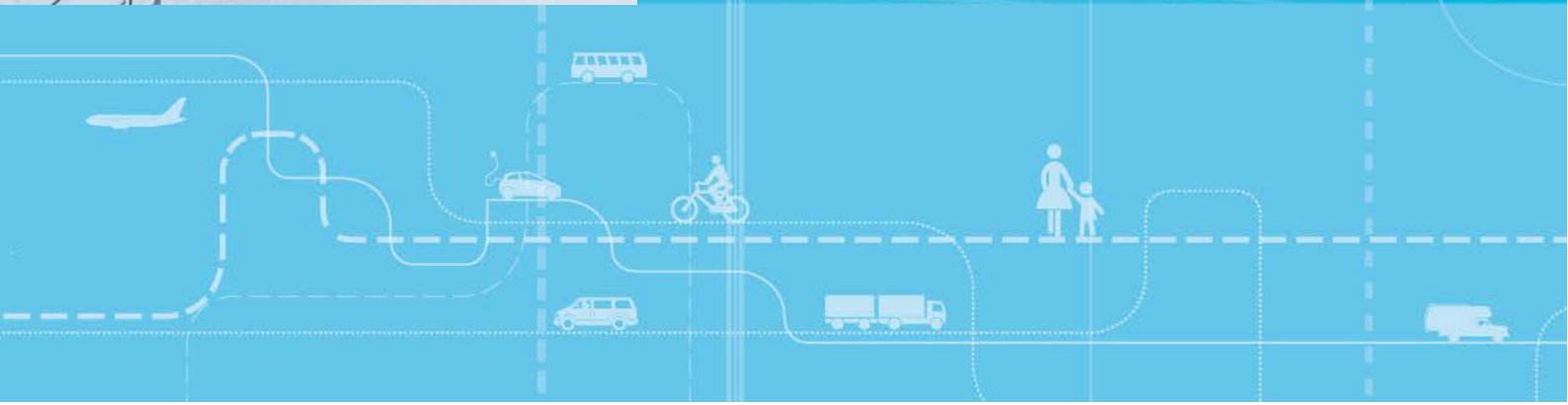


Verktøy for framskriving og scenarioanalyse av togreiser



Verktøy for framskriving og scenarioanalyse av togreiser

Stefan Flügel

Aino Ukkonen

Nina Hulleberg

Vegard Østli

Forsidebilde: Shutterstock

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Verktøy for framskriving og scenarioanalyse av togreiser

Forfattere: Stefan Flügel, Aino Ukkonen, Nina Hulleberg, Vegard Østli

Dato: 11.2020

TØI-rapport: 1804/2020

Sider: 57

ISSN elektronisk: 2535-5104

ISBN elektronisk: 978-82-480-2327-2

Finansieringskilde: Jernbanedirektoratet

Prosjekt: 4923 – Framskriving Trenklin

Prosjektleder: Stefan Flügel

Kvalitetsansvarlig: Anne Madslien

Fagfelt: Transportmodeller

Emneord: Befolkningsvekst
Framskrivning
Scenarioanalyse
Togtransport

Title: A tool for projections and scenario analysis of train trips in Norway

Authors: Stefan Flügel, Aino Ukkonen, Nina Hulleberg, Vegard Østli

Date: 11.2020

TØI Report: 1804/2020

Pages: 57

ISSN: 2535-5104

ISBN Electronic: 978-82-480-2327-2

Financed by: Norwegian Rail Directorate

Project: 4923 – Framskrivning Trenklin

Project Manager: Stefan Flügel

Quality Manager: Anne Madslien

Research Area: Transport models

Keywords: Passenger train
Population growth
Prediction
Scenar

Sammendrag:

Denne rapporten dokumenterer etablering av en modell som predikerer omfang og fordeling av togreiser for ulike scenarier. Forklaringsvariabler inkluderer befolkningsvekst, økonomisk vekst, endring i utbredelse av hjemmekontor og endret konkurranseflate mot andre transportmidler som ikke skyldes endringer i togtilbudet.

Kjernen av modellen består av en vekstmodell som beregner generelle vekstfaktorer for arbeids-, fritids-, og tjenestereiser og en fordelingsmodell som fordeler vekstfaktorer fra vekstmodellen til ulike togstasjonsrelasjoner. Dette gjøres basert på 1) indeks for endring i turattraksjon 2) indeks for endrede konkurranseflater og 3) referansetrafikken. Sistnevnte brukes for kalibrering.

Modellen er implementert i Excel med underliggende VBA-kode.

Modellen egner seg til å generere inndata i form av referansematriser for transportmodellen Trenklin.

Summary:

This report documents the establishment of a model that predicts the amount and distribution of train trips for different scenarios. Explanatory variables include population growth, economic growth, change in the prevalence of home offices and changed competitive structure against other transport modes that are not due to changes in the train service.

The core of the model consists of a growth model that calculates general growth factors for commuting, leisure and business travel and a distribution model that distributes growth factors from the growth model to different pairs of train stations. This is done based on 1) index for changes in tour attraction 2) index for changed competitive structure and 3) reference traffic. The latter is used for calibration.

The model is implemented in Excel with underlying VBA code.

The model is suitable for generating input data in the form of reference matrices for the transport model Trenklin.

Language of report: Norwegian

Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

Utviklingen av togreiser på mellomlang og lang sikt vil avhenge av framtidig togtilbud og andre - såkalte eksogene - faktorer. Denne rapporten dokumenterer etableringen av en modell for vekst i togreiser gitt endring i eksogene faktorer.

Modellen er implementert i Excel med underliggende VBA-kode. Brukerne spesifiserer framtidsscenarier basert på ulike variabler (befolkningsvekst, økonomisk vekst, utvikling av konkurranseflate mot bil, buss og fly, endring i hjemmekontor, med mer). Hvis ønsket fordeles vekst i togtrafikk mellom ulike togstasjonsrelasjoner. Modellen egner seg blant annet til å generere inndata i form av referansematriser til transportmodellen Trenklin.

Stefan Flügel har vært prosjektleder og har vært sentral i utvikling av modellen. Aino Ukkonen og Nina Hulleberg har bidratt til alle deler av prosjektet, og de har henholdsvis hatt ansvar for implementering av VBA-koden og tilrettelegging av inndata. Vegard Østli har jobbet med etablering av økonomiske baner og litteraturgjennomgang av elastisitetsparameterne for økonomisk vekst.

Anne Madslie har vært ansvarlig for kvalitetssikring av prosjektet. Vi takker også Christian Steinsland for etablering av utviklingsbaner for kilometeravhengige kostnader for personbil. Modellen ble etablert på oppdrag for og i tett samarbeid med Jernbanedirektoratet (JbDir). Marius Sandvik var kontaktperson fra oppdragsgiver. Videre har Elisabeth Maria Revdahl og Torstein Otterlei Fjørtoft i JbDir fulgt prosjektet. Vi takker for godt samarbeid, viktige innspill og nyttige dataleveranser.

Vi takker også Trude Kvalsvik for hjelp til publisering av rapporten.

Oslo, desember 2020

Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
Direktør

Kjell Werner Johansen
Avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Om Trenklin.....	1
1.3	Generelt om vekstrater.....	2
2	Problemstilling, ambisjonsnivå og metodetilnærming	5
2.1	Tolkning av eksogene og endogene effekter.....	5
2.2	Generelle- og relasjonsspesifikke faktorer.....	6
2.3	Naturlig usikkerhet i langsiktige prognoser.....	6
2.4	Ambisjonsnivå	7
2.5	Oppbygging og dataflyt i prognosemodellen.....	8
2.6	Segmentering.....	9
3	Data og dataprosessering	10
3.1	Befolkningsdata (vekstmodellen).....	10
3.2	Økonomiske data	11
3.3	Tilbudsdata, tidsverdier og generaliserte reisekostnader.....	12
3.4	Sonedata.....	15
3.5	Togstasjoner for flyplass og turistnæring.....	18
3.6	Trafikkmatriser.....	19
4	Spesifisering av vekstmodell	20
4.1	Matematisk spesifisering.....	20
4.2	Parameterverdier i vekstmodellen.....	20
5	Spesifisering av fordelingsmodell	26
5.1	Grunnleggende beregningsmekanismer.....	26
5.2	Matematisk spesifisering.....	27
5.3	Parameterverdier i fordelingsmodellen	29
6	Uttesting	33
6.1	Sammenligning med historiske data	33
6.2	Framtidsscenarier	38
7	Implementering	41
7.1	Oppbygging av excelfilen.....	41
7.2	VBA-kode.....	44
8	Anvendelse og forbedringsmuligheter	47
8.1	Anvendelsesområde	47
8.2	Tips til brukere.....	48
8.3	Kjente svakheter og forbedringsmuligheter for kommende versjoner	48
9	Referanser	50

Vedlegg	53
Vedlegg A. Litteraturgjennomgang: Elastisitetsparameterne for økonomisk vekst	53
Vedlegg B. Underliggende antakelser ved beregning av kryseffekter	57

Sammendrag

Verktøy for framskriving og scenarioanalyse av togreiser

TØI rapport 1804/2020

Forfattere: Stefan Flügel, Aino Ukkonen, Nina Hulleberg, Vegard Østli

Oslo 2020 57 sider

Denne rapporten dokumenterer etablering av en modell som predikerer omfang og fordeling av togreiser for ulike scenarier. Forklaringsvariabler inkluderer befolkningsvekst, økonomisk vekst, endring i utbredelse av hjemmekontor og endret konkurranseflate mot andre transportmidler som ikke skyldes endringer i togtilbudet. Modellen er implementert i Excel og egner seg til å generere inndata i form av referansematriser til transportmodellen Trenklin.

På oppdrag fra Jernbanedirektoratet har TØI etablert et verktøy som predikerer vekst i togreiser som følge av endringer i samfunnet på mellomlang og lang sikt. Jernbanedirektoratet ønsker et verktøy som er lite ressurskrevende å benytte, men som fanger opp mer enn bare befolkningsvekst. Verktøyet skal kunne bryte etterspørselsveksten ned på ulike togstasjonsrelasjoner. Dette er viktig for senere anvendelse i Trenklin som gjennom hele modellprosessen opererer på togstasjonsrelasjonsnivå.

Ambisjonsnivået vårt kan beskrives slik:

- Fange opp alle viktige effekter på etterspørselen utover endret togtilbud
- I størst mulig grad bygge på etablerte prognosebaner (f.eks. SSBs befolkningsprognoser, økonomiske baner basert på konjunkturmelding og perspektivmelding)
- Transparens
 - Dokumentasjon av alle beregningsmekanismer
 - Begrunnelse for (mønster i) antatte verdier for underliggende parametere
- Fleksibilitet
 - Brukerne kan fritt velge referanseår- og prognoseår (tidsrom 2014-2050)
 - Brukerne kan fritt spesifisere scenarier
 - Brukerne kan fritt endre/oppdatere inngangsdata
 - Brukerne kan fritt endre verdier i underliggende parametere
- Brukervennlig
 - Enkel scenariospesifikasjon i Excel
 - Rask beregningstid
 - Enkel overgang fra verktøyet fra/til Trenklin
 - Automatisk gjenkjenning av stasjonsnavn fra referansematriser (uavhengig av utvalg/sortering av matriser)
 - Mulighet for å bruke bare deler av modellen (vekstmodellen), f.eks. når man ikke har referansetraffic på relasjonsnivå tilgjengelig

Prognosemodellen kan deles inn 5 hovedelementer

1. Brukerbestemte inndata
2. Eksterne inndata
3. Vekstmodell

4. Fordelingsmodell
5. Resultatutskrift

Beregningsprosessen i modellen begynner med scenariodefinsjon (figur S1).

	A	B
1	Modellspesifisering	
2		Spesifisere her
3	Markedsområde	Oslo-Viken
4	Referanseår	2018
5	Prognoseår	2030
6	Antar generisk vekst over togstasjoner gitt reisehensikt (deaktiverer fordelingsmodell)	Nei
7	Bruk default innstillinger	Nei
8	Prognosebane befolkning SSB	Hovedalternativ (MMM) (default)
9	Antakelse om økonomisk vekst	Som prognostisert av SSB (default)
10	Antakelse om endring i (andelsvis) utbredelse av hjemmekontor	Samme nivå som i referanseår (default)
11	Generell konkurranseflate mot bil	Ingen endring (default)
12	Generell konkurranseflate mot fly	Ingen endring (default)
13	Generell konkurranseflate mot buss	Ingen endring (default)
14	Utvikling av tilbringertransport til tog (f.eks pga autnome kjøretøy)	Ingen endring (default)
15	Utvikling av flymarkedet (for tog som tilbringer til flyplasser)	Ingen endring (default)
16	Utvikling av tog som transportmiddel for turistnæring	Ingen endring (default)
17	Økt miljøbevissthet (i favør tog)	Ingen endring (default)
18		
19	Trykk her for å kjøre modellen:	Kjør modell
20		
21	Resultater av vekstmodell (Se resultater oppsplittet over togstasjoner i separate ark)	
22		Relativ økning av togreiser
23	arbeidsreiser	
24	fritidsreiser	
25	tjenestereiser	
26		

Figur S1: Scenariodefinsjon i prognosemodellen

Ved scenariodefinsjon bestemmes referanseår og prognoseår, geografisk segment og ulike scenarioinnstillinger. Blant sistnevnte er scenario for befolkningsframskriving og økonomisk vekst. Disse scenarier bestemmer baner for befolknings- og økonomisk vekst som, sammen med øvrige forutsetninger, danner datagrunnlaget til vekstmodellen.

Vekstmodellen beregner generelle vekstfaktorer for arbeids-, fritids-, og tjenestereiser.

Fordelingsmodellen fordeler vekstfaktorer fra vekstmodellen til ulike togstasjonsrelasjoner. Dette gjøres basert på 1) indeks for endring i turattraksjon 2) indeks for endrede konkurranseflater og 3) referansetraffikken. Sistnevnte brukes for kalibrering.

Indeks for endring i turattraksjon er basert på befolkningsvekst rundt togstasjoner, endring i arbeidsplasser og brukerdefinerte forutsetninger om vekst i flymarked og turistnæring. Indeks for endret konkurranseflate er basert på endringer i generaliserte kostnader (GK) for tog og bil som konsekvens av økonomisk vekst (økende tidsverdier og lavere prisfølsomhet) og brukerdefinerte endringer i konkurransedyktighet til bil.

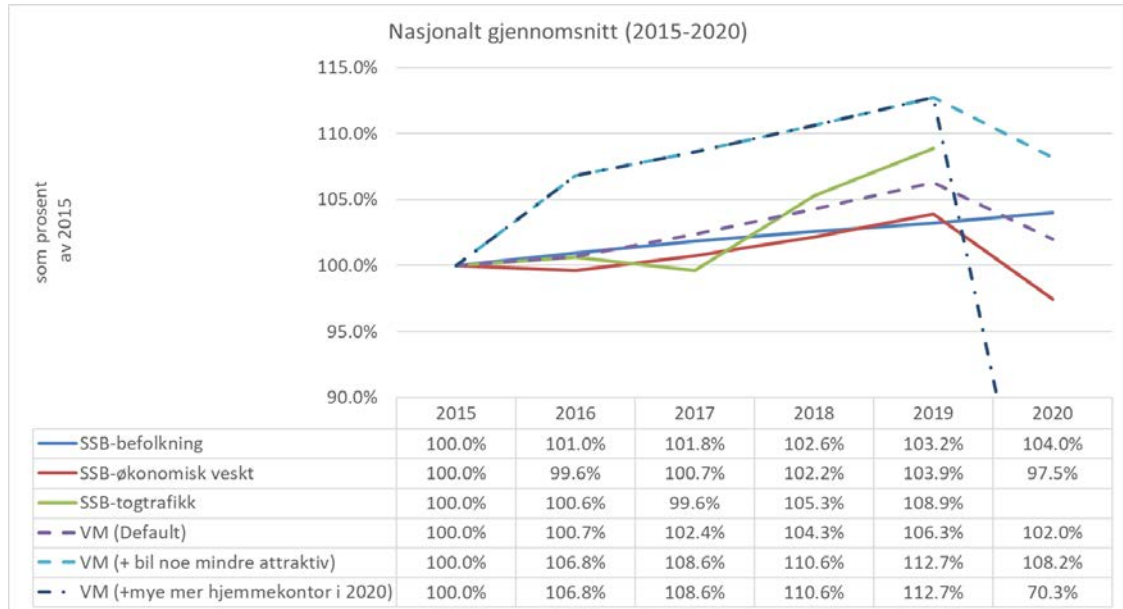
Modellen er segmentert i tre reisehensikter: arbeidsreiser, tjenestereiser og fritidsreiser (øvrige reiser). Videre kjøres modellen for et gitt underliggende geografisk område/marked. Disse er:

1. Nasjonalt gjennomsnitt
2. Oslo/Viken
3. Fjerntoget
4. Egendefinert

De underliggende baner og parametere er tilpasset hvert segment (kombinasjon av geografisk område og reisehensikt). Unntak er «Egendefinert» der brukerne legger inn egne parameterverdier. Parameterverdier i modellen er fastsatt basert på litteraturgjennomgang,

teoretiske betraktninger og/eller skjønnsmessige vurderer. Noen parameterverdier ble justert og kalibrert basert på en historisk sammenligning og scenarioanalyser.

Figur S2 viser 3 predikeringer av vekst i togtrafikk for hele Norge mellom 2015 og 2020 og sammenligner med faktiske tall fra SSB (tall for togreiser i 2020 foreligger ikke enda i skrivende stund).



Figur S2: Sammenligning av predikeringer med vekstmodellen (VM) mot faktiske tall for segment «nasjonalt gjennomsnitt». Basisår 2015.

I prinsippet kan modellen anvendes for alle typer modellkjøringer i Trenklin der referansematriser i Trenklin må framskrives fra tidligere år.

Prognosemodellen er i stand til å fange opp «korona-året 2020». Det ligger inne en økonomisk nedgang for 2020 i modellen (ifølge Konjunkturmeldingen) og brukerne kan endre forutsetninger som bruk av hjemmekontor. Allikevel bør brukerne være varsomme med å ta i bruk 2020 som referanse- eller prognoseår, og dobbeltsjekke om predikeringene virker rimelige.

Modellen kan i prinsippet brukes på alle typer scenarier. Når man lager «ekstreme» scenarier, som gir veldig høye vekstrater må man tolke dette som et teoretisk resultat av effekten av eksogene faktorer. I virkeligheten vil høye vekstrater medføre «endogene effekter» i form av økte trengselskostnader. Dette vil ha en dempende effekt på etterspørselen og vil gi en lavere effektiv vekstrate enn beregnet av prognosemodellen. Dette er viktig å huske på når man lager referansetraffikk langt inn i framtiden for Trenklin-kjøringer, eller når man bruke prognosemodellen utenom Trenklin.

Denne første versjonen av prognosemodellen har noen kjente svakheter som kan tenkes forbedret i kommende versjoner:

- Data om utvikling for arbeidsplasser foreligger kun for Oslo/Akershus (RTM23+ området). Dette kan medføre noen skjevheter i fordelingsfaktorer for modellområder som berører både relasjoner innenfor og utenfor Oslo/Akershus. Vi har «løst» dette problemet ved å ta ut effekten av økende antall arbeidsplasser for segmentene Nasjonalt gjennomsnitt og Fjerntoget. Effekten er altså kun aktiv

for segmentet Oslo/Viken. Det anbefales å jobbe med denne delen av inndata ved en senere oppdatering av prognosemodellen.

- Effekten av flyplass og turistnæring på vekstmodellen er ikke helt optimal siden denne effekten i virkeligheten vil være avhengig av antall/andel flyplass- og turiststasjoner i markedet. Framtidige versjoner bør ved innlesning av referansematriser identifisere antall flyplass- og turiststasjoner og justere parameterverdien basert på dette antallet.
- Mange av parameterne måtte fastsettes skjønnsmessig. En mer empirisk fastlegging av parameterverdier er ønskelig. Dette krever at vi kan kontrollere for endringer i togtilbudet, noe som forutsetter at man har tilgang til matriser for Level-of-Service eller generaliserte reisekostnader for flere år som er beregnet med identisk versjon av Trenklin.
- Prognosemodellen normaliserer fordelingsfaktorer over alle togstasjonsrelasjoner som limes inn under «inndata-arkene». En slik matematisk spesifisering medfører at resultater for en gitt relasjon er avhengig av andre relasjoner i matrisen. Med dette er det ikke garantert at man får identiske resultater for to ulike kjøring med ulike «størrelser» på inndata-matriser. Det er ikke opplagt hvordan man kan løse dette, men videre arbeid bør se nærmere på denne problemstillingen.

Summary

A tool for projections and scenario analysis of train trips in Norway

TØI Report 1804/2020

Authors: Stefan Flügel, Aino Ukkonen, Nina Hulleberg, Vegard Østli
Oslo 2020 57 pages Norwegian language

This report documents a model that predicts the amount and distribution of train trips for different scenarios. Explanatory variables include population growth, economic growth, change in the prevalence of home offices and changed competitive structure of transport modes that are not due to changes in the train service. The model is implemented in Excel and is suitable for generating reference matrices in the transport model Trenklin.

On behalf of the Norwegian Railway Directorate, TØI has established a tool that predicts growth in train trips (excluding freight transport) as a result of changes in society in the medium and long term. The Norwegian Railway Directorate wants a tool that is not very resource-intensive to use, but which captures more than just population growth. The tool should be able to break down the growth in demand at various train station relationships. This is important for later use in Trenklin, which throughout the model process operates at the train station origin-destination level.

Our level of ambition can be described as follows:

- Capture all important effects except for changes in train services
- As far as possible, make use of established forecasts from Statistics Norway
- Transparency
 - Documentation of all calculation mechanisms
 - Reasoning behind (pattern of) assumed values for underlying parameters
- Flexibility
 - Users are free to choose reference- and forecasting year (period 2014-2050)
 - Users are free to specify scenarios
 - Users are free to change/update input data
 - Users are free to change values of the underlying parameters
- User-friendly
 - Simple scenario specification in Excel
 - Fast calculation time
 - Easy transition from the tool from/to Trenklin
 - Automatic recognition of station names from reference matrices (independent of selection/sorting of matrices)
 - Possibility to use only parts of the model (growth model), e.g. when you do not have reference traffic on origin-destination level available

The forecast model can be divided into 5 main elements

1. User-defined input
2. External input
3. Growth model

4. Distribution model
5. Printout of results

The calculation process in the model begins with a scenario definition (Figure S1).

	A	B
1	Modellspesifisering	
2		Spesifisere her
3	Markedsområde	Oslo-Viken
4	Referanseår	2018
5	Prognoseår	2030
6	Antar generisk vekst over togstasjoner gitt reisehensikt (deaktiverer fordelingsmodell)	Nei
7	Bruk default innstillinger	Nei
8	Prognosebane befolkning SSB	Hovedalternativ (MMM) (default)
9	Antakelse om økonomisk vekst	Som prognostisert av SSB (default)
10	Antakelse om endring i (andelstvis) utbredelse av hjemmekontor	Samme nivå som i referanseår (default)
11	Generell konkurranseflate mot bil	Ingen endring (default)
12	Generell konkurranseflate mot fly	Ingen endring (default)
13	Generell konkurranseflate mot buss	Ingen endring (default)
14	Utvikling av tilbringertransport til tog (f.eks pga autnome kjøretøy)	Ingen endring (default)
15	Utvikling av flymarkedet (for tog som tilbringer til flyplasser)	Ingen endring (default)
16	Utvikling av tog som transportmiddel for turistnæring	Ingen endring (default)
17	Økt miljøbevissthet (i favør tog)	Ingen endring (default)
18		
19	Trykk her for å kjøre modellen:	Kjør modell
20		
21	Resultater av vekstmodell (Se resultater oppsplittet over togstasjoner i separate ark)	
22		Relativ økning av togreiser
23	arbeidsreiser	
24	fritidsreiser	
25	tjenestereiser	
26		

Figure S1: Screenshot of sheet for scenario definition

In the scenario definition, reference year and forecast year, geographical segment and various scenario settings are determined. Among the latter is the scenario for population projection and economic growth. These scenarios determine paths for population and economic growth that form - together with other assumptions - the data basis for the growth model.

The growth model calculates general growth factors for work, leisure and business travel.

The distribution model distributes growth factors from the growth model to different train station pairs. This is done based on 1) index for change in tour attraction 2) index for changed competitive structure and 3) reference traffic. The latter is used for calibration.

The index for change in tour attraction is based on population growth and working places around train stations and user-defined assumptions about growth in the aviation market and the tourism industry. The index for changed competitive structure is based on changes in generalized costs (GK) for trains and cars as a consequence of economic growth (increasing value of time and lower price sensitivity) and user-defined changes in car competitiveness.

