet på -0,4, og der er indsat ekstra busser svarende til den relative stigning i passagertal.
- Tiltag påvirker ikke antallet af biler på Nørrebrogade.

## Effekt af fremkommelighedstiltag

Reduktionen i rejsehastigheden for bilister på 20% medfører en stigning i rejsetid på ca. 2 minutter. En forbedring i rejsehastigheden på 25% for busserne betyder, at rejsetiden reduceres med ca. 4 minutter.

Køretidsforbedringen medfører en årlig stigning på ca. 400.000 buspassagerer pr. år, og der kan realiseres en nettobesparelse i driftsindsatsen på ca. 3.800 vogntimer. Nettobesparelsen indeholder dels en besparelse som følge af reducerede køretider, dels en stigning i driftsindsatsen pga. af øgede passagermængder.



Figur 5 viser effekten af et sammenhængende busfremkommelighedstiltag illustreret som ændringen i rejsetid for bilister og buspassagerer. Den samlede rejsetid for bilister stiger som følge af den negative påvirkning, mens den øgede hastighed for busser medfører et fald i rejsetiden for buspassagerer. Samlet set medfører tiltaget reduktion i rejsetiden på ca. 75 mandeår/år.

**Figur 5: Effekt af busfremkommelighedstiltag**

<sup>4</sup> Jf. ”Mindre forbedringer”, Københavns kommune og HUR, Rammeplan for bedre busfremkommelighed i Københavns Kommune, April 2001.

<sup>5</sup> I henhold til Københavns kommune, Færdselsstillinger og andre trafikundersøgelser 1997-2001

## Overflytning af bilister

Som alternativ til busfremkommelighedstiltaget, der har en negativ effekt på samtlige bilister, kunne man tænke sig en situation hvor 25% af de nuværende bilister overflyttes til busserne.

En overflytning af bilister vil medføre en stigning i rejsetiden for de bilister der overflyttes til bus, men samtidig vil det gavne både de resterende bilister, og den kollektive trafik i form af bedre fremkommelighed på vejene. Samlet set kan en overflytning derfor være med at mindske det økonomiske tab ved de stigende trafikmængder.

Der er ikke foreslået konkrete tiltag, der kan realisere den overflytning af bilister.

### *Beregningsforudsætninger*

Analysen er foretaget på baggrund af følgende antagelser og forudsætninger:

- 25% af bilisterne i myldretiden i år 2010 overflyttes til bus.
- Bilisterne overflyttes kun på den berørte strækning. Det vil sige, at det implicit forudsættes at de overflyttede bilister foretager et skift fra bil til bus undervejs<sup>6</sup>.
- Ændringen i rejsetid for overflyttede bilister består dels af ændringen i køretid beregnet på baggrund af de respektive rejsehastigheder for bil og bus. Dels tillægges de overflyttede bilister ekstra rejsetid på 15 minutter pga. skift til offentlig transport.
- 50% af trafikanterne påvirkes af tiltag, idet der ikke er fremkommelighedsproblemer i alle timer af døgnet<sup>7</sup>.
- 1,3 personer pr. bil.
- Kortere køretid for busser omsættes til en reducere af køreplanminutterne, som igen omsættes til en besparelse i antallet af vogntimer – og dermed reduceres driftsomkostningerne. Det er forudsat at 1/2-delen af køretidsbesparelsen kan omsættes til besparelser i vogntimetallet.
- Rejsetidsforbedringerne medfører en stigning i passagerer, der både påvirker indtægter og udgifter. Der er benyttet en rejsetidselasticitet på  $-0,4$ , og der er indsats ekstra busser svarende til den relative stigning i passagertal.
- Overflytning af bilister forudsættes afviklet omkostningsneutralt.

