



TERESA (Transport- og Energiministeriets Regnearksmodel til Samfundsøkonomisk Analyse) for transportprojekter

- dokumentation (Version 1.0, august 2006)

Notat 3
2006

Ninette Pilegaard, Mogens Fosgerau, Mads Paabøl Jensen og Stéphanie Lyk-Jensen

TERESA (Transport- og Energiministeriets Regnearksmodel til Samfundsøkonomisk Analyse) for transportprojekter

- dokumentation (Version 1.0, august 2006)

Notat 3
2006

Ninette Pilegaard, Mogens Fosgerau, Mads Paabøl Jensen og Stéphanie Lyk-Jensen

TERESA (Transport- og Energiministeriets Regnearksmodel til Samfundsøkonomisk Analyse) for transportprojekter - dokumentation

Notat 3
2006

Af Ninette Pilegaard, Mogens Fosgerau, Mads Paabøl Jensen og Stéphanie Lyk-Jensen

Copyright: Eftertryk tilladt med kildeangivelse

Udgivet af: Danmarks TransportForskning

Rekvireres hos: www.dtf.dk

ISSN: 1601-9466 (elektronisk udgave)

ISBN-13: 978-87-7327-150-6 (elektronisk udgave)

ISBN-10: 87-7327-150-0 (elektronisk udgave)

Forord

Transport- og Energiministeriet har ønsket at understøtte muligheden for at gennemføre samfundsøkonomiske beregninger på transportområdet samt at fremme deres sammenlignelighed og konsistens ved at udvikle et værktøj, der kan bruges bredt af mange forskellige aktører. På denne baggrund har COWI i samarbejde med Danmarks TransportForskning udviklet regnearksmodellen TERESA (Transport- og Energiministeriets Regnearksmodel til Samfundsøkonomisk Analyse) til brug for samfundsøkonomiske analyser af transportinfrastrukturprojekter. Dette notat beskriver kort det metodiske grundlag for TERESA og gennemgår systematisk datamaterialet samt de matematiske formler, som indgår i modellen. Denne dokumentation er ikke en forudsætning for at kunne anvende regnearket, men kan bruges som et værktøj af interesserede brugere til yderligere forståelse af beregningerne.

Dette notat er skrevet af Danmarks TransportForskning i samarbejde med COWI i forbindelse med udviklingen af regnearksmodellen TERESA.

August 2006

Niels Buus Kristensen

Direktør

Indhold

1	Indledning	1
1.1	Baggrund	1
1.2	Denne dokumentation	2
1.3	Anvendelse af regnearket.....	2
2	Generelle forudsætninger og notation	4
2.1	Forudsætninger	4
2.2	Markedspriser og faktorpriser	4
2.3	Fremskrivning og opdatering	6
2.4	Data	7
2.5	Nøgletal/Enhedspriser	10
2.6	Effekter	12
2.7	Beregnete variabler	13
3	Resultater	15
3.1	Samfundsøkonomisk analyse.....	15
4	Brugerne.....	16
4.1	Generelle principper	16
4.1.1	Konsumentoverskud	16
4.1.2	Benefits for godstransport	17
4.2	De generaliserede rejseomkostninger	17
4.2.1	Afgifter.....	17
4.3	Personer	18
4.3.1	Omkostning pr. tur.....	18
4.3.2	Provenuvirkning pr. tur.....	18
4.3.3	Konsumentoverskud	19
4.3.4	Opdeling af konsumentoverskuddet	20
4.4	Godstransport	22
4.4.1	Omkostning pr. tur.....	22
4.4.2	Provenuvirkning pr. tur.....	22
4.4.3	Konsumentoverskud	23
4.5	Gener i anlægsperioden	24
5	Infrastrukturforvaltere og -operatører	25
5.1	Vej	25
5.1.1	Driftsomkostninger	25
5.1.2	Billetindtægter	25
5.2	Baneforvaltere.....	26
5.2.1	Fornyelse- og vedligeholdelsesomkostninger.....	26
5.2.2	Infrastrukturafgift	26

5.3	Togoperatører	26
5.3.1	Billetindtægter	26
5.3.2	Driftsudgifter og infrastrukturafgifter	27
5.4	Busoperatører og Metroen.....	27
5.5	Andre operatører.....	27
6	Eksterne effekter.....	28
6.1	Luftforurening.....	28
6.2	Klima (CO2)	29
6.3	Støj	29
6.4	Uheld	29
6.5	Trængsel	30
6.6	Barriere-effekt.....	30
6.7	Øvrige eksterne effekter	31
6.8	Afgiftskorrektion.....	31
7	Staten og offentlige kasser	32
7.1	Anlægsinvestering	32
7.2	Følgeinvesteringer.....	32
7.3	Vedligeholdelse.....	32
7.4	Restværdi	32
7.5	Afgiftsvirkninger	32
7.6	EU-tilskud	33
7.7	Forvridningstab.....	33
8	Sammenfatning af effekter - resultater	34
9	Usikkerhed og følsomhed	36
9.1	Følsomhedsanalyser	36
9.2	Usikkerhedsanalyser.....	37
9.2.1	Fordelinger	39
9.2.2	Gennemførelse af analysen	39
9.2.3	Resultater	40

1 Indledning

1.1 Baggrund

Transport- og Energiministeriet har ønsket at understøtte muligheden for at gennemføre samfundsøkonomiske beregninger på transportområdet samt at fremme deres sammenlignelighed og konsistens ved at udvikle et værktøj, der kan bruges bredt af mange forskellige aktører. På denne baggrund har COWI i samarbejde med Danmarks TransportForskning udviklet regnearksmodellen for samfundsøkonomiske analyser af transportinfrastrukturprojekter, TERESA (Transport- og Energiministeriets REgnearksmodel for Samfundsøkonomisk Analyse).

Overordnet gælder, at regnearksmodellen er udarbejdet ud fra principper, hvor der lægges vægt på følgende kriterier:

- Overskuelighed
- Gennemsigtighed
- Brugervenlig betjening
- Minimering af risiko for fejlbetjening

Da der samtidig har været et ønske fra de primære brugere om en høj fleksibilitet, dvs. mulighed for mange typer af effekter har det i praksis været nødvendigt at foretage en række valg og afvejninger for at opfylde disse kriterier bedst muligt

Regnearksmodellen TERESA baserer sig på principperne beskrevet i "Manual for samfundsøkonomisk analyse – anvendt metode og praksis på transportområdet" (Trafikministeriet 2003). I såvel modellen som i denne dokumentation er der desuden draget nytte af de praktiske erfaringer fra arbejdet med "Samfundsøkonomisk vurdering af en fast forbindelse over Femern Bælt" (Trafikministeriet 2003) samt "Strategianalyse København-Ringsted – Samfundsøkonomisk analyse, Baggrundsrapport" (Trafikstyrelsen 2005).¹

¹ Ligeledes er enkelte afsnit i nærværende notat direkte gengivet fra rapporter.

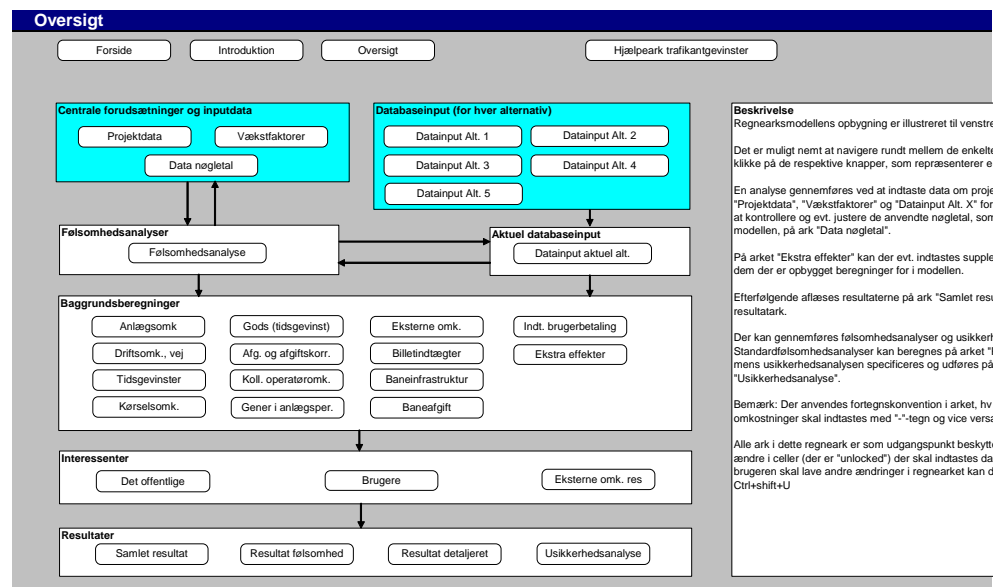
1.2 Denne dokumentation

Denne dokumentation beskriver kort det metodiske grundlag for regnearksmodellen TERESA og gennemgår systematisk datamaterialet samt de matematiske formler, som indgår i modellen. Denne dokumentation er dog ikke en forudsætning for at kunne anvende regnearket. Den praktiske anvendelse af TERESA forklares direkte i regnearket, og arkene er dermed også hver især i vidt omfang selvforklarende. Selve den teoretiske baggrund for analysen gennemgås ikke her, og der henvises til "Manual for samfundsøkonomisk analyse - anvendt metode og praksis på transportområdet" for nærmere beskrivelse.

1.3 Anvendelse af regnearket

Regnearket er bygget op med forholdsvist mange ark, hver med en begrænset mængde information. Dette er gjort for at gøre regnearket mere tilgængeligt.

Modellens forskellige ark og opbygning præsenteres i følgende oversigt som er gengivet fra regnearket. Oversigtsarket gør det desuden muligt nemt at manøvrere rundt i modellen.



'Introduktionsarket' forklarer om konventionerne for tal og tekst samt om, hvordan og hvornår man som bruger selv skal handle aktivt, og hvad regnearket udfører automatisk.

Introduktion og struktur

Introduktion til regnearket

Dette regneark indeholder en model til beregning af de samfundøkonomiske konsekvenser af et projekt på transportområdet. Modellens beregninger er dokumenteret i rapporten DTF, 2006: "Regnearksmodel for samfundøkonomiske analyser af transportinfrastrukturprojekter".

Regnearket beregner de samlede samfundøkonomiske omkostninger på baggrund af oplysninger om et konkret projekt som brugeren specificerer. Regnearket består af en række ark: til indtastning af data, til baggrundsregning, til resultater og til information. På arket "Overblik" er modellen illustreret. Fra dette ark er det endvidere muligt nemt at navigere rundt mellem de enkelte ark i modellen.

Oplysninger om projektet indtastes af brugeren på arkene "Projektdata" og "Vækstfaktorer" samt på arkene kaldet "Datainput Alternativ X" for hver alternativ (X). Regnearket er opbygget med mulighed for gennemregning af 5 alternativer. På arket "Projektdata" kan brugeren vælge det antal alternativer der ønskes gennemregnet samt hvorvidt projektet omhandler vej, bane eller begge dele, hvorefter der skjules rækker som er overflødige.

Under overskriften på hvert ark findes en header med drop-down bokse hvor brugen kan vælge alternativ samt følsomhedsanalyse (står som standard til basisantagelser). Resultatet vises for det valgte alternativ med den valgte indstilling for følsomhedsanalyse.

Bemærk: Der anvendes fortegnskonvention i arket, hvilket vil sige at alle omkostninger skal indtastes med "-"-tegn og vice versa. Herefter kan det samlede overordnede resultat aflæses på arket "Samlet resultat", mens mere detaljeret indsigt i resultatet fås på arket "Resultat detaljeret". På arket "Usikkerhedsanalyse" kan der gennemføres en usikkerhedsanalyse af resultatet, mens der kan gennemføres følsomhedsanalyser på arket "Resultat følsomhed".

Indholdet og formålet med de enkelte ark er nærmere forklaret nedenfor.

Regnearket er opbygget så det i vidt omfang er selvforklarende. Det forudsættes dog at brugeren har et vist kendskab til samfundøkonomiske analyser på transportområdet, ligesom det er en fordel at være bekendt med den anvendte metode beskrevet i Trafikministeriet, 2003: "Manual for samfundøkonomisk analyse - anvendt metode og praksis på transportområdet". Regnearket er opbygget med forklarende tekst - både i forbindelse med tabeller hvor brugeren skal indtaste data, men også i forbindelse med baggrundsregninger og resultater. Det henvises i øvrigt til den tekniske dokumentationsrapport.

For at gøre regnearket så overskueligt og så nemt at betjene som muligt er det opbygget med brug af faste formateringskonventioner. De anvendte konventioner er nærmere forklaret nedenfor.

Konventioner for tal

Blå tal indikerer at tallene er input data til beregningerne.
Sorte tal indikerer at tallene er beregnet på basis af andre tal.
Grå tal indikerer at tallene er vist med henblik på sammenligning men ikke bruges i de videre beregninger.
Grønne tal indikerer at tallene er linkede til input eller mellemresultater fra andre ark.
Røde tal indikerer at tallene er usikre eller ikke-officielle data.
Kursiv= årstal

Konventioner for ark

Turkise-farvede ark indikerer at brugeren skal indtaste data eller tage stilling til allerede indtastede data.
 Hvide ark er ark med information til brugeren om regnearket eller betjeningen heraf
 Sorte ark er resultatark
 Ark med neutral farve er baggrundsregningsark

Arkens indhold

Arkets navn	Arkets formål
Forside	Præsentation af beregningsmodel.
Introduktion	Denne introduktion til regnearket med tilhørende forklaring af definitioner for farvekoder og beskrivelse af arkens indhold.
Oversigt	Oversigt over opbygningen af regnearksmodellen med tilhørende mulighed for at klikke sig til de forskellige ark i modellen.
Projektdata	På dette ark skal brugeren indtaste en række oplysning og data om det projekt der analyseres.
Hjælpeark trafikantgevinst	Dette ark er et hjælpeark for brugeren til beregning af input til beregning af trafikantgevinsterne. Der redegøres for hvordan input til den samfundøkonomiske analyse skal beregnes ud fra trafikmodel data. Beskrivelsen er suppleret med et konkret eksempel, som specificerer hvordan data skal behandles, så de indlægges konsistent og korrekt i modellen.
Datainput Alternativ #1-5#	På disse ark specificeres resultater af beregninger udført på data fra trafikmodellen. Primært beregninger af tid og kilometer. Tabellen er input i SØK beregningerne i dette regneark.
Datainput aktuel alt.	Beregningsark hvor datainput for det valgte alternativ er overført.
Vækstfaktorer	På dette ark skal brugeren indtaste faktorer for vækst i analysens forskellige komponenter. Faktorerne anvendes til fremskrivning af effekterne, hvis der ikke er trafikdata for to år til rådighed. Desuden bruges faktorerne til fremskrivning af effekterne for årene efter året for den sidste trafikmodelkørsel.
Data nøgletal	Arkets indeholder centrale inddata og nøgletal til brug for beregningerne fra seneste udgave af Trafikministeriets Nøgletalskatalog. Desuden indeholder arket andre nøgletal som ikke er en del af Nøgletalskataloget, men som anvendes i beregningerne.
Samlet resultat	Arkets indeholder en præsentation af de overordnede resultater.

Bemærk, at det ikke er nødvendigt for brugeren at tage stilling til flere end tre ark per projekt, nemlig 'Projektdata', 'vækstfaktorer' og 'data nøgletal'. Derudover skal der indtastes trafikdata i 'Datainput Alt. x' -arket for hvert alternativ x (x=1,...,5).

2 Generelle forudsætninger og notation

2.1 Forudsætninger

I dette afsnit beskriver vi nogle af de generelle forudsætninger, der ligger til grund for analyserne, ligesom vi introducerer den notation, der benyttes i denne dokumentation.

- beregninger foretages ved markedsprismetoden.
- Alle tal angives i markedspriser med mindre andet anføres.
- omregning til markedspriser sker før beregningerne, dvs. nøgletallene er som hovedregel omregnet til markedspriser og mellemresultater er i markedspriser.
- der beregnes alene effekter for overfladetransport; dvs. fly og færger er ikke medtaget som rejsealternativer. Det er dog muligt at lade en færgeoverfart indgå som en del af en rejserute, ligesom de eksterne effekter fra færger og fly kan medregnes.

2.2 Markedspriser og faktorpriser

Den samfundsøkonomiske konsekvensvurdering af et projekt som beregnes i CBA-skabelonen regnes i markedspriser, dvs. i priser set fra borgernes synspunkt. Udgangspunktet er, at værdien af goder sættes ud fra borgernes præferencer og betalingsvillighed og dermed ud fra deres nytte. I praksis betyder det, at der regnes inklusiv skatter og afgifter.

Denne beregningsmetode bevirker dog, at man skal være opmærksom på hvorfra omkostninger og gevinster betragtes. Således er 1 kr. i borgernes lomme netop 1 kr. værd i markedspriser, hvorimod 1 kr. i statskassen (eller andre offentlige kasser) og for virksomheder har værdien 1 kr. + nettoafgiftsfaktoren (NAF) i markedspriser, når man betragter det fra brugernes synsvinkel. Dette vil vi forsøge at forklare nedenfor.²

² I "Manual for samfundsøkonomisk analyse – anvendt metode og praksis på transportområdet" (Trafikministeriet, 2003) Bilag 1 og Bilag 5 beskrives markedsprismetoden og anvendelsen af nettoafgiftsfaktoren nærmere.

Det er oplagt at se, hvorfor der skal tillægges NAF til statens direkte investeringsomkostninger mv. når de skal indgå i den samfundsøkonomiske vurdering. Forbrugerne værdisætter nemlig de samme ressourcer, der anvendes til investeringen, til priser som er inklusiv afgifter – i gennemsnit nettoafgiftsfaktoren.

Der skal dog også lægges NAF til de øvrige afgiftskonsekvenser for det offentlige, hvilket ses af nedenstående.

Hvis staten pålægger en forbruger en afgift på $(1+NAF)$ kroner, oplever forbrugeren et tab af samme størrelse. Staten modtager de $(1+NAF)$ kroner, men mister igen NAF da forbrugeren alternativt havde anvendt beløbet til forbrug, der gennemsnitligt er beskattet med NAF. Således bliver nettopåvirkningen af de offentlige kasser 1 krone i alt. En krone i statskassen har således værdien $(1+NAF)$ for forbrugeren.

Eksemplet viser også, at en overførsel mellem forbruger og stat ikke påvirker den samfundsøkonomiske vurdering. Forskellen på NAF skyldes jo, at de faktiske penge i de offentlige kasser er i faktorpriser, mens effekten for forbrugeren er i markedspriser.

I skabelonen omregnes påvirkningen af de offentlige kasser automatisk til markedspriser. Dermed bliver denne påvirkning af de offentlige kasser i beregningsgangen opgjort i markedspriser, hvilket altså afviger fra den faktiske ændring med nettoafgiftsfaktoren. Hvis man skal finde nettopåvirkningen af de offentlige kasser i faktiske kroner, skal der således korrigeres tilbage for nettoafgiftsfaktoren. Nettopåvirkningen i faktorpriser findes også i regnearket.

Ligesom for effekter i de offentlige kasser er effekterne for virksomheder i faktorpriser. Erhvervsrejser og godstransport indgår i produktionen hos virksomhederne. Der antages generelt fuldkommen konkurrence, hvilket betyder, at omkostningsreduktioner i sidste ende slår fuldt ud igennem hos forbrugerne, enten i form af billigere produktion eller i form af øget faktoraflønning. I det første tilfælde er produktionen i gennemsnit belagt med nettoafgiftsfaktoren, som derfor tillægges for at bestemme forbrugernes værdisætning. Således vil en omkostningsbesparelse for en virksomhed på 1 krone indebære en besparelse for forbrugerne på $1+NAF$ kroner, da der betales moms mv. mellem virksomhed og forbrugere. I det andet tilfælde beskattes faktoraflønning eventuelt. Provenuet for de offentlige kasser er i faktorpriser, hvorfor NAF skal tillægges. Den del som forbrugerne får til forbrug anvendes på varer, som i gennemsnit er belagt med nettoafgiftsfaktoren og den del giver også et provenu til de offentlige kasser. Samlet set skal der derfor tillægges NAF. Dette gøres automatisk i skabelonen.

2.3 Fremskrivning og opdatering

I denne dokumentation angives beregningsformlerne for et enkelt år ad gangen. Trafikprognoserne foreligger for en årrække (eller for et enkelt år og med en vækstfaktor for de øvrige år), og der foretages beregninger for hvert år, som tilbagediskonteres til den samlede nutidsværdi.³ Til diskonteringen anvendes pt. en rente på 6 %.

I overensstemmelse med Nøgletalskataloget fremskrives desuden tidsværdierne for persontransport med en real relativ prisudvikling svarende til BNP væksten. Den komponent i tidsomkostningerne for lastbiler som skyldes chaufførløn fremskrives ligeledes med BNP væksten. Skøn for væksten i BNP indhentes fra Finansministeriet og fremgår af Nøgletalskataloget ('Nøgletalskatalog - til brug for samfundsøkonomiske analyser på transportområdet'. Transport- og Energiministeriet).

Beregningernes basisår svarer til det år, som anvendes i det seneste Nøgletalskatalog. Dvs. hvis det seneste Nøgletalskatalog angiver enhedspriserne i 2003-priser, så er det udgangspunktet for beregningerne. Hvis man har oplysninger om anlægsomkostninger for et nyere år, skal de øvrige priser fremskrives til dette år vha. prisindeks.

Problemstillingen er nemlig følgende:

Vi har to tidspunkter $t=0,1$, to slags varer $i=1,2$ og priser på hver vare på hvert tidspunkt, p_{it} . For hver vare findes et prisindeks $I_i = p_{i1}/P_{i0}$. Vare 1 er måske tid, miljø etc., hvortil vi knytter priser i form af betalingsviljer og benytter forbrugerprisindekset. Vare 2 er eksempelvis anlægsinvesteringen, hvortil vi knytter et andet prisindeks.

Vi observerer P_{10} og P_{21} og skal vælge om vi vil fremskrive prisen på den første vare til tidspunkt 1 eller om vi vil tilbageskrive prisen på den anden vare til tidspunkt 0. Desuden skal vi vælge, hvilket prisindeks vi vil anvende. Vi vil se på, om vi får de rigtige relative priser. Det bemærkes, at de relative priser ikke behøver være ens i de to år. $P_{10}/P_{20} \neq P_{11}/P_{21}$. Vi er interesseret i at ramme de seneste relative priser, dvs. P_{11}/P_{21} . Dette er den afgørende forudsætning og også det eneste, der giver mening. De seneste relative priser fortæller, hvad den reale pris er på anlægget. Vi er ikke inte-

³ Bemærk at det i situationen med trængsel kan være problematisk blot at bruge vækstfaktorer for trafikken (se bl.a. Fosgerau & Nielsen, 'Overvuderes tidsbenefit af vejprojekter', Trafikdage 2005).

resserede i at vide, hvad den reale pris ville have været, hvis anlægget var bygget tidligere.

Fremskriver vi prisen på vare 1 med prisindekset på vare 1, får vi det ønskede: $P_{10} \cdot I_1 / P_{21} = P_{11}/P_{21}$. Omvendt kan vi også tilbageskrive prisen på vare 2, men igen med prisindekset for vare 1: $P_{10} / (P_{21} / I_1) = P_{11}/P_{21}$.

Det går derimod galt, hvis vi tilbageskriver prisen på vare 2 med prisindekset på vare 2: $P_{10} / (P_{21}/ I_2) = P_{10}/P_{20}$, for da får vi de relative priser på tidspunkt 0.