The model is segmented into three travel purposes: commuting, business travel and leisure travel (other travel). Furthermore, the model is run for an underlying geographical area/market. These are:

1. National average
2. Oslo/Viken
3. Long-distance train
4. Customised

The underlying data and parameters vary for each segment (combination of geographical area and travel purpose). The exception is "Customised" where users enter their own parameter values). Parameter values in the model are determined based on literature review, theoretical considerations and/or expert judgment assessments. Some parameter values were adjusted and calibrated based on a historical comparison and scenario analyses.

Figure S2 shows three predictions for growth in train traffic for the whole of Norway between 2015 and 2020 and compares with actual figures from Statistics Norway (figures for train passengers in 2020 are not yet available at the time of writing).

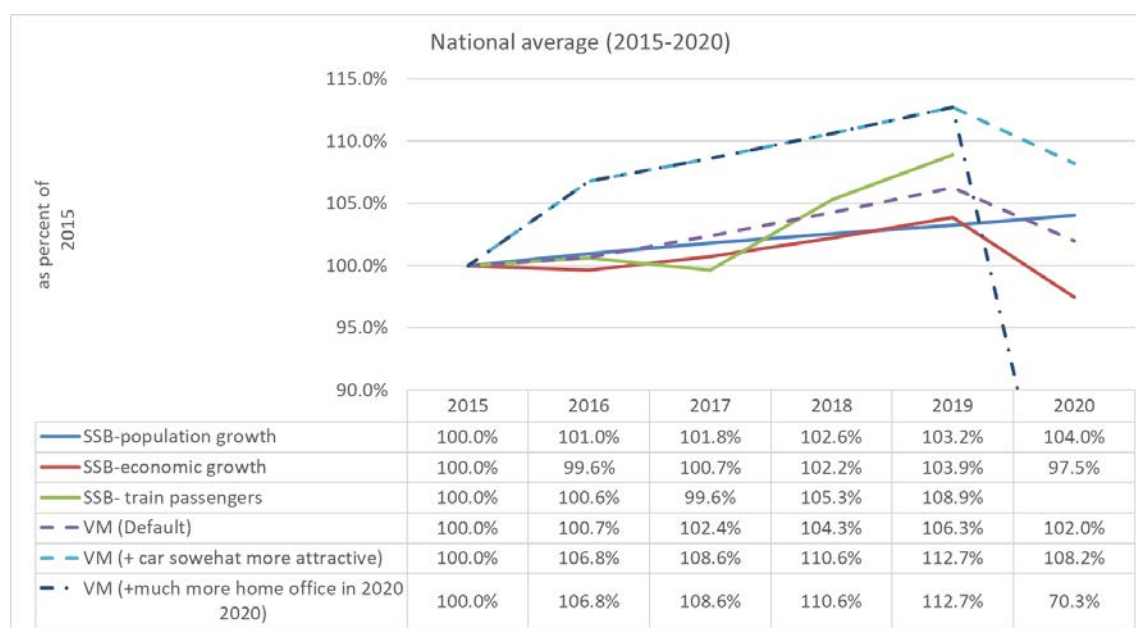


Figure S2: Comparison of predictions with the growth model (VM) against actual figures for segment «national average». Base year 2015.

In principle, the model can be used for all types of model runs in Trenklin where reference matrices in Trenklin must be forecast from previous years.

The forecast model is able to capture the «corona year 2020». There is an economic decline for 2020 in the model (according to the economic report) and users can change conditions such as the use of a home office. Nevertheless, users should be careful about using 2020 as a reference or forecast year, and double-check whether the predictions seem reasonable.

The model can in principle be used in all types of scenarios. When creating "extreme" scenarios, which give very high growth rates, one must interpret this as a theoretical result of the effect of exogenous factors. In reality, high growth rates will lead to "endogenous effects" in the form of increased congestion costs. This will have a dampening effect on demand and will result in a lower effective growth rate than calculated by the forecast model. This is important to keep in mind when creating reference traffic far into the future for Trenklin runs, or when using the forecast model outside of Trenklin.

This first version of the forecast model has some known weaknesses that could be improved in future versions:

- Data on the development for workplaces are only available for Oslo/Akershus (RTM23+ area). This may lead to some biases in distribution factors for model areas that affect both relationships within and outside Oslo/Akershus. We have

"solved" this problem by taking out the effect of increased number of jobs for the "National average segment" and the "Long-distance train" segment. Thus, the effect is only active for the Oslo/Viken segment. It is recommended to work with this part of the input at a later update of the forecast model.

- The effect of the airport and tourist industry on the growth model is not entirely optimal since the effects will in reality depend on the number (share) of train stations defined as airport- and tourist related. Future versions should, when reading reference matrices, identify the number of relevant train stations and adjust the parameter values accordingly.
- Many of the parameters had to be determined by expert judgment. A more empirical determination of parameter values is desirable. This requires that we can check for changes in the train services over time, which presupposes that consistent LoS or GK matrices are created.
- The forecast model normalizes distribution factors over all train station relationships that are included under the «input sheets». Such a mathematical specification means that the results of a given station-pair depend on other station-pairs in the matrix. With this assumption, it is not guaranteed that you get identical results for two different runs with different "size" of input matrices. It is not obvious how to solve this, but further work should look more closely at this issue.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Denne rapporten oppsummerer arbeidet med å etablere en prognosemodell for persontransport på tog for den delen av etterspørselen som ikke skyldes endringer i rutetilbudet (reisetid og ventetid, billettpriser, togmateriell og trengsel). Effekten av endret rutetilbud fanges direkte opp i transportmodellen Trenklin (Ranheim 2018, Ukkonen og Flügel 2020). Vår prognosemodell fanger altså opp effekter som er eksogene til beregningene i Trenklin, for eksempel befolkningsvekst, økonomisk vekst og teknologiske trender.

Å etablere den eksogene transportveksten i Trenklin gjøres i dag enten ved å gjennomføre ressurskrevende beregninger med de regionale og nasjonale persontransportmodellene, (RTM og NTM6) eller ved enkle betraktninger av befolkningsvekst rundt togstasjoner.

Jernbanedirektoratet ønsker et verktøy som er lite ressurskrevende å benytte, men som fanger opp mer enn bare befolkningsvekst. Verktøyet skal prognostisere vekst i togreiser (ekskl. godstransport) som følge av endringer i samfunnet på mellomlang og lang sikt. Man kan velge framtidssår for framskriving, f.eks. 2030 og 2050 som brukes mye i den kommende nasjonale transportplanen (NTP).

Verktøyet skal kunne bryte etterspørselsveksten ned på ulike togstasjonsrelasjoner. Dette er viktig for senere anvendelse i Trenklin, som gjennom hele modellprosessen opererer på togstasjonsrelasjonsnivå («matrise-nivå»).

1.2 Om Trenklin

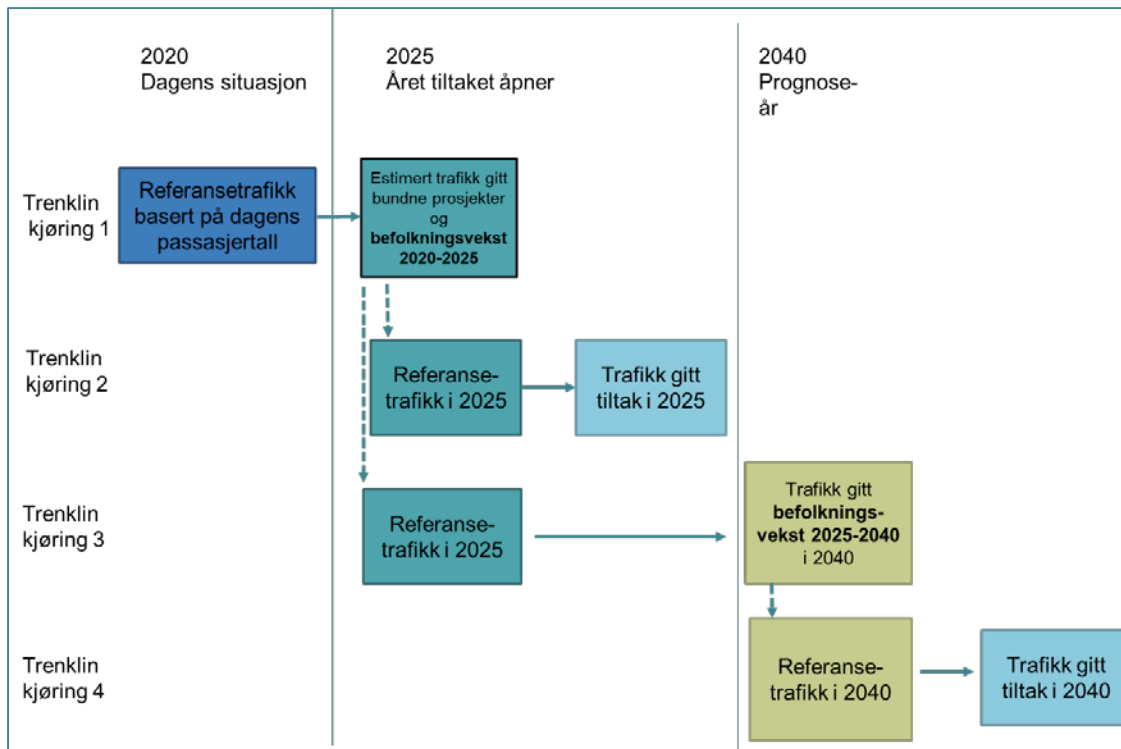
Trenklin er en persontransportmodell for togreiser som er etablert og internt utviklet i Jernbanedirektoratet (og tidligere Jernbaneverket). Trenklin brukes i hovedsak for å analysere effekter av ruteplanendringer. Første versjon er dokumentert i Aarhaug mfl. (2013). Modellversjon 3.0 er dokumentert i Ranheim (2017) og arbeidet med den siste versjonen (versjon 3.2.) er dokumentert i Ukkonen og Flügel (2020).

I nåværende versjon av Trenklin fanges den eksogene trafikkveksten opp via en matrise for befolkningsvekst, samt en «elastisitet» for befolkningsvekst som har default-verdi lik 1.

Når modellen kjøres for et framtidssår, så settes verdiene i matrisen til en verdi som typisk er større 1. Dette gjøres stort sett «manuelt». Basert på den nevnte elastisiteten for befolkningsvekst beregnes det implisitte faktorer som skalerer opp referansetrafikken.

Figur 1.1 illustrerer et eksempel på modellkjøringer i dagens versjon av Trenklin.

Eksempelet viser beregninger i forbindelse med en nytte-kostnadsanalyse av et tiltak som skal åpnes i 2025.



Figur 1.1: Illustrasjon av modellkjøringer i en nytte-kostnadsanalyse med dagens versjon av Trenklin

I første kjøring etableres referansetrafikk i 2025. Her kodes inn bundne (tog-)prosjekter og matrisen for befolkningsvekst settes slik at den tilsvarer prognostisert vekst fra 2020 til 2025.

I kjøring 2 og 3 bruker man denne referansetrafikken i 2025 som utgangspunkt. I kjøring 2, som gjelder år 2025, settes cellene i matrisen for befolkningsvekst til 1, og det beregnes trafikk i tiltaksalternativet for år 2025. I kjøring 3 etableres det referansetrafikk for 2040 ved å ta hensyn til befolkningsvekst mellom 2025 og 2040. Merk at befolkningsveksten kan føre til økte trengselskostnader (og dermed økte generaliserte kostnader) og kan ha en dempende effekt på etterspørselen. I kjøring 4 beregnes så trafikk gitt tiltaket i 2040.

Kjøring 1 kan ikke uten videre erstattes siden denne i vårt tilfelle inneholder bundne togprosjekter som inneholder «endogene» effekter som best beregnes i Trenklin (dvs. med en egen kjøring).

Med prognosemodellen beskrevet i denne rapporten kan man enten 1) generere befolkningsvekstmatiser for bruk i kjøring 1 og 3, eller 2) erstatte kjøring 3, dvs. bruke referansetrafikk i 2040 som beregnet av prognosemodellen.

For kjøring 3 anser vi at det er bedre å bruke variant 2 (bruk av prognosemodellen) siden da vil referansetrafikk i 2040 fange opp at vekstmatiser varierer med reisehensikt. Ved bruk av variant 1 derimot, vil man i dagens versjon av Trenklin være nødt til å slå sammen vekstmatiser til en felles «befolkningsvekstmatis».

1.3 Generelt om vekstrater

Vi bruker begrepet «vekst» i rapporten for å beskrive endringer over tid. Mer konkret beregner vi framtidig trafikk basert på dagens trafikk og vekstrater. I denne sammenheng kan det være en fordel å gå gjennom begrepene «vekst i absolutte tall», «relativ vekst»,

«vekst i prosentpoeng» og «vekstrate». Tabell 1.1 viser et eksempel på sammenhengen mellom de ulike begrepene.

Tabell 1.1: Sammenheng mellom absolutt trafikk, absolutt vekst, relativ vekst, vekst i prosentpoeng og vekstrate - Eksempel 1.

År	Absolutt trafikk	Absolutt vekst siden 2020	Relativ vekst siden 2020	Vekst i prosentpoeng av absolutt tall i 2020	(diskrete) Vekstrate (2020=basis)
2020	2000	0	+ 0%	100 % -poeng	1
2030	3000	1000	+ 50 %	150 %-poeng	1,5
2040	8000	6000	+ 300 %	400 %-poeng	4

Når vi beskriver en «vekstmodell» i rapporten, så er dette egentlig en «vekstratemodell».

I denne rapporten bruker vi ordet vekstrate for å beskrive en rate (forholdstall) mellom to diskrete år. Dette må ikke forveksles med begrepet «årlig vekstrate». Med «årlig vekstrate» mener man typisk en gjennomsnittlig vekst per år over en lengre periode.

Prognosemodellen vår refererer alltid til to diskrete år, et basis år (eller referanseår) og en prognoseår.

Vekstrater har en fordel ved at de ikke er avhengig av absoluttnivået i basisåret.

Forholdstallet mellom to vekstrater er igjen en vekstrate. I tabell 1.1 kan vekstraten mellom år 2030 og år 2040 enkelt beregnes som $4/1,5 = 2,67$, helt uten å bruke informasjon om trafikk i absolutte tall i 2020. Vi kan også snu om på dette og si at vekstratene er multiplikative i og med at vekstraten mellom 2030 og 2020 (1,5) og vekstraten mellom 2040 og 2030 (2,67) i produkt gir vekstraten mellom 2040 og 2020 ($1,5 \cdot 2,67 = 4$).

Verktøyet lar brukerne simulere relative endringer i vekst, for eksempel «50% mer vekst». Her er det viktig at man som bruker vet om man skal tolke dette som «50% vekst i relativ vekst» eller «50% vekst i vekstraten». For å unngå misforståelser refererer vi til sistnevnte som «50% høyere vekstrate». For å simulere «en 50% høyere vekstrate» basert på vekstraten mellom år 2020 og 2040 gjør vi følgende beregning: $2000 \cdot 4 \cdot 1,5 = 12000$. «En 50% høyere vekstrate» gjøres altså om til en «egen vekstrate» med verdi 1,5.

Ved nedgang i absolutte tall, så vil vekstraten være lavere enn 1 (se eksempel 2, tabell 1.2). Vekstraten er aldri negativ for naturlige størrelser (trafikk, befolkning, BNP osv.)

Tabell 1.2: Sammenheng mellom absolutt trafikk, absolutt vekst, relativ vekst, vekst i prosentpoeng og vekstrate - Eksempel 2.

År	Absolutt trafikk	Absolutt vekst siden 2020	Relativ vekst siden 2020	Absolutt tall i prosentpoeng av absolutt tall i 2020	Vekstrate (2020=basis)
2020	8000	0	0 %	100 % -poeng	1
2030	3000	-5000	- 62,5 %	37,5 %-poeng	0,375
2040	2000	-6000	- 75 %	25 %-poeng	0,25

Vi skrev tidligere at vekstratene er multiplikative. Her vil vi presisere at dette kun gjelder når vekstratene har samme basisår. Dette betyr at når man summerer to ulike basisår kan man ikke bare multiplisere vekstrater for å komme til samlet vekst.

I eksempel 3 (tabell 1.3) har vi addert sammen de absolutte tallene fra eksempel 1 og eksempel 2 (tabell 1.1 og tabell 1.2). Samlet blir det en nedgang fra 10000 i år 2020 til 6000 i år 2030.

Tabell 1.3: Sammenheng mellom absolutt trafikk, absolutt vekst, relativ vekst, vekst i prosentpoeng og vekstrate - Eksempel 3 (Absolutte tall som sum av eksempel 1 og eksempel 2).

År	Absolutt trafikk	Absolutt vekst siden 2020	Relativ vekst siden 2020	Absolutt tall i prosentpoeng av absolutt tall i 2020	Vekstrate (2020=basis)
2020	10000	0	0 %	100 %-poeng	1
2030	6000	-4000	- 40 %	60 %-poeng	0,6
2040	10000	0	0 %	100 %-poeng	1

Vekstraten mellom 2020 og 2030 blir da 0,6 mens multiplikasjon av vekstraten fra eksempel 1 og 2 hadde gitt feil resultatet ($1,5 * 0,375 = 0,5625$). For at regnestykket skal gå opp, må vi «vekke» med basisnivå: $(2000 * 1,5 + 0,375 * 8000) / (2000 + 8000) = 0,6$.

For modellen betyr dette at vi må omregne vekstraten til samme basisår. Hvis vi for eksempel vil beregne vekstraten i trafikk gitt en vekstrate i befolkning og en vekstrate i BNP, må vi omregne (transformere) hver vekstrate til en vekstrate i trafikk før vi beregner den samlede effekten av produktet av de to transformerte vekstratene.

Kjernen i vekstratemodellen («vekstmodellen») er å finne egnede matematiske funksjoner (inkl. parameterverdier) for denne transformeringen. Resten av regnestykket er bare en multiplikasjon av vekstrater.

2 Problemstilling, ambisjonsnivå og metodetilnærming

2.1 Tolkning av eksogene og endogene effekter

Hva som er endogene og eksogene effekter vil avhenge av modellen man anvender. Endogene effekter er forenklet sagt effekter som beregnes innad i modellen, mens eksogene effekter er effekter som faller utenom modellen. Prognosemodellen skal fange opp effekter på etterspørsel etter togreiser (ekskl. godstransport) over tid som er eksogen i Trenklin og som ikke er direkte inndata i modellen.

Tabell 2.1: Underliggende effekter som påvirker etterspørsel etter togreiser i Trenklin versjon 3.2.

Underliggende effekter	Eksogent gitt direkte som inndata	Beregnes endogen	Eksogent (kun indirekte fanget opp i inndata eller ikke tatt med)
Rutevalget		Endogen	
Togmateriell/trengsel	Sitte- og ståplasser per tog	Trengsel avhengig av rutevalget	
Reisetid/ventetid tog/bytttekostand	Basert på rutetabeller og døgnfordelinger	Avhengig av rutevalget	
Billett kostnader tog	Billettmatriser		
Tilbringerreiser	Matriser med reisetid til stasjon		Kvalitet i tilbringerreise (fleksibilitet og lignende)
Transporttilbudet øvrige transportmiddel			Kun implisitt via generiske elastisitetsparametere
Befolkningsvekst	Implisitt i befolkningsvekst- matriser (BM)		
Økonomisk vekst			Kun ved manipulering av BM
Teknologisk framgang			Ikke fanget opp (muligens ved manipulering av BM)
Trender (økt hjemmekontor)			Ikke fanget opp (muligens ved manipulering av BM)
Adferdsparametere	Gjeldende tidsverdier og trengselsparametere		
Endring i adferdsparametere over tid			Ikke tatt med (påvirker ikke referansetraffikk i framtidsår)

I virkeligheten vil eksogene variabler ha effekter som er endogene i Trenklin. Befolkningsvekst vil for eksempel påvirke etterspørsel etter togreiser og vil øke trengsel (gitt andre ting likt). Dette vil ha effekter på rutevalget (som er endogen i Trenklin).

En utfordring ved å framskrive referansetraffikk utenom Trenklin er at noen endogene effekter (f.eks. trengsel) vil medføre en dempende effekt på transportetterspørselen. Denne såkalte «rebound-effekten» vil man ikke fange opp når man framskriver referansetraffikk i et verktøy utenom Trenklin.

I dette prosjektet er vi interessert i å modellere etterspørselseffekter som er eksogene i Trenklin og som ikke fanges opp med direkte inndata i Trenklin. Vårt prognoseverktøy skal erstatte befolkningsvekstmatiser i Trenklin, slik at befolkningsvekst også fanges opp i vårt verktøy.

2.2 Generelle- og relasjonsspesifikke faktorer

I forrige avsnitt beskrev vi effekter som er eksogene i Trenklin og som bare indirekte fanges opp via befolkningsmatriser. Disse effektene kan vi videre dele inn i effekter som vil ha en generell effekt på togtrafikk og effekter som i hovedsak vil ha effekt på fordeling av togtrafikk mellom ulike relasjoner (togstasjonspar).

Skillet mellom generelle effekter og relasjonsspesifikke effekter er ikke alltid entydig. Alle generelle effekter vil slå noe ulikt ut på relasjonsnivå siden det vil være heterogenitet på tvers av relasjoner. I denne sammenhengen må man også se på datatilgang. Det vil for eksempel være slik at innføring av selvkjørende biler vil gi ulike effekt for ulike relasjoner, men vi har ikke tilgang til data eller gode prognoser på hvordan denne effekten slår ut på et detaljert nivå.

Tabell 2.2 gir en oversikt over generelle og relasjonsspesifikke effekter som vi vil fange opp med prognosemodellen.

Tabell 2.2: Inndeling i eksogene effekter i generelle og relasjonsspesifikke effekter.

Type eksogen effekt	Generelle effekter	Relasjonsspesifikke effekter
Befolkningsvekst	Befolkningsvekst generelt	Befolkningsvekst rundt togstasjoner
Utvikling i økonomi, arbeidsplasser	Økonomisk vekst generelt	Økonomisk vekst/ genererte arbeidsplasser rundt togstasjoner
Teknologiske og sosiale trender	Økt hjemmekontor og digitale arbeidsmøter selvkjørende biler	
Utvikling i øvrige transportmarked	Utvikling i tilbud av konkurrerende transportmidler generelt	Utvikling i tilknyttede markeder (f.eks. flyplasser)
Endringer i preferanser over tid	Økende tidsverdier; økt miljøbevissthet	Kan føre til endrede konkurranseflater på relasjonsnivå

De generelle effektene sier noe om hvor stor veksten i togtrafikken vil være, mens de relasjonsspesifikke effektene vil si noe om hvordan denne veksten fordeler seg over togstasjonsrelasjoner. Dette taler for at man deler prognosemodellen inn i to modeller, en vekstmodell og en fordelingsmodell. Vekstmodellen modellerer effekten av generelle effekter mens fordelingsmodellen modellerer faktorer som fordeler veksten ut på de enkelte relasjoner.

2.3 Naturlig usikkerhet i langsiktige prognoser

Verden er kompleks og det er umulig å gjøre presise predikasjoner om utviklinger som er avhengig av menneskelig adferd og teknologisk framgang. Usikkerheten øker med lengre tidshorison, men det er også usikkerhet på kort sikt. De færreste av oss ville i 2019 ha predikert en global pandemi og en nedgang i kollektivtransport i 2020.

Teknologisk utvikling er vanskelig å forutsi. utfordringer er knyttet til det faktum at teknologien er flerdimensjonal (f.eks. Farmer og Lafond 2016), slik at en enkelt indeks

neppe vil beskrive dens utvikling og innvirkning på transportsektoren i tilstrekkelig grad. Betydelige teknologiforbedringer vil dessuten sannsynligvis forekomme ganske usystematisk og uregelmessig i frekvens og størrelse.

Preferansene til personer er noe mer stabile og det finnes velfunderte modeller til å framskrive noen preferanser (for eksempel tidsverdien) over tid/med økonomisk vekst. Men preferanser og valgene til konsumenter vil også påvirkes av teknologisk framgang. Derfor kan for eksempel tidsverdien falle over tid når teknologisk framgang gjør at reisetiden kan brukes til mer nyttige eller morsomme aktiviteter om bord.

2.4 Ambisjonsnivå

Som antydnet i forrige avsnitt, kan det ikke forventes at prediksjoner langt fram i tid er treffsikre. Det gir dermed begrenset mening å utforme et verktøy som legger vekt på høyt presisjonsnivå. Å finjustere et verktøy som treffer historiske tall presis er til en viss grad mulig, men ikke hensiktsmessig siden det er uklart om tidligere effekter gjelder videre i framtiden.