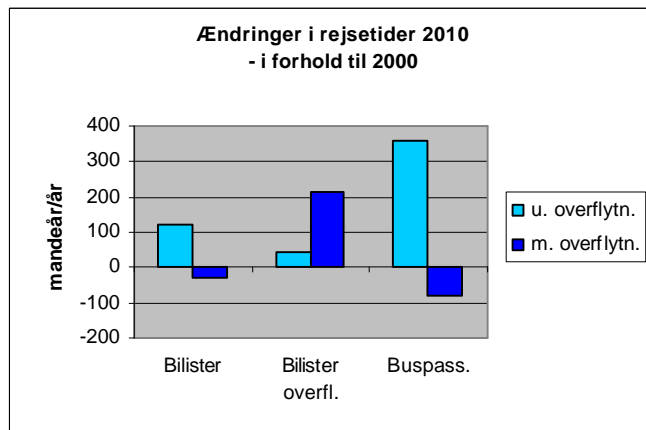
### *Effekt af overflytning af bilister*

En overflytning af 25% af bilisterne betyder at rejsetiden for de øvrige bilister samt buspassagererne reduceres fra år 2000 til år 2010.

---

<sup>6</sup> Gennemsnitlig rejse længde for bilrejser er længere end den berørte strækning på ca. 2½ km

<sup>7</sup> I henhold til Københavns kommune, *Færdselstællinger og andre trafikundersøgelser 1997-2001*



**Figur 6: Effekt af overflytning af bilister**

Rejsetiden for bilister på Nørrebrogade reduceres med knap 1 minut i forhold til situationen i dag, og med godt 4 minutter i forhold til en situation uden tiltag i 2010.

For buspassagerer reduceres rejsetiden med knap 2 minutter i forhold til i dag, og med knap 10 minutter i forhold til en situation uden tiltag.

Rejsetiden for overflyttede bilister øges med ca. 19 og ca. 15 minutter i forhold til henholdsvis dagens situation og situationen uden tiltag.

Rejsetidsforbedringerne medfører knap 900.000 nygenererede busrejser, og samtidig kan der realiseres en nettobesparelse på ca. 7.000 vogntimer/år.

## Samfundsøkonomisk vurdering

De primære elementer i en samfundsøkonomisk vurdering af fremkommeligheden på Nørrebrogade er dels værdien af rejsetid og dels driftsresultatet for busriften. Der er ikke medregnet værdier af reguleringsforbedringer for buspassagerer. Forbedret regularitet kan kan reducere den skjulte ventetid ved påstigning og skift.

Eksternaliteter er også inddraget, men med de forudsatte beregningspriser udgør de kun en beskedent bidrag.

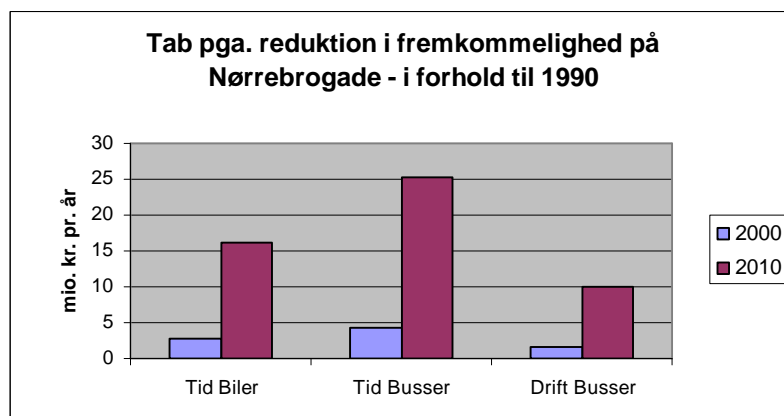
### Beregningspriser:

Værdi af rejsetid, bil	60	Kr/time
Værdi af rejsetid, bus	30	Kr/time
Indtægt pr. buspåstiger	5	Kr/påstiger
Omkostning pr. busvogntime	400	Kr/vogntime
Kørselsomkostninger for privatbiler	1,82	Kr/km
Eksternaliteter for privatbiler	0,34	Kr/km
Eksternaliteter for busser	1,81	Kr/km