Så i situationen hvor vi har nøgletal for et år, men anlægsskøn i et andet prisniveau, skal vi altså skrive nøgletallene frem til det andet prisniveau med forbrugerprisindekset. Derefter kan *hele* regnestykket køres frem og tilbage med forbrugerprisindekset. Prisindeks for anlægsskønnet skal *ikke* benyttes, for det ændrer forholdet mellem de relative priser fra det seneste til det forhold, der gjaldt i basisåret.

I regnearket har man mulighed for selv at specificere sit beregningsår.

2.4 Data

De centrale input til en samfundsøkonomisk analyse af et infrastrukturprojekt er data om forventet trafik samt om anlægs- og driftsomkostningerne ved projektet.

Trafiktallene bruges bl.a. til beregning af brugergevinster samt interne og eksterne kørselsomkostninger ved projektet. Disse datasæt er ofte ganske omfattende og indeholder mange forskellige talstørrelser. Dimensionerne af beregningerne afhænger af disse data, og det er derfor vigtigt med en grundig tilgang til dem.

For at inputdata kan behandles, er det nødvendigt med en systematisk beskrivelse og behandling af dem.

Data kan have følgende dimensioner:

Tabel 1. Dimensioner i data

Navn	Indhold	Elementer
s	Alternativ	Basisalternativ (0), projektalternativ (1) ¹
m	Transportmiddel	bestemmes af data (eks.

		tog, bus, bil, lastbil)
o	Oprindelse	bestemmes af data
d	Destination	bestemmes af data
p	Rejseformål	bestemmes af data (eks. pendling, fritid, erhverv)
t	Tidstype	bestemmes af data (eks. køretid, køtid, ventetid)
g	Varetype	bestemmes af data

1: Der er mulighed for at specificere 5 alternativer i regnearket. I denne dokumentation betegner alternativ $s=1$ blot, at der er tale om det aktuelle alternativ.

Grunddata - eller trafikdata - der modtages til beregningerne, foreligger typisk i en række tabeller. I denne dokumentation forventes disse grunddata at være som beskrevet i tabellen nedenfor, men det kan kræve en bearbejdning at få data på denne beskrevne form, hvilket i mange tilfælde skal udføres før beregningerne kan foretages.

Tabel 2. Datatabeller

Navn	Indhold
DP(s,m,o,d,p)	Afstande i kilometer for personer.
DG(s,m,o,d,g)	Afstande i kilometer for gods.
TP(s,m,o,d,p,t)	Tid pr. tur af hver tidstype for personer i minutter.
TG(s,m,o,d,g,t)	Tid pr. tur af hver tidstype for gods i minutter.
NP(s,m,o,d,p) ¹	Antal passagerer.
NG(s,m,o,d,g) ¹	Antal tons.
NB(s,m,o,d,p) ¹	Antal køretøjer med passager.
NL(s,m,o,d,g) ¹	Antal køretøjer med gods.
OP(s,m,o,d,p) ²	Belægningsfaktor i personbil eller bus, antal personer pr. køretøj. Beregnes som forholdet mellem NP(s,m,o,d,p) og NB(s,m,o,d,p).
FAP (s,m,o,d,p)	Takster pr. passager. For m=bil korrigeres taksten for en bil med OP(s,m,o,d,p). Dette svarer til evt. særlige brugerafgifter for m=bil og til billetudgifterne for kollektiv trafik. Det antages at en brugerafgift altid tilfalder staten eller et statsejet selskab, hvorfor det ikke er nødvendigt at skelne mellem typerne af afgifter. For erhvervsrejsende gælder, at FAP(s,m,o,d,erhverv) er korrigeret for evt. afgiftsreduktion og omregnet til markedspris.
FAG(s,m,o,d,g)	Takster og afgifter pr. ton. Bemærk at det forudsættes at FAG(s,m,o,d,g) er i markedspris som FAP(s,m,o,d,erhverv).

1: Det er ikke alle trafikmodeller, der leverer både antallet af passagerer/tons og antallet af køretøjer. Har man brug for begge tal omregnes vha. belægningsfaktorer.

2: Belægningsfaktorerne kan ikke altid fås som output fra trafikmodellerne. Hvis de hverken opgives eller kan udledes af trafikdataene, må man bruge defaultværdier for belægningsgraderne, hvilket fås som en del af nøgletalene.

Trafikdata vil ikke altid have alle de dimensioner som er angivet ovenfor. I de fleste tilfælde, vil det være muligt at se bort fra de ekstra dimensioner. I

andre tilfælde, vil det være nødvendigt med vurderinger af betydningen af at ændre dimensioner.

2.5 Nøgletal/Enhedspriser

Der anvendes desuden en række nøgletal, som er beskrevet i nedenstående tabel. Disse stammer dels fra det aktuelle Nøgletalskatalog, og dels fra andre kilder.⁴ Tallene er i markedspriser med mindre andet er angivet.

Tabel 3. Nøgletal, transportspecifikke

Navn	Indhold
$KMP_R(s,m,p)^1$	Kørselsafhængige omkostninger før afgifter pr. passagerkilometer.
$KMP_A(s,m,p)^1$	Kørselsafhængige afgifter pr. passagerkilometer i personbil. Der antages afgiftsfritagelse for kollektiv transport således at $KMP_A=0$ for de pågældende modes.
$KMG_R(s,m,g)^1$	Kørselsafhængige omkostninger før afgifter pr. tonkilometer. Opgøres pr. transportmiddel og varetype.
$KMG_A(s,m,g)^1$	Ikke-refunderbare kørselsafhængige afgifter pr. tonkilometer.
$OP(s,m,r,p)$	Default belægningsgrader for persontransport (anvendes kun hvis belægningsgraderne ikke kan udledes af trafikdata)
$VOTP(p,t)$	Tidsværdi pr. persontime for hvert rejseformål og hver tidstype. Bemærk at $VOTP(erhverv,t)$ også antages at være i markedspriser.
$VOTG(s,m,g,t)$	Tidsværdi pr. køretøjstime pr. tons af hver varegruppe. Opgøres pr. tons ved hjælp af $OG(s,m,g)$. Værdien dækker de tidsmæssige omkostninger for lastbilen og chaufføren, ikke for godset.
$CLUFT^{effekt}$	Omkostninger af lokal luftforurening pr. kg. emission.
$CLUFT^{km}(m)$	Omkostninger af lokal luftforurening for hvert transportmiddel pr. km. For biler, busser og lastbiler opgø-

⁴ Se kildeangivelsen i regnearket.

	res pr. køretøj, og for tog opgøres pr. tog.
CSTOJ ^{effekt} (m)	Omkostninger af støj pr. SBT.
CSTOJ ^{km} (m)	Omkostninger af støj for hvert transportmiddel. For biler, busser og lastbiler opgøres pr. køretøj, og for tog opgøres pr. tog.
CACC ^{effekt} (m)	Omkostninger af uheld pr. uheld med personskade.
CACC ^{km} (m)	Omkostninger af uheld for hvert transportmiddel. For biler, busser og lastbiler opgøres pr. køretøj, og for tog opgøres pr. tog.
CCO2 ^{effekt}	Omkostninger pr. kg CO ₂ -udledning.
CCO2 ^{km} (m)	Omkostninger pr. km af CO ₂ -udledning for hvert transportmiddel. For biler, busser og lastbiler opgøres pr. køretøj, og for tog opgøres pr. tog.
CCONG ^{km} (m)	Omkostninger pr. km af trængsel for hvert transportmiddel.
CBAR	Omkostninger pr. barriere effekt (BRBT)
ADM	Administrationsomkostninger for salg af togbilletter, opgjort som procent af indtægten

¹ Vi forudsætter, at de faktiske betalinger for erhvervsrejsende og gods er blevet korrigeret med NAF til markedspriser.⁵

I ovenstående tabel er de eksterne omkostninger angivet enten pr. effekt eller pr. køretøjskilometer. Der er mulighed for at benytte begge typer af information til beregningerne af de eksterne omkostninger i regnearket.

Det er at foretrække at beregne pr. effekt, men hvis disse ikke kendes benyttes alternativt de kilometerbaserede omkostninger.

Derudover bruges en række mere generelle nøgletal.

Tabel 4. Nøgletal, generelle

Navn	Indhold
NAF	Nettoafgiftsfaktor. Angiver den gennemsnitlige forskel mellem faktorpriser og markedspriser

⁵ I praksis er der dog en risiko for inkonsistens her idet de aktuelle nøgletal ikke er fuldt ud korrigeret for erhvervenes afgiftsfritagelser. Dette forventes dog korrigeret ved en senere opdatering af nøgletallene.

FVT	Faktor for forvriddningstab. Anvendes på nettopåvirkningen af de offentlige kasser til at beregne den ekstra omkostning, som skyldes øget behov for at opkræve skatter.
DISK	Diskonteringsfaktor. Bruges til beregning af nutidsværdien af fremtidige effekter (aktuelt er diskonteringsfaktoren 6%).
NPI	Udviklingen i nettoprisindekset
BNPV	Årlig BNP vækst

2.6 Effekter

I den samfundsøkonomiske analyse medtages principielt alle effekter af et projekt. Dette er naturligvis ikke muligt i praksis, men man kommer så vidt muligt rundt om alle aspekter. For et infrastrukturanlæg gælder dette:

- Omkostninger til anlægget
- Driftsøkonomiske konsekvenser
- Brugergevinster
- Eksterne effekter
- Afgiftseffekter og forvriddningstab

I CBA'en vælges samtidig at beregne netto-ændringer for de forskellige grupper af aktører. Dermed kan man samtidig få afdækket fordelingen af konsekvenserne. De relevante grupper at betragte er her:

- Brugerne: her regnes brugergevinster for både personer og gods-transport.
- Infrastrukturforvaltere og -operatører: her regnes deres driftsøkonomiske konsekvenser. Infrastrukturforvaltere og -operatører betragtes altid som offentlige i TERESA.
- Eksterne effekter: her regnes på konsekvenser for bl.a. miljø og omgivelser, som ikke er primære brugere eller aftagere af projektet.

- Det offentlige (staten og andre offentlige myndigheder): her regnes på de samlede påvirkninger af statens budgetter. Det drejer sig eksempelvis om de direkte anlægsomkostninger, evt. ekstra indtægter og afledte afgiftskonsekvenser som følge af brugernes ændrede adfærd.

Når der generelt ikke regnes på effekter for transportforbrugende virksomheder skyldes det, at disse overordnet antages at operere under fuldkommen konkurrence, hvorfor der ikke vil være nogle nettoeffekter af infrastrukturprojekter for dem. Effekter ender i sidste ende nemlig hos forbrugere.

2.7 Beregnede variabler

Disse effekter beregnes i en række tabeller, som beskrives nedenfor.

Table 5. Beregnede tabeller og tal

Navn	Indhold
GROP(s,m,o,d,p)	Generaliserede rejseomkostninger for personer pr. passager pr. tur
GROG(s,m,o,d,g)	Generaliserede omkostninger for gods pr. ton pr. tur
PROVP ^{km} (s,m,o,d,p)	Provenuvirkning for staten for personer pr. passager pr. tur, kilometerafhængige afgifter, ikke-korrigeret for alternativ anvendelse
PROVP ^{billet} (s,m,o,d,p)	Provenuvirkning for staten for personer pr. passager pr. tur, brugeravgifter (eks. billet ved fast forbindelse), ikke-korrigeret for alternativ anvendelse
AKP(s,m,o,d,p)	Afgiftskorrektion for alternativ anvendelse for staten for personer pr. passager pr. tur, kilometerafhængige afgifter og billetudgifter
PROVG ^{km} (s,m,o,d,g)	Provenuvirkning for staten for gods pr. ton pr. tur, kilometerafhængige afgifter
PROVG ^{billet} (s,m,o,d,g)	Provenuvirkning for staten for gods pr. ton pr. tur, billetudgifter
PROV ^{km} (s)	Samlet provenu for staten af kilometerafhængige afgifter, ikke-korrigeret for alternativ anvendelse
PROV ^{billet} (s)	Samlet provenu for staten af billetudgifter, ikke-

	korrigeret for alternativ anvendelse
AK(s)	Samlet afgiftskorrektion for staten for alternativ anvendelsen af kilometerafhængige afgifter og billetudgifter (dvs. ikke-kilometerafhængige afgifter)
UBP(m,p)	Brugergevinster for personer, opdelt på transportmiddel og formål
UBG(m,g)	Brugergevinster for gods, opdelt på transportmiddel og godstype
PROVB(s)	Provenu for togoperatører
ECLUFT(s)	Eksterne omkostninger af lokal luftforurening
ECSTOJ(s)	Eksterne omkostninger af støj
ECACC(s)	Eksterne omkostninger af uheld
ECCO2(s)	Eksterne omkostninger af CO ₂ -udledning
ECCONG(s)	Eksterne omkostninger af trængsel
ECBAR(s)	Eksterne omkostninger af barriere effekt
NNV	Nettonutidsværdi af alle elementer i den samfundsøkonomiske analyse
BCR	Benefit-cost forholdet, som er nettonutidsværdien af projektet pr. offentlig nettoudgiftskrone i markedspris
IR	Projektets interne rente

Endelig anvendes lidt generel notation, som beskrives her:

Tabel 6. Øvrig notation

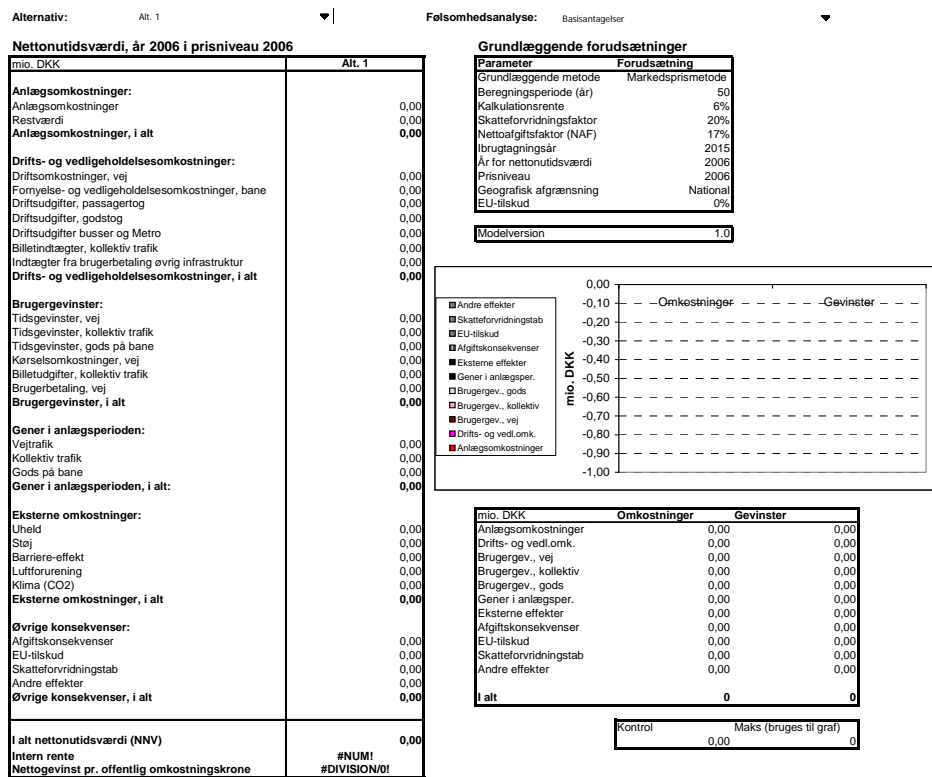
Navn	Indhold
NV()	Nutidsværdi af en tidsserie ved den angivne rente
Δ	Ændringer imellem basisalternativet og projekialternativet (dvs. $\Delta X(\cdot) = X(0) - X(1)$)

3 Resultater

3.1 Samfundsøkonomisk analyse

Resultaterne fra den samfundsøkonomiske analyse samles i arket 'samlet resultat'.

Samlet resultat



I de følgende afsnit gennemgås resultaterne enkeltvis.

4 Brugerne

4.1 Generelle principper

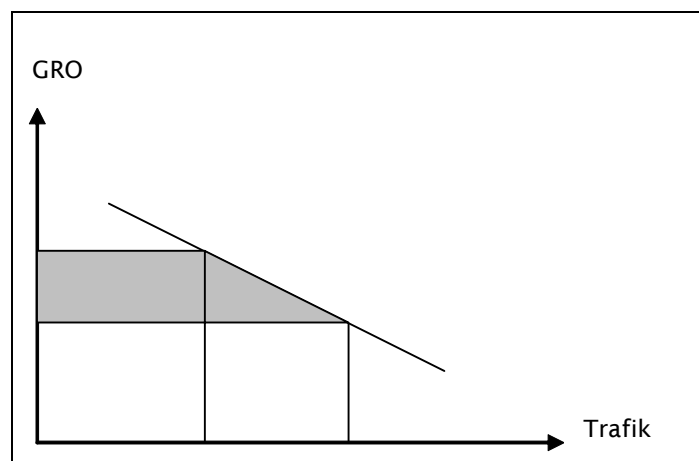
I dette afsnit gennemgås de generelle principper for den samfundsøkonomiske analyse for så vidt angår brugerne.

4.1.1 Konsumentoverskud

Brugernes gevinster måles ved hjælp af konsumentoverskuddet. Konsumentoverskuddet for person- og godstransport beregnes ved hjælp af ændringerne i de generaliserede rejseomkostninger, ganget med gennemsnittet af trafikken før og efter, svarende til figuren herunder. Konkret beregner man effekterne for de eksisterende brugere (svarende til firkanten) og effekterne for de nye brugere (svarende til trekanten), hvilket fører til den velkendte regneformel rule-of-a-half:

$$(1.) \quad \begin{aligned} CS &= \Delta GRO \cdot \text{Trafik}^0 + \frac{1}{2} \cdot (\Delta GRO) \cdot (-\Delta \text{Trafik}) \\ &= \frac{1}{2} \cdot (\Delta GRO) \cdot (\text{Trafik}^0 + \text{Trafik}^1) \end{aligned}$$

Bemærk, at med den valgte definition af Δ , så vil en positiv ΔGRO være en gevinst, idet det svarer til situationen, hvor den generaliserede rejseomkostning (GRO) falder når projektet er gennemført.



Figur 1. Konsumentoverskud

Dette gøres for alle kombinationer af transportmiddel, oprindelse, destination, rute og formål, således at der opereres med en efterspørgselskurve

for hver kombination. Resultaterne for alle disse kombinationer adderes til et samlet resultat.

4.1.2 Benefits for godstransport

Det antages generelt, at virksomhederne opererer under fuldkommen konkurrence. Dermed ender gevinsterne for omkostningsreduktioner ved godstransport i sidste ende hos forbrugerne og overskuddet kan opgøres som arealet under efterspørgselskurven.

4.2 De generaliserede rejseomkostninger

De generaliserede rejseomkostninger indgår i beregningen af konsumentoverskuddet. De omfatter tidsomkostninger og monetære omkostninger. Tidsomkostningerne er opdelt på tidstyper; de monetære omkostninger omfatter udgifter til brændstof mm. og afgifter, som betales af brugerne og modtages af staten eller andre myndigheder (det antages, at alle afgifter tilfalder offentlige myndigheder).

For så vidt angår tidsomkostninger anvendes enhedspriser for alle rejsende. Tidsværdien for erhvervsrejsende tillægges i TERESA automatisk til nettoafgiftsfaktoren, så den medregnes i analysen.

For så vidt angår kørselsomkostninger med bil og lastbil anvendes enhedspriser. For så vidt angår afgifter anvendes faktiske betalinger eller enhedspriser. For erhvervs- og godstransport omregnes til markedspriser.

4.2.1 Afgifter

En del af de generaliserede rejseomkostninger udgøres af overførsler til staten eller andre offentlige myndigheder, og skal således modregnes hos disse. Derudover har ændringer i de generaliserede rejseomkostninger betydning for forbruget af andre varer, hvilket også har indflydelse på de offentlige kasser. Dvs. at når ændringer i afgiftsdelen af brugernes omkostninger påvirker brugernes forbrug i øvrigt, som i gennemsnit er belagt med nettoafgiftsfaktoren, så skal denne påvirkning af staternes provenu medtages i beregningerne. Dette gælder for alle personrejser, der ikke er erhvervsrejser.

For erhvervsrejser og godstransport skal statens provenu derimod *ikke* korrigeres for alternativ anvendelse af ændringer i afgiftsdelen. Ændringer i afgiftsdelen af virksomhedernes omkostninger slår nemlig direkte igennem på statens provenu. Både varerne, som produceres ved den undersøgte transport, og de varer forbrugerne alternativt kan købe, er belagt med net-

toafgiftsfaktoren. En ændring i virksomhedernes omkostninger har således ikke effekt på staternes provenu gennem nettoafgiftsfaktoren.

4.3 Personer

I dette afsnit specificeres beregningen af de generaliserede rejseomkostninger, provenuvirkninger og konsumentoverskud for personer, som ikke er erhvervsrejsende.

4.3.1 Omkostning pr. tur

Den generaliserede rejseomkostning for en tur betegnes med $GROP(s,m,o,d,p)$, hvor $GROP$ afhænger af alternativ, transportmiddel, od, rute og rejseformål. $GROP$ opgøres pr. passager og beregnes som følger.

$$(2.) \quad \begin{aligned} &GROP(s,m,o,d,p) \\ &= \sum_t [VOTP(p,t) \cdot TP(s,m,o,d,p,t)] \\ &+ (KMP_R(s,m,o,d,p) + KMP_A(s,m,o,d,p)) \cdot DP(s,m,o,d,p) \\ &+ FAP(s,m,o,d,p) \end{aligned}$$

$GROP$ omfatter således tidsforbrug og alle betalinger med det faktiske beløb (for $p \neq$ erhverv).

For erhvervsrejsende gælder, at brugergevinsterne er i markedspriser idet enhedspriserne er blevet omregnet vha. nettoafgiftsfaktoren. Værdien af erhvervsrejsetiden opgøres nemlig for forbrugerne, som køber produktionen, der i gennemsnit er belagt med NAF. Dermed er erhvervenes omkostninger, der som udgangspunkt er i faktorpriser, blevet omregnet til markedspriser.

4.3.2 Provenuvirkning pr. tur

Af den generaliserede rejseomkostning udgør for eksempel afgifterne til staten pr. passager med bil $KMP_A(s,bil,o,d,p) \cdot DP(s,bil,o,d,p)$. Ser vi bort fra erhvervsrejser gælder dog, at den effektive betaling til staten er mindre, idet alternativ anvendelse også er afgiftsbelagt. En privat bruger, der anvender $(1+NAF)$ kroner mere end før, reducerer sit øvrige forbrug med samme beløb. Dette er i gennemsnit belagt med nettoafgiftsfaktoren, hvilket giver et provenutab for staten på NAF pr. $(1+NAF)$ kroner brugeren anvender på rejsen.

Det samme gælder afgiftsdelen af eventuelle brugerbetaling eller takster. Det antages at evt. brugerbetaling går til staten i sin helhed, inklusiv moms.

Provenuvirkningen for en ekstra rejsende i en given relation kan opdeles på de kilometerafhængige afgifter, på billet- eller brugerudgifterne samt på afgiftskorrekturen for alternativ anvendelsen af udgifterne.

(3.)

$$\begin{aligned}
 & \text{PROVP}^{\text{km}}(s,m,o,d,p) \\
 &= \begin{cases} \text{KMP}_A(s,m,p) \cdot \text{DP}(s,m,o,d,p) \cdot (1 + \text{NAF}) & p \neq \text{erhverv} \\ \text{KMP}_A(s,m,p) \cdot \text{DP}(s,m,o,d,p) & p = \text{erhverv} \end{cases} \\
 & \text{PROVP}^{\text{billet}}(s,m,o,d,p) \\
 &= \begin{cases} \text{FAP}(s,m,o,d,p) \cdot (1 + \text{NAF}) & p \neq \text{erhverv} \\ \text{FAP}(s,m,o,d,p) & p = \text{erhverv} \end{cases} \\
 & \text{AKP}(s,m,o,d,p \neq \text{erhverv}) \\
 &= \left(\frac{\text{NAF}}{1 + \text{NAF}} [(\text{KMP}_R(s,m,p) + \text{KMP}_A(s,m,p)) \cdot \text{DP}(s,m,o,d,p) + \text{FAP}(s,m,o,d,p)] \right) \cdot (1 + \text{NAF}) \\
 & \text{AKP} = (s,m,o,d,\text{erhverv}) = 0
 \end{aligned}$$

Bemærk at der ganges med $(1 + \text{NAF})$ i provenuerne og afgiftskorrekturene for $p \neq \text{erhverv}$ for at omregne til markedspriser.

For erhvervsrejsende gælder, at provenuvirkningen af en tur kun omfatter de direkte afgiftskonsekvenser, da der ikke optræder nogen effekt af alternativ anvendelse, som forklaret i afsnit 4.2.1. Det forudsættes at brugerafgifterne ($\text{FAP}(s,m,o,d,p)$) er blevet korrigeret for erhvervenes momsfratagelse samt omregnet til markedspris.

For OD-relationer, hvor der ikke betales særlige brugerafgifter, er $\text{FAP}=0$, mens der stadig er et tab for statskasserne som følge af bortfald af afgiftsbetaling ved alternativ anvendelse.

4.3.3 Konsumentoverskud

Brugergevinsterne opgøres som arealet under brugernes efterspørgselskurve, givet ved følgende udtryk.

$$(4.) \quad \boxed{UBP(m,p) = \sum_{o,d} \left[\frac{\Delta GROP(\cdot, m, o, d, p) \cdot [NP(1, m, o, d, p) + NP(0, m, o, d, p)]}{2} \right]}$$

4.3.4 Opdeling af konsumentoverskuddet

Af fortolkningsmæssige hensyn kan det være praktisk igen at opdele brugergevinsten på kørsels- (KØR) og tidsomkostninger (TID) samt brugerbetaling (BRUGER).

Idet enhedspriserne for tidsværdier og kilometeromkostninger er uændrede for infrastrukturprojekter kan ændringen i de generaliserede rejseomkostninger omskrives til:

(5.)

$$\boxed{\Delta GROP(\cdot, m, o, d, p) = \left[\begin{aligned} &\sum_t VOTP(p, t) \cdot \Delta TP(\cdot, m, o, d, p, t) \\ &+ (KMP_R(0, m, o, d, p) + KMP_A(0, m, o, d, p)) \cdot \Delta DP(\cdot, m, o, d, p) \\ &+ \Delta FAP(\cdot, m, o, d, p) \end{aligned} \right]}$$

Effekten fra trafikomfanget kan opdeles på effekter for eksisterende trafikanter og for nye/overflyttede trafikanter. Eksisterende trafikanter (EKS^p) skal her forstås som de trafikanter der transporterer sig både med og uden projektet, hvormed deres effekter svarer til firkanten i figuren s. 16. og nye/overflyttede (NYO^p) trafikanter skal forstås som forskellen på trafikanter i de to situationer, dvs. den nygenererede eller bortfaldne trafik, hvormed deres effekter svarer til trekanten i figuren.

(6.)

$$\boxed{\begin{aligned} EKS^p(m, o, d, p) &= \min\{NP(1, m, o, d, p), NP(0, m, o, d, p)\} \\ NYO^p(m, o, d, p) &= (NP(1, m, o, d, p) + NP(0, m, o, d, p)) - \min\{NP(1, m, o, d, p), NP(0, m, o, d, p)\} \end{aligned}}$$

Denne tilgang følges i TERESA til at beregne brugergevinsterne. Det bemærkes at effekten for de nye/overflyttede trafikanter skal ganges med ½ i beregningen af brugergevinsten, hvilket følger af rule-of-a-half.

(7.)

$$\begin{aligned}
 \text{UBP}(m,p) &= \sum_t \text{TID}_{\text{eks}}^P(m,p,t) \cdot \text{VOTP}(m,p,t) + \text{KØR}_{\text{eks}}^P(m,p) \cdot (\text{KMP}_R(m,p) + \text{KMP}_A(m,p)) \\
 &+ \text{BRUGER}_{\text{eks}}^P(m,p) + \sum_t \text{TID}_{\text{nyo}}^P(m,p,t) \cdot \text{VOTP}(m,p,t) \\
 &+ \text{KØR}_{\text{nyo}}^P(m,p) \cdot (\text{KMP}_R(m,p) + \text{KMP}_A(m,p)) + \text{BRUGER}_{\text{nyo}}^P(m,p)
 \end{aligned}$$

hvor :

$$\text{TID}_{\text{eks}}^P(m,p,t) = \sum_{o,d} \text{EKS}^P(m,o,d,p,t) \cdot \Delta\text{TP}(m,o,d,p,t)$$

$$\text{KØR}_{\text{eks}}^P(m,p) = \sum_{o,d} \text{EKS}^P(m,o,d,p) \cdot \Delta\text{DP}(m,o,d,p)$$

$$\text{BRUGER}_{\text{eks}}^P(m,p) = \sum_{o,d} \text{EKS}^P(m,o,d,p) \cdot \Delta\text{FAP}(m,o,d,p)$$

$$\text{TID}_{\text{nyo}}^P(m,p,t) = \frac{1}{2} \sum_{o,d} \text{NYO}^P(m,o,d,p,t) \cdot \Delta\text{TP}(m,o,d,p,t)$$

$$\text{KØR}_{\text{nyo}}^P(m,p) = \frac{1}{2} \sum_{o,d} \text{NYO}^P(m,o,d,p) \cdot \Delta\text{DP}(m,o,d,p)$$

$$\text{BRUGER}_{\text{nyo}}^P(m,p) = \frac{1}{2} \sum_{o,d} \text{NYO}^P(m,o,d,p) \cdot \Delta\text{FAP}(m,o,d,p)$$

I TERESA anvendes effektberegningerne i denne opdeling i minutter og kilometer som input, hvorefter enhedsomkostningerne efterfølgende benyttes i regnearket. Dvs. at man skal beregne størrelserne $\text{TID}_{\text{eks}}^P$, $\text{KØR}_{\text{eks}}^P$, $\text{BRUGER}_{\text{eks}}^P$, $\frac{1}{2}\text{TID}_{\text{nyo}}^P$, $\frac{1}{2}\text{KØR}_{\text{nyo}}^P$ og $\frac{1}{2}\text{BRUGER}_{\text{nyo}}^P$ udenfor regnearket, hvorefter brugergevinsterne endeligt beregnes.

4.4 Godstransport

I dette afsnit specificeres beregningen af de generaliserede rejseomkostninger, provenuvirkninger og konsumentoverskud for godstransport.

4.4.1 Omkostning pr. tur

For godstransporter medregnes som udgangspunkt udelukkende omkostninger vedrørende køretøjet og føreren, idet der ikke på nuværende tidspunkt findes et grundlag for at opgøre en tidsværdi for godset. Analysen omfatter som udgangspunkt således ikke værdien for afsender og modtager af gods af hurtigere transport og eventuelt øget pålidelighed og mindre risiko for forsinkelser. Som supplerende analyse kan dog vælges at udregne tidsværdien for selve godset ved brug af nogle valgte tidsværdier. For gods på bane er der direkte mulighed for at udregne dette i TERESA; for gods på vej er det ikke muligt på nuværende tidspunkt.

Transportomkostningerne opgøres helt parallelt til persontransporten ved brug af Nøgletalskataloget ('Nøgletalskatalog - til brug for samfundsøkonomiske analyser på transportområdet', Transport- og Energiministeriet). Generelt opgøres omkostningerne for transport, som de betales af virksomhederne. Omkostningerne tillægges derefter nettoafgiftsfaktoren, så der regnes i markedspriser, hvilket sker automatisk i regnearket.

Brugeromkostningen for virksomheden for en tur pr. tons udregnes således.

(8.)

$$\begin{aligned} & \text{GROG}(s,m,o,d,r,g) \\ &= \sum_t [\text{VOTG}(s,m,g,t) \cdot \text{TG}(s,m,o,d,g,t)] \\ &+ (\text{KMG}_R(s,m,g) + \text{KMG}_A(s,m,g)) \cdot \text{DG}(s,m,o,d,g) + \text{FAG}(s,m,o,d,g) \end{aligned}$$

4.4.2 Provenuvirkning pr. tur

Provenuvirkningen af et ekstra tons i en given relation opdeles ligeledes mellem kilometerafhængige afgifter og billetudgifter og er da følgende.

(9.)

$$\begin{aligned} & \text{PROVG}^{\text{km}}(s,m,o,d,g) \\ &= \text{KMG}_A(s,m,g) \cdot (1 + \text{NAF}) \cdot \text{DG}(s,m,o,d,g) \\ & \text{PROVG}^{\text{billet}}(s,m,o,d,g) \\ &= \text{FAG}(s,m,o,d,g) \cdot (1 + \text{NAF}) \end{aligned}$$

4.4.3 Konsumentoverskud

På samme måde som for passagerer beregnes konsumentoverskuddet.

$$(10.) \quad \text{UBG}(m) = \left(\sum_{o,g} \left[\frac{\Delta \text{GROG}(,m,o,d,g) \cdot [\text{NG}(1,m,o,d,g) + \text{NG}(0,m,o,d,g)]}{2} \right] \right)$$

På samme måde som for personrejser kan brugergevinsten for gods opdeles på tids- og kilometerafhængige effekter for eksisterende og ny/overflyttet trafik.

(11.)

$$\begin{aligned} \text{EKS}^G(m,o,d,g) &= \min\{\text{NG}(1,m,o,d,g), \text{NG}(0,m,o,d,g)\} \\ \text{NYO}^G(m,o,d,g) &= (\text{NG}(1,m,o,d,g) + \text{NG}(0,m,o,d,g)) - \min\{\text{NG}(1,m,o,d,g), \text{NG}(0,m,o,d,g)\} \end{aligned}$$

(12.)

$$\begin{aligned}
UBG(m,g) &= TID_{eks}^G(m,g) \cdot VOTG(g) + KØR_{eks}^G(m,g) \cdot (KMG_R(m,g) + KMG_A(m,g)) \\
&+ BRUGER_{eks}^G(m,g) + TID_{nyo}^G(m,p) \cdot VOTG(g) \\
&+ KØR_{nyo}^G(m,g) \cdot (KMG_R(m,g) + KMG_A(m,g)) + BRUGER_{nyo}^G(m,g)
\end{aligned}$$

hvor :

$$TID_{eks}^G(m,g) = \sum_{o,d} EKS^G(m,o,d,g) \cdot \Delta TG(m,o,d,g)$$

$$KØR_{eks}^G(m,g) = \sum_{o,d} EKS^G(m,o,d,g) \cdot \Delta DG(m,o,d,g)$$

$$BRUGER_{eks}^G(m,g) = \sum_{o,d} EKS^G(m,o,d,g) \cdot \Delta FAG(m,o,d,g)$$

$$TID_{nyo}^G(m,g) = \frac{1}{2} \sum_{o,d} NYO^G(m,o,d,g) \cdot \Delta TG(m,o,d,g)$$

$$KØR_{nyo}^G(m,g) = \frac{1}{2} \sum_{o,d} NYO^G(m,o,d,g) \cdot \Delta DG(m,o,d,g)$$

$$BRUGER_{nyo}^G(m,g) = \frac{1}{2} \sum_{o,d} NYO^G(m,o,d,g) \cdot \Delta FAG(m,o,d,g)$$

Hvis man ønsker at medregne en tidsværdi for selve godset, skal det udregnes på samme måde som for tidsgevinsterne vedrørende tidsomkostningerne og føreren, dvs. som TID størrelserne ganget med den relevante tidsværdi for selve godset.

Som for passagerer skal størrelserne TID_{eks}^G , $KØR_{eks}^G$, $BRUGER_{eks}^G$, $\frac{1}{2}TID_{nyo}^G$, $\frac{1}{2}KØR_{nyo}^G$ og $\frac{1}{2}BRUGER_{nyo}^G$ beregnes udenfor regnearket og dernæst indsættes som input.

4.5 Gener i anlægsperioden

Gener i anlægsperioden i form af ændrede generaliserede kørselsomkostninger (tidsomkostninger) i en afgrænset periode medregnes i analysen på samme måde som de øvrige brugergevinster, såfremt man har data for disse.

5 Infrastrukturforvaltere og -operatører

Bemærk at elementerne for infrastrukturforvalterne og -operatørerne er opgjort i faktorpriser som for staten, og at disse derfor skal omregnes til markedspriser i den samlede opgørelse. Dette gøres automatisk i TERESA.

Såfremt der i alternativet antages følgeinvesteringer på bane- eller vejnettet, skal der tillige medregnes forventede besparelser på reinvesteringer og vedligehold af denne del af vej- eller banenettet.

Opgørelsen af effekter for forvaltere og operatører på banesiden følger tilgangen i "Strategianalyse København-Ringsted – Samfundsøkonomisk analyse, Baggrundsrapport" (Trafikstyrelsen, oktober 2005). Der henvises til rapporten for en detaljeret beskrivelse af opgørelsen og enhedspriserne.⁶

5.1 Vej

5.1.1 Driftsomkostninger

Ændringen i driftsomkostninger for vejmyndighederne indregnes i analysen. Her indregnes dels de direkte ændringer i driftsomkostninger, som skyldes den ændrede infrastruktur. Derudover indregnes driftsomkostningerne af ændringer i vejslid som følge af en ændret trafikmængde. Vejslid medregnes således direkte i driftsomkostningerne og ikke som en ekstern omkostning.

5.1.2 Billetindtægter

Såfremt der anvendes direkte brugerbetaling for en vej (eller eksempelvis en fast forbindelse) antages det, at denne indtægt betales til nogle offentlige operatører. Indtægten regnes derfor med for operatørerne, mens udgiften indregnes i brugergevinsterne ligesom der afgiftkorrigeres i statens

⁶ Den detaljerede beskrivelse af de ændrede driftsomkostninger findes *ikke* i hverken "Manual for samfundsøkonomisk analyse – anvendt metode og praksis på transportområdet" (Trafikministeriet 2003) eller i Nøgletalskataloget og tilgangen afviger en smule fra den, der er beskrevet i Manualen.

provenu for den alternative anvendelse af midlerne. Dette er beskrevet tidligere.

5.2 Baneforvaltere

5.2.1 Fornyelse- og vedligeholdelsesomkostninger

Udover de ændrede udgifter til sparede reinvesteringer og vedligehold på den del af banenettet, der antages udbygget i forbindelse med følgeinvesteringer, skal det medregnes, hvordan den ændrede trafik på nettet derudover giver behov for ændrede udgifter til investeringer og vedligehold.

5.2.2 Infrastrukturafgift

Dertil skal det medregnes, hvordan indtægterne ændrer sig for baneforvalteren, som følge af den ændrede trafik. Indtægterne er en overførsel mellem togoperatørerne og baneforvalterne og udgør som sådan ikke nogen effekt i den samfundsøkonomiske vurdering. Idet både togoperatørerne og baneforvalterne i regnearket forudsættes offentlige har denne overførsel ingen reel betydning. Dog regnes på ændringerne i infrastrukturafgiften i visse delopgørelser, så man kan se, hvorledes de enkelte agenter påvirkes. De ændrede afgifter fra godstrafikoperatørerne skal, som nævnt, også tillægges fratrukket ændringen i kompensationsstilskuddet.

5.3 Togoperatører

5.3.1 Billetindtægter

Togoperatørernes ændrede billetindtægter som konsekvens af et ændret passagertal medregnes i analysen på samme vis som provenuet fra andre billet eller brugerindtægter. Udover de ændrede billetindtægter medregnes en ændret administrativ omkostning (ADM) ved dette billetsalg (i øjeblikket på 10%). Billetindtægterne for operatørerne i alternativ s er dermed givet ved:

(13.)

$$\text{PROVB}(s) = (1 - \text{ADM}) \cdot \sum_{o,d,p} \text{FAP}(s, \text{tog}, o, d, p) \cdot (1 + \text{NAF}) \cdot \text{NP}(s, \text{tog}, o, d, p)$$

Idet indtægten hos operatøren er i faktorpriser, skal der omregnes til markedspriser vha. NAF.

Ændringen i billetindtægterne skal man selv indtaste i TERESA, hvorefter der korrigeres for administrationsomkostningerne ved billetsalget.

5.3.2 Driftsudgifter og infrastrukturafgifter

Et ændret passagertal medfører dog også forventeligt ændringer i togoperatørernes driftsomkostninger gennem eksempelvis ændrede togstørrelser og frekvenser. Dette opgøres naturligvis også.

I TERESA beregnes ændrede driftsomkostninger på basis af forskellige standard-togtyper, som kan tilpasse kapaciteten til efterspørgslen, hvilket ændrer på enhedsomkostningerne. Derudover beregnes omkostninger pr. togsætkm for energiforbrug, klargøring og vedligeholdelse og der beregnes omkostninger pr. effektiv time, hvilket primært er lønomkostninger til personale.

For godstog beregnes ændringen i driftsomkostninger vha. en enhedsdriftsomkostning.

5.4 Busoperatører og Metroen

Busoperatørernes ændrede driftsomkostninger beregnes vha. en driftsomkostning pr. basistime samt ændringen i antal kørte bustimer.

For Metroen medtages de ændrede omkostninger såfremt disse påvirkes.

5.5 Andre operatører

Hvis der er andre relevante operatører (f.eks. færge- eller broselskaber) så skal det naturligvis indgå i analysen.

I de fleste tilfælde vil det være muligt at indregne det under operatører. F.eks. vil brugerbetaling for en fast forbindelse eller færgeoverfart kunne indgå som indtægter fra brugerbetaling på vej, dvs. indtastes som en "Netto"-brugerbetaling vej.

6 Eksterne effekter

De eksterne effekter såsom miljøeffekter kan indregnes i analysen på to måder:

- Direkte: når man kender den faktiske eksterne effekt af et givet projekt (i form af kg emissioner, antal uheld osv.) udregnes værdien af denne direkte vha. en enhedspris for effekterne.
- Indirekte: når man ikke kender den faktiske eksterne effekt af et givet projekt bruges enhedspriser pr. kørt km til approximativt at beregne værdien af de eksterne effekter på basis af ændringen i trafikomfanget.

Generelt er det at foretrække med så præcise konsekvensberegninger som muligt. Man skal derfor værdisætte effekterne direkte, hvis man har mulighed for det. Ofte vil man dog være henvist til at benytte den indirekte udregning af værdien af de eksterne effekter.

6.1 Luftforurening

Hvis man kender konsekvensen på lokal luftforurening af et givent projekt (målt som kg emissioner) udregnes de samlede omkostninger ved lokal luftforurening direkte vha. effektpriserne:

$$(14.) \quad \boxed{ECLUFT(s) = CLUFT^{\text{effekt}} \cdot \text{kg emission}(s)}$$

Hvis man ikke kender konsekvensen for effekten udregnes de samlede omkostninger ved lokal luftforurening indirekte ved hjælp af kilometerenhedsomkostninger:

$$(15.) \quad \boxed{ECLUFT(s) = \sum_{m, o, d, p} DP(s, m, o, d, p) \cdot NB(s, m, o, d, p) \cdot CLUFT^{km}(m) + \sum_{m, o, d, g} DG(s, m, o, d, g) \cdot NG(s, m, o, d, g) \cdot CLUFT^{km}(m)}$$

6.2 Klima (CO₂)

Hvis man kender konsekvensen på CO₂-udledningen af et givent projekt (målt som kg-CO₂-udledning) udregnes de samlede omkostninger ved CO₂-udledning direkte vha. effektpriserne:

$$(16.) \quad \boxed{ECCO_2(s) = CCO_2^{\text{effekt}} \cdot \text{kg CO}_2\text{-udledning}(s)}$$

Hvis man ikke kender konsekvensen for effekten udregnes de samlede omkostninger ved CO₂-udledning indirekte ved hjælp af kilometer-enhedsomkostninger:

$$(17.) \quad \boxed{ECCO_2(s) = \sum_{m, o, d, p} DP(s, m, o, d, p) \cdot NB(s, m, o, d, p) \cdot CCO_2^{km}(m) + \sum_{m, o, d, g} DG(s, m, o, d, g) \cdot NG(s, m, o, d, g) \cdot CCO_2^{km}(m)}$$

6.3 Støj

Hvis man kender konsekvensen på lokal støj af et givent projekt (målt som støjbelastningstallet SBT) udregnes de samlede omkostninger af støj direkte vha. effektpriserne:

$$(18.) \quad \boxed{ECSTOJ(s) = CSTOJ^{\text{effekt}} \cdot SBTI(s)}$$

Hvis man ikke kender konsekvensen for lokal støj udregnes de samlede omkostninger af støj indirekte ved hjælp af kilometer-enhedsomkostninger:

$$(19.) \quad \boxed{ECSTOJ(s) = \sum_{m, o, d, p} DP(s, m, o, d, p) \cdot NB(s, m, o, d, p) \cdot CSTOJ^{km}(m) + \sum_{m, o, d, g} DG(s, m, o, d, g) \cdot NG(s, m, o, d, g) \cdot CSTOJ^{km}(m)}$$

6.4 Uheld

De samlede omkostninger af trafikuheld på vej udregnes typisk på baggrund af antallet af registrerede trafikuheld med personskade:

$$(20.) \quad \boxed{ECACCJ(s) = CACC^{\text{effekt}} \cdot \text{antal ulykker}(s)}$$

I TERESA er det alternativt muligt at beregne de samlede omkostninger af trafikuheld ud fra antallet af trafikuheld og antallet af personskader.

Hvis man ikke kender konsekvensen for antallet af trafikuheld udregnes de samlede omkostninger ved trafikuheld indirekte ved hjælp af kilometerenhedsomkostninger. Det bemærkes at det for jernbanen udelukkende er muligt at bruge den indirekte metode.

$$(21.) \quad \boxed{\begin{aligned} ECACC(s) = & \sum_{m, o, d, p} DP(s, m, o, d, p) \cdot NB(s, m, o, d, p) \cdot CACC^{km}(m) \\ & + \sum_{m, o, d, g} DG(s, m, o, d, g) \cdot NG(s, m, o, d, g) \cdot CACC^{km}(m) \end{aligned}}$$

6.5 Trængsel

Ligesom for de øvrige eksterne effekter, kan værdien af trængsel beregnes på to måder; en direkte og en indirekte. Såfremt man kender den direkte effekt af trængsel, dvs. man ved hvor stor en del af rejsetiden på en given strækning, der skyldes trængsel (eller forsinkelse), så beregnes værdien af trængsel som en del af brugergevinsterne. Den specifikke tidsværdi for trængselstid (eller forsinkelse) tager nemlig højde for denne ekstra omkostning som trængslen giver. Såfremt man ikke har en opgørelse af rejsetiderne på komponenten trængsel, eller forsinkelse, så opgøres værdien af trængsel som en ekstern omkostning indirekte vha. en kilometerbaseret enhedsomkostning.⁷

$$(22.) \quad \boxed{\begin{aligned} ECCONG(s) = & \sum_{m, o, d, p} DP(s, m, o, d, p) \cdot NP(s, m, o, d, p) \cdot CCONG^{km}(m) \\ & + \sum_{m, o, d, g} DG(s, m, o, d, g) \cdot NG(s, m, o, d, g) \cdot CCONG^{km}(m) \end{aligned}}$$

6.6 Barriere-effekt

De eksterne omkostninger ved barriere-effekt kan beregnes, hvis de direkte effekter kendes. Der findes på nuværende tidspunkt ikke nogen kilometer enhedspris for barriere effekten, så den indirekte beregning kan ikke foretages her. Barriere-effekten måles som ændringen i antallet af BRBT pr. år. og de eksterne omkostninger beregnes nedenfor:

⁷ Beregningen for trængsel foregår i arket 'tidsomkostninger'.

(23.)
$$\boxed{ECBAR(s) = CBAR \cdot BRBT(s)}$$

6.7 Øvrige eksterne effekter

Der er ingen standard-beregning for øvrige eksterne effekter i skabelonen. Såfremt man har særlig viden om andre effekter, der er væsentlige, bør det medtages i den samfundsøkonomiske vurdering på passende vis.

6.8 Afgiftskorrektion

De eksterne omkostninger består dels af et nyttetab, som ikke handles på noget marked, og dels af nogle direkte udgifter, som den eksterne effekt giver anledning til. Eksempelvis udgøres en del af omkostningerne ved trafikuheld af udgifter til reparation og indkøb af biler samt af ændrede hospitalsudgifter. De ændrede eksterne omkostninger kan dermed påvirke det offentlige provenu. I øjeblikket medregnes dette ikke i den samfundsøkonomiske analyse; bl.a. fordi man ikke kender afgifternes andel af de eksterne enhedsomkostninger. TERESA giver dog mulighed for at håndtere disse effekter på det offentlige provenue ved en afgiftskorrektion såfremt man på et senere tidspunkt får størrelser for afgifternes andel af de eksterne omkostninger.

7 Staten og offentlige kasser

7.1 Anlægsinvestering

Anlægsinvesteringerne vil ofte være meget væsentlige udgiftskomponenter for infrastrukturprojekter og skal naturligvis medregnes. Omkostningerne indtastes som den faktiske udgift, dvs. i faktorpriser, hvorefter der automatisk omregnes til markedspriser i TERESA.⁸

7.2 Følgeinvesteringer

Omkostninger til anlæg af følgeinvesteringer til et givent projekt skal medtages i analysen på samme måde som anlægsinvesteringen direkte til det givne projekt.

7.3 Vedligeholdelse

Konsekvenser for vedligehold af et givent projekt og eventuelle følgeinvesteringer skal medtages i analysen.

7.4 Restværdi

Restværdien af et projekt repræsenterer værdien af den fysiske kapital (infrastrukturen) ved udløbet af kalkulationsperioden. Som udgangspunkt sættes denne lig med anlægsinvesteringen af projektet. Dette forudsætter, at man indregner de nødvendige drifts- og reinvesteringsomkostninger til at vedligeholde infrastrukturen. Alternative værdier kan specificeres i regnearket, og kan bl.a. afhænge af typen af infrastruktur og dens forventede levetid.

7.5 Afgiftsvirkninger

Beregningen af afgiftsvirkningerne er beskrevet andre steder i denne dokumentation.

⁸ Omkostningerne angives som den gennemsnitlige værdi (se afsnit 9 om usikkerhed og følsomhed).

7.6 EU-tilskud

EU tilskud medregnes som en gevinst, hvis de reducerer de omkostninger, som den danske stat (eller andre offentlige myndigheder), skal finansiere i et infrastrukturprojekt. Den danske del af EU's budget modregnes automatisk i tilskuddet i regnearket⁹. EU tilskuddet går i de offentlige kasser og er i faktorpriser, som altså skal omregnes til markedspriser vha. NAF; igen sker dette automatisk i TERESA.

Hvis man derimod betragter projekter ud fra konsekvensen for alle lande, ses der bort fra tilskuddet, idet EU-tilskuddet da er en overførsel som EU-landene betaler til sig selv.

7.7 Forvridningstab

Forvridningstabet opgøres som 20% af nettopåvirkningen af de offentlige kasser. I henhold til manualen ('Manual for samfundsøkonomisk analyse - anvendt metode og praksis på transportområdet', Trafikministeriet 2003) beregnes ikke forvridningstab af restværdien af anlægget, da denne ikke repræsenterer en direkte indtægt for staten eller andre offentlige kasser.

Forvridningstab, som beregnes af nettopåvirkningen af statens provenu, er i markedspriser. Hvis den offentlige udgift (i faktorpriser) er 1 milliard, beregnes forvridningstabet som $0,2 \cdot 1$ milliard, altså 200 millioner. Dette tab er opgjort i markedspriser. Det betyder, at den samlede effekt i markedspriser af et projekt med nettoværdi 1 milliard i faktorpriser er 1,37 milliard, nemlig de 1,17 omregnet til markedspriser tillagt forvridningstabet på 200 millioner.¹⁰

Beregningen af forvridningstabet foretages automatisk i regnearket.

⁹ I øjeblikket udgør den danske del af EU's budget 2%.

¹⁰ Dette følger aktuelle vejledninger fra Finansministeriet.

8 Sammenfatning af effekter - resultater

For hver analyse beregnes tre størrelser til vurdering af den samfundsøkonomiske konsekvens af et projekt samt en supplerende opgørelse af effekten for statskassen.

I denne dokumentation er det hidtil beskrevet, hvordan man beregner de forskellige effekter i analysen for et enkelt år. Når man skal beregne den samlede samfundsøkonomiske konsekvens af et projekt, skal disse beregnes for alle år. I den samlede vurdering anvendes nutidsværdier, som fremkommer ved at diskontere værdierne for alle årene til basisåret for beregningen med en rente på 6%. Nutidsværdier betegnes med $NV()$.

Ved beregningen af nutidsværdier fremskrives tidsværdier for personer og chaufførlønnen for godstransport med lastbil. Tidsværdierne fremskrives med den forventede BNP vækst, som angivet i nøgletalskataloget. Desuden fremskrives trafikomfanget med forventningen til trafikvæksten.

De samlede konsekvenser af et projekt beregnes ved Nettonutidsværdien, Benefit-cost forholdet og den interne rente.

- Nettonutidsværdien (NNV) af projektet er summen af nutidsværdien af alle gevinster og tab. Nettonutidsværdien er positiv, når projektets gevinster samlet set overstiger dets tab. Nettonutidsværdien er et relevant beslutningskriterium, når det offentlige midler er ubegrænsede. Den betegnes NNV.
- Benefit-cost forholdet (BCR) måler projektets samlede fordel i forhold til trækket på de offentlige kasser. Den samlede nettopåvirkning af det offentlige kasser skal ligeledes være i markedspriser. I det statskaseffekten typisk opgøres i faktorpriser (som jo svarer til de direkte betalinger) skal denne korrigeres med NAF.

BCR svarer altså på, hvor megen gevinst man kan få pr. offentlig udgiftskrone. I de fleste tilfælde vil denne størrelse være det relevante beslutningskriterium. Et neutralt projekt vil have en BCR på 0.

(24.)

$$BCR = - \frac{NNV}{NV(\text{statskaseffekten}) * (1 + NAF)}$$

Bemærk at statskaseffekten i TERESA allerede er omregnet til markedspriser.

- Den interne rente (IR) er den diskonteringsrate, hvorved projektets nutidsværdi ville være 0.

Samtidig med opgørelsen af den samfundsøkonomiske værdi af projektet opgøres den effekt, som projektet netto har på de offentlige kasser.

- Statskaseffekten er det nettotræk på offentlige midler, som projektet vil medføre.

9 Usikkerhed og følsomhed

De foregående afsnit har beskrevet beregningerne af de samfundsøkonomiske resultater på baggrund af *faste* forudsætninger. For mange af de elementer der medtages i analysen er imidlertid både kvantificeringen af effekten og værdisætningen forbundet med *usikkerhed*. Regnearkets deterministiske beregninger er derfor suppleret med et modul til følsomhedsanalyser og et modul til usikkerhedsanalyser.

Følsomhedsanalyser giver information om de væsentligste antagelser og usikkerhedsfaktorer i analysen og deres betydning for resultatet. Til gengæld giver følsomhedsanalyserne ikke nogen information om sandsynligheden af de forskellige udfald. Dette får man i usikkerhedsanalysen, som giver information om resultaternes robusthed overfor usikre parametre og resultaternes forventede fordeling. Følsomhedsanalyser og en samlet usikkerhedsanalyse tjener imidlertid i sidste ende samme formål, nemlig at afdekke *betydningen af centrale forudsætninger* til brug for *en samlet vurdering af konklusionernes robusthed*.

I dette afsnit beskrives opbygningen og funktionaliteten af følsomhedsanalyserne og usikkerhedsanalysen. Der henvises til Trafikministeriets Manual for samfundsøkonomisk analyse for en beskrivelse af de anbefalinger af håndtering af usikkerhed, der er lagt til grund for udviklingen.

9.1 Følsomhedsanalyser

For at gøre det muligt at undersøge, hvordan de enkelte forudsætninger påvirker det samlede resultat er regnearksmodellen opbygget med et modul til beregning af partielle følsomhedsanalyser. I følsomhedsanalysen beregnes effekten af udvalgte ændrede forudsætninger på alle de samlede effekter, herunder nettonutidsværdien, den interne rente og benefit-cost forholdet.

Der er opbygget i alt 24 foruddefinerede følsomhedsanalyser, som hver især varierer en forudsætning (se billede nedenfor). Vælges en af disse følsomhedsanalyser (ved hjælp af drop-down boksen, som er placeret øverst på hvert ark), f.eks. "lave tidsværdier", beregnes resultatet med den valgte ændring i forudsætningen i hele regnearket. Brugeren har mulighed for at ændre variationen på værdierne på arket "Følsomhedsanalyse". Der er desuden mulighed for at opbygge supplerende følsomhedsanalyser på arket.

Dette indebærer dog at brugeren selv manuelt skal justere regnearket til at afspejle variationen når følsomhedsanalysen aktiveres.

Følsomhedsanalyse				
Alternativ: AL 1		Følsomhedsanalyse:		Basisantagelser
Specifikation af følsomhedsanalyser				
Nr.	Følsomhedsanalyse	Forklaring	Værdi	Valgt?(=1)
1	Basisantagelser			1
2	Kalkulationsrente 3%	Lavere afkastkrav	3%	0
3	Kalkulationsrente 9%	Højere afkastkrav	9%	0
4	Nettogiftsfaktor 0%	Lavere afgiftsfaktor	0%	0
5	Nettogiftsfaktor 30%	Højere afgiftsfaktor	30%	0
6	Skatteforvridningstab 0%	Ingen skatteforvridningstab	0%	0
7	Lavt anlægsoverslag	Lavt anlægsoverslag 10%-fraktill	Se ark "Projektdata"	0
8	Højt anlægsoverslag	Højt anlægsoverslag 90%-fraktill	Se ark "Projektdata"	0
9	Lav real vækst i BNP 0,9%	Lavere skøn for økonomisk vækst fra 2011 og frem	0,9%	0
10	Høj real vækst i BNP 2,1%	Højere skøn for økonomisk vækst fra 2011 og frem	2,1%	0
11	Lave driftsomkostninger -50%	Lavere driftsomkostninger for vej og bane i forhold til det centrale estimat	-50%	0
12	Høje driftsomkostninger 50%	Højere driftsomkostninger for vej og bane i forhold til det centrale estimat	50%	0
13	Lavt EU tilskud -50%	Lavere EU-tilskud	-50%	0
14	Højt EU tilskud 50%	Højere EU-tilskud	50%	0
15	Lave lidsværdier -25%	Lavere lidsværdier for vej og kollektiv i forhold til det centrale estimat	-25%	0
16	Høje lidsværdier 25%	Højere lidsværdier for vej og kollektiv i forhold til det centrale estimat	25%	0
17	Ingen gevinster - "nys/overflyttede"	Kun medregning af gevinster for eksisterende brugere	-	0
18	Ingen indfasning	Ingen indfasning af nye og overflyttede rejser	-	0
19	Gener i anlægsperioden, lavt skøn -50%	Lavt skøn for gener i anlægsperioden for både vej og bane	-50%	0
20	Gener i anlægsperioden, højt skøn 50%	Højt skøn for gener i anlægsperioden for både vej og bane	50%	0
21	Lave værdier eksterne omkostninger -50%	Lavere enhedsomkostninger for de eksterne effekter	-50%	0
22	Høje værdier eksterne omkostninger 50%	Højere enhedsomkostninger for de eksterne effekter	50%	0
23	Lav tidsværdi for jernbanegods -100%	Lavere tidsværdi for jernbanegods	-100%	0
24	Høj tidsværdi for jernbanegods 400%	Højere tidsværdi for jernbanegods	400%	0
25	<< brugerspecificeret analyse >>			0
26	<< brugerspecificeret analyse >>			0

Det er desuden muligt at beregne resultater for samtlige følsomhedsanalyser på én gang på arket "Resultat følsomhed" ved at trykke på knapmakroen "Kør følsomhedsanalyser". Dette genererer en tabel med en samlet oversigt over de enkelte variationer¹¹, hvilket gør det muligt at identificere de mest afgørende forudsætninger i analysen og deres betydning for resultatet.

9.2 Usikkerhedsanalyser

For at undersøge betydningen af den forventede usikkerhed for resultatet er følsomhedsanalyse-modulet suppleret med et modul til usikkerhedsanalyse. I usikkerhedsanalysen simuleres variation på parametre for at afdække, hvor sandsynligt resultatet er. Det er muligt at simulere variationen på flere parametre samtidigt.

Udgangspunktet for usikkerhedsanalysen er, at de vigtigste usikre elementer i analysen udtrykkes ved en *statistisk fordeling*, eksempelvis normalfordeling, med en middelværdi lig med den størrelse, der er anvendt i hovedanalysen samt en spredning repræsenteret ved lave og høje skøn for parameteren.

Ved hjælp af Monte-Carlo simulation beregnes resultatet et stort antal gange (f.eks. 1000) ved at der udvælges tilfældige værdier for parametrene ud

¹¹ Til sidst nulstilles til basisantagelserne.

fra de valgte fordelinger og tilhørende spredninger. På denne baggrund beregnes statistiske fordelinger for de centrale resultater (nettonutidsværdi og interne rente), som illustrerer den samlede usikkerhed på resultaterne. Herved opnås information om sandsynligheden for resultatet, når de forskellige centrale faktorer varierer.

Usikkerhedsanalyser foretages på empiriske variabler, som er målelige størrelser med en sand værdi, som vil kunne måles efter et projekts gennemførelse (f.eks. anlægsudgifterne).

Usikkerhedsanalysen er opbygget med mulighed for at udtrykke usikkerhed på en række udvalgte parametre. Det drejer sig om de faktorer, som erfaringsmæssigt påvirker resultatet mest:

Anlægsudgifter

Driftsomkostninger, vej

Driftsomkostninger, bane

Brugergevinster, vej

Brugergevinster, bane

Gener i anlægsperioden

Eksterne effekter

Brugeren skal selv angive fordelingen og de tilhørende parametre (f.eks. minimums- og maksimumsskøn), der skal anvendes i analysen. Det antages at de enkelte faktorer er statistisk uafhængige, hvilket imidlertid reelt ikke altid vil være tilfældet.

Værdivariable, som eksempelvis tidsværdier og en række andre enhedspri- ser, kan ikke meningsfyldt inddrages i usikkerhedsanalysen. Værdierne er vanskelige at måle, både før og efter et projekt, og baserer sig bl.a. på værdi-vurderinger og ikke en sand empirisk måling. Der kan derfor ikke angives en sandsynlighedsfordeling for variablene.

Når brugergevinster og eksterne effekter her indgår i usikkerhedsanalysen svarer det således til situationen, hvor det er størrelsen af trafikomfanget (brugergevinster) og størrelsen af de eksterne effekter, der varierer, og ikke værdisætningen af dem.

9.2.1 Fordelinger

For at gennemføre simuleringen er der som nævnt behov for at angive lave og høje skøn (på et givent fraktil-niveau) samt en statistisk fordeling som beskriver parameteren som en funktion af sandsynligheden. Der er i princippet ingen begrænsninger i forhold til valg af fordelinger eller i forhold til, hvilket fraktil-niveau spredningen angives på. Usikkerhedsmodul er imidlertid opbygget således at de lave og høje skøn skal angives på hhv. 10% og 90%-fraktilen, ligesom den er begrænset til følgende fordelinger:

Normalfordeling
Uniformfordeling
To-delt uniformfordeling
Lognormalfordeling

De to første fordelinger er symmetriske, hvilket betyder at den gennemsnitlige værdi og medianen (50%-fraktil) er ens. De øvrige fordelinger er skæve.

I skæve fordelinger vil 50%-fraktilen afvige fra den gennemsnitlige værdi, hvilket kan ses i nedenstående eksempel. Det er derfor vigtigt at være opmærksom på, om det er medianen eller middelværdien, man kender.

Eksempel: Hvis anlægsomkostningen er skønnet til at have en 50%-fraktil-værdi på 1 mio. kr. og være lognormal-fordelt med minimum på 0,4 og maksimum på 2,5 mio. kr. er den forventede gennemsnitlige værdi af anlægssummen 1,29 mio. kr. og det er denne, som skal anvendes i den deterministiske beregning.

I regnearket TERESA skal den gennemsnitlige værdi bruges som "det bedste estimat" i den deterministiske beregning.

I den stokastiske beregning tages der højde for denne sammenhæng ved beregningen af resultatet.

9.2.2 Gennemførelse af analysen

Brugeren indtaster de nødvendige oplysninger på arket "Usikkerhedsanalyse" og kører simulationen herfra. Brugeren specificerer selv antallet af kørsler. Jo flere kørsler, jo større præcision opnås, men jo længere tid tager beregningen. Det anbefales at køre den endelige analyse med 5000 kørsler.

Usikkerhedsanalyse

Alternativ: Alt. 1 Følsomhedsanalyse: Baskantagelser

Vejledning

Usikkerhedsanalysen simuleres variation for at afdække, hvor sandsynligt resultatet er. Det er muligt at simulere variationen på en række parametre samtidigt. Usikkerhedsanalysen er således opbygget med mulighed for specifikation af usikkerhed på 7 forskellige parametre, og brugeren kan evt. supplere med yderligere parametre. Usikkerhedsanalysen kræves at der specificeres en fordeling med tilhørende minimum og maksimum-værdier i drop-down boksene nedenfor - eksempelvis en normalfordeling. Brugeren specificerer endvidere det antal gange resultatet skal simuleres og simulationen gennemføres ved at trykke på knap-makroen "Kør usikkerhedsanalyse" nedenfor. Simuleringen resulterer i en tabel med middelværdi, minimum (10% fraktil) og maksimum (90% fraktil) for NNV og intern rente samt standardafvigelsen ud fra en normalfordeling. Bemærk, i skæve fordelinger vil 50%-fraktillen afvige fra den gennemsnitlige forventede værdi. Det forudsættes at brugeren i den deterministiske beregning har specificeret den forventede værdi. I den stokastiske beregning tages der højde for denne sammenhæng ved beregningen af resultatet. Det anbefales at køre den endelige simulation med mindst 2000 kørsler.

Antal kørsler i Monte Carlo simulation

Specificer antal kørsler (max 10.000) Modelversion

Ønskes simulationen stoppet - tryk Esc - end

Oplysninger om fordeling og standardafvigelser for usikre parametre

Parameter:	1. Anlægsudgifter	2. Driftsomk., vej	3. Driftsomk., bane	4. Brugergev., vej	5. Brugergev., bane
Specificer fordeling:	2	1	1	1	1
Til alle fordelinger - specificér:					
Minimum** - normeret med 1 som 50%-fraktil værdi	0,20				
Maksimum** - normeret med 1 som 50%-fraktil værdi	1,80				
For normal og lognormal fordelinger:					
Standard afvigelse i procent (90% fraktil)	62,42%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Skævhed	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Simuleret værdi	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Simuleringen påvirker input på ark: [Anlægsomkostninger](#), [Driftsomkostninger](#), [Følsomhedsanalyse](#), [B](#), [Tidsgvinster](#), [Indtækt](#), [Tidsgvinster](#), [Bilstand](#)

* For parametre som ikke ønskes medtaget i simuleringen vælges "konstant".
 ** For den uniforme og den 2-delte uniforme fordeling angives de absolutte minimum og maksimumsværdier, mens der for normalfordelingen og lognormalfordelingen angives minimum og maksimum skan for h

Når der trykkes på knap-makroen køres simulationen. Den styres ved hjælp et lille program i visual basic, som udtrækker en tilfældig værdi normeret omkring 1 i forhold til den specificerede fordeling. Værdien ganges på den aktuelle værdi i regnearket. Dette gøres for alle parametrene der indgår i usikkerhedsanalysen. For hver simulation kopieres resultatet (NNV og intern) til en tabel på usikkerhedsanalyse-arket. Resultatet af usikkerhedsanalysen beregnes på baggrund af værdierne i tabellen.

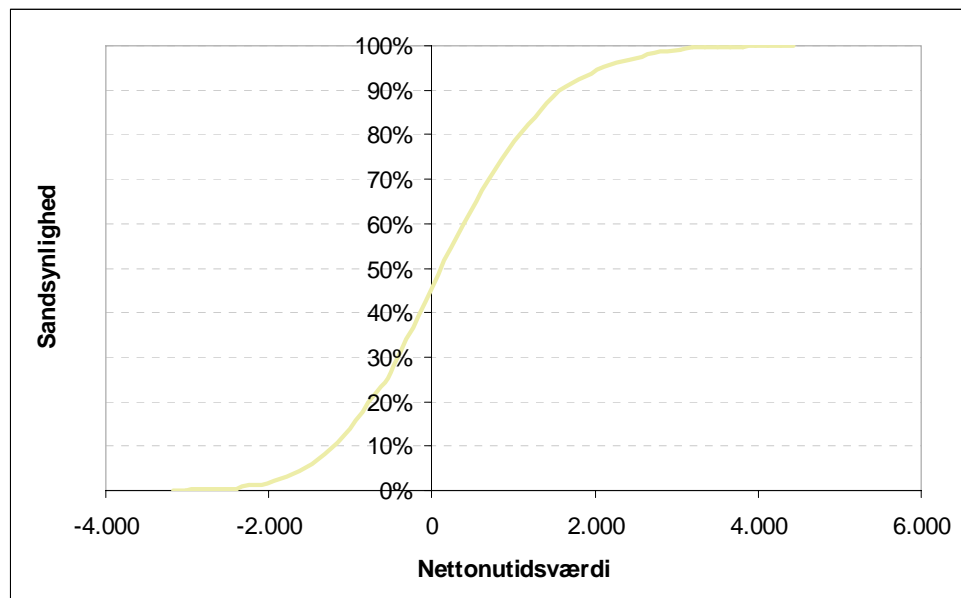
Det vil sige, at minimum- og maximumværdierne skal normeres i forhold til en middelværdi på 1.

Eksempel: Hvis anlægsværdierne fra det forrige eksempel skal bruge her, skal minimumværdien på 0,4 og maksimumværdien på 2,5 således normeres til $0,4/1,29 = 0,31$ og $2,5/1,29 = 1,94$ i usikkerhedsberegningerne.

9.2.3 Resultater

Resultaterne af usikkerhedsanalysen præsenteres i form af en tabel med middelværdi, minimum (10% fraktil) og maksimum (90% fraktil) for NNV og intern rente. Desuden angives standardafvigelsen ud fra en normalfordeling.

Tabellen suppleres med grafiske illustrationer af sandsynlighedsfordelingen for NNV og intern rente. Figurene viser den kumulative fordeling og angiver dermed sandsynligheden for at hhv. NNV eller den interne rente er under/over et givent niveau.



På ovenstående figur kan man f.eks. aflæse medianen af nettonutidsværdien ved at se, hvor den kumulative fordeling krydser 50%. Ved at aflæse X-aksen, hvor den kumulative fordeling krydser Y-aksen kan man se, hvad sandsynligheden er for at projektet har negativ nettonutidsværdi.