

Transportteterspørsel ved fremsyn og backcasting

Vurdering av etablerte transportmodeller og andre verktøy

TØI rapport 2051/2024 • Forfattere: Niels Buus Kristensen, Stefan Flügel, Inger Beate Hovi, Anne Madslie, Paal B. Wangsness, Wiljar Hansen, Askill Harkjerr Halse, Christian Steinsland, Bjørn Gjerde Johansen • Oslo 2024 • 80 sider

I forbindelse med Nasjonal transportplan er framskriving av transportteterspørselen et sentralt element i vurderingen av transportpolitiske tiltak og beslutninger om infrastrukturprosjekter. En utfordring med metoden som er brukt er at den samlede effekten av de inkluderte prosjektene *i liten grad* er med på å underbygge sentrale politiske mål, som f.eks. klimamål og nullvekstmål.

Framskriving av transportteterspørselen og analyse av infrastrukturprosjekter har vært gjort ved bruk av Nasjonal persontransportmodell (NTM6), de regionale persontransportmodellene (RTM), Nasjonal godstransportmodell (NGM) og likevektsmodellen NOREG 2. Prosjektene vurderes i forhold til en referansebane, beregnet i modellene, med forutsetninger om den mest sannsynlige utvikling av inndata til modellene om samfunns- og teknologiutvikling over prosjektenes levetid. For politikkvariable antas gjeldende og vedtatt politikk, inkludert finansierte investeringsprosjekter, avgiftsnivåer og tilbud i kollektivtrafikken. Denne referansebanen og framskrivingene trenger ikke sammenfalle med sentrale mål.

Rapporten er svar på et ønske fra transportvirksomhetene om en vurdering av transportmodellenes egnethet til å framskrive transportteterspørselen under andre forutsetninger om fremtiden enn de som tradisjonelt har ligget til grunn for framskrivingene i forbindelse med Nasjonal transportplan. I dette ligger også en vurdering av hvilken modellutvikling som bør gjøres knyttet til dagens persontransportmodeller (RTM og NTM6), godstransportmodellen (NGM) og likevektsmodellen NOREG 2, samt en vurdering av andre tilnæringer til analyse av framtidig transportteterspørsel.

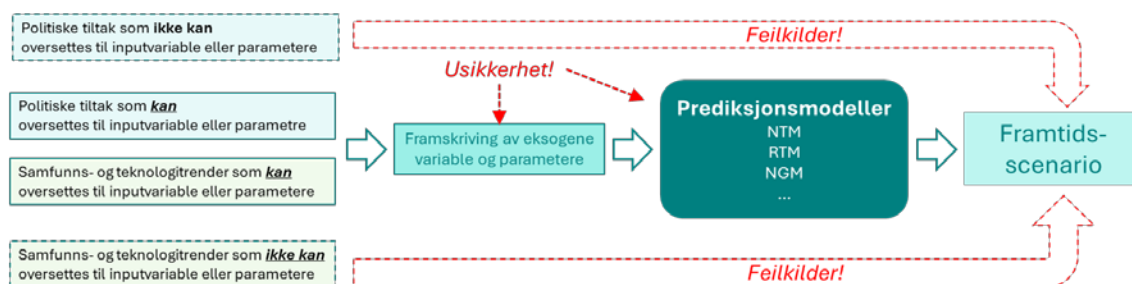
Arbeidet er gjennomført i løpet av kun to uker, og er derfor i stor grad en oppsummering av eksisterende kunnskap om transportmodellene og andre modelltyper, samt om fremsynsmetodikk og backcasting.

Framskriving og Backcasting

Framskriving

Utviklingen langt fram i tid er i sakens natur preget av stor usikkerhet som slår igjennom på *framskrivinger* av transporttettersspørsele på forskjellige måter. Disse forskjellene gir tilsvarende forskjellige måter for å vurdere hvor mye usikkerheten påvirker transporttettersspørsele:

- Noen utviklingstrekk, som for eksempel demografi, økonomisk vekst og lokalisering av befolkning og arbeidsplasser, håndteres eksplisitt i modellen. Usikkerheten for disse vil avspeiles direkte i inndata.
- Andre utviklingstrekk inngår bare implisitt i modellene, gjennom de parametrene i beregningsformler som bestemmer modellens output. For disse faktorene kan man forsøke å estimere konsekvensene for parametrene og endre kalibreringen av modellen.
- En tredje gruppe av utviklingstrekk er modellene ikke designet til å ta høyde for. Her må man endre modellens struktur eller vurdere konsekvensene ved bruk av andre modelltyper.



Figur S 1: Muligheter og fallgruver knyttet til framskrivinger med eksisterende modeller.

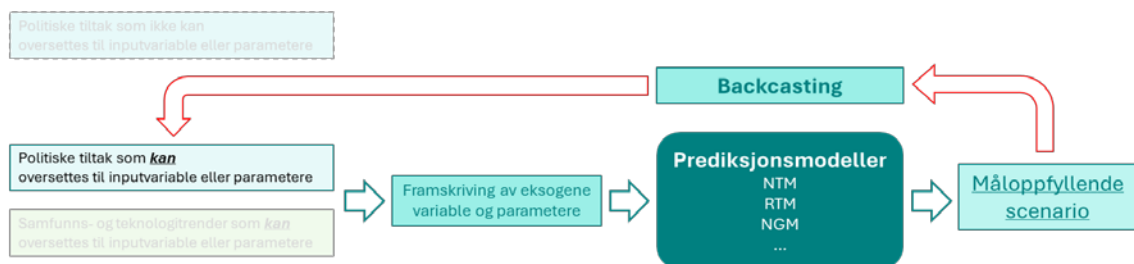
Lenger ned presenteres tre oversiktstabeller hvor de etablerte modellene for person- og gods-transport er vurdert i forhold til håndtering av en rekke aktuelle utviklingstrekk. Dette inkluderer en kvalitativ vurdering med fire kategorier, hvor fargekoder er brukt for å gi oversiktighet ved sammenlikning på tvers av utviklingstrekk og de ulike modellene:

- De vesentligste effekter kan tas med gjennom inndata som i dag framskrives på brukbar måte.
- Betydelig usikkerhet om hvordan trenden omsettes til inndata. Det krever nye analyser utenfor modellene.
- Krever vesentlige endringer i modellens struktur og kalibrering. For eksempel tilføyelse av nye valgmuligheter.
- Håndteres bedre med utvikling av andre modeller. Mulig overføring av resultater til etablerte transportmodeller.

Backcasting

De transportpolitiske målene er formulert som et overordnet mål om et effektivt, miljøvennlig og sikkert transportsystem, noe som gjenspeiles i fem hovedmål om mobilitet, klima og miljø, trafiksikkerhet, ny teknologi og økonomi. Målene må konkretiseres og kvantifiseres for å kunne danne utgangspunkt for en vurdering av måloppfyllelsen, som ikke bare er subjektiv. I Nasjonal Transportplan er det derfor stilt opp en rekke indikatorer som skal ligge til grunn for oppfølgingen av målene for transportsektoren.

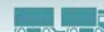
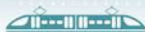
Referanseframskrivingen gir ikke nødvendigvis en utvikling som sikrer oppfyllelse av konkrete politiske mål. Dette er konkret tilfellet med nullvekstmålet og det langsiktige klimamålet om lavutslippssamfunnet. Andre mål, som for eksempel næringslivets konkurransevne, er på nåværende tidspunkt ikke tilstrekkelig konkret kvantifisert til at modellberegninger kan anvendes til å analysere hva som skal til for å nå målene. Ytterligere politiske tiltak må da bli vedtatt og gjennomført framover for å nå målene. Transportmodellene kan da brukes til å *backcaste* utviklingen ved å skru på de av modellens inndata og parametere, som kan påvirkes av politiske tiltak. Måloppfyllelse kan skje med mange forskjellige kombinasjoner av tiltak. For å understøtte den politiske beslutningsprosessen kan man sette opp flere backcastingsscenarioer bestående av forskjellige pakker av tiltak.



Figur S 2: Eksempel på hvordan eksisterende modeller kan brukes i en backcastingsprosess.

Det er i hvert fall tre utfordringer ved å bruke de etablerte transportmodellene til backcasting:

- Modellene i dagens versjoner er ikke egnede til å analysere alle tiltak, så det kan være behov for videreutvikling for å kunne sammenlikne alle relevante pakker av tiltak for å nå målene
- Man må basere seg på solid og best mulig faglig grunnlag for de justeringer man gjør av modellenes inndata og parametere slik at modellberegningene faktisk tilsvarer effekten av tiltakene for å sikre at det ikke bare er ønsketenkning.
- Man må tilstrebe å analysere måloppfyllelse av alle mål (som er tilstrekkelig kvantifisert) i et simultant backcasting-scenario (der noen av målene kan være formulert som betingelser som må være oppfylt). Hvis man bare ser på ett mål av gangen er det en stor risiko for at de tiltak man setter opp for nå dette målet vil være inkonsistent med den virkemiddelpakken man setter opp for å nå et annet mål.



Oversikt for personmodellene RTM og NTM6

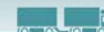
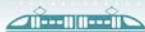
Tabell S 1: Oppsummering av ulike utviklingstrender og eksempler på hva som kan analyseres i RTM/NTM6, samt informasjonsbehov og/eller tilrettelegging for analyse.

Eksempler på hva som kan analyseres	Vurdering av modellenes egnethet
Økt vektlegging av militære behov <ul style="list-style-type: none"> – Endring i arbeidsplasser – Endringer i bosatte – Forbedret infrastruktur på gitte relasjoner 	<ul style="list-style-type: none"> – Konkretisering av hvilke endringer som forventes i bosatte og arbeidsplasser (endring i inputfiler på grunnkrets nivå) – Eventuelle endringer i infrastruktur (som påvirker reisetider eller priser)
Klimaendringer og klimatilpasning av infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> – Brudd i infrastruktur (vei, bane) pga. mer ekstremvær (skred, flom osv) – Områder blir vanskelig tilgjengelig – Innstillinger i fly- eller hurtigbåttilbud pga. mer uvær – Dårligere regularitet for kollektivtransport (buss) som følge av vanskeligere veivedlikehold og glattere veier 	<ul style="list-style-type: none"> – Informasjon om endringer i nettverk eller kollektivruter (innstilling eller økt tidsbruk) – Kan forutsette uendret reisemønster (kun endring i rute- eller transportmiddel) eller at også reisefrekvens og destinasjonsvalg revurderes
Klimatilpasning av infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> – Ikke direkte relevant for modellanalyse, så sant ikke infrastrukturen endres, f.eks. forbedring i en transportkorridor 	<ul style="list-style-type: none"> – Eventuelle endringer i infrastruktur som påvirker reisetider eller priser (og dermed konkurransen mot andre ruter og/eller transportmåter)
Sterkere vekt på å unngå tap av natur <ul style="list-style-type: none"> – Strammere styring av arealpolitikken, i form av hvor boliger og arbeidsplasser lokaliseres – Strengere retningslinjer for hvilke infrastrukturprosjekter som kan gjennomføres – Sterkere restriktive virkemidler mot privatbilbruk for å hindre byspredning og redusere behovet for arealkrevende infrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> – Konkretisering av endring i arealbruk, i form av inputfiler for bosatte og ulike arbeidsplasser i sonene. – Kan ADV (ArealData Verktøyet) være relevant? – Konkretisering av betydning for hvilken infrastruktur som skal analyseres (hva inngår i referansebanen og hva skal prosjektberegnes?) – Konkretisering av restriktive virkemidler – Høyere verdsetting av areal i samfunnsøkonomiske analyser?
Mer elektrifisering <ul style="list-style-type: none"> – Innfasingstakt for elektriske personbiler, varebiler, busser, ferger, fly – Utbygging av ladeinfrastruktur? 	<ul style="list-style-type: none"> – Alternativ innfasingbane for elektriske personbiler. – Innfasingbane for varebiler (noe av deres kjøring er persontransport). – Effekt på ruteendringer eller billettpriser for busser, hurtigbåter og ferger. – Effekt på ruter og priser og atferd for nye flytyper – Eventuelle endringer i ventetid for hurtig-lading i korridorer. Krever noe videreutvikling av NTM6.
Innfasing av ny teknologi (inkludert nye mobilitetsløsninger) <ul style="list-style-type: none"> – Selvkjørende biler (endret tidsverdi sjåfør) – Bestillingstransport (robotaxi), individuell eller delt – Ulike former for mikromobilitet 	<ul style="list-style-type: none"> – Eventuelle forutsetninger som påvirker kapasitetsfunksjonene i nettverket (tettere kjøring enn dagens biler?) – Senkede krav til førerkortbehov? – Tillates «sjåføren» å bruke tiden til annet? (endret tidsverdi?) – Nye mobilitetsløsninger vanskelig å ta inn i dagens modell, men mulig i en forenklet og mer fleksibel modell, basert på RTM – Krever nye data om egenskaper til nye mobilitetsløsninger og preferanser (alternativt: grove forutsetninger basert på andre kilder)
Økt bruk av og endret tilgjengelighet til bærekraftig drivstoff <ul style="list-style-type: none"> – I liten grad relevant for personbil – Økt bruk av bærekraftig drivstoff for buss, tog og fly 	<ul style="list-style-type: none"> – Eventuell effekt på billettpriser i kollektivtransporten – Effekt på billettprisene for flyreiser. Kan eventuelt beregnes ved bruk av PACER-modellen.
De vesentligste effekter kan tas med gjennom inndata som i dag framskrives på brukbar måte. Betydelig usikkerhet om hvordan trenden omsettes til inndata. Det krever nye analyser utenfor modellene. Krever vesentlige endringer i modellenes struktur og kalibrering. For eksempel tilføyelse av nye valgmuligheter. Håndteres bedre med utvikling av andre modeller. Mulig overføring av resultater til etablerte transportmodeller.	

Oversikt for nasjonal godsmodell NGM

Tabell S 2: Oppsummering av ulike utviklingstrender og eksempler på hva som kan analyseres i NGM, samt informasjonsbehov og/eller tilrettelegging for analyse.

Eksempler på hva som kan analyseres	Vurdering av modellens egnethet
Økt vektlegging av militære behov <ul style="list-style-type: none"> Forsterkning av kritiske bruer Transport av militært utstyr Endringer i totalberedskap av kritiske varer Alternative distribusjonsopplegg i et Nordisk perspektiv 	<ul style="list-style-type: none"> NGM er velegnet til analyse dersom bruene i utgangspunktet har medført en flaskehals mht. tillatt bruksklasse Hvor er beredskapslagre lokalisert? Mer detaljert sonenivå og nettverk i aktuelle land (regioner)
Klimaendringer og klimatilpasning av infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> Ny transportkorridor i Nordøstpassasjen 	<ul style="list-style-type: none"> Nettverksendring og evt. justering av varestrømmer
Klimatilpasning av infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> Ikke direkte relevant for modellanalyse, men kan illustreres ved <ul style="list-style-type: none"> kostnader som følge av brudd på infrastruktur (for vei og jernbane) og behov for alternativ framføring og/eller rutevalg 	<ul style="list-style-type: none"> Må definere hvor, hvor lenge og evt. hvor ofte det er brudd på kritisk infrastruktur Modell må kjøres med og uten brudd. Resultater må vektes sammen og måles mot referanse
Sterkere vekt på å unngå tap av natur <ul style="list-style-type: none"> Restriksjoner på hvor (eksisterende) virksomheter kan være lokalisert eller vokse 	<ul style="list-style-type: none"> Overstyre regionaliserte vekstrater fra NOREG 2 Splitte eventuelt berørte soner
Mer elektrifisering <ul style="list-style-type: none"> (Forsert) innfasing av elektriske lastebiler (Forsert) innfasing av elektriske båter Utbygging av landstrøm Elektriske terminaloperasjoner 	<ul style="list-style-type: none"> NGM har etablerte kostnadsmodeller for batterielektriske lastebiler Kostnadsmodeller for batterielektriske skip må evt. etableres Analyse av landstrøm og elektrifisering av terminaloperasjoner vil påvirke drivstofforbruk og utslipp i havn og jernbaneterminal. Dette må innarbeides i kostnadsmodell for omlasting. NGM må kjøres med definerte teknologivalg og evt. vekte sammen flere scenario
Innfasing av ny teknologi (inkludert nye mobilitetsløsninger) <ul style="list-style-type: none"> Autonome terminaloperasjoner Autonome kjøretøy Digitalisering Plattformer for datadeling og transportformidling 	<ul style="list-style-type: none"> Autonomi kan analyseres forenklet ved å eliminere mannskapskostnader fra kostnadsmodell for spesifikke terminaloperasjoner og kjøretøy. Bør også vurdere justeringer av komponenter som anskaffelseskostnad og framføringshastighet Grove anslag på effekter av digitalisering og optimering, kan gjøres ved å endre på parametere som framføringshastighet og drivstofforbruk (litteratursøk) Effekter av transportformidlings-plattformer kan være økt utnyttelsesgrad pr kjøretøy/fartøy (litteratursøk)
Økt bruk av og endret tilgjengelighet til bærekraftig drivstoff <ul style="list-style-type: none"> Følgende energibærere kan medregnes som bærekraftig (i minst en variant): <ul style="list-style-type: none"> Biodiesel Biogass Hydrogen Ammoniakk Metanol 	<ul style="list-style-type: none"> NGM har etablerte kostnadsmodeller for spesifikke energibærere Evt. definerte nettverk med tilgang til drivstoff (f eks transporter på gitte relasjoner, kystnære transporter eller nærskipstid i Nordsjøbassenget) NGM må kjøres for definerte teknologivalg og evt. vekte sammen flere scenario
De vesentligste effekter kan tas med gjennom inndata som i dag framskrives på brukbar måte.	
Betydelig usikkerhet om hvordan trenden omsettes til inndata. Det krever nye analyser utenfor modellene.	
Krever vesentlige endringer i modellenes struktur og kalibrering. For eksempel tilføyelse av nye valgmuligheter.	
Håndteres bedre med utvikling av andre modeller. Mulig overføring av resultater til etablerte transportmodeller.	



Oversikt for likevektsmodellen NOREG 2

Tabell S 3: Oppsummering av ulike utviklingstrender og eksempler på hva som kan analyseres i NOREG 2, samt informasjonsbehov og/eller tilrettelegging for analyse.

Eksempler på hva som kan analyseres	Vurdering av modellens egnethet
Økt vektlegging av militære behov <ul style="list-style-type: none"> – Endring i arbeidsplasser – Endringer i bosatte – Ringvirkninger av økt aktivitet i sektoren – Makroøkonomiske effekter 	<ul style="list-style-type: none"> – Konkretisering av regionale endringer i bosatte og arbeidsplasser – Eventuelle endringer i infrastruktur (som påvirker reisetider eller priser) – Implementering av pendling i NOREG 2 og tettere integrasjon med NTM/RTM – Skille ut forsvarssektoren som egen næring
Klimaendringer og klimatilpasning av infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> – Effekter på transportteterspørselen av omstilling til et lavutslippssamfunn – Makroøkonomiske effekter av klimaomstilling – Regionale effekter av klimatilpasning – Utviklingsbaner for regional næringsvis økonomi gitt klimaomstilling – Regionale ringvirkninger av klimatiltak i transportsektoren – Næringsvise, regionale og makroøkonomiske effekter av samtidig virkemiddelbruk – Iterative analyser med NGM 	<ul style="list-style-type: none"> – Tilpasninger i NOREG 2 omhandler i stor grad innhenting og bearbeiding av relevante data: – Etablere data for utslipp fra bruk av fossile energivarer – Skille mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor – Utslipp fra prosessindustrien – Beregne næringsvis utslippsintensitet – Implementere relevante skatter og avgifter – Kalibrering av utslipp
Klimatilpasning av infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> – Ikke direkte relevant for modellanalyse, så sant ikke infrastrukturen endres, f.eks. forbedring i en transportkorridor som gir endrede varestrømmer og/eller pendlingsstrømmer. Et slikt scenario vil kunne gi nye makroøkonomiske utviklingsbaner og regionale ringvirkninger 	<ul style="list-style-type: none"> – Implementering av pendling i NOREG 2 og en tettere integrasjon med NTM/RTM
Sterkere vekt på å unngå tap av natur <ul style="list-style-type: none"> – Ikke direkte relevant for modellanalyser – Strammere styring av arealpolitikken, i form av hvor boliger og arbeidsplasser lokaliseres – Effekter som eventuelt gir endrede varestrømmer fra NGM og/eller – endrede pendlingsstrømmer i RTM/NTM 	<ul style="list-style-type: none"> – Konkretisering av endring i arealbruk, i form av inputfiler for bosatte og ulike arbeidsplasser i sonene. – Implementering av pendling og en tettere integrasjon med RTM/NTM.
Mer elektrifisering - Innfasing av ny teknologi (inkludert nye mobilitetsløsninger) - Økt bruk av og endret tilgjengelighet til bærekraftig drivstoff <ul style="list-style-type: none"> – Dersom dette medfører endringer i varestrømmer (NGM) og/eller pendlingsstrømmer (NTM/RTM), kan de makroøkonomiske effektene analyseres i NOREG 2, inkludert næringsvise regionale vekstrater. 	<ul style="list-style-type: none"> – Implementering av pendling i NOREG 2 og en tettere integrasjon med NTM/RTM.
MÅL om næringslivets konkurransekraft <ul style="list-style-type: none"> – Regionale og sektorvise effekter av politiske tiltak – Effekter på transportteterspørselen av næringsrettede virkemidler 	<ul style="list-style-type: none"> – Gjennomgå formuleringene av utenrikshandelen i modellsystemet
Grønn næringsomstilling <ul style="list-style-type: none"> – Eksportrettet grønn næringsvekst – Samtidig virkemiddelbruk for å stimulere grønn næringsvekst og opprettholding av næringslivets konkurransekraft 	<ul style="list-style-type: none"> – Etablere data på kommunefordelt sektorvis eksport – Kombinere data fra eksportmeldingen med data fra NGM – Gjennomgå næringsspesifikke eksportelastisiteter i NOREG
De vesentligste effekter kan tas med gjennom inndata som i dag framskrives på brukbar måte.	
Betydelig usikkerhet om hvordan trenden omsettes til inndata. Det krever nye analyser utenfor modellene.	
Krever vesentlige endringer i modellenes struktur og kalibrering. For eksempel tilføyelse av nye valgmuligheter.	
Håndteres bedre med utvikling av andre modeller. Mulig overføring av resultater til etablerte transportmodeller.	

I følgende tabell diskuterer vi kort relevans og mulige anvendelsesområder for andre typer modeller i forhold til de aktuelle utviklingstrekkene. Flere av temaene trenger en mer inngående analyse og tabellen bør oppdateres etter det.

Mulige andre modeller i til analyse av utviklingstrekk og mål

Tabell S 4: Foreløpig vurdering av andre modeller i forbindelse med diskuterte områder.

Modelltype	Anvendelse	Kommentar
Økt vektlegging av militære behov		
LUTI-modeller (L and U se and T ransport I ntegrated models), Agent-baserte modeller	<ul style="list-style-type: none"> – Arealer reservert for militær bruk kan påvirke arealbruk, dette kan evt. modelleres i LUTI-modeller; – interaksjon mellom militære og sivile kjøretøy kan simuleres i agentbaserte modeller 	<ul style="list-style-type: none"> – Noe uklart behov og mulighetsrom; – Trenger en dypere vurdering/ spesifisering
Klimaendringer og klimatilpasning av infrastruktur		
Simuleringsmodeller	– Analysere/simulering av evakuerings-scenarier (flom, ekstremvær) gitt kapasitet i veinett og informasjon om hvor alle personer oppholder seg på en gitt tid (via aktivitetsplaner)	– Lämmel mfl (2009)
Sterkere vekt på å unngå tap av natur		
LUTI-modeller	– Modellering av arealbruksplanlegging for å minimere inngrep i naturen	– Trenger en dypere vurdering
Mer elektrifisering		
Dynamiske modeller	– Simulere ladebehov over døgnet og flaskehals i hurtigladeinfrastruktur	– Se avsnitt 4.4
Innfasing av ny teknologi (inkludert nye mobilitetsløsninger)		
Uklart	– Uklart	– Se punkt «Mer elektrifisering»
Økt bruk av og endret tilgjengelighet til bærekraftig drivstoff		
LUTI-modeller	–	–
MÅL: Næringslivets konkurransekraft		
	– Vurdere påvirkning av transportinfrastruktur på næringslivets valg av lokasjon (som en proxy for endret konkurransevne)	– Trenger en dypere vurdering
MÅL: Nullvekstmål i de store byområdene		
Aktivitets-baserte modeller, simuleringsmodeller	– Mer dynamisk modellering av tiltak i kø-belastede byområder	– Se avsnitt 4.2
SCENARIO: Radikalt ny hverdag		
Aktivitetsbaserte modeller	– Bedre kausale sammenhenger mellom sysselsetting, hjemmekontor, aktiviteter og transportbehov; konsistent modellering av heldaglige reiseplaner	– Sammenlignet med RTM-modellen der reisens opphav og fordeling predikeres med empiriske frekvensmodeller for enkelte (rundt)urer og destinasjonsvalg basert på soneattraktivitet.