**Tabel 5: Anvendte beregningspriser**

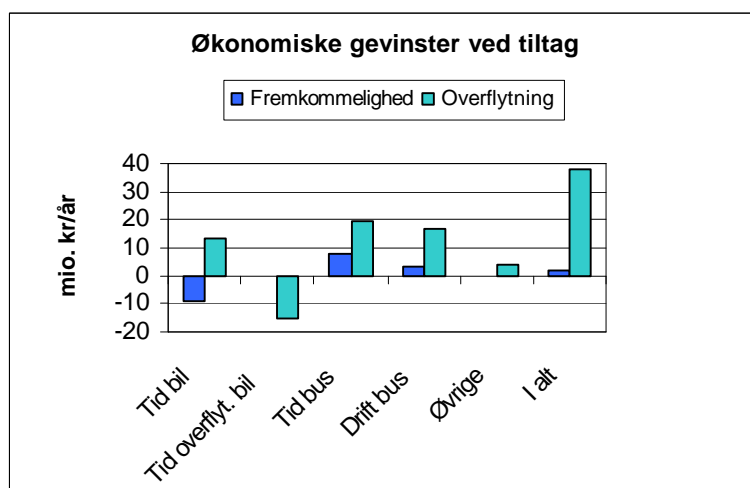
Kørselsomkostningerne for privatbiler indeholder benzin, motorolie, dæk, reparation og vedligeholdelse samt afskrivninger<sup>8</sup>. Eksternalitets omkostningerne omfatter støj, luft, uheld og trængsel<sup>9</sup>.

Tidsværdien af rejsetid afhænger bl.a. af indkomsten. Den højere værdi af rejsetid for bilrejsere tilskrives en højere gennemsnitlig indkomst i forhold til busrejsende.



**Figur 7: Økonomisk tab pga. forringet fremkommelighed**

Hvis den nuværende udvikling fortsætter frem til år 2010, så vil den reducerede fremkommelighed medføre et samlet tab på 51 mio. kr/år i forhold til 1990 og ca. 40 mio. kr/år i forhold til år 2000 (se Figur 7).



Figur 8 viser de økonomiske effekter af de to tiltag. Effekten er vist i forhold situationen i år 2010 hvor der ikke foretages indgreb.

**Figur 8: Økonomiske gevinster ved tiltag**

Investeringsbehovet for busfremkommelighedstiltaget forventes at udgøre ca. 20 mio. kr. Dette beløb skal sammenholdes med en driftsøkonomisk besparelse på 3,1 mio. kr/år, og en samfundsøkonomisk gevinst på 2 mio. kr/år. Med en forventet levetid på 20 år og en kalkulationsrente på

<sup>8</sup> Kilde: Vejdirektoratet, [www.vejdirektoratet.dk/wimpdoc.asp?page=document&objno=60322](http://www.vejdirektoratet.dk/wimpdoc.asp?page=document&objno=60322)

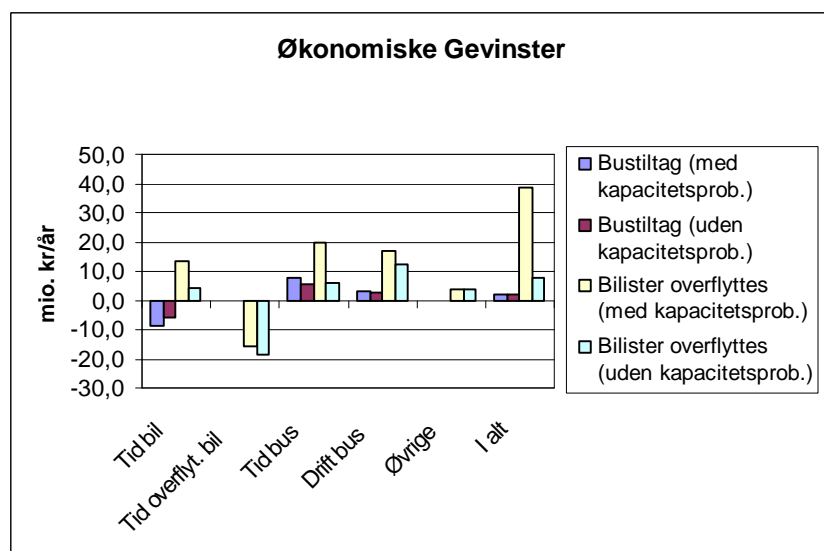
<sup>9</sup> Kilde: Projekt Basisnet, prisniveau reguleret.



5% p.a. fås positive nutidværdier på hhv. 33 mio .kr. (driftsøkonomisk) og 20 mio .kr. (samfundsøkonomisk). Udtrykt ved den interne rente fås hhv. 13% og 5%.

Resultatet af overflytning af 25% af bilisterne er følsomt overfor forudsætningen om at kapacitetsgrænsen overskrides.

Figur 9 viser at den årlige samlede samfundsøkonomiske gevinst ved at overflytte 25% af bilisterne til bus, falder med ca. 30 mio. kr. fra 38 til ca. 8 mio. kr/år.



Figur 9: Økonomiske gevinster ved tiltag (m/u. kapacitetsproblemer)

Resultaterne af busfremkommelighedsprojektet påvirkes ikke af kapacitetsgrænsen i samme grad, da effekterne er forudsat relativt til hastigheden.

## Konklusion

Hvis den nuværende udvikling fortsætter frem mod år 2010, så vil stigende trængsel på brogaderne medføre betydelige samfundsøkonomisk tab. Rejsetiden vil stige markant både for bilister og buspassagerer. Driftsomkostningerne til at opretholde den nuværende busbetjening vil ligeledes stige pga. forringet fremkommelighed for busserne. Samlet set vil den forringede fremkommelighed i forhold til år 2000 medføre et årligt tab på ca. 40 mio. kr/år.

I nærværende notat er skitseret to forskellige metoder, der begge kan medvirke til at reducere de økonomiske tab. Den samfundsøkonomiske vurdering viser, at begge indgreb i fremkommeligheden har en positiv værdi for samfundet – også når der inddrages effekter for de bilister der påvirkes negativt.

Den årlige gevinst er størst ved overflytningen af bilister. Det skyldes ikke mindst, at de resterende bilister også får en positiv effekt af dette tiltag. Gevinsten på ca. 38 mio. kr/år opnås ved at flytte en lille gruppe af bilister til gavn for de mange. Analysen viser imidlertid også, at overflyt-

ningen vil øge rejsetiden for netop disse trafikanter, og dermed vil de næppe selv ændre deres rejsevalg.

Resultaterne for overflytning af bilister er følsomt overfor forudsætningen om, at kapacitetgrænsen overskrides inden 2010, men selv hvis denne ikke overskrides er effekterne positive.

Et sammenhængende busfremkommelighedstiltag på Nørrebrogade har også en samlet positiv effekt, og sammenholdes de økonomiske gevinster med et investeringsbehov på ca. 20 mio. kr. er projektet rentabelt både driftsøkonomisk og samfundsøkonomisk.

Udover de nævnte fordele, så vil en bedre fremkommelighed givet vis medføre en række andre værdier; skjult rejsetidsbesparelse ved større regularitet, bedre arbejdsmiljø for chauffører etc. Disse værdier er ikke inddraget i analysen, men bør medgå i overvejelserne om konkrete projekter.

## Bilag: Nøgletal

Beskrivelse	2000	2010		
		Uden tiltag	Busfremkommelighed	Overflytning
<i>Bil</i>				
Bilister, antal pr. hverdagsdøgn	23.166	25.665	25.665	22.457
Hastighed, km/t	25,3	15,0	12,0	29,8
Rejsetid, minutter	5,4	9,1	11,4	4,6
<i>Bus</i>				
Påstigere, antal pr. døgn	34.400	26.501	27.561	35.551
Hastighed, km/t	12,0	7,1	8,9	14,1
Rejsetid, minutter	11,4	19,3	15,4	9,7