Ambisjonsnivået vårt kan beskrives slik:

- Fange opp alle viktige eksogene effekter
- I størst mulig grad bygge på etablerte prognosebaner (f.eks. SSBs befolkningsprognoser)
- Transparens
 - Dokumentasjon av alle beregningsmekanismer
 - Begrunnelse for (mønster) i antatte verdier for underliggende parametere
- Fleksibilitet
 - Brukerne kan fritt velge referanseår- og prognoseår(tidsrom 2014-2050)
 - Brukerne kan fritt spesifisere scenarier
 - Brukerne kan fritt endre/oppdatere inngangsdata
 - Brukerne kan fritt endre verdier på underliggende parametere
- Brukervennlig
 - Enkel scenariospesifikasjon i Excel
 - Rask beregningstid
 - Enkel overgang fra verktøyet fra/til Trenklin
 - Automatisk gjenkjenning av stasjonsnavn fra referansematriser (uavhengig av utvalg/sortering av matriser)
 - Mulighet for å bruke bare deler av modellen (vekstmodellen), f.eks. når man ikke har referansetrafikk på relasjonsnivå tilgjengelig

I samråd med oppdragsgiver har vi gjort noen forenklinger:

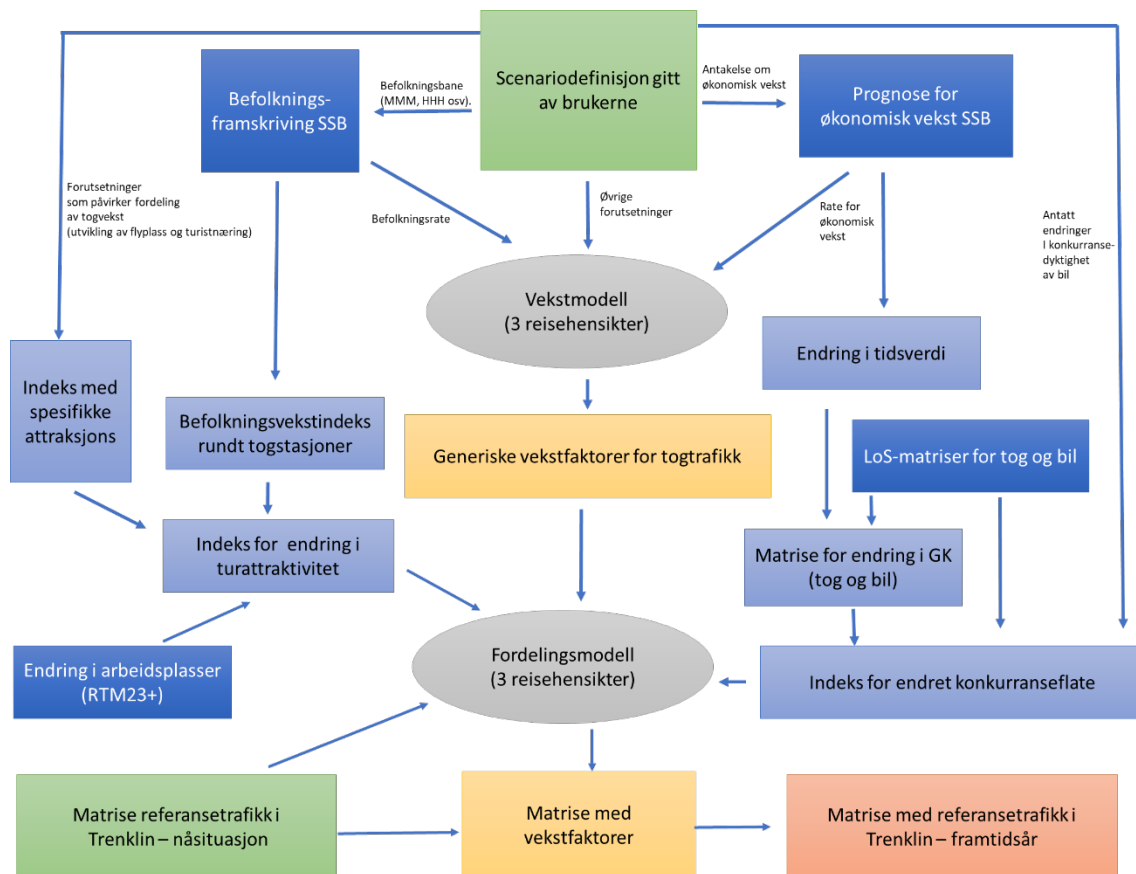
- En viktig forenkling er at fordelingsmodellen beregner symmetriske fordelingsfaktorer. Vi skiller altså ikke mellom turgenering og turattraksjon, noe som gjør beregningen en del enklere. Symmetriske fordelingsfaktorer vil også føre til symmetriske etterspørselsmatriser i prognoser (gitt at referansematrisene også er symmetriske). Symmetriske matriser er konsistent med symmetrien i reisehensiktsmodellen, og er en grei antakelse for togreiser (der reisekjeden er mindre relevant enn for bilreiser der reisekjeden ofte er mer kompleks).
- Scenarier defineres ved å velge nivå på variabler i en 5-punkts skala. Vi legger ikke opp til en mer finkornet definisjon, men vi legger som nevnt opp til at brukerne kan gjøre individuelle tilpasninger.

2.5 Oppbygging og dataflyt i prognosemodellen

Prognosemodellen kan deles inn i 5 hovedelementer og oppbyggingen av modellen er illustrert i figur 2.1 nedenfor. De fem hovedelementene er:

1. Brukerbestemte inndata (grønne felter i figur 2.1)
2. Eksterne inndata (mørkeblå felter)
3. Vekstmodell (grå sirkel)
4. Fordelingsmodell (grå sirkel)
5. Resultatutskrift (rødt felt)

I tillegg finnes det en del mellomberegninger (lysblå og oransje felter i figuren).



Figur 2.1: Dataflyt i prognosemodell: Mørkeblå (med hvit skrift) = inndata; Blå med svart skrift = bearbejdet inndata; Grønn = brukerbestemte inndata; Gul = mellomresultater/output fra modellene; Rød/Oransje = Resultat; Grå sirkel = modeller.

Dataflyten begynner med scenariodefinsjon. Her bestemmes referanseår og prognoseår, geografisk segment og ulike scenarioinnstillinger. Blant sistnevnte er scenario for befolkningsframskriving og økonomisk vekst. Disse scenarier bestemmer baner for befolkningsvekst og økonomisk vekst. Sammen med øvrige forutsetninger danner dette datagrunnlaget til vekstmodellen.

Vekstmodellen beregner generelle vekstfaktorer for arbeids- fritids- og tjenestereiser.

Fordelingsmodellen fordeler vekstfaktorer fra vekstmodellen til ulike togstasjonsrelasjoner. Dette gjøres basert på 1) indeks for endring i turattraksjon 2) indeks for endrede konkurranseflater og 3) referansetraffikken. Sistnevnte brukes for kalibrering.

Indeks for endring i turattraksjon er basert på befolkningsvekst rundt togstasjoner, endring i arbeidsplasser og brukerdefinerte forutsetninger om vekst i flymarked og turistnæring. Indeks for endrete konkurranseflater er basert på endringer i generaliserte kostnader (GK) for tog og bil som konsekvens av økonomisk vekst (økende tidsverdier og lavere prisfølsomhet)¹ og brukerdefinerte endringer i konkurransedyktighet for bil. Utdata fra prognosemodellen er matriser med togtrafikk i prognoseår.

2.6 Segmentering

Modellen er segmentert i tre reisehensikter: arbeidsreiser, tjenestereiser og fritidsreiser (øvrige reiser). Dette følger segmenteringen i Trenklin, samt den reisehensiktsmodellen som er tilknyttet Trenklin (Flügel mfl 2017).

Videre kjøres modellen for et underliggende geografisk område/marked. Disse er:

1. Nasjonalt gjennomsnitt
2. Oslo/Viken
3. Fjerntoget
4. Egendefinert

De underliggende utviklingsbaner og parametere er tilpasset hvert segment.

Nasjonalt gjennomsnitt kan brukes for områder som Rogaland og Trøndelag siden disse områdene ligger nært det nasjonale gjennomsnittet for befolknings- og økonomisk vekst. Når brukerne velger «Egendefinert» kan de tilpasse baner og parametere i markerte felt i Excel arket (se avsnitt 7.1).

¹ For bil inngår det også effekter av bundne bilprosjekter mellom 2018 og 2030.

3 Data og dataprosessering

3.1 Befolkningsdata (vekstmodellen)

Dette avsnittet beskriver befolkningsdata i vekstmodellen, mens avsnitt 3.4 beskriver hvordan befolkningsdata er brukt i fordelingsmodellen.

Befolkningsdata er hentet fra Statistisk Sentralbyrå (SSB). For årene 2014-2019 har vi brukt befolkningsdata på fylkes- og kommunenivå (*SSB-tabell 07459: Alders- og kjønnsfordeling i kommuner, fylker og hele landets befolkning (K) 1986 - 2020*). For framskrivingsårene 2020-2050 er befolkningstallet hentet fra SSB sin regionale framskriving (*Tabell 12882: Framskrevet folkemengde 1. januar, etter kjønn og alder, i 9 alternativer (K) 2020 - 2050*). Dataene er hentet fra statistikkbanken i august-september 2020, som på dette tidspunktet nylig var oppdatert.

SSB har ulike alternativer for sine befolkningsframskrivinger. Tabell 3.1 viser hvilke framskrivingsalternativer som er brukt i vekstmodellen, med ulike bokstavkombinasjoner. For å gjøre valg av befolkningsframskriving entydig i modelloppsettet, brukes forkortelsen fra kolonnen Nasjonalt nivå i tabellen (tre bokstaver, f.eks. MMM) uansett hvilken geografisk segmentering som velges. Dvs. uavhengig av om man ser på hele Norge, Oslo/Viken, Fjerntog eller en egendefinert region.

Tabell 3.1: Alternative befolkningsframskrivinger (SSB)

Nasjonalt nivå	Fylkes- og kommunenivå	Forklaring
MMM	MMMM	Hovedalternativet
LLL	LLML	Lav nasjonal vekst
HHH	HHMH	Høy nasjonal vekst
MML	MMML	Lav nettoinnvandring
MMH	MMMH	Høy nettoinnvandring
LHL	LHML	Sterk aldring
HLH	HLMH	Svak aldring

Befolkningsdata blir aggregert til de tre forhåndsdefinerte områdene i modellen; Nasjonalt gjennomsnitt, Oslo/Viken og Fjerntog. Aggregeringen er gjort ved å summere befolkningstallene i alle fylkene for Nasjonalt gjennomsnitt og Oslo/Viken. For fjerntog summeres befolkningstallene i de aktuelle kommunene, se tabell 3.2. Brukerne kan også selv spesifisere et modellområde ved å hente tilsvarende data fra statistikkbanken hos SSB og aggregere (summere) over valgte fylker eller kommuner.

Tabell 3.2: Områdene i modellen som grunnlag for aggregering av befolkningsdata.

Nasjonalt nivå (fylker)	Agder
	Innlandet
	Møre og Romsdal
	Nordland
	Oslo
	Rogaland
	Vestfold og Telemark
	Trøndelag
	Vestland
	Viken
Oslo/Viken (fylker)	Oslo
	Viken
Fjerntoget (kommuner)	Bergen
	Bodø
	Kristiansand
	Oslo
	Stavanger
	Trondheim

3.2 Økonomiske data

Flere studier innenfor transportlitteraturen har funnet at økonomisk vekst er en viktig driver for transportetterspørsel. For å prognostisere veksten i etterspørselen etter togreiser er man nødt til å ha en prognose for hvordan den økonomiske veksten utvikler seg i den tidsperioden man ønsker å predikere. I tillegg er man nødt til å ha en formening om hvor sterk innvirkning den økonomiske veksten har på etterspørselen etter reiser. Dette tilsvarer etterspørselstettheten med hensyn til økonomisk vekst.

I prosjektet sorteres disse effektene innunder den generelle vekstmodellen. Med andre ord utgjør dette den generiske påslagsfaktoren som benyttes for framskriving av referanse-trafikken som følge av eksogene faktorer som skjer uavhengig av tilbudsforbedringer.

I prosjektet har TØI etablert baner for årlig økonomisk vekst fram til 2050. Indikatoren vi benytter for økonomisk utvikling er endringer i fastlands-BNP per person. Prognosene utarbeides både på nasjonalt nivå og på ulike regionale nivåer tilpasset de geografiske nivåene i prognosemodellen.

Datakildene som benyttes for å framskrive BNP fastland er:

- Historiske nasjonale vekstrater fra SSB fra 2014 til 2019
- Nasjonale prognoser for vekstrater fra SSB mellom 2020 og 2023
- Prognoser for nasjonale vekstrater fra 2024 til 2050 fra Perspektivmeldingen
- Prognoser for regionale vekstrater fra 2019 til 2050 fra NOREG-modellen

Med bakgrunn i de historiske vekstratene og fremtidige vekstprognoser fra henholdsvis SSB, Perspektivmeldingen og NOREG-modellen utarbeides det både nasjonale og regionale prognoser for vekst i fastlands-BNP per person.

Historiske data fra Nasjonalregnskapet (SSB, 2020) benyttes til å kalibrere prognosemodellens startår 2014 og utarbeide vekstrater fram til 2019. Ettersom vekstratene fra SSB er oppgitt på aggregert nivå er vekstratene skalert med årlige befolkningsendringer for å beregne årlige endringer i fastlands-BNP per person.

SSB utarbeider gjennom Konjunkturtendensene prognoser for en rekke økonomiske indikatorer fire år fram i tid (SSB, 2020). Disse prognosene oppdateres kvartalsvis. Vi benytter resultater fra dette arbeidet til å prognostisere vekst i fastlands-BNP per person fra 2020 fram til 2023.

Perspektivmeldingen (Finansdepartementet, 2017) er en stortingsmelding som drøfter viktige utfordringer for norsk økonomi i et langsiktig perspektiv. Den utgis hvert fjerde år og inneholder blant annet en prognose for vekst i ulike økonomiske indikatorer, deriblant fastlands-BNP, fram til 2060. Fra 2024 og fram til 2050 legger vi til grunn prognosene fra Perspektivmeldingen for å beregne utviklingen i fastlands-BNP per person.

For å belyse regionale forskjeller i fremtidige vekstrater i fastlands-BNP per person benytter vi i arbeidet også regionale prognoser utarbeidet gjennom den generelle likevektsmodellen NOREG (Vista, 2020). For de regionale analysene legger vi til grunn at den samlede nasjonale veksten er lik den prognostiserte veksten fra SSB og Perspektivmeldingen, men fordeler denne veksten i henhold til de ulike vekstratene som beregnes for ulike fylker i NOREG-modellen. Denne kalibreringen er nødvendig ettersom de aggregerte vekstratene nasjonalt fra NOREG ikke samsvarer fullt ut med tilsvarende vekstrater fra SSB og Perspektivmeldingen. De regionale prognosene for vekst i fastlands-BNP per person er tilpasset slik at de samsvarer med de ulike togmarkeder som benyttes i Trenklin.

3.3 Tilbudsdata, tidsverdier og generaliserte reisekostnader

Tilbudsdata, tidsverdier og generaliserte reisekostnader (GK) brukes i fordelingsmodellen for å representere konkurranseflater mellom tog og bil. Merk at disse data ikke inngår i vekstmodellen der beregning av effekter av endret konkurranseflate mellom bil, buss og fly modelleres overordnet og uavhengig av tilbudet på enkelte stasjoner.

Tilbudsdata tar utgangspunkt i Level-of-Service (LoS) matriser som gjelder alle togstasjonsrelasjoner i Norge. Tabell 3.3 viser oversikt av brukte LoS-matriser og hvordan disse brukes til å lage GK-matriser.

Tabell 3.3: Oversikt over LoS-matriser som brukes som basis for GK-matriser i prognosemodellen.

	Gjeldende år	Kilde	Overført til GK-matrise	Kommentar til GK matrise
Ombordtid tog	2015	Trenklin	Matrise for reisetider for tog ($TT_{o,d}$ i ligning 5.4)	Det tilføres et fast ledd på 20 minutter for å fange opp tilbringer- og frabringertid
Ventetid tog	2015	Trenklin		
Byttetid tog	2015	Trenklin		
Billett-kostnader (enkeltbillett)	2017, KPI-justert til 2018	Trenklin	Matrise for monetære kostnader for tog ($MT_{o,d}$ i ligning 5.4)	Multipliseres med rabattfaktor
Reisetid bil	2018 og 2030	NTM6	Matrise for reisetid med bil ($TB_{t1,o,d}$ i ligning 5.5)	Varierer mellom 2018 og 2030 pga. bundne veiprosjekter
Avstand bil	2018 og 2030	NTM6	Matrise for monetære kostnader for bil ($MB_{t0,o,d}$ i ligning 5.5)	Varierer over tid pga. bundne prosjekter og utvikling i kilometer-kostnader; deles med personbelegg i bil
Bom- og ferge-kostnader bil	2009, KPI-justert til 2018	NTM6		

LoS-matriser for tog holdes konstant over tid (dvs. er uavhengig av referanse og prognoseår). Dette fordi endringer i togtilbud er endogent i Trenklin og derfor faller utenfor prognosemodellen. Vi adderer reisetid, ventetid, byttetid og et fast påslag på 20 minutter for til- og frabringertid til en felles variabel (reisetid i tog: TT).

Monetære reisekostnader for tog (MT) er beregnet ut fra enkeltbillettpris (billettpriser fra 2017, omregnet til 2018 kroner) og rabattfaktorer. For hele Norge og Oslo/Viken er rabattfaktorer basert på verdier som brukes i Trenklin i forbindelse med NTP-arbeidet. Vi har justert faktorene for fjerntog for arbeid og tjenestereiser for å fange opp at det ikke er veldig vanlig med periodekort på fjerntogrelasjoner. Når det gjelder fritidsreiser med fjerntog har brukt en relativ stor faktor for å fange opp bruk av minipris.

De anvendte rabattfaktorene er dokumentert i tabell 3.4. Tabell 3.4 inneholder også personbelegg for bil som er omtalt lenger ned i avsnittet.

Tabell 3.4: Rabattfaktorer og personbelegg for geografiske segmenter og reisehensikter.

	Hele Norge			Oslo/Viken			Fjerntog		
	Ar-beid	Fri-tid	Tjen-este	Ar-beid	Fri-tid	Tjen-este	Ar-beid	Fri-tid	Tjen-este
Rabattfaktorer (tog)	0,6	0,75	0,9	0,6	0,75	0,9	0,95	0,6	0,95
Personbelegg (bil)	1,10	1,9	1,15	1,10	1,9	1,15	1,2	2,6	1,2

Ved hjelp av GIS har vi funnet hvilket (NTM6-)delområde alle togstasjoner i Norge ligger innenfor. Basert på det har vi hentet ut tilbudsdata for bil (reiseavstand, tidsbruk og direktekostnader²) hentet fra NTM6. Vi har her benyttet NTM6-beregninger som ble gjennomført i forbindelse med framskrivinger for innenlands person- og godstransport i 2019. For mer detaljert beskrivelse av modellsystemet, beregninger og resultater, viser vi til Madslie mfl (2019).

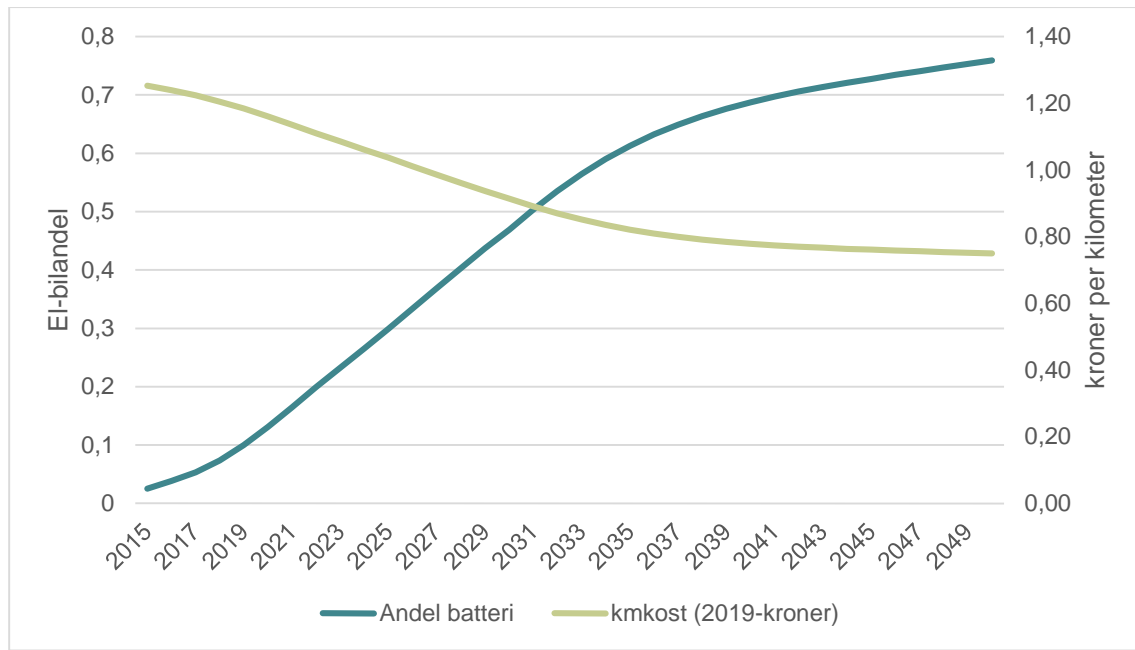
For reiseavstand og tidsbruk i bil bruker vi tall for 2018 for alle år før 2018 og for 2030 for alle år etter 2030. For årene mellom 2018 og 2030 interpolerer vi lineært.

Avstandsmatriser for bil blir omregnet til distanseavhengige kostnader for bil basert på satser for opplevde («adferdsrelevante») kostnader hentet fra RTM-systemet. Dette innebærer en opplevd kostnad på 1,27 (2019)-kroner for konvensjonelle biler, 0,96 kroner

² Bom og fergekostnader

for hybridbiler og 0,68 kroner for el-biler. Vektet snitt (som er 1,84 kr i 2019) reduseres over tid baserte på en antakelse om økende el-bilandel. Utviklingen i elbilandel i samlet bilpark er predikert ved BIG-modellen (Fridstrøm 2019), basert på forutsetninger om nybilsalget i Nasjonalbudsjettet 2019 (NB19).

Figur 3.1 viser antatt utvikling i el-bilandel i NB19-banen og i opplevd kilometerkostnad i bil.



Figur 3.1: Framskriving av El-bilandel og opplevd kilometerkostnad i 2019-kroner (nasjonale verdier).

Selv om det vil være noen regionale forskjeller i el-bilandelen på grunn av ulike innfasings-takt bruker vi nasjonale verdier som inndata i prognosemodellen.

Kilometerkostnader for bil adderes til direkte kostnader for bilreiser (bom- og ferge-avgifter). Sistnevnte antas konstant (i faste priser) over tid. For å fange opp at bilpassasjer reiser gratis med bil deles de totale bilkostnadene med gjennomsnittlig personbelegg. Dette er hentet fra håndbok V712 (Statens Vegvesen 2018) og er dokumentert i tabell 3.4.

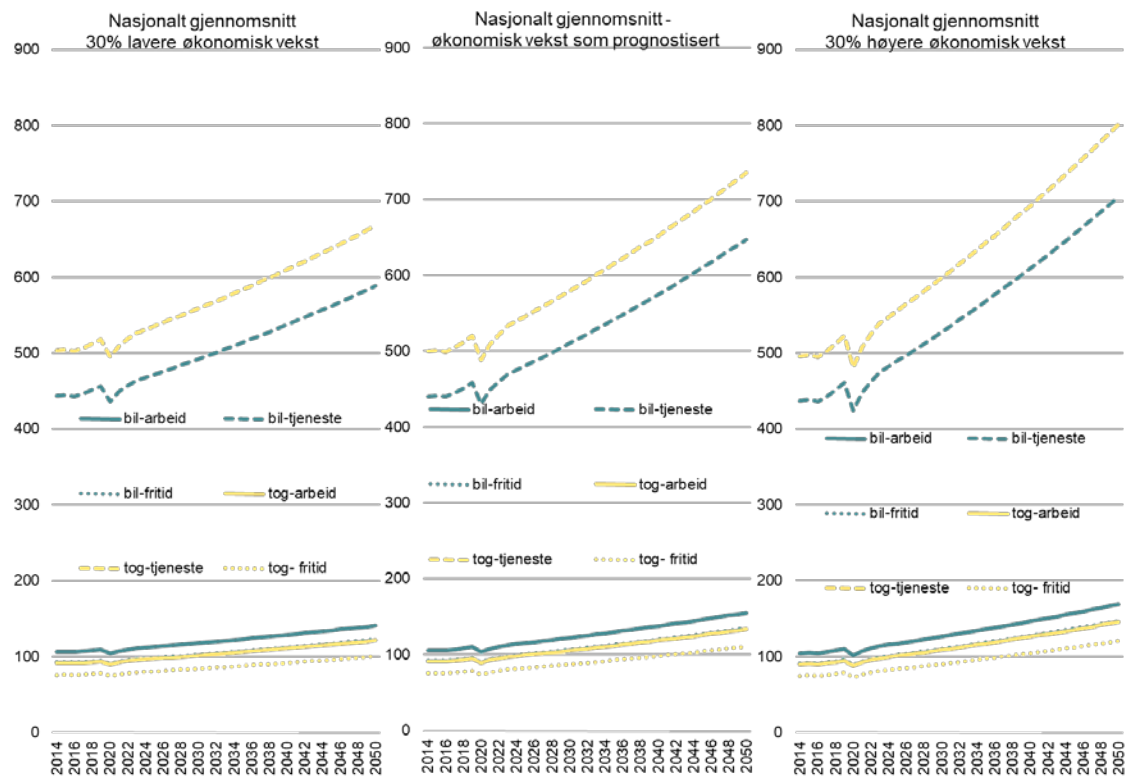
I overgang fra LoS-matriser til matriser for generaliserte reisekostnader (GK-matriser) beregnes tidskostnader basert på reisetiden og tidsverdier.

For segmentene Nasjonalt gjennomsnitt og Fjerntoget brukes nasjonale tidsverdier for henholdsvis korte (0-70km) og lange reiser (over 200km) som anbefalt i Flügel mfl 2020. For segmentet Oslo/Viken brukes regionspesifikke verdier som anbefalt i Halse mfl 2020. Det brukes samme tidsverdi innenfor et segment uavhengig av reisedistanse. Dette er en forenklet antakelse som ignorerer effekten av distanse på tidsverdien (se Flügel og Madslie 2020). Tabell 3.5 angir tidsverdier som brukes i fordelingsmodellen og tabellen angir verdien for år 2018. Verdiene blir justert fram (og tilbake) i tid med vekstrater for økonomisk vekst. Det brukes en elastisitet av 1 som tilsier at tidsverdien antas å vokse proporsjonalt med økonomisk vekst.

Tabell 3.5: Tidsverdier som brukes i fordelingsmodellen.

Tidsverdi i kr/time i 2018	Nasjonalt gjennomsnitt	Oslo/Viken	Fjerntoget
Tog- Arbeid	93	96	316
Tog - Tjenester	512	524	631
Tog - Fritid	77	76	187
Bil- Arbeid	108	96	233
Bil - Tjenester	451	481	419
Bil - Fritid	94	99	150

Som illustrasjon viser figur 3.2 vekst i tidsverdier for nasjonalt gjennomsnitt gitt ulik antakelse om økonomisk vekst. Midterste del av figuren er med prognostisert økonomisk vekst, mens det til venstre er forutsatt 30 % lavere vekst og til høyre 30 % høyere vekst.



Figur 3.2: Baner for tidsverdi (i kr/time) for ulike antakelser om økonomisk vekst.

3.4 Sonedata

Med sonedata mener vi variabler som beskriver karakteristika ved grunnkretser i Norge. Sonedata deles typisk inn i 3 grupper: befolkningsdata (totalt og oppdelt i kjønn og ulike aldergrupper), informasjon om arbeidsplasser (totalt og oppdelt i kategorier) og øvrige sonedata. Disse dataene kommer opprinnelig fra SSB, men er for dette prosjektet hentet fra RTM-systemet hvor variablene ligger i bearbeidet form.

Variablene som er beskrevet i dette avsnittet er benyttet i fordelingsmodellen.

3.4.1 Befolkningsdata

For fordelingsmodellen har vi benyttet datasett hvor de regionale framskrivingene³, som ble publisert 18. august 2020, er fordelt på grunnkretser (Hamre, 2020). Datasettene er etablert for å benyttes som inndata i den regionale transportmodellen RTM, og dekker hele Norge. Ved å benytte dette datasettet vil alle stasjoner i Norge bli behandlet konsistent.

Vi har benyttet oss av de preparerte befolkningsfilene for år 2020, 2030, 2040 og 2050. I fordelingsmodellen anbefaler vi å benytte hovedalternativet (MMMM)⁴, men vi har også etablert matriser for høy (HHMH) og lav (LLML) befolkningsvekst.

3.4.2 Arbeidsplassdata

Per i dag finnes det ikke prognoser for arbeidsplasser i RTM-systemet, og endringer fra år til år gjøres hovedsakelig manuelt. Vi har derfor benyttet oss av et datasett som er etablert for RTM23+⁵, hvor det både eksisterer datasett for dagens situasjon (2020), samt prognoser fram til 2060. For dagens situasjon (2020) er det benyttet virksomhetsdata fra SSB per oktober 2019, mens det for framskrivingene er benyttet utbyggingsplaner og næringsanslag fra kommunene. Arbeidet med framskrivingen er beskrevet i (Aslan Viak 2020). Datasettet foreligger kun for Oslo/Akershus.

3.4.3 Bearbeiding av sonedata

Sonedata fra RTM er inndata på grunnkretsnivå og må derfor konverteres til togstasjonsnivå for å kunne benyttes i fordelingsmodellen. Vi har her benyttet samme metode som ved etablering av reisehensiktsmodellen, som oversetter grunnkretsdata til togstasjonsdata. Metoden består i korte trekk av følgende trinn:

1. Beregner distanse langs vei mellom grunnkretser og togstasjoner i RTM
2. For hver grunnkrets velger vi nærmeste stasjon
3. Etablerer vektene som brukes for indeksberegning av sonedata

For flere detaljer knyttet til metodikken, viser vi til (Flügel mfl 2017).

Basert på dette opplegget får vi distanse langs bilvei fra hver grunnkrets til nærmeste togstasjon. I modellen skal sonedata representere egenskaper ved togstasjonen. Vi ønsker derfor at grunnkretser som ligger nærme en togstasjon skal telle mer enn grunnkretser som ligger lenger unna. Vi har derfor etablert en intern vektning av inndata basert på distanse mellom grunnkrets og togstasjon. Tabell 3.6 viser vektene som brukes i beregningen for befolkningsdata fra RTM.

³ Se avsnitt 3.1 for flere detaljer om prognosen

⁴ Hvert alternativ beskrives ved fire bokstaver i følgende rekkefølge: fruktbarhet, levealder, innenlandsk flytting og innvandring. Hovedalternativet MMMM, har dermed middels fruktbarhet, middels levealder, middels innenlandsk flytting og middels innvandring.

⁵ Regional modell for Oslo-området

Tabell 3.6: Vekter som brukes for indeksberegning av befolkningsdata.

Distanse D fra grunnkrets til stasjon	Brukt vekt
D < 1 km	1
D ≥ 1 km og D < 2 km	0,9
D ≥ 2 km og D < 3 km	0,8
D ≥ 3 km og D < 5 km	0,7
D ≥ 5 km og D < 10 km	0,5
D ≥ 10 km og D < 20 km	0,3
D ≥ 20 km og D < 50 km	0,2
D ≥ 50 km og D < 100 km	0,1
D ≥ 100 km	0

Vi antar at distanse mellom arbeidsplass og togstasjon har større betydning enn distanse mellom bosted og togstasjon for valg av tog som reisemiddel på arbeidsreise. Vi har derfor benyttet en strengere vektning av arbeidsplasser. Vektene som brukes i beregningen for arbeidsplasser er presentert i tabell 3.7.

Tabell 3.7: Vekter som brukes for indeksberegning av arbeidsplasser.

Distanse D fra grunnkrets til stasjon	Brukt vekt
D < 1 km	1
D ≥ 1 km og D < 2 km	0,9
D ≥ 2 km og D < 3 km	0,7
D ≥ 3 km og D < 5 km	0,5
D ≥ 5 km og D < 10 km	0,3
D ≥ 10 km og D < 20 km	0,1
D ≥ 20 km	0

Vektene tolkes slik: Om tyngdepunktet til en grunnkrets ligger under 1 km fra nærmeste togstasjon, vektet sonedata for denne grunnkretsen med full verdi for den gitte togstasjonen. Dette gjelder både for befolkning og arbeidsplasser. Hvis derimot tyngdepunktet ligger 5-10 km fra togstasjonen vil 50 % av befolkningen i denne grunnkretsen tilegnes togstasjonen, mens det kun gjelder 30% av arbeidsplassene i samme grunnkrets. Grunnkretser som ligger mer enn 100 km unna togstasjonen medregnes ikke i indeksen for befolkning, mens den øvre grensen for arbeidsplasser er satt til å være 20 km.

Endringer siden 2016:

Metodikken og distansematrisene ble etablert i 2016, og vi har i stor grad benyttet oss av distansematrisene som ble etablert i 2016. Siden 2016 har det imidlertid vært enkelte endringer i aktive stasjoner og tabell 3.8 viser hvilke korrigeringer vi har gjort nå.

Tabell 3.8: Endringer i stasjoner sammenlignet med metode brukt i Flügel m.fl. 2017.

Stasjon	Endring	Grunnkretser påvirket
Hallenskog	Nedlagt i 2015	1 grunnkrets påvirket. Endret tilhørighet til Heggedal stasjon
Tverlandet	Åpnet i 2015	27 grunnkretser endret tilhørighet til Tverlandet basert på geografisk plassering
Oteråga	Åpnet i 2018	3 grunnkretser endret tilhørighet til Oteråga basert på geografisk plassering

I tillegg til endring i hvilke stasjoner som er operative, var det noen stasjoner som ikke fikk tildelt data når hver grunnkrets fikk tildelt sin nærmeste stasjon. En av utfordringene var at stasjoner uten (kodet) vegforbindelse ikke blir tildelt grunnkrets(er), en annen at enkelte stasjoner ikke var kodet inn i RTM på det tidspunktet. I tillegg er det en utfordring at det enkelte steder ligger flere stasjoner i samme grunnkrets. Dette gjelder spesielt langs Vossebanen/Bergensbanen, og er en utfordring for metodikken da hver grunnkrets kun kan ha en stasjon som nærmeste stasjon.

Vi har gjennomgått stasjonene som falt ut⁶ og gjort noen justeringer når det gjelder tilhørighet til grunnkretser ved å se på geografisk plassering og nærhet til veg. Stasjoner som mangler grunnkretsdata etter denne korrigeringen legger vi inn manuelt uten grunnkretsdata.

3.5 Togstasjoner for flyplass og turistnæring

Enkelte stasjoner har spesielle egenskaper som gjør at bruk og prognoser avviker fra resten av landet. Dette kan f.eks. være stasjoner ved flyplasser, hvor reiser med tog til/fra flyplassen i stor grad vil være som den forventede økningen i flytrafikken.

I fordelingsmodellen har vi benyttet oss av en dummyvariabel som sier om togstasjonen er tilknyttet en flyplass og en dummyvariabel som beskriver om stasjonen ligger i et område med mye turistnæring. Oversikten over turist-destinasjoner (turiststasjoner) er levert fra Jernbanedirektoratet. Tabellen under beskriver viser hvilke stasjoner dette gjelder.

Tabell 3.9: Klassifisering av jernbanestasjoner som flyplass- og turiststasjoner.

	Flyplass	Turisme		Flyplass	Turisme
Oslo lufthavn stasjon	1		Mjølfjell stasjon		1
Torp stasjon	1		Myrdal stasjon		1
Trondheim lufthavn st.	1		Oppdal stasjon		1
Bjørli stasjon		1	Otta stasjon		1
Finse stasjon		1	Rena stasjon		1
Flå stasjon		1	Ringebu stasjon		1
Geilo stasjon		1	Røros stasjon		1
Gol stasjon		1	Upsete stasjon		1
Grua stasjon		1	Ustaoset stasjon		1
Hallingskeid stasjon		1	Vaksdal stasjon		1
Haugastøl stasjon		1	Vieren stasjon		1
Hjerkinn stasjon		1	Voss stasjon		1
Hunderfossen stasjon		1	Ørneberget stasjon		1
Kongsvoll stasjon		1	Ål stasjon		1
Ljosanbotn stasjon		1	Åndalsnes stasjon		1
Meråker stasjon		1			

⁶ Vi har ikke inkludert stasjoner som ligger langs typiske turist-/museumsbaner. Stasjoner vi har korrigert/lagt inn uten grunnkretsdata er: Bulken, Hallingskeid, Kløve, Kongsvoll, Kopperå, Kotsøy, Langlete, Lilleby, Ljosanbotn, Movatn, Rognes, Skiple, Steinberg, Upsete, Vieren, Ygre, Ørneberget, Seimsgrend

3.6 Trafikkmatriser

I dette prosjektet har vi hatt tilgang til trafikkmatriser basert på telldata. Trafikkmatrisene viser det totale antallet togreiser i løpet av et år, fordelt på toglinjer og stasjonsrelasjonsnivå.

Trafikkmatrisene er etablert basert på uttak fra billettstatistikk, samt bearbeiding av av- og påstigningstillinger i områder hvor den vanlige billettstatistikken ikke er tilstrekkelig.

Bearbeidingen resulterer i tre trafikkmatriser per linje:

- Interntrafikk, reiser mellom stasjoner som ligger langs den utvalgte linjen.
- Eksterntrafikk, reiser mellom to stasjoner hvor en stasjon ligger på den aktuelle linjen, mens den andre stasjonen ligger langs en annen linje.
- Gjennomgående trafikk, reiser mellom stasjoner på andre linjer.

I dette prosjektet har vi hatt tilgang til landsdekkende matriser for årene 2012 – 2018.

Telldata er konfidensielle og kan ikke rapporteres i absolutte tall.

Trafikkmatriser er ikke inndata i modellen og brukes kun for uttesting (se avsnitt 6.1).

4 Spesifisering av vekstmodell

4.1 Matematisk spesifisering

Vekstmodellen gir generelle vekstfaktorer for valgt referanse- og prognoseår, regionsegment, reisehensikt, økonomisk vekst og valgte scenariovariabler. Disse vekstfaktorene (v) beregnes basert på befolkningsvekst (ρ), økonomisk vekst (\emptyset) og elastisitetsparameter for økonomisk vekst (τ), samt multiplikative faktorer (β) som representerer effekter fra scenariospesifikke valg som brukeren kan gjøre. Ligning 4.1 viser hvordan vekstfaktoren er definert.

$$(4.1) \quad v_{t0,t1,s,h,l,k_i} = \rho_{t0,t1,s,a} * \emptyset_{t0,t1,s,l}^{\tau_{s,h}} * \prod_{k_i} \beta_{s,h,k_i}$$

Variablene og underindeksene i ligning (4.1) er definert som følge:

- ρ : befolkningsvekst
- \emptyset : økonomisk vekst
- τ : elastisitetsparameter
- β : forklaringsvariabel for scenarionalyser
- $t0$: referanseår, $t0 = \{2014, 2015, \dots, 2050\}$
- $t1$: prognoseår, $t1 = \{2014, 2015, \dots, 2050\}$, med $t1 \geq t0$
- s : region/segment, $s = \{\text{Nasjonalt gjennomsnitt, Oslo/Viken, Fjerntoget, Egendefinert}\}$
- h : reisehensikt, $h = \{\text{arbeid, tjeneste, fritid}\}$
- a : framskrivingsbane som definert i befolkningsdata fra SSB, $a = \{\text{MMM, LLL, HHH, MML, MMH, LHL, HLH}\}$
- l : nivået for økonomisk vekst, $l = \{1, 2, 3, 4, 5\}$
- k : betegnelse for forklaringsvariabel i scenarionalyser, $k = \{\text{hjemmekontor (Hj), konkurranseflate bil (KoBil), konkurranseflate fly (KoFly), konkurranseflate buss (KoBuss), Tilbringertransport (Til), Flyvekst (Fly), Turistnæringsvekst (Tur), miljøbevissthet (Mil)}\}$
- i : nivået av forklaringsvariabel k , $i = \{1, 2, 3, 4, 5\}$

De forskjellige nivåene for økonomisk vekst (l) og for forklaringsvariabelen (i) er her gitt som heltall mellom 1 og 5. Disse blir forklart mer nøyaktig i avsnittene under.

4.2 Parameterverdier i vekstmodellen

I dette avsnittet går vi gjennom de underliggende parameterne i vekstmodellen. Vi beskriver kort hvordan parameterne virker i modellen og begrunner de numeriske verdiene som vi forslår som default- verdier i verktøyet. Mer informasjon finnes i vedlegg A og vedlegg B.

Effekten (elastisiteten) for befolkningen er implisitt antatt å være 1 for alle segmenter. Det vil si at vi antar at togreiser vokser proporsjonalt med befolkningen sett over hele segmentet. Dette gjelder kun for vekstmodellen. Ved bruk av fordelingsmodellen (se kapittel 5) vil effekten av befolkning ikke være proporsjonal over relasjoner.

4.2.1 Elastisitetsparameter for økonomisk vekst

Elastisitetsparameterne for økonomisk vekst ($\tau_{s,h}$) beskriver den relative endringen i antall togturer gitt en relativ endring i økonomisk vekst. Økonomisk vekst er som beskrevet i avsnitt 3.2. beregnet i BNP-vekst per innbygger i faste priser.

Default-verdien til parameterne er basert på en litteraturstudie (se vedlegg A) og er satt til å være 0,5 for fritidsreiser og 1,0 for arbeids- og tjenestereiser for alle geografiske segmenter.

4.2.2 Parameter for endret utbredelse av hjemmekontor

Parameteren for hjemmekontor (β_{s,h,Hj_i}) beskriver den relative endringen i antall togturer gitt en endring i nivået på bruk av hjemmekontor. Nivået på bruk av hjemmekontor er implisitt omregnet til andel arbeidsreiser som bortfaller ved mer bruk av hjemmekontor (eller som kommer til ved redusert bruk av hjemmekontor).

Nivå 3 ($i=3$) har fått verdi lik 1 og tilsvarer «samme nivå som i referanseåret». For de øvrige nivåene tilpasses parameterverdien tilsvarende nivåendringen i bruk av hjemmekontor, samt skjønnsmessig nedjustering for fritidsreiser, tjenestereiser og reiser med fjerntoget. Dette er vist i tabell 4.1.

Tabell 4.1: Default-verdier for parametere for endring i nivå i bruk av hjemmekontor (β_{s,h,Hj_i}).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Hele Norge			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Stor økning (50% av arbeidsreiser bortfaller)	0,5	0,8	0,7	0,5	0,8	0,7	0,6	1	0,8
2	Moderat økning (10% av arbeidsreiser bortfaller)	0,9	0,96	0,94	0,9	0,96	0,94	0,92	1	0,96
3	Samme nivå som i referanseår	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Moderat nedgang (10% flere arbeidsreiser)	1,1	1,04	1,06	1,1	1,04	1,06	1,08	1	1,04
5	Stor nedgang (50% flere arbeidsreiser)	1,5	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3	1,4	1	1,2

4.2.3 Parameter for endret konkurranseflate

Parameterne for endret konkurranseflate mot bil, fly og buss (henholdsvis $\beta_{s,h,KoBil_i}$, $\beta_{s,h,KoFly_i}$, og $\beta_{s,h,KoBuss_i}$) beskriver den relative endringen i antall togturer gitt endringer i konkurransedyktighet for dette transportmiddelet. Økt konkurransedyktighet for bil, fly og buss uttrykkes i relativ økning i markedsandeler for disse transportmidlene.

Nivå 1 er for eksempel beskrevet som «bil blir mye mer attraktivt» (øker sin markedsandel med 30%). Her må man huske at dette er relativ vekst i markedsandeler og ikke en økning i prosentpoeng for markedsandelen. For eksempel, når bil har en markedsandel på 30% så vil den økes til 39% ($30\% \cdot 1.3$) ved 30% økt markedsandel, og ikke til 60%.

Endring i markedsandeler relateres til den delen av transportmarkedet som kan betjenes av tog. Veldig korte reiser som typisk utføres til fots eller med sykkel holdes for eksempel utenom.

Effekten for togtrafikk beregnes internt basert på kryseffekter⁷. Kryseffekter (K) fra transportmiddel j til tog beregnes for hvert segment s og reisehensikt h basert på relative markedsandeler (MA) og diversjonsfaktorer (D⁸):

$$(4.1) \quad K_{j,tog,s,h} = \frac{MA_{j,s,h}}{MA_{tog,s,h}} * D_{j,tog,s,h}$$

Forutsetninger for markedsandeler og diversjonsfaktorer er dokumentert i vedlegg B.

Tabell 4.2 viser de antatte kryseffektene som brukes ved utregning av parameterverdien.

Tabell 4.2: Underliggende kryseffekter i beregning av parameterverdier for endret konkurranseflate.

	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
	Arbeid	Fritid	Tjeneste	Arbeid	Fritid	Tjeneste	Arbeid	Fritid	Tjeneste
Bil	0,352	0,858	1,271	0,370	0,706	1,068	0,720	0,720	1,200
Fly	0,000	0,015	0,050	0,000	0,000	0,000	0,450	0,450	1,500
Buss	0,071	0,115	0,070	0,061	0,105	0,063	0,030	0,030	0,000

Som man kan se fra tabell 4.2 har fly lave kryseffekter mot tog for Nasjonalt gjennomsnitt og ingen kryseffekter for Oslo/Viken.

Tabell 4.3-tabell 4.5 viser default-verdier for parameterne som angir tog sin konkurranseflate mot de andre transportmidlene; $\beta_{KoBil,s,h,i}$, $\beta_{KoFly,s,h,i}$, $\beta_{KoBuss,s,h,i}$.

Tabell 4.3: Default-verdier for parametere som beskriver endring i nivå på konkurranseflate mot bil ($\beta_{s,h,KoBil_i}$).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Bil blir mye mer attraktivt (øker markedsandel med 30%)	0,89	0,74	0,62	0,89	0,79	0,68	0,78	0,78	0,64
2	Bil blir noe mer attraktivt (øker markedsandel med 10%)	0,96	0,91	0,87	0,96	0,93	0,89	0,93	0,93	0,88
3	Ingen endring	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Bil blir noe mindre attraktivt (taper markedsandel med 10%)	1,04	1,09	1,13	1,04	1,07	1,11	1,07	1,07	1,12
5	Bil blir mye mindre attraktivt (taper markedsandel med 30%)	1,11	1,26	1,38	1,11	1,21	1,32	1,22	1,22	1,36

⁷ Kryseffekter er beslektet med krysselastisiteter og er matematisk identisk hvis egenelastisiteten er lik 1.

⁸ Diversjonsfaktorer beskriver andeler av overført trafikk etter en endring i transportmiddel j (se f.eks. Flügel et al 2018). $D_{bil,tog}$ lik 0,2 betyr altså at 20% av nye bilturer kommer fra tog, eller – hvis bilreiser går ned – overføres til tog. Vi antar her at diversjonsfaktorene er symmetriske slik at de kan brukes for alle 5 nivåer.

Tabell 4.4: Default-verdier for parametere som beskriver endring i nivå på konkurranseflate mot fly ($\beta_{s,h,KoFLY_i}$).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Fly blir mye mer attraktivt (øker markedsandel med 30%)	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,87	0,87	0,55
2	Fly blir noe mer attraktivt (øker markedsandel med 10%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96	0,85
3	Ingen endring	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Fly blir noe mindre attraktivt (taper markedsandel med 10%)	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,05	1,05	1,15
5	Fly blir mye mindre attraktivt (taper markedsandel med 30%)	1,00	1,00	1,02	1,00	1,00	1,00	1,14	1,14	1,45

Tabell 4.5: Default-verdier for parametere som beskriver endring i nivå på konkurranseflate mot buss ($\beta_{s,h,KoBuss_i}$).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Buss blir mye mer attraktivt (øker markedsandel med 30%)	0,98	0,97	0,98	0,98	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00
2	Buss blir noe mer attraktivt (øker markedsandel med 10%)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
3	Ingen endring	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Buss blir noe mindre attraktivt (taper markedsandel med 10%)	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00
5	Buss blir mye mindre attraktivt (taper markedsandel med 30%)	1,02	1,03	1,02	1,02	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00

Vi ser at parameterverdien for buss er nær 1 for alle segmenter. Dette henger sammen med at buss har en relativt liten markedsandel i de relevante (tog-)markeder. Merk at parameteren for bil ($\beta_{s,h,KoBil_i}$) også inngår i fordelingsmodellen (se avsnitt 5.2)

4.2.4 Parameter for endring i tilbringertransport til tog

Parameteren for endret tilbringertransport (inkl. frabringertransport) til tog (β_{s,h,Til_i}) beskriver den relative endringen i antall togturer gitt endringer i kvalitet på tilbringer-/frabringerservicen til tog. Siden selve tiden til/fra togstasjonen («tilbringertid») er en tilbudsvariabel i Trenklin, bør kvaliteten her tolkes som reduserte kostnader, økt komfort og fleksibilitet (men ikke ren framkommelighet). I et scenario med autonome biler

kan man for eksempel anta at det blir billigere⁹, mer komfortabelt og mer fleksibelt å komme seg til togstasjonen.

Effekten av tilbringertid vil variere med reiselengde. Den relative effekten vil være størst for de korteste togturene. For å kvantifisere effekten har vi omregnet nivåene slik at «Stor forbedring» (nivå 1) tilsvarer en økt sannsynlighet for å velge tog på 20% i Oslo/Viken-området. Parameteren blir dermed 1,2. Effekten for hele Norge og Fjerntoget antar vi er noe lavere, og parameteren er nedjustert til henholdsvis 1,18 og 1,1. Nivå 2 («Moderat økning») tilsvarer en økt sannsynlighet på 5% som gir faktor 1.05 for Oslo/Viken.

Innenfor et gitt geografisk segment, er effekten antatt lik for alle reisehensikter. Tabell 4.6 dokumenterer default-verdiene for alle nivåer og segmenter.

Tabell 4.6: Default-verdier for parameterne for endring i tilbringertransport for tog (β_{s,h,Til_i}).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Stor forbedring	1,18	1,18	1,18	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
2	Moderat forbedring	1,045	1,045	1,045	1,05	1,05	1,05	1,025	1,025	1,025
3	Ingen endring	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Moderat forverring	0,955	0,955	0,955	0,95	0,95	0,95	0,975	0,975	0,975
5	Stor forverring	0,82	0,82	0,82	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9

4.2.5 Parametere for endring i flyplassmarked og turistnæring

Parameterne for endret utvikling i flyplassmarked og turistnæring (henholdsvis β_{s,h,FLY_i} og β_{s,h,TUR_i}) beskriver den relative endringen i antall togturer gitt endringer i utviklingen av flytrafikk og innenlands turistnæring. Utviklingen relateres kun til flyplassmarked og turistnæring som kan betjenes med tog (se aktuelle stasjoner i avsnitt 3.5) og bare til den utviklingen som går utover forventet utvikling som følge av økonomisk vekst og befolkningsvekst.

Disse to effektene har en begrenset effekt på det generelle togmarkedet, og parameterne er derfor satt nær 1 i vekstmodellen, men parameterne kan ha en betydelig effekt på trafikken til/fra flyplass- og turiststasjoner. Derfor inngår disse parameterne også i fordelingsmodellen (se avsnitt 5.2).

Default-verdiene i vekstmodellen er satt skjønnsmessig. Når det gjelder variasjon av parameterne på tvers av segmenter har følgende tanker vært veiledende:

For endring i flyplassmarked har vi satt de største relative endringer for tjenestereiser i segmentene «Nasjonalt gjennomsnitt» og «Oslo/Viken». Fritids- og arbeidsreiser får en noe lavere effekt enn tjenestereiser. Lavest effekt er satt for Fjerntoget siden togstasjonsrelasjoner som inngår i Fjerntoget typisk ikke er tilbringerreiser til flyplasser. Merk at konkurranseflaten mellom tog og fly inngår i parameteren $\beta_{s,h,KoFLY_i}$ (avsnitt 4.2.3).

For endring i turistnæring antar vi at effekten er størst for fritidsreiser og lavest for tjenestereiser. Blant geografiske segmenter antar vi størst relativ endring for Fjerntoget og lavest for Oslo/Viken.

Tabell 4.7 og tabell 4.8 dokumenterer de antatte default-verdiene for hhv. endring i utvikling i flymarked og endring i utvikling i turistnæring.

⁹ Med en antakelse om at autonome taxier vil koste mindre enn vanlige taxier. Sammenlignet med private biler vil man spare parkeringskostnader.

Tabell 4.7: Default-verdier for parameterne for endring i utvikling i flymarked som er relevant for tog som tilbringertransportmiddel (β_{s,h,FLY_i}).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Stor økning	1,04	1,045	1,05	1,04	1,045	1,05	1,015	1,02	1,025
2	Moderat økning	1,008	1,009	1,01	1,008	1,009	1,01	1,003	1,004	1,005
3	Ingen endring	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Moderat reduksjon	0,992	0,991	0,99	0,992	0,991	0,99	0,997	0,996	0,995
5	Stor reduksjon	0,96	0,955	0,95	0,96	0,955	0,95	0,985	0,98	0,975

Tabell 4.8: Default-verdier for parameterne for endring i utvikling i turistnæring som er relevant for tog som transportmiddel (β_{s,h,TUR_i}).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Stor økning	1,01	1,05	1,015	1,005	1,05	1,01	1,015	1,05	1,02
2	Moderat økning	1,002	1,01	1,003	1,001	1,01	1,002	1,003	1,01	1,004
3	Ingen endring	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Moderat reduksjon	0,998	0,99	0,997	0,999	0,99	0,998	0,997	0,99	0,996
5	Stor reduksjon	0,99	0,95	0,985	0,995	0,95	0,99	0,985	0,95	0,98

4.2.6 Parameter for endret miljøbevissthet

Parameteren for økt miljøbevissthet (β_{s,h,MIL_i}) beskriver den relative endringen i antall togturer gitt endret miljøbevissthet. Det er implisitt antatt at økt miljøbevissthet går i favor av tog.

Basert på en skjønnsmessig vurdering er parameterverdien satt slik at nivå 1 « Mye mer miljøbevissthet » gir en økning i antall lange reiser med tog på 20%. Parameteren er derfor satt til 1,2 for Fjerntoget-segmentet. Med en antakelse om at miljøbevissthet har noe mindre å si for korte reiser (siden der vil det også være en overgang til gang og sykkel eller andre kollektivformer) har vi nedjustert parameterne for de øvrige geografiske segmentene. Tabell 4.9 dokumenterer de antatte default-verdiene.

Tabell 4.9: Default-verdier for parameteren for økt miljøbevissthet (β_{s,h,FLY_i}).

Nivå (i)	Verbal beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
1	Mye mer miljøbevissthet	1,18	1,18	1,18	1,16	1,16	1,16	1,2	1,2	1,2
2	Noe mer miljøbevissthet	1,045	1,045	1,045	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05
3	Ingen endring	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Noe mindre miljøbevissthet	0,955	0,955	0,955	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95
5	Mye mindre miljøbevissthet	0,82	0,82	0,82	0,84	0,84	0,84	0,8	0,8	0,8

5 Spesifisering av fordelingsmodell

5.1 Grunnleggende beregningsmekanismer

Fordelingsmodellen beregner fordelingsfaktorer basert på forklaringsvariabler. I modellen regnes forklaringsvariabler om til indekser som gjelder gitt togstasjon eller gitt togstasjonsrelasjon. Relasjoner som får beregnet relativt høye indeksverdier vil føre til fordelingsfaktorer som er større enn 1. Relasjoner med fordelingsfaktorer større enn 1 får en større vekstrate enn den generiske vekstraten, som er beregnet ut fra vekstmodellen.

Hvis vekstmodellen f.eks. predikerer en vekstrate på 1,4 for arbeidsreiser i Oslo/Viken og en fordelingsfaktor for relasjonen Oslo S – Ski med verdi 1,2, så vil den samlede vekstraten for relasjonen Oslo S- Ski være 1,68 ($1,4 \cdot 1,2$).

Siden fordelingsmodellen kun handler om relative andeler så framstår bruk av indekser (uten tolkbar absolutt enhet) som uproblematisk. Tabell 5.1 gir en oversikt over indekser som brukes i fordelingsmodellen.

Tabell 5.1: Oversikt over indekser i fordelingsmodellen.

N	Navn	Nivå	Beregnes ut fra	Kommentar
1	Indeks for befolkningsvekst (B)	Togstasjon	Data fra SSB/RTM (se avsnitt 3.4.1)	Beregnes som vekstrate mellom to år (se ligning 5.1)
2	Indeks for arbeidsplasser (W)	Togstasjon	Data fra RTM23+ (se avsnitt 3.4.2)	Beregnes som vekstrate mellom to år (se ligning 5.1)
3	Indeks (dummy) for flyplassvekst (D_F)	Togstasjon	Spesifisert av brukerne	Effekt kun for togstasjoner som er definert som flyplass-stasjoner
4	Indeks (dummy) for turistnæringsvekst (D_T)	Togstasjon	Spesifisert av brukerne	Effekt kun for togstasjoner som er definert som turiststasjoner
5	Indeks for endret turattraksjon (A)	Togstasjon	Vektet produkt av rad 1-4	Se ligning 5.1 nede
6	Indeks for endret turattraksjon (AM)	Matrise	Gitt av rad 5	Se ligning 5.2 nede
7	Indeks for økende tidsverdi tog (ITT)	Matrise	LoS-matriser, tidsverdier og økonomisk vekst	Se ligning 5.4 nede
8	Indeks for økende tidsverdi bil (ITB)	Matrise	LoS-matriser, kilometerkostnader, tidsverdier og økonomisk vekst	Se ligning 5.5 nede
9	Indeks for endring i konkurransedyktighet for bil (IBK)	Matrise	7, 8, scenario gitt fra brukerne	Se ligning 5.6 nede
10	Indeks for endret konkurranseflate (KF)	Matrise	Vektet produkt av 7-9	Se ligning 5.3 nede

Fordelingsfaktorer beregnes som vektet sum av indeks for endret turattraksjon (nr. 6 i tabellen ovenfor) og indeks for endret konkurranseflate (nr. 10). Fordelingsfaktorer er normalisert slik at gjennomsnittet – vektet med referansetrafikken – er 1. Med denne

normaliseringen kan man multiplisere fordelingsfaktorer med vekstrater fra vekstmodellen slik at den samlede trafikkveksten på tvers av alle relasjoner vil tilsvare nivået i vekst fra vekstmodellen for enhver reisehensikt. Man kan si at fordelingsfaktorene fordeler veksten fra vekstmodellen på gitte stasjoner.

Inndata som er basert på SSB-data og/eller transportmodeller foreligger ikke for alle årene. Det brukes interpolering og ekstrapolering for å etablere data for referanse- og prognoseår som brukerne spesifiserer. Dette gjøres implisitt i modellberegningen (VBA-koden) og er beskrevet i avsnitt 7.2. For inndata på matrisenivå (LoS-matriser) har vi også beregnet gjennomsnittverdier over begge retninger. Det skaper symmetriske LoS- og GK-matriser som er konsistent med at vi skal lage en prognosemodell som predikerer symmetriske etterspørselsmatriser (se avsnitt 2.4). Dette er også kort beskrevet i avsnitt 7.2.

Det er ikke en opplagt framgangsmåte for å beregne disse indeksene og sette de sammen matematisk. Vi kan formulere noen ønskede egenskaper til mekanismene i modellen. Disse er motivert ut fra at fordelingsfaktorer skal fange opp relative (og ikke absolutte) endringer i trafikk på tvers av relasjoner:

1. Resulterende fordelingsvekter skal aldri blir negative.
2. Hvis ingen av forklaringsvariablene endres skal alle fordelingsfaktorer forbli 1.
3. Homogene endringer på tvers av alle relasjoner skal ikke påvirke fordelingsfaktorene.
4. En marginal økning i en forklaringsvariabel som endrer seg i favør togreiser for en gitt togstasjon (for eksempel befolkningsvekst rundt stasjon XY), skal ha en positiv marginal effekt på alle fordelingsfaktorer som involverer denne stasjonen.
5. En marginal økning av en forklaringsvariabel som endrer seg i ufavør togreiser for en gitt togstasjon (for eksempel lavere vekst i flymarkedet for en flyplass-stasjon), skal ha en negativ marginal effekt på alle fordelingsfaktorer som involverer denne stasjonen.
6. Fordelingsfaktorer, hvis vektet med referansetrafikk, skal i gjennomsnitt være 1.

For å ivaretar disse egenskapene, spesielt 3), trenger man en multiplikativ spesifisering av indeksene. En multiplikativ spesifisering vil innebære at fordelingsfaktorene vil forbli 1 hvis, for eksempel, den eneste endringen er at befolkningen øker med 10% rundt alle stasjoner. En slik vekst vil være homogen over relasjoner. I slike situasjoner bortfaller relevansen av fordelingsmodellen og prognosemodellen reduseres til en ren vekstmodell (med alle fordelingsfaktorer lik 1).

Merk at 3) ikke nødvendigvis impliserer identiske effekter for homogene endringer i enkelte forklaringsvariabler. For eksempel vil (homogen) økonomisk vekst på 10% ikke føre til homogene endringer i indeksen for GK-endringer på tvers av relasjoner. Dette fordi den additive sammensetningen mellom tids- og pengekostnader vil påvirkes ulikt på tvers av relasjoner. En 10% økning i økonomisk vekst vil slå ulikt ut, avhengig om transporttilbudet på relasjonen er forholdsvis raskt eller om det er forholdsvis billig.

5.2 Matematisk spesifisering

Som beskrevet i forrige avsnitt beregner vi fordelingsfaktorer ut fra en indeks for turattraksjon og en indeks som sier noe om konkurranseflaten. Fordelingsfaktoren er en kombinasjon av disse to indeksene, og normaliseres til slutt med referansetrafikken. Under vises hvordan attraksjonsindeksen beregnes, hvordan konkurranseflaten beregnes og hvordan disse kombineres til en fordelingsfaktor.

Attraksjonsvekstindeks (A) for startstasjon (o) beregnes basert på følgende ligning:

$$(5.1) \quad A_{t0,t1,o,s,h} = B_{t0,t1,o}^{b_{s,h}} * W_{t0,t1,o}^{w_{s,h}} * \beta_{s,h,Fly_i}^{(f_{s,h}*D_{F,o})} * \beta_{s,h,Tur_i}^{(t_{s,h}*D_{T,o})},$$

der

- Indeksene $t0$, $t1$, s , b og i som i vekstmodellen (avsnitt 4.1)
- $B_{t0,t1,o}$ vekstraten i befolkningsindeks rundt togstasjon ($B_{t0,t1,o} = B_{t1,o}/B_{t0,o}$)
- $b_{s,h}$: elastisitetsparameter for befolkningsvekst
- $W_{t0,t1,o}$ relativ endring i indeks for antall arbeidsplasser ($W_{t0,t1,o} = W_{t1,o}/W_{t0,o}$)
- w_h : elastisitetsparameter for arbeidsplassvekst
- β_{s,h,Fly_i} og β_{s,h,Tur_i} er parameterne fra vekstmodellen (se avsnitt 4.1)
- $f_{h,i}$: elastisitetsparameter for flyplass-stasjoner
- $D_{F,o}$: Dummy for flyplassstasjoner
- $t_{s,h,i}$: elastisitetsparameter for turistnæring
- $D_{T,o}$: Dummy for stasjoner for turistnæring

Ligning 5.1 gjelder også for beregning av attraksjonsindeks for sluttstasjon d , man bytter da ut o med d .

Basert på ligning 5.1 kan vi kombinere attraksjonsindeks på togstasjoner (startstasjon o og sluttstasjon d) til turattraksjonsindeks på relasjonsnivå (AM).

$$(5.2) \quad AM_{t0,t1,o,d,s,h} = \begin{cases} 0 & \text{for } o = d \\ A_{t0,t1,o,h} * A_{t0,t1,d,h} & \text{for } o \neq d \end{cases}$$

Ved siden av AM inngår det en indeks for endret konkurranseflate (KF). Denne indeksen er beregnet basert på en indeks for økende tidsverdi for tog (ITT), indeks for økende tidsverdi for bil (ITB), og indeks for endring i konkurransedyktighet for bil (IBK). De to sistnevnte indeksene har elastisitetsparametere (henholdsvis γ og ω) som kan brukes til å kalibrere de tre indeksene mot hverandre.

$$(5.3) \quad KF_{t0,t1,o,d,s,h} = ITT_{t0,t1,o,d,s,h} * ITB_{t0,t1,o,d,s,h}^{-\gamma_{s,h}} * IBK_{t0,t1,o,d,s,h}^{\omega_{s,h}}$$

Indeks for økende tidsverdi for tog (ITT) er beregnet basert på tidsverdien for tog (TVT), tidsbruk om bord i tog (TT), monetære togkostnader (MT), rabattfaktor (Rf) og økonomisk vekst ($\emptyset_{t0,t1,s}$). Indeksen ITT kan tolkes som relativ endring i generaliserte kostnader for tog (GKT) mellom referanse- og prognoseåret som kan tilbakeføres til økonomisk vekst.¹⁰ For tog består de monetære togkostnadene (MT) av billett-kostnader justert med en rabattfaktor (se avsnitt 3.3).

$$(5.4) \quad ITT_{t0,t1,o,d,s,h} = \frac{GKT_{t0,o,d,s,h}}{GKT_{t1,o,d,s,h}} = \frac{TVT_{t0,h,s} * TT_{o,d} + MT_{o,d} * Rf_{s,h}}{TVT_{t0,h,s} * \emptyset_{t0,t1,s} * TT_{o,d} + \frac{1}{\emptyset_{t0,t1,s}} * MT_{o,d} * Rf_{s,h}}$$

¹⁰ Igjen husk at endringer i GK for tog som skyldes endringer i togtilbudet ikke omfattes av denne prognosemodellen.

Indeks for økende tidsverdi for bil (ITB) er beregnet basert på tidsverdien for bil (TVB), tidsbruk i bil (TB), monetære bilkostnader (MB) og økonomisk vekst ($\emptyset_{t_0,t_1,s}$). Merk at TB og MB varierer over tid (se avsnitt 3.3). Indeksen TB kan tolkes som relativ endring i generaliserte kostnader for bil (GKB) mellom referanse- og prognoseåret.¹¹ Monetære kostnader for bil består av kilometerkostnader og direkte kostnader. MB justeres med personbelegg i bilen (P).

$$(5.5) \quad ITB_{t_0,t_1,o,d,s,h} = \frac{GKB_{t_0,o,d,s,h}}{GKB_{t_1,o,d,s,h}} = \frac{TVB_{t_0,h,s} * TB_{t_0,o,d} + MB_{t_0,o,d}/P}{TVB_{t_0,h,s} * \emptyset_{t_0,t_1,s} * TB_{t_1,o,d} + \frac{MB_{t_1,o,d}}{\emptyset_{t_0,t_1,s} * P}}$$

Indeks for endring i konkurransedyktighet for bil (IBK) beregnes basert på parameterne for endret konkurranseflate fra vekstmodellen ($\beta_{s,h,KoBil_i}$), og forholdet mellom generaliserte kostnader for bil og tog (GKB/GKT) i prognoseåret, samt en skalaparameter μ .

$$(5.6) \quad IBK_{t_0,t_1,o,d,s,h} = \beta_{s,h,KoBil_i} \delta_{t_0,t_1,o,d,s,h}$$

der

$$(5.7) \quad \delta_{t_0,t_1,o,d,s,h} = e^{-\mu_{s,h} * \left| \frac{GKB_{t_1,o,d,s,h}}{GKT_{t_1,o,d,s,h}} - 1 \right|}$$

Indeksene for attraksjon (AM) og konkurranseflate (KF) kombineres til en absolutt fordelingsfaktor (AF)

$$(5.8) \quad AF_{t_0,t_1,o,d,s,h} = AM_{t_0,t_1,o,d,s,h}^{\alpha_{A_{h,s}}} * KF_{t_0,t_1,o,d,s,h}^{\alpha_{K_{h,s}}},$$

der $\alpha_{A_{h,s}}$ og $\alpha_{K_{h,s}}$ er en kalibreringsfaktor. Hvis man vil kjøre prognosemodellen uten effekt av endret attraksjon (konkurranseflate) kan $\alpha_{A_{h,s}}$ ($\alpha_{K_{h,s}}$) settes til null.

Siden fordelingsfaktorer skal ha et vektet gjennomsnitt på 1 må vi normalisere AF med referansetraffikken (R). Følgende ligning er brukt for å beregne normaliserte fordelingsfaktorer (NF):

$$(5.9) \quad NF_{t_0,t_1,o,d,s,h} = \frac{AF_{t_0,t_1,o,d,s,h}}{\sum_o \sum_d (AF_{t_0,t_1,o,d,s,h} * R_{o,d,s,h})},$$

der R betegner referansetraffikken på relasjonen.

5.3 Parameterverdier i fordelingsmodellen

Siden attraksjonsindeks ikke har noen naturlig skala er det noe vilkårlig hvordan man tallfester parameterne. Merk også at den generelle tallskalaen ikke er avgjørende for resultatene

¹¹ Som for tog er denne i hovedsak knyttet til økonomisk vekst (høyere tidsverdier og lavere prisfølsomhet). For bil inngår også endringer i tilbudet siden tilbudsmatriser for framtidssår kan inneholde endringer på grunn av utbygging av bundne veiprojekter.

siden fordelingsfaktorene til slutt blir normalisert slik at de har verdi 1 i gjennomsnitt (vektet med referansetraffic). Det er derfor de relative parameterverdiene som er utslagsgivende for hvordan ulike forklaringsvariabler påvirker fordelingsfaktorene.

Som en slags normalisering setter vi befolkningselastisitet (b_h) for arbeids- og fritidsreiser til verdi 1. Befolkningselastisitet beskriver den relative effekten av vekstraten i befolkningsindeksen ($B_{t_0,t_1,o}$) på attraksjonsindeksen ($A_{t_0,t_1,o,h}$). Vi antar at effekten er noe svakere for tjenestereiser (0,8).

Arbeidsplasselastisitet ($w_{s,h}$) beskriver den relative effekten av vekstraten i arbeidsplassindeks ($W_{t_0,t_1,o}$) på attraksjonsindeks ($A_{t_0,t_1,o,h}$). Default-verdien er fastsatt til 1,2 for arbeidsreiser. Siden tallet er større enn 1 (som er verdien for befolkningselastisitet på arbeidsreiser) antar vi altså at utvikling i antall arbeidsplasser har en noe høyere relativ effekt enn antall bosatte.¹² Verdien er satt lik 1 for tjenestereiser og 0,3 for fritidsreiser. Vi har valgt å sette parameterne for segmentene Nasjonalt gjennomsnitt og Fjerntoget til 0 for å unngå at resultatene er påvirket av data om vekst i arbeidsplasser som kun er tilgjengelig i RTM23+ området (se også diskusjon i avsnitt 7.3). Effekten er altså bare aktiv når segment Oslo/Viken er valgt.

Effekt av endring i flymarked for flyplass-stasjoner ($f_{s,h}$) beskriver den relative effekten av bruker-spesifiserte endringer i utvikling av flymarkedet (β_{s,h,FLY_i}) på attraksjonsindeksen ($A_{t_0,t_1,o,h}$). Siden β_{s,h,FLY_i} (se avsnitt 4.2.3) er nokså nær 1 (siden den gjelder alle togstasjoner), trenger vi relativt høye verdier for $f_{s,h}$ for å oppnå de ønskete effekter på endringer i attraksjonsindeksen for flyplass-stasjoner. Parameterne er satt til 5, 10 og 15 for henholdsvis arbeids-, fritids og tjenestereiser.

Samme argumentasjon gjelder for $t_{s,h}$ som beskriver den relative effekten av bruker-spesifiserte endringer i utvikling av turistnæringen (β_{s,h,TUR_i}) på attraksjonsindeksen ($A_{t_0,t_1,o,h}$). Parameterne er satt til 5, 30 og 5 for henholdsvis arbeids-, fritids og tjenestereiser.

Kalibreringsfaktor $\alpha_{A_{h,s}}$ justerer effekten av indeksen for attraksjon $AM_{t_0,t_1,o,d,s,h}$ på fordelingsfaktoren $AF_{t_0,t_1,o,d,s,h}$ (se ligning 5.8 i forrige avsnitt). Default-verdiene er satt til 1 for alle segmenter. Default-verdiene er dokumentert i tabell 5.2.

¹² Dette fanger opp at ikke alle bosatte jobber.

Tabell 5.2: Default-verdier for parameterne i fordelingsmodellen.

Par.	Beskrivelse	Nasjonalt gjennomsnitt			Oslo/Viken			Fjerntoget		
		Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje	Arb	Fri	Tje
$b_{s,h}$	Befolknings-elasticitet	1	1	0.8	1	1	0.8	1	1	0.8
$w_{s,h}$	Arbeidsplass-elasticitet	0	0	0	1.2	0.3	1.0	0	0	0
$f_{s,h}$	Effekt av endring i flymarked for flyplass-stasjoner	5	10	15	5	10	15	5	10	15
$t_{s,h}$	Effekt av endring i tog som transportmiddel for turistnæring for turiststasjoner	5	30	5	5	30	5	5	30	5
$\alpha_{A_{h,s}}$	Kalibreringsfaktor for attraksjonsindeks	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\gamma_{s,h}$	Effekt av GK- endringer bil	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$\omega_{s,h}$	Effekt av endret konkurransedyktighet bil	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
$\mu_{s,h}$	Skalaparameter	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\alpha_{K_{h,s}}$	Kalibreringsfaktor for konkurranse-flateindeks	1	1	1	1	1	1	1	1	1

De øvrige parameterne i tabell 5.2., $\gamma_{s,h}$, $\omega_{s,h}$, $\mu_{s,h}$, og $\alpha_{K_{h,s}}$ kalibrerer ulike effekter relatert til indeks for konkurranseflaten mellom tog og bil.

Parameteren $\gamma_{s,h}$ beskriver effekten av endring i indeks for økende tidsverdi i bil ($ITB_{t_0,t_1,o,d,s,h}$), på konkurranseflateindeks ($KF_{t_0,t_1,o,d,s,h}$). Merk minustegnet før $\gamma_{s,h}$ i ligning 5.3, som fanger opp at reduksjoner i GK over tid for bil har en reduserende effekt på etterspørselen etter tog. Default-verdien er satt til 0,5 og lik for alle segmenter. 0,5 kan relateres til verdien 1, som er den implisitte effekten av indeksen for Økende tidsverdi i tog ($ITT_{t_0,t_1,o,d,s,h}$).

Parameter $\omega_{s,h}$ beskriver effekten av endring i indeksen Endret konkurransedyktighet for bil ($ITK_{t_0,t_1,o,d,s,h}$), på konkurranseflateindeks ($KF_{t_0,t_1,o,d,s,h}$). Verdien er satt til 0,9 for alle segmenter. Hvilken effekt endret konkurransedyktighet for bil har på konkurranseflateindeks, vil også avhenge av skalaparameteren $\mu_{s,h}$ (i ligning 5.7). Denne parameteren justerer følsomheten av $ITK_{t_0,t_1,o,d,s,h}$ for konkurranseflaten mellom tog og bil. En høy verdi for $\mu_{s,h}$ vil legge forholdsvis mer vekt på relasjoner hvor tog og bil har lik GK. $\mu_{s,h}$ har samme effekt som en skalaparameter i logitmodeller (se for eksempel Flügel mfl 2015). $\mu_{s,h}$ er satt til 1 for alle segmenter.

Den siste parameteren i tabell 5.2 er $\alpha_{K_{h,s}}$. Den styrer effekten av konkurranseflateindeksen ($KF_{t_0,t_1,o,d,s,h}$) på fordelingsfaktoren ($AF_{t_0,t_1,o,d,s,h}$). Vi har satt den til 1 for alle segmenter i likhet med parameteren $\alpha_{M_{h,s}}$ som styrer effekten av attraksjonsindeks. Dette impliserer at begge indeksene teller like mye. Alpha-parameterne kan brukes til å kalibrere effektene på fordelingsfaktorer som illustrert i tabell 5.3.

Tabell 5.3: Kalibrering av følsomheten av fordelingseffekter.

Kalibreringsmulighet	Effekt
$\alpha_{A_{h,s}} = \alpha_{K_{h,s}} = 1$	Default-innstilling
$\alpha_{A_{h,s}} = \alpha_{K_{h,s}} < 1$	Predikerer mer konservative fordelingsfaktorer (mindre variasjon)
$\alpha_{A_{h,s}} = \alpha_{K_{h,s}} > 1$	Predikerer mindre konservative fordelingsfaktorer (mer variasjon)
$\alpha_{A_{h,s}} < \alpha_{K_{h,s}} = 1$	Reduserer effekten av attraksjonsindeks
$\alpha_{A_{h,s}} > \alpha_{K_{h,s}} = 1$	Øker effekten av attraksjonsindeks
$\alpha_{K_{h,s}} < \alpha_{A_{h,s}} = 1$	Reduserer effekten av konkurranseflateindeks
$\alpha_{K_{h,s}} > \alpha_{A_{h,s}} = 1$	Øker effekten av konkurranseflateindeks

Det kan også nevnes at den implisitte effekten av indeksen for økende tidsverdi i tog ($ITT_{t_0,t_1,o,d,s,h}$) kan kalibreres ved å justere $\alpha_{h,s}$ i samspill med $\gamma_{s,h}$ og $\omega_{s,h}$.

6 Uttesting

Vi har testet modellen og effekter av parameterverdier fortløpende i prosjektet. Testene inkluderer sammenligninger med historiske data og ulike scenarioanalyser. Dette førte til endringer i den matematiske spesifiseringen og i default-verdier for parameterne. Etter at parameterne ble fastsatt har vi gjentatt noen (men ikke alle) av disse testene.

6.1 Sammenligning med historiske data

I dette avsnittet ser vi på prognoseresultater i tidsrommet 2014 til 2020 og sammenligner predikeringene med faktiske tall.

Det er ikke rett fram å sammenligne med historiske tall. Den største utfordringen er at den faktiske utviklingen i togtrafikk er sterkt avhengig av tilbudsendringer (rutetilbud for tog, endringer i togmateriell eller billettstruktur). Effekten av tilbudsendringer er ikke fanget opp i prognosemodellen. Dette betyr at man bør kontrollere for tilbudsendringer når man gjør en detaljert sammenligning.

Vi har fått tilgang til tilbudsmatriser for noen år, men innenfor rammen av prosjektet har vi ikke hatt anledning til å prosessere disse matrisene på en sann måte at de kunne brukes her. En utfordring er inkonsistens over tid. Inkonsistenser i tilbudsdata kan henge sammen med at disse er produsert med ulike versjoner av Trenklin¹³.

En annen utfordring er at det ikke er opplagt hvilke scenarioinnstillinger (for eksempel om folk har blitt mer miljøbevisst eller ikke) som gjelder i tidsrommet 2014-2020.

Når vi ser på prediksjoner på enkelrelasjoner (ved bruk av fordelingsmodellen) kan også usikkerhet om inndata spille en rolle når vi ikke treffer de faktiske tallene med modellen. I tillegg kan rariteter (som buss for tog) gi kraftige utslag på de faktiske passasjertallene på relasjonsnivå når vi sammenligner data for to år.

I den første testen bruker vi kun vekstmodellen og sammenligner predikerte resultater ved to ulike scenarioinnstillinger mot tall rapportert på SSBs hjemmeside¹⁴. Som påpekte av Jernbanedirektoratet er SBB tallene preget av at man endret tellemetode på Østlandet i 2017. NSB har gjenskapt 2017 tall basert på 2016 tellingen og registrerer vekst på 2,4% fra 2016 til 2017.¹⁵

Vi har aggregert SSBs tall til vekstmodellens geografiske segmenter. SSB-tallene kommer ikke oppsplittet etter reisehensikter, vi har derfor aggregert predikasjoner fra vekstmodellen over reisehensikter.¹⁶

¹³ Inkonsistenser i tidsverdier og andre adferdsparametrene vil også spille inn her siden ventetid (og til en viss grad ombordtid) vil avhenge av hvilke antakelser man gjør om adferdsparametrene.

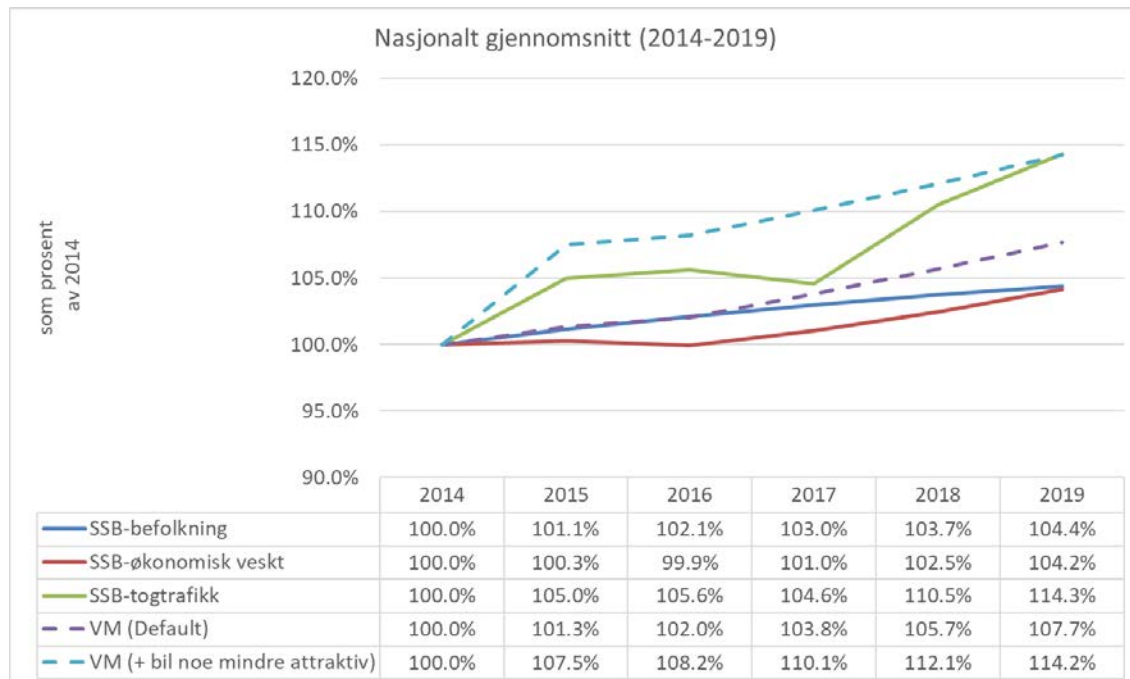
¹⁴ 10484: Persontransport med jernbane, etter togstrekning, statistikkvariabel og år

¹⁵ <https://www.vy.no/vygruppen/presse-og-nyheter/pressemeldinger/21-5-millioner-nsb-reiser?item=2323>

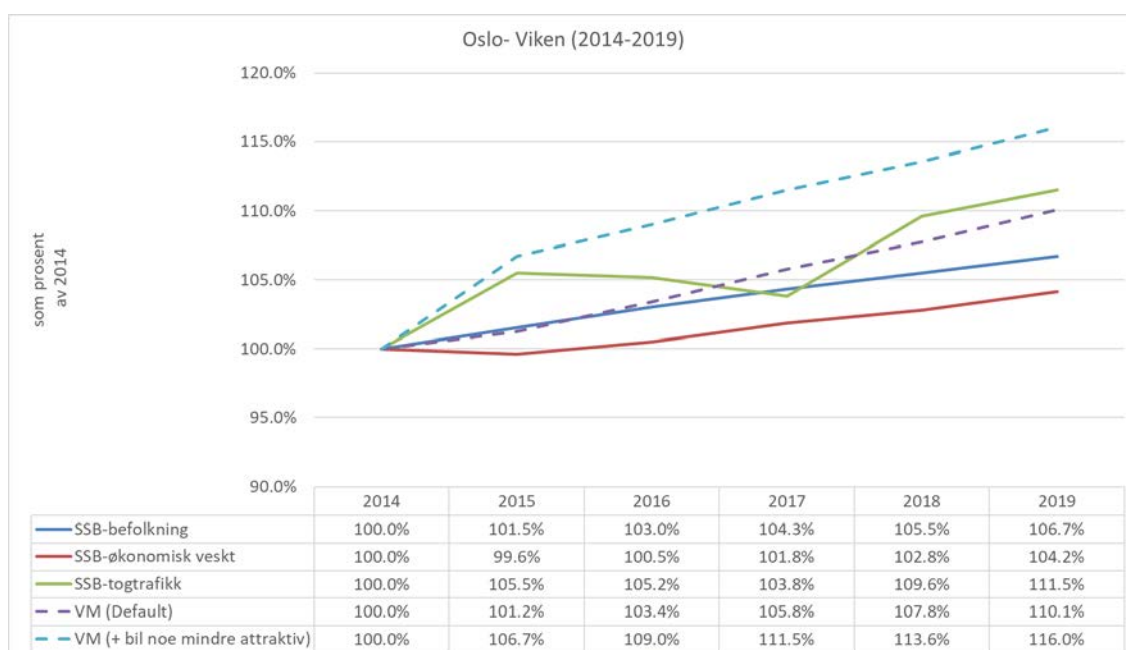
¹⁶ Vi har antatt en hensiktsfordeling på 51%, 47% og 2% for henholdsvis arbeids-, fritids- og tjenestereiser. For fjerntoget antok vi 5%, 85% og 10%.

Første scenarioinnstilling er med default-verdier, mens andre scenarioinnstilling er default-verdier med unntak av Konkurranseflate mot bil som er satt til «Bil har blitt noen mindre attraktivt (taper markedsandel med rundt 10%)». Den andre scenarioinnstillingen kan passe best i byområdene der man har sett en liten nedgang i bilandelen over tid som delvis skyldes restriktive tiltak mot bilbruk (som fjerning av parkeringsplasser).

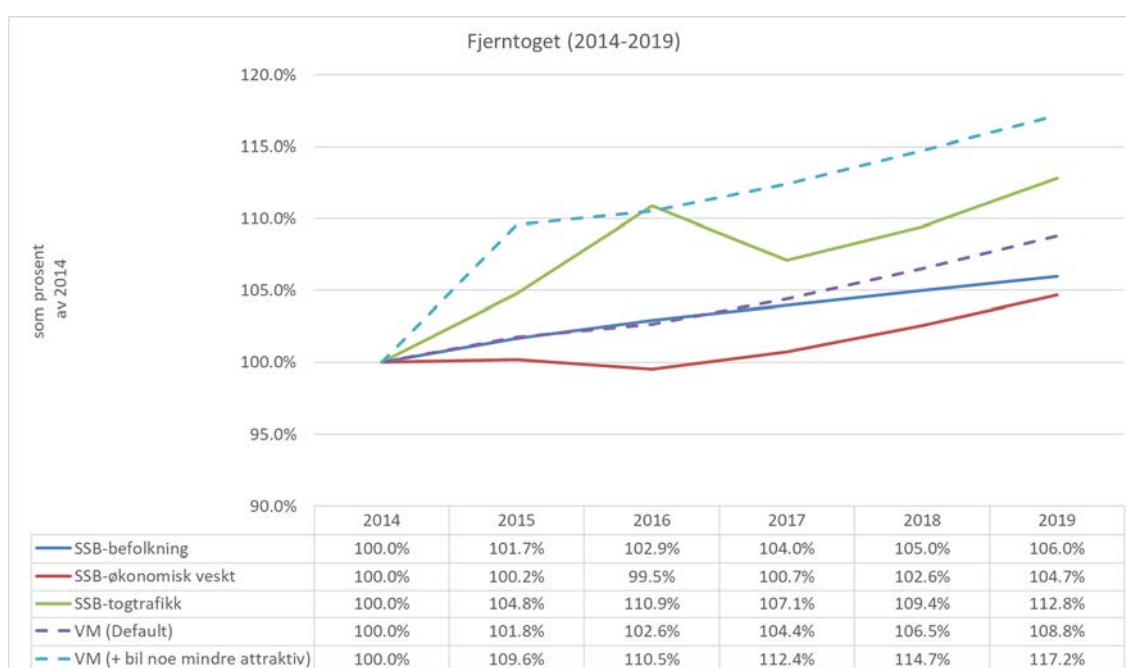
Figur 6.1 - figur 6.3 viser predikerte vekstrater mot 2014 for årene 2015-2019 i stiplede linjer og faktiske tall fra SSB (i grønn heltrukket linje) for henholdsvis Nasjonalt gjennomsnitt, Oslo/Viken og Fjerntoget. Som referanse plotter vi også vekstrater for befolkningsvekst og økonomisk vekst.



Figur 6.1: Sammenligning av predikeringer med vekstmodellen (VM) mot faktiske tall for segmentet «Nasjonalt gjennomsnitt». Nedgangen i SSB-togtrafikk mellom 2016 og 2017 kan skyldes endring i tellemetode.



Figur 6.2: Sammenligning av predikeringer med vekstmodellen (VM) mot faktiske tall for segmentet «Oslo/Viken». Nedgangen i SSB-togtrafikk mellom 2016 og 2017 kan skyldes endring i tellemetode.

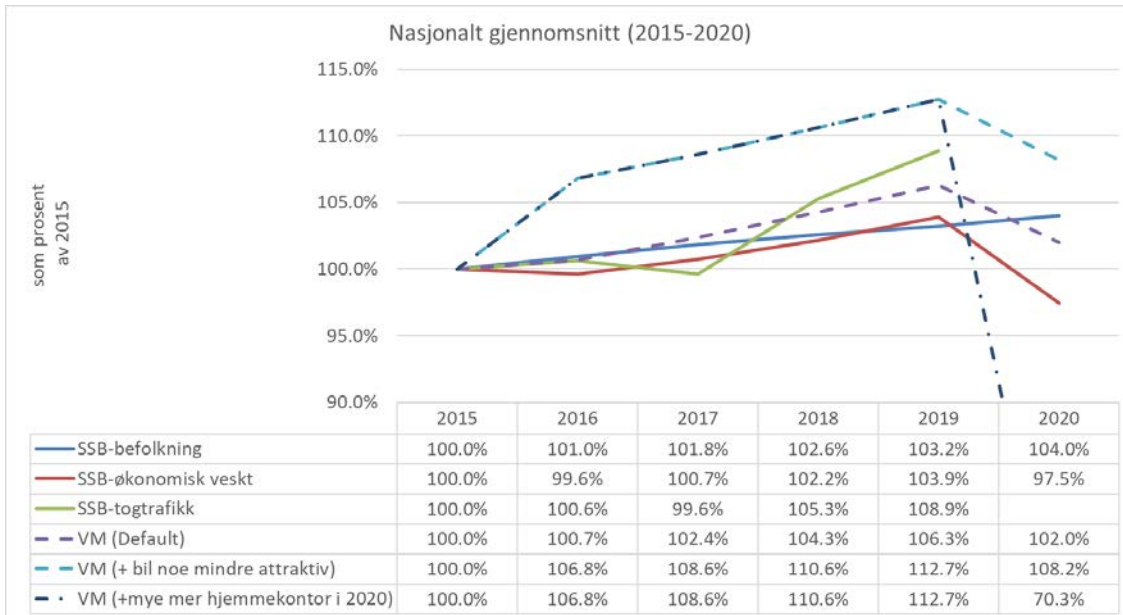


Figur 6.3: Sammenligning av predikeringer med vekstmodellen (VM) mot faktiske tall for segmentet «Fjerntoget». Nedgangen i SSB-togtrafikk mellom 2016 og 2017 kan skyldes endring i tellemetode.

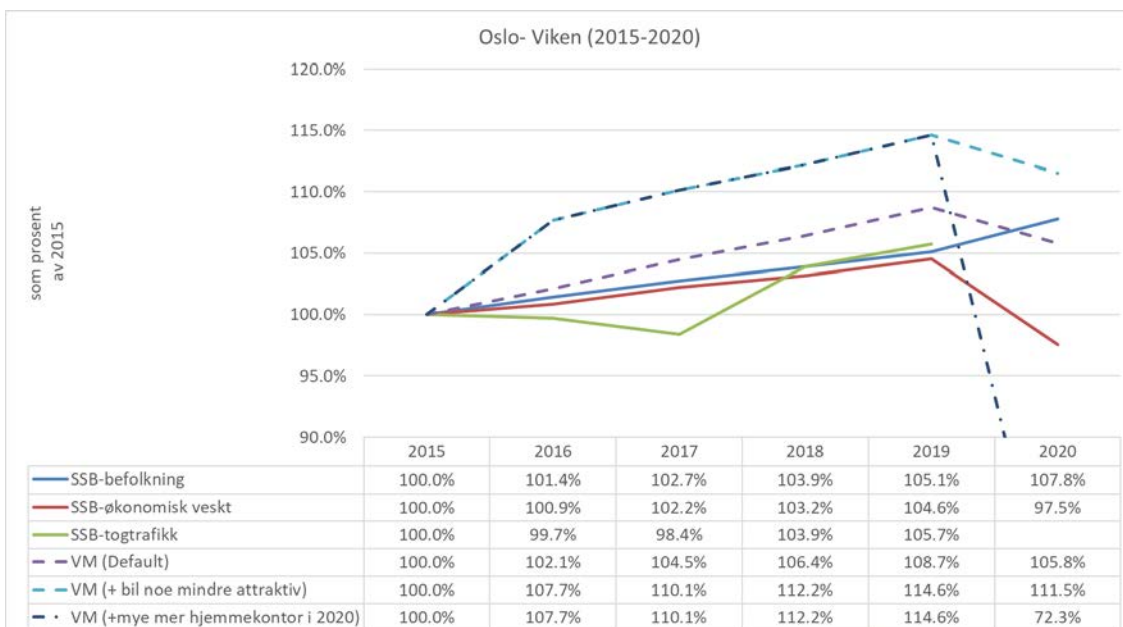
Vi ser at togtrafikken har vokst raskere enn befolkningsveksten og raskere enn økonomisk vekst i perioden 2014 til 2019. Vekstmodellen predikerer også at veksten i togtrafikken er høyere enn veksten i befolkning og økonomi. Ved default-innstillinger (lilla stiplet linje) er veksten predikert noe lavere enn faktisk utvikling i togtrafikken, mens prediksjonen med «Bil er noe mindre attraktiv» ligger noe over faktisk vekstrate.

For disse sammenligningene vil vi bemerke at togtrafikken økte mye fra 2014 til 2015. Dette skyldes delvis nytt rutetilbud på Østlandet.

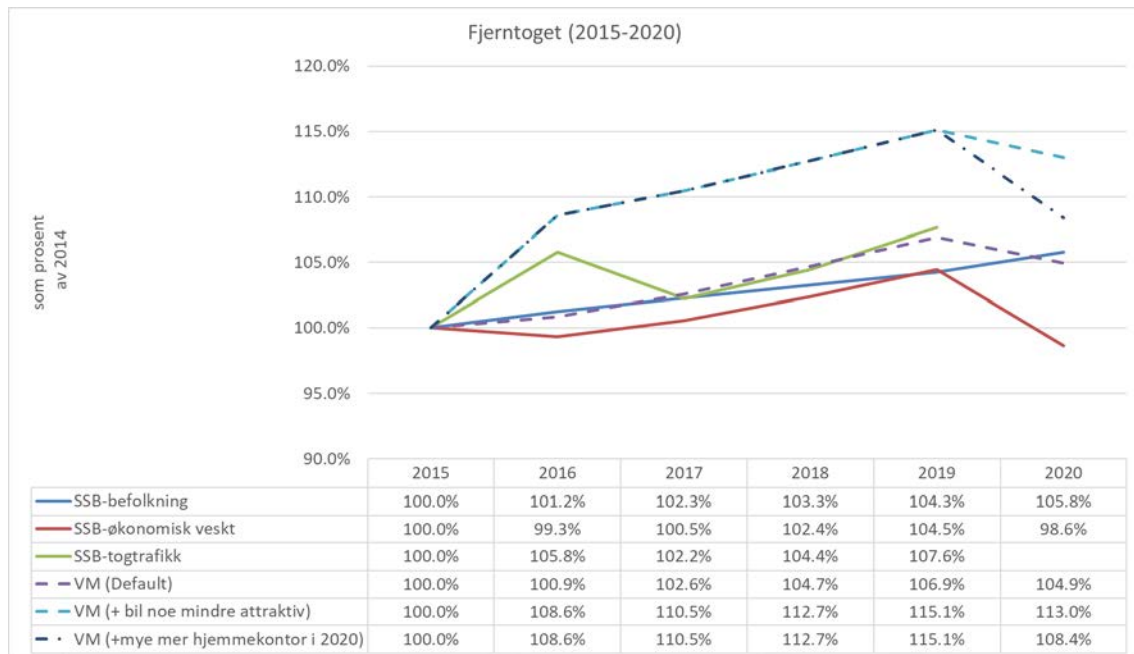
Figur 6.4-figur 6.6 viser derfor en sammenligning mot året 2015. Denne sammenligningen unngår utfordringer med forbedret togtilbud mellom 2014 og 2015. Her ser vi at predikeringer med default-innstillinger i vekstmodellen ligger over faktiske tall for perioden 2016-2017 (med unntak av for Fjerntoget). For Oslo/Viken ligger også predikeringer for 2018 og 2019 over faktiske tall, noe som kan skyldes endring i tellemetode. (se oppe).



Figur 6.4: Sammenligning av predikeringer med vekstmodellen (VM) mot faktiske tall for segment «Nasjonalt gjennomsnitt». Basisår 2015



Figur 6.5: Sammenligning av predikeringer med vekstmodellen (VM) mot faktiske tall for segment «Oslo/ Viken». Basisår 2015



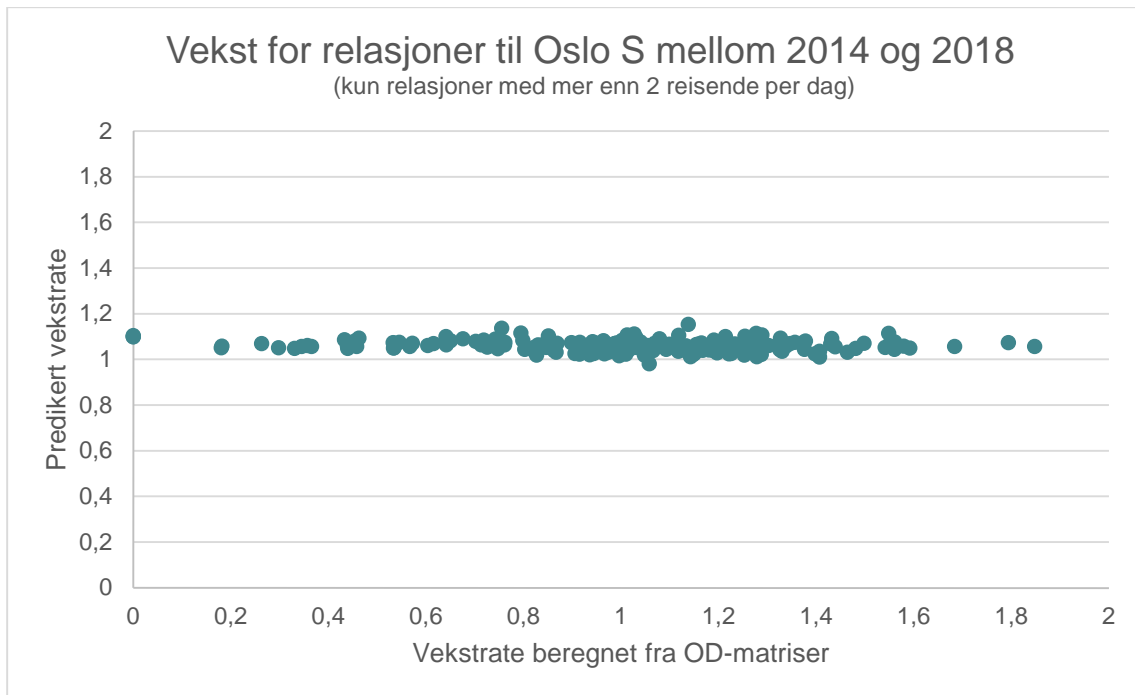
Figur 6.6: Sammenligning av predikeringer med vekstmodellen (VM) mot faktiske tall for segment «Fjerntoget». Basisår 2015

Figur 6.4-figur 6.6 inneholder også en predikasjon for 2020. Vi ser at scenario med default-innstillinger og scenario med «Bil har blitt mindre attraktiv» predikerer en nedgang for togtrafikk. Modellen fanger altså riktig opp at togtrafikken vil gå ned som følge av økonomisk nedgang (som predikert for 2020 ifølge Konjunkturmeldingen).

Den faktiske nedgangen for 2020 er derimot trolig sterkere enn predikert (det forelå ikke 2020-tall fra SSB når rapporten ble skrevet) pga. atferdsendringer som følge av koronautbruddet. For å fange opp deler av dette har vi også beregnet et scenario der vi setter scenarioinnstillingen for «Økt bruk av hjemmekontor» i år 2020 til «Stor økning (rundt 50%)». I dette scenarioet (den mørkeblå stiplede linjen) ser vi at vekstmodellen predikerer en betydelig nedgang i togreiser. For Oslo/Viken er nedgangen predikert til 72,3 prosentpoeng av 2015 nivået. Figurene viser ikke variasjon etter reisehensikter. Disse er henholdsvis, 54,5%, 91,2% og 81,5% for arbeids-, fritids- og tjenestereiser. Vi ser at predikert nedgang for Fjerntoget er lavere, noe som henger sammen med antakelsen om lavere andel arbeidsreiser i fjerntogsegmentet.

Vi har også sammenlignet predikerte vekstrater på relasjonsnivå. Sammenligningsgrunnlaget er tilsendte OD-matriser (se avsnitt 3.4). Matrisene inneholder ca. 300 togstasjoner (299*299 relasjoner) og ble preparert for 2014 og 2018. OD-matrisen for 2014 er brukt som inndata i prognosemodellen, mens utdata/resultater fra modellen for 2018 er sammenlignet med OD-matrisen for 2018.

Figur 6.7 viser en sammenligning der y-aksen er predikert vekstrate i 2018 (basis 2014) med prognosemodellen ved bruk av default-innstillinger, mens X-aksen er vekstfaktor slik den beregnes fra OD-matrisene. Vi plotter kun relasjoner som har minst 2 reisende per dag.



Figur 6.7: Sammenligning med historiske data på relasjonsnivå.

Variasjon i vekstrater fra OD-matrisene er betydelig større enn predikert av prognosemodellen. Prognosemodellen estimerer vekstrater mellom 0,99 og 1,2 mens veksten basert på OD-matrisene er mye større. Dette virker ikke ulogisk siden det i virkeligheten er mange flere faktorer (f.eks. tilbudsendringer) som vil påvirke veksten. Det er tydelig at prognosemodellen ikke klarer å fange opp variasjonen i OD-matriser.

Vi tar forbehold om at OD matrisene for 2014 og 2018 ikke er helt sammenlignbare og/eller preget av stor usikkerhet og tilfeldigheter.¹⁷

6.2 Framtidsscenarier

I dette avsnitt ser vi på beregnede vekstrater for 2030 med basis i 2018 for ulike scenarier. Her er det OD-matrisene for 2018 som er inndata i prognosemodellen.

Vi starter med en kjøring for segmentet Nasjonalt gjennomsnitt. Tabell 6.1 viser predikerte vekstrater fra vekstmodellen (som representerer vektet gjennomsnitt over alle¹⁸ togstasjoner) samt noen vekstrater for utvalgte relasjoner, her Bergen-Voss og Myrdal-Voss. Myrdal og Voss er definert som turiststasjoner.

Vi ser at scenariet «Stor økning i tog som transportmiddel for turistnæring» får høyere vekstrater enn «default-kjøringen» for disse to relasjonene. Effekten er størst for Myrdal-

¹⁷ Noen relasjons er tydelig preget av «buss-for-tog» i virkeligheten

¹⁸ Alle togstasjoner i testmatrisen med 300 stasjoner.

Voss, som består av to turiststasjoner¹⁹. Som forventet er effekten størst blant fritidsreiser.²⁰

Også de øvrige scenarioene virker å gi forventet retning i predikerte vekstrater.

Tabell 6.1: Predikerte vekstrater for 2030 mot basis 2018, beregnet med segmentet nasjonalt gjennomsnitt.

Vekstrate 2030/2018 Nasjonalt gjennomsnitt	Gjennomsnitt over alle togstasjoner (N=300)			Bergen- Voss			Myrdal-Voss		
	Arb.	Fri.	Tje.	Arb.	Fri.	Tje.	Arb.	Fri.	Tje.
Default	1,204	1,132	1,204	1,054	1,015	1,120	1,033	0,987	1,097
Stor økning i tog som transportmiddel for turistnæring	1,216	1,189	1,222	1,118	1,345	1,220	1,151	1,670	1,288
Stor nedgang i tog som transportmiddel for turistnæring	1,192	1,075	1,186	0,994	0,753	1,027	0,926	0,566	0,933
Stor økning i flymarked (for tog som tilbringer til flyplasser)	1,252	1,183	1,264	1,076	1,014	1,080	1,054	0,986	1,058
Stor nedgang i flymarked (for tog som tilbringer til flyplasser)	1,156	1,081	1,144	1,029	1,000	1,113	1,008	0,973	1,090
Lav befolkningsvekst (LLL)	1,170	1,100	1,170	1,025	0,986	1,089	1,004	0,959	1,067
Høy befolkningsvekst (HHH)	1,238	1,164	1,238	1,084	1,044	1,152	1,062	1,015	1,128
Mye sterkere økon. vekst enn antatt (dobbelte så sterk vekst)	1,343	1,196	1,343	1,200	1,095	1,258	1,162	1,048	1,225
Ingen vekst i økonomien	1,064	1,064	1,064	0,909	0,930	0,981	0,903	0,921	0,968
Bil blir mye mindre attraktivt	1,331	1,423	1,663	1,193	1,318	1,622	1,139	1,241	1,528
Bil blir mye mer attraktivt	1,077	0,841	0,745	0,919	0,723	0,646	0,926	0,733	0,671
Fly blir mye mindre attraktivt	1,204	1,127	1,186	1,054	1,010	1,104	1,033	0,983	1,081
Fly blir mye mer attraktivt	1,204	1,137	1,222	1,054	1,019	1,137	1,033	0,992	1,114

Tabell 6.2 dokumenterer tilsvarende resultater ved en kjøring for segmentet Oslo/Viken. Som forventet har scenariet «Stor økning i flymarked (for tog som tilbringer til flyplasser)» den største effekten på relasjonen Oslo S-Oslo lufthavn. Vekstraten for tjenestereiser er her 3,15 sammenlignet med 1,59 med default-innstillinger.

Dette scenarioet må ikke blandes med scenario «Fly blir mye mer attraktivt» som relaterer til konkurransedyktigheten til fly som hovedtransportmiddel. Dette scenarioet (nest sist i tabell 6.2) gir samme resultat som scenariet med default-innstillingen. Dette er som forventet da fly ikke er et transportalternativ i markedet Oslo/Viken.²¹

¹⁹ Det er muligens en svakhet ved modellen at den antar mye vekst mellom to turiststasjoner. Det vil nok sjelden være slik at folk reiser mellom turiststasjonene ved vekst i turistnæringen. Det sagt er det små strømmer her slik at det ikke slår særlig ut.

²⁰ Med nåværende kalibrering ser det ut modellen predikerer en nedgang i fritidsreiser mellom Myrdal og Voss ved defaultinnstillinger (verdi 0,987). Det virker noe ulogisk i og med at det er (noe) befolkningsvekst rundt disse to stasjoner. Grunnen ser ut til å ligge i at konkurranseflateindeks er lavere enn 1, noe som skjer hvis økt tidsverdi slår ut i disfavør tog. Som beskrevet i Tabell 5.3 kan brukerne endre følsomheten av modellen mot endringer i konkurranseflate ved å justere alpha-parameterne.

²¹ Grunnen for predikert nedgang i arbeidsreiser mellom Oslo-S og Asker virker å ligge i lav vekst for arbeidsplasser rundt Asker stasjon (beregnet til kun 0,3% mellom 2018 og 2030) og lav beregnet verdi for konkurranseflateindeks (0,91) mellom Oslo S og Asker.

Tabell 6.2: Predikerte vekstrater for 2030 mot basis 2018, beregnet med segmentet Oslo/Viken.

Vekstrate 2030/2018 Oslo/Viken	Gjennomsnitt over alle togstasjoner (N=300)			Oslo- S - Oslo Lufthavn			Oslo S - Asker		
	Arb.	Fri.	Tje.	Arb.	Fri.	Tje.	Arb.	Fri.	Tje.
Default	1,222	1,168	1,222	1,630	1,420	1,587	0,997	1,088	1,099
Stor økning i tog som transportmiddel for turistnæring	1,228	1,226	1,234	1,637	1,475	1,599	1,002	1,131	1,107
Stor nedgang i tog som transportmiddel for turistnæring	1,216	1,110	1,210	1,623	1,360	1,575	0,993	1,042	1,090
Stor økning i flymarked (for tog som tilbringer til flyplasser)	1,271	1,221	1,283	2,019	2,199	3,150	1,015	1,085	1,049
Stor nedgang i flymarked (for tog som tilbringer til flyplasser)	1,173	1,115	1,161	1,300	0,884	0,735	0,975	1,073	1,098
Lav befolkningsvekst (LLL)	1,186	1,133	1,186	1,582	1,377	1,540	0,967	1,056	1,066
Høy befolkningsvekst (HHH)	1,259	1,203	1,259	1,679	1,462	1,635	1,027	1,121	1,132
Mye sterkere økon. vekst enn antatt (dobbel så sterk vekst)	1,328	1,218	1,328	1,783	1,489	1,727	1,072	1,121	1,185
Ingen vekst i økonomien	1,116	1,116	1,116	1,477	1,346	1,446	0,921	1,053	1,012
Bil blir mye mindre attraktivt	1,358	1,416	1,614	1,802	1,712	2,079	1,110	1,320	1,456
Bil blir mye mer attraktivt	1,087	0,921	0,831	1,457	1,126	1,090	0,885	0,857	0,743
Fly blir mye mindre attraktivt	1,222	1,168	1,222	1,630	1,420	1,587	0,997	1,088	1,099
Fly blir mye mer attraktivt	1,222	1,168	1,222	1,630	1,420	1,587	0,997	1,088	1,099

Tabell 6.3 viser resultater for en modellkjøring for segmentet Fjerntoget. Her har forutsetninger om konkurransedyktighet for fly mye å si for resultatene. Effekten er som forventet størst for tjenestereiser.

Tabell 6.3: Predikerte vekstrater for 2030 mot basis 2018, beregnet med segmentet fjerntoget.

Vekstrate 2030/2018 Fjerntoget	Gjennomsnitt over alle togstasjoner (N=300)			Oslo S- Bergen			Bodø-Trondheim		
	Arb.	Fri.	Tje.	Arb.	Fri.	Tje.	Arb.	Fri.	Tje.
Default	1,276	1,181	1,276	1,231	1,148	1,249	1,174	1,096	1,014
Stor økning i tog som transportmiddel for turistnæring	1,295	1,240	1,301	1,247	1,192	1,267	1,189	1,138	1,028
Stor nedgang i tog som transportmiddel for turistnæring	1,257	1,122	1,250	1,215	1,100	1,230	1,159	1,050	0,998
Stor økning i flymarked (for tog som tilbringer til flyplasser)	1,295	1,204	1,308	1,241	1,150	1,234	1,184	1,098	1,002
Stor nedgang i flymarked (for tog som tilbringer til flyplasser)	1,257	1,157	1,244	1,220	1,143	1,250	1,164	1,091	1,015
Lav befolkningsvekst (LLL)	1,236	1,143	1,236	1,192	1,112	1,210	1,137	1,062	0,982
Høy befolkningsvekst (HHH)	1,317	1,219	1,317	1,270	1,185	1,289	1,212	1,131	1,046
Mye sterkere økon. vekst enn antatt (dobbel så sterk vekst)	1,459	1,263	1,459	1,426	1,242	1,435	1,352	1,178	1,160
Ingen vekst i økonomien	1,093	1,093	1,093	1,033	1,043	1,059	0,993	1,004	0,865
Bil blir mye mindre attraktivt	1,551	1,436	1,735	1,571	1,452	1,734	1,462	1,358	1,439
Bil blir mye mer attraktivt	1,000	0,926	0,817	0,909	0,857	0,775	0,894	0,839	0,609
Fly blir mye mindre attraktivt	1,448	1,340	1,850	1,397	1,303	1,811	1,333	1,244	1,470
Fly blir mye mer attraktivt	1,104	1,021	0,702	1,065	0,993	0,687	1,016	0,948	0,558

7 Implementering

7.1 Oppbygging av excelfilen

Modellen og brukergrensesnittet er implementert i Excel og modellkodingen er skrevet i VBA. Brukeren kan kjøre modellen uten å gå inn i eller endre VBA-koden. Unntaket er hvis inndata, for eksempel antall stasjoner i Norge, skal endres. Da må man gjøre endringer i koden, men dette er utenfor normal modellbruk.

Excelfilen er bygd opp av flere arkfaner, en oversikt over disse er vist i tabell 7.1. I fanene Scenario, Inndata_RT_arbeid, Inndata_RT_fritid og Inndata_RT_tjeneste ligger verdier som kan endres av bruker. Ellers skal brukeren ved normal modellkjøring *ikke endre verdier i andre arkfaner* enn disse. Dette er fordi mange av fanene inneholder inndata som brukes i modellkjøringen, og koden fungerer ikke nødvendigvis hvis man endrer disse inndata.

Tabell 7.1: Arkfaner i modellen.

Ark	Kommentar
Scenario	Ark som styrer modellkjøring, brukeren gjør valg av scenario
Inndata_RT_arbeid	Inndatamatrise, brukeren fyller i hvis fordelingsmodellen skal kjøres
Inndata_RT_fritid	
Inndata_RT_tjeneste	
Output_RT_arbeid	Resultatmatriser
Output_RT_fritid	
Output_RT_tjeneste	
Bef_Arb	Arbeidsplass- og befolkningsdata for referanse- og prognoseår, skrives ut i modellkjøringen
Stasjoner	Stasjonene i modellen
Inndata_i	Stasjonsspesifikke data: Befolkning, arbeidsplasser, flyplass og turiststasjon
Inndata_ij	Relasjonsspesifikke data: tid og distanse for bil og tog, direktekostnader med bil og takst for tog
Parameterverdier	Parameterverdier for segment og reisehensikt
Befolkning	Befolkningsdata, SSB-framskrivinger
Økonomisk_bane	Bane for økonomisk vekst og kilometerkostnad
Out_f_arbeid	Delresultat fra fordelingsmodellen: fordelingsfaktorer
Out_f_fritid	
Out_f_tjeneste	
O_attraksjonsindeks_arb	Delresultat fra fordelingsmodellen: attraksjonsindekser
O_attraksjonsindeks_fri	
O_attraksjonsindeks_tje	
O_konkurransflate_arb	Delresultat fra fordelingsmodellen: konkurranseflater
O_konkurransflate_fri	
O_konkurransflate_tje	

Den viktigste fanen for brukeren er Scenariofanen, der modellen kjøres ved å trykke på «Kjør modell»-knappen. Denne fanen brukes for å velge referanse- og prognoseår, hvilket regionalt segment man vil se på, hvilken befolkningsframskriving som skal ligge til grunn, om vekstmodellen skal bruke defaultinnstillinger eller om brukeren selv skal definere antakelser om hjemmekontor med mere. Her kan man kjøre modellen med eller uten å aktivere fordelingsmodellen (styres fra celle B6). Resultatet fra vekstmodellen skrives også ut her. Figur 7.1 viser oppsettet i arkfanen Scenario.

	A	B
1	Modellspesifisering	
2		Spesifisere her
3	Markedsområde	Oslo-Viken
4	Referanseår	2018
5	Prognoseår	2030
6	Antar generisk vekst over togstasjoner gitt reisehensikt (deaktiverer fordelingsmodell)	Nei
7	Bruk default innstillinger	Nei
8	Prognosebane befolkning SSB	Hovedalternativ (MMM) (default)
9	Antakelse om økonomisk vekst	Som prognostisert av SSB (default)
10	Antakelse om endring i (andelsvis) utbredelse av hjemmekontor	Samme nivå som i referanseår (default)
11	Generell konkurranseflate mot bil	Ingen endring (default)
12	Generell konkurranseflate mot fly	Ingen endring (default)
13	Generell konkurranseflate mot buss	Ingen endring (default)
14	Utvikling av tilbringertransport til tog (f.eks pga autnome kjøretøy)	Ingen endring (default)
15	Utvikling av flymarkedet (for tog som tilbringer til flyplasser)	Ingen endring (default)
16	Utvikling av tog som transportmiddel for turistnæring	Ingen endring (default)
17	Økt miljøbevissthet (i favør tog)	Ingen endring (default)
18		
19	Trykk her for å kjøre modellen:	Kjør modell
20		
21	Resultater av vekstmodell (Se resultater oppsplittet over togstasjoner i separate ark)	
22		Relativ økning av togreiser
23	arbeidsreiser	
24	fritidsreiser	
25	tjenestereiser	
26		

Figur 7.1: Utklipp fra scenario-arket. Øverst er modellspesifisering, med utskrift av resultater i de nederste grå cellene.

Hvis brukeren har valgt å kjøre fordelingsmodellen, det vil si valgt «Nei» i celle B6 (Antar generisk vekst over togstasjoner gitt reisehensikt (deaktiverer fordelingsmodell)), så skal matriser for trafikk i referanseåret kopieres inn i arkene Inndata_RT_arbeid, Inndata_RT_fritid og Inndata_RT_tjeneste før modellen kjøres.

Referansetrafikkmatrisene må ha *identisk struktur*, alle tre matriser må ha de samme stasjoner og i samme rekkefølge. Stasjonsnavnene leses inn i modellen fra arkfanen Inndata_RT_arbeid. Inndata i alle Inndata_RT -ark må være på matriseform og må kopieres inn sånn at fra-stasjonene er i kolonne A, til-stasjonene er på rad 1 og tallene starter i celle B2, se figur 7.2 under for eksempel. Referansetrafikkmatrisene må ha samme antall rader og kolonner. Det er verdt å legge merke til at referansetrafikkmatrisene må ha en verdi for alle relasjoner, blanke celler eller NA-verdier kan ikke leses av koden. Hvis det ikke er trafikk på en relasjon så skal denne settes til null og ikke stå tom. I tillegg skal celle A1 også være tom, for å sikre riktig innlesing av stasjonsnavn.

	A	B	C	D	E
1		Ski	Langhus	Vevelstad	Oppegård
2	Ski	0	49,0	22,0	24,0
3	Langhus	49,0	0	30,0	14,0
4	Vevelstad	22,0	30,0	0	60,0
5	Oppegård	24,0	14,0	60,0	0

Figur 7.2: Hypotetisk eksempel på referansetrafikkmatrise.

Når modellen kjøres skrives resultater fra fordelingsmodellen hvis denne er aktivert. Resultatene er referansetraffikkmatriser for prognoseåret. Matrisene er i arkene Output_RT_arbeid, Output_RT_fritid, Output_RT_tjeneste og har samme stasjoner som inndatamatrixene.

Arkfanen Stasjoner er en liste over stasjoner som er med i modellen. Denne listen brukes når fordelingsmodellen aktiveres for å identifisere stasjonsnavnene i referansetraffikkmatrisen. Dermed kan kun stasjoner som er listet her brukes i referansetraffikkmatrisen. I stasjonslisten kan man sjekke hvordan stasjonsnavnet skal staves for å bli lest inn i modellen. Denne arkfane skal ikke endres av brukeren.

Inndata som brukes i bakgrunnen er togstasjonsspesifikke inndata (fanen Inndata_i), togrelasjonsspesifikke inndata (fanen Inndata_ij), befolkningsprognosebaner og økonomiske prognosebaner. Disse skal i utgangspunktet ikke endres av brukeren. Unntaket er Befolkning og Økonomisk_bane, hvor brukeren har mulighet til å legge inn egne verdier. Disse områdene er markert med turkis, se figur 7.3 og figur 7.4. Parameterverdi-arket er ikke noe brukeren trenger å endre, men endringer kan gjøres hvis det er behov for det.

Økonomisk bane som prognostisert av SSB	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nasjonalt gjennomsnitt	1	1,00270186	0,99889472	1,01011379	1,02465692	1,04169639
Oslo-Viken	1	0,99620795	1,00496295	1,01832246	1,02793507	1,04154766
Fjerntoget	1	1,00198561	0,99535349	1,00745515	1,02591043	1,04677985
Egendefinert	1	1	1	1	1	1
KM-kostnad bil						
Nasjonalt gjennomsnitt	1,25242796	1,25242796	1,23966276	1,22384198	1,20484901	1,18417698

Figur 7.3: Utklipp fra fane Økonomisk_bane.

Egendefinert	
Hovedalternativet (MMMM)	MMM
Lav nasjonal vekst (LLML)	LLL
Høy nasjonal vekst (HHMH)	HHH
Lav nettoinnvandring (MMML)	MML
Høy nettoinnvandring (MMMh)	MMH
Sterk aldring (LHML)	LHL
Svak aldring (HLMH)	HLH

Figur 7.4: Utklipp fra fane Befolkning.

Inndata i arket Inndata_i inneholder blant annet befolknings- og arbeidsplasser fordelt på stasjoner. Her er det verdt å bemerke at manglende inndata merkes med -99999. Dette er viktig for at koden skal kjenne igjen manglende inndata, men likevel beregne endringen i befolkning/arbeidsplass (-99999/-99999 = 1). Hvis manglende data for eksempel merkes med -9999 blir beregningen feil.

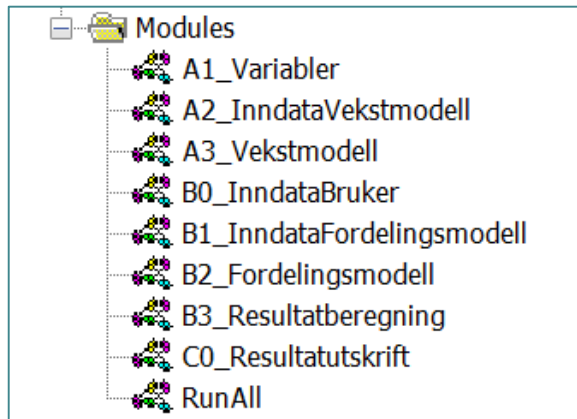
Befolknings- og arbeidsplassinndata blir omregnet til basis- og referanseår ved interpolering og/eller ekstrapolering av dataene. Hvis man vil se hvilke beregnede befolknings- og arbeidsplassinndata som ligger til grunn per stasjon ser man dette i arkfane Bef_Arb.

Arkfanen Inndata_ij er en liste med alle kombinasjoner av stasjonspar og inndata for bil (tid, distanse, direktekostnader) og for tog (tid og takst).

Fanene Out_f_X, O_attraksjonsindeks_X og O_konkurransflate_X gir delresultater fra beregningen, henholdsvis fordelingsfaktorer, attraksjonsindeks og konkurranseflate. Disse kan brukes hvis man vil sjekke beregningene.

7.2 VBA-kode

VBA-koden er delt inn i moduler. Modellen kjøres fra modulen RunAll, som kaller på de øvrige modulene. Figur 7.5 viser en oversikt over de ulike modulene. Her styres hvilke moduler som blir kjørt i tråd med brukerens valg i Scenario-arket. Man kan følge med på kjøringen i [Immediate-vinduet](#) og her ser man hvilken delberegning som er i gang.



Figur 7.5: Moduler i VBA-koden.

Modulen der alle variabler defineres heter A1_Variabler. Disse blir definert som «Public» for at man både skal kunne bruke de og referere til de på tvers av modulene. Disse spares i minnet og kan sjekkes uansett hvilken modul man er i. I inndatamodulen A2_InndataVekstmodell blir inndata lest inn fra excel-arkene. Hvert ark blir lest inn én gang og data spares i variabler, vektorer og matriser. Å lese inn et helt ark, for deretter å fordele inndataene, sparer tid sammenlignet med å lese inn data som en matrise eller vektor om gangen, hvis det er flere i et samme ark.

Selve vekstmodellen er i modulen A3_Vekstmodell. Her beregnes befolkningsveksten for den gitte region, den økonomiske veksten og parameterverdiene som brukeren har spesifisert. Deretter beregnes veksten og skrives ut i arket Scenario. Hvis brukeren har valgt «Ja» i «Bruk av default innstillinger» (celle B7 i Scenario-arkfanen) vil vekstmodellen bruke default-verdiene for alle alternativer, uansett hva som er gitt i cellene B8-B17.

Hvis brukeren ikke velger å kjøre fordelingsmodellen så kjøres kun modulene A1, A2 og A3. Hvis brukeren har valgt å bruke fordelingsmodellen og har matriser i inndata-arkene så kjøres også modulene B0, B1, B2, B3 og C0.

Fordelingsmodellen fungerer ved å lese stasjonene i inndatamatrixene brukeren har i arkfane Inndata_RT_arbeid. Disse blir sammenlignet med stasjonene i arkfane Stasjoner. Hvis stasjonen blir funnet så blir radnummeret lagret. Alle stasjonene i bakgrunnsdataene har samme rekkefølge og har en indeks som tilsvarende stasjonens radnummer i listen i arket Stasjoner. Hver stasjonsrelasjon har også et eget indeksnummer, som er en kombinasjon av fra- og tilstasjonens indeks (radnummer). Hvis frastasjon er i og tilstasjon er j , har relasjonen ij indeksen som vist i ligning 7.1,

$$(7.1) \quad ind(i, j) = (i - 1) st_{tot} + j$$

der st_{tot} er det totale antallet stasjoner som er godkjent i modellen. Antall godkjente stasjoner i modellen er 320. På denne måten beregnes alle verdier i modellen uten å gjøre oppslag på hver stasjon for seg.

Fordelingsmodellen bruker et listeformat for alle beregninger. Det betyr at en OD-matrise med størrelsen $m \times m$ og matrise-elementene $a(i,j)$, $i,j = \{1, \dots, m\}$, blir formatert til en liste (vektor) der antall rader er m^2 og rekkefølgen er som følgende:

$$\begin{aligned} &a(1,1) \\ &a(1,2) \\ &\vdots \\ &a(1, m - 1) \\ &a(1, m) \\ &a(2,1) \\ &\vdots \\ &a(m, m - 1) \\ &a(m, m) \end{aligned}$$

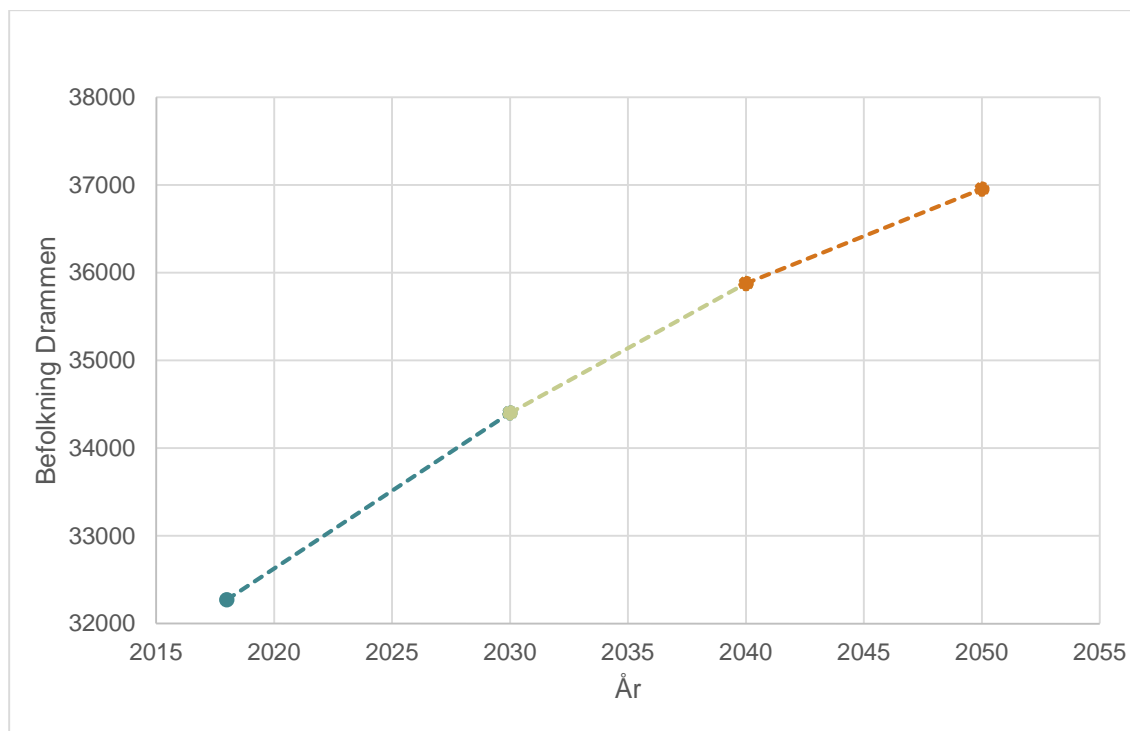
Modulen B0_InndataBruker leser inn matrisene brukeren gir i Inndata_RT-arkene. Her leses blant annet matrisenes størrelse, stasjonsnavn og matrisenes verdier. I denne modulen gjenkjennes stasjonene og de blir sammenlignet med stasjonslisten i arket Stasjoner. Hvis ikke stasjonen eksisterer i listen, så stoppes koden. I modulen blir matrisen gjort om til listeformat.

I modulen B1_InndataFordelingsmodell blir inndata fra selve modellen lest inn. All inndata som er på togrelasjonsnivå blir omgjort til symmetriske data for relasjonen ved å ta gjennomsnittet av tallene på relasjonen. Dette vil si at hvis inndata er en matrise med elementer $a(i,j)$ så blir disse justert til symmetriske verdier, se ligning 7.2.

$$(7.2) \quad a_{symm}(i, j) = a_{symm}(j, i) = 0.5 (a(i, j) + a(j, i)).$$

I modulen B1 leses tid, distanse og direktekostnader for bil inn og beregnes for referanse- og prognoseår gjennom en interpolering av inndataen. Hvis referanseår (eller prognoseår) er mellom 2018 og 2030 blir tallene beregnet med en lineær interpolering mellom årene 2018 og 2030. For årene før 2018 brukes tallene for 2018 og for årene etter 2030 brukes tallene for 2030.

I B1-modulen blir stasjonsspesifikke befolknings- og arbeidsplassdata interpolert og ekstrapolert. Modellen inneholder stasjonsspesifikke befolkningsdata for årene 2018, 2030, 2040 og 2050 og interpoleringen er lineær i hvert av intervallene, se Figur 7.6. For år før 2018 ekstrapoleres befolkningsdata for 2018 og 2030. Arbeidsplassdata ligger inne i modellen for årene 2020, 2030, 2040 og 2060 for RTM23+ området og interpoleres mellom årene og ekstrapoleres for årene før 2020. Alle stasjoner utafør området får verdien -99999. Det er og kodet inn en sjekk for å unngå arbeidsplass- eller befolkningsdata som er under 0, med unntak for NA-verdien -99999.



Figur 7.6: Eksempel på uttrekk fra befolkningsdata. Her vises befolkningsdata fra Drammen og interpolerte verdier mellom årene 2018, 2030 2040 og 2050.

I B2_Fordelingsmodell beregnes generaliserte reisekostnader, konkurranseflate, indeks for turgenerering og attraksjonsindeks for alle stasjoner. Modulen B3_Resultatberegning bruker beregningene fra B2 og her beregnes ujusterte fordelingsfaktorer som vektes med gjennomsnittet for å få endelige fordelingsfaktorer. Til slutt beregnes resultattrafikken.

I modul C0_Resultatutskrift skrives resultatene ut i Output-arkene. I denne modulen skrives også delresultater på matriseform, slik at brukeren kan se hvilke fordelingsfaktorer, attraksjonsindekser og konkurranseflateindeks som er brukt.

8 Anvendelse og forbedringsmuligheter

8.1 Anvendelsesområde

I prinsippet kan modellen anvendes for alle typer modellkjøringer i Trenklin der referansematriser i Trenklin må framskrives fra tidligere år. Se avsnitt 1.2 for en beskrivelse. Modellen kan også brukes som egenstendig verktøy utenom Trenklin. Her må det dog huskes at prognosemodellen bare predikerer vekst som følge av eksterne faktorer og at faktisk vekst vil være sterkt knyttet til hvordan togtilbudet endres over tid. Dette er spesielt viktig for relasjoner som er berørt av store investeringsprosjekter (som Follobanen).

Siden prognosemodellen bare inkluderer aktive norske togstasjoner må det – ved bruk av fordelingsmodellen - gjøres manuelle framskrivinger for svenske stasjoner eller såkalte «eksterne stasjoner». Det samme gjelder når man bruker Trenklin for nye togstasjoner som ikke finnes i dag eller togstasjoner langs ren turistbaner.²²

Prognosemodellen er i stand til å fange opp «korona-året 2020». Det ligger inne en økonomisk nedgang for 2020 i modellen (ifølge SSB sin melding om konjunkturtendes) og brukerne kan endre forutsetninger om bruk av hjemmekontor. Allikevel bør brukerne være varsomme med å ta i bruk 2020 som referanse- eller prognoseår, og dobbeltsjekke om predikeringene virker rimelige.

Prognosemodellen er laget for framskriving mellom to diskrete år. Ved default-innstillinger kan modellen også brukes til å lage tidsbaner. Det er mulig siden befolkningsvekst og økonomisk vekst ligger inne som «kontinuerlige» baner. De øvrige scenarioinnstillinger (hjemmekontor, konkurransedyktighet til bil osv.) er derimot beskrevet som diskrete endringer mellom to gitte år (og det gjøres ingen justering i forhold til hvor stor tidsavstand det er mellom referanse- og prognoseår). Når man lager en tidsbane med faste scenarioinnstillinger vil derfor effekten av slike endringer kommer direkte etter ett år. Dette så vi f.eks. i figur 6.1 i kapittel 6 der effekten av «Bil blir noe mindre attraktiv» er størst mellom år 2014 og 2015.

Modellen kan i prinsippet brukes på alle typer scenarier. Når man lager «ekstreme» scenarier, som gir veldig høye vekstrater må man tolke dette som et teoretisk resultat av effekten av eksogene faktorer. I virkeligheten vil høye vekstrater medføre «endogene effekter» i form av økte trengselskostnader. Dette vil ha en dempende effekt på etterspørselen og vil gi en lavere effektiv vekstrate enn beregnet av prognosemodellen. Dette er viktig å huske på når man lager referansetraffikk langt inn i framtiden for Trenklin-kjøringer, eller når man bruker prognosemodellen utenom Trenklin.

²² F.eks. Flåmsbanen.

8.2 Tips til brukere

Ved bruk av fordelingsmodellen må det legges inn referansematriser i inndata-arket (se avsnitt 7.1). I den forbindelsen er det greit å husk at relasjoner med 0 i referansetrafikk forblir 0 i alle prognoseår. En mulig løsning er å erstatte 0 med et lavt tall (for eksempel 0.01).

Vi anbefaler at man vurderer resultater av vekstmodellen med et kritisk øye. Parameterverdiene vil ikke passe til alle togmarkeder, og det kan være nødvendig at man bruker segmentet «Egendefinert» for analyser som krever en høyere grad av presisjon. Ved bruk av «Egendefinert» kan brukerne sette inn egne baner, tidsverdier og parameterinnstillinger.

Ved bruk av fordelingsmodellen kan resultater for enkelrelasjoner være preget av usikkerhet ved inndata på relasjonsnivå. Når man observerer urimelige resultater bør man ta en sjekk av inndata og/eller kjøre noen følsomhetsanalyser. For eksempel kan man slå av effekten av endret attraksjonsnivå og/eller konkurranseflate med å sette alpha-parametrene (se ligning 5.8 og tabell 5.3) til null.

Feilmeldinger i modellkjøring kan ha mange forskjellige årsaker. Vi vil derfor til slutt skrive litt om feilkilder eller årsaker til hvorfor koden ikke kjører. Her nevnes noen mulige grunner til feilmelding i VBA når modellen kjøres:

- Man må huske å aktivere makroer for å kunne kjøre modellen.
- Manglende inndata eller scenarivalg kan lede til feilmelding, sjekk derfor at det er matriser i inndata-arkene.
- Hvis matrisene inneholder togstasjoner som ikke finnes i stasjonslisten i modellen vil programmet gi en feilmelding. Det kan bety på at stasjonsnavnet er feilstavet, at stasjonen er lagt ned eller at stasjonen befinner seg utenfor Norge. Hvis feilmeldingen kommer fra et stasjonsnavn må man endre navn på stasjonen eller slette stasjonen fra matrisen for å få koden til å kjøre gjennom.

8.3 Kjente svakheter og forbedringsmuligheter for kommende versjoner

Denne første versjonen av prognosemodellen har noen kjente svakheter som kan tenkes forbedret i kommende versjoner:

- Data om utvikling for arbeidsplasser foreligger kun for Oslo/Akershus (RTM23+ området). Dette kan medføre noen skjevheter i fordelingsfaktorer for modellområder som berører både relasjoner innenfor og utenfor Oslo/Akershus. Vi har «løst» dette problemet ved å tar ut effekten av økning i arbeidsplasser for segmentene Nasjonalt gjennomsnitt og Fjerntoget. Effekten er altså kun aktiv for segment Oslo/Viken. Det anbefales å jobbe med denne delen av inndata ved en senere oppdatering av prognosemodellen.
- Effekt av flyplass og turistnæring på vekstmodellen er ikke helt optimal siden den effekten i virkeligheten vil være avhengig av antall/andel flyplass- og turiststasjoner i markedet. Framtidige versjoner bør ved innlesning av referansematriser identifisere antall flyplass- og turiststasjoner og justere parameterverdien basert på dette antallet.
- Mange av parameterne måtte fastsettes skjønnsmessig. En mer empirisk fastlegging av parameterverdier er ønskelig. Dette krever at vi kan kontrollere for endringer i togtilbudet, noe som forutsetter at man har tilgang til matriser for Level-of-Service

eller generaliserte reisekostnader for flere år som er beregnet med identisk versjon av Trenklin.

- Prognosemodellen normaliserer fordelingsfaktorer over alle togstasjonsrelasjoner som limes inn under «inndata-arkene». En slik matematisk spesifisering medfører at resultater for en gitt relasjon er avhengig av andre relasjoner i matrisen. Med dette er det ikke garantert at man får identiske resultater for to ulike kjøringar med ulik «størrelse» på inndata-matrisene. Det er ikke opplagt hvordan man kan løse dette, men videre arbeid bør ser nærmere på denne problemstillingen.

9 Referanser

- Asplan Viak (2020) NOTAT Bolig- og næringsanslag i Osloområdet. datert 05.02.2020
- Dargay, J. M., & Clark, S. (2012). *The determinants of long distance travel in Great Britain*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46(3), 576-587.
- Farmer, J.D, Lafond, F. (2016). "How predictable is technological progress?" Research Policy, Volume 45, Issue 3, April 2016, Pages 647-665, ISSN 0048-7333, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2015.11.001>.
- Flügel S., Halse A.H., Ortúzar JdD. Rizzi L. (2015) *Methodological challenges in modelling the choice of mode for a new travel alternative using binary stated choice data - the case of high speed rail in Norway*, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 78:438-451
- Flügel S., N. Fearnley, Toner J.P. (2018) *What factors affect cross modal substitution – Evidences from the Oslo Area*, International Journal of Transport Development and Integration 2(1):11-29
- Flügel S. og Madslie A. (2020) *Tidsverdi som kontinuerlig funksjon av reisedistanse*. TØI-rapport 1778/2020
- Flügel S., Halse A.H., Hulleberg N., Jordbakke G.N., Veisten K., Sundfør H.B., & Kouwenhoven M. (2020). *Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer. Dokumentasjonsrapport til Verdsettingsstudien 2018-2019*. TØI-rapport 1762/2020
- Finansdepartementet (2017). *Perspektivmeldingen 2017*. Oslo: Finansdepartementet.
- Fridstrøm, L (2019) *Framskriving av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019*, TØI rapport 1689/2019
- Gleditsch, R., Thomas M.J., Syse A. (2020) *Nasjonale befolkningsframskrivinger 2020. Modeller, forutsetninger og resultater*. Statistisk sentralbyrå. 2020/24.
- Halse, A. H., Østli, V., & Killi, M. (2020). *Revealed and stated preferences for reliable commuter rail in Norway*. Transportation Letters, 12(4), 288-292.
- Halse A.H., Flügel S., Hulleberg N., Jordbakke G.N. (2020) *Beregning av regionale enbetsverdier for verdsetting av reisetid og relaterte faktorer basert på data fra den nye nasjonale verdsettingsstudien*. PROSAM-rapport 240
- Hamre, T. (september 2020). *Framskrevet folkemengde fordelt på grunnkretser. Etablering av datafiler for kjønn/ alder til bruk i RTM og NTM6*. Basert på SSB publikasjon 18.august 2020. [PowerPoint-lysbilder]. Hentet 16. oktober 2020, fra https://www.vegvesen.no/e-room/2/eRoom/NTP/NTP-Transportanalyse/0_7504
- Paulley, N., Balcombe, R., Mackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., ... & White, P. (2006). *The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership*. Transport policy, 13(4), 295-306.
- Rosnes, O., Vennemo, H-, Erraia, J., Hansen, W. (2020). *Regional økonomisk framskriving basert på likevektsmodellen NOREG*. Vista Analyse rapport 8/2020. Oslo: Vista Analyse.
- SSB (2020), *Konjunkturtendensene. Tabell 12880: Makroøkonomiske hovedstørrelser. Regnskap og prognoser 1991-2023*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/12880/> (hentet: 15. september 2020)
- Statens Vegvesen (2018) *Konsekvensanalyser Håndbok V712* https://www.vegvesen.no/_attachment/704540/
- Wardman, M. (2006). *Demand for rail travel and the effects of external factors*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 42(3), 129-148.

- Wardman, M., Lythgoe, W., & Whelan, G. (2007). *Rail passenger demand forecasting: cross-sectional models revisited*. Research in transportation economics, 20, 119-152.
- Østli, V., Thune-Larsen, H. (2017). *Dokumentasjon: Økonometrisk modellering av utenlandstrafikk med fly*. Arbeidsdokument 51232. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Vedlegg

Vedlegg A. Litteraturgjennomgang: Elastisitetsparameterne for økonomisk vekst

For å benytte den prognostiserte veksten i fastlands-BNP per person til å si noe om den generelle etterspørselsveksten etter togreiser i den samme tidsperioden er vi nødt til å etablere en parameter for etterspørselstetlighet. Denne tetligheten angir prosentvis endring i etterspørsel etter togreiser som følge av prosentvis endring i fastlands-BNP. Størrelsen på denne tetligheten vil typisk variere mellom ulike typer reisehensikter og ulike geografiske områder. I prosjektet har vi fokusert på å implementere tetligheter i Trenklin som gjenspeiler dette. Det har ikke vært innenfor prosjektets mandat å estimere en slik tetlighet og vi tar derfor utgangspunkt i tidligere studier som har forsket på sammenhengen mellom økonomisk vekst og etterspørselsvekst etter togreiser. Vi gir her en kort gjennomgang av et utvalg slike studier og redegjør for hvilke tetligheter som anbefales implementert i Trenklin.

Norske studier

Det er begrenset med norske studier som benytter empiriske data for å undersøke hvordan økonomisk vekst og etterspørselen etter togreiser henger sammen. Et unntak er Halse m.fl. (2020) som ser på sammenhengen mellom etterspørselen etter periodekort mellom ulike togstasjoner og reisetidsvariabilitet for ulike toglinjer. Det estimeres en paneldatamodell hvor modellspesifikasjonen gjør at man direkte kan hente ut tetligheter med hensyn til reisetidsvariabiliteten. Modellen inneholder derimot ingen forklaringsvariabel som gir uttrykk for hvordan økonomisk vekst over tid påvirker etterspørselen etter periodekort.

Det er gjennomført en norsk studie som undersøker tetligheten med hensyn til økonomisk vekst for andre transportmidler enn tog. Østli og Thune-Larsen (2017) beregner hvordan endringer i aggregert fastlands-BNP bidrar til endringer i etterspørselen etter flyreiser mellom norske lufthavner og utlandet. Det spesifiseres en paneldatamodell med lufthavner og destinasjonssoner i utlandet som tverrsnittsenheter. Ved hjelp av denne modellen prognostiseres antall flyreiser til de ulike destinasjonssonene med bakgrunn i et sett forklaringsvariabler. I modellen for fritidsreiser er fastlands-BNP inkludert som en av forklaringsvariablene. Modellen er spesifisert i logaritmer, som gjør at man direkte kan tolke koeffisientene som tetligheter. For fritidsreiser finner studien en tetlighet med hensyn til fastlands-BNP på cirka 0,8, både for reiser fra Oslo lufthavn, samt for reiser fra de ti største regionale lufthavnene som driftes av Avinor. Det er verdt å merke at aggregert fastlands-BNP benyttes som forklaringsvariabel og at denne bør justeres med befolkningsvekst dersom man ønsker et mål på tetligheten med hensyn til vekst i fastlands-BNP per person. For arbeidsreiser er det benyttet andre forklaringsvariabler for å forklare etterspørselen, deriblant aggregert handelsvolum mellom Norge og en gitt utenlandsk destinasjon, samt aggregert BNP for denne utenlandske destinasjonen. Et mål for norsk BNP inngår dermed ikke i modellen som forklarer arbeidsreiser. Det er derfor ikke mulig å oversette modellresultatene til en tetlighet med hensyn til fastlands-BNP som skal gjelde for arbeidsreiser.

Internasjonale studier

Det finnes flere internasjonale studier som undersøker sammenhengen mellom etterspørselen etter togreiser og økonomisk vekst. De fleste av disse studiene er basert på data fra Storbritannia og benytter enten aggregert vekst i BNP (GDP) eller indikatorer for personlig inntekt som en av forklaringsvariablene i modelleringen. Typiske funn fra disse studiene er at elastisiteten kan variere både på tvers av reisehensikter og geografiske områder. Paulley m.fl. (2006) påpeker at man i slike analyser er nødt til å ta hensyn til graden av eierskap til bil blant husholdninger. En økning i inntekt vil typisk kunne bidra til økt etterspørsel etter togreiser, men effekten vil kunne reduseres som følge av at økt inntekt også bidrar til økt bilhold og økt bilbruk. En annen faktor er at elastisiteter trolig påvirkes av grad av køproblemer på veinettet i ulike områder. Økning i etterspørselen som følge av økt inntekt eller BNP vil typisk være større der det er problemer med kø ettersom det i større grad er sannsynlig at nye reisende i større grad velger andre transportmidler enn bil for å gjennomføre reiser. Studien påpeker videre at økt inntekt i tillegg til økt reisefrekvens også bidrar til økte reiselengder.

Ved å benytte billettsalgsdata på stasjonsparnivå fra 1990 til 1998 estimerer Wardman (2006) en paneldatamodell for etterspørselen etter billetter. Forklaringsvariabler inkluderer blant annet tidskostnader både for bil og tog for et gitt stasjonspar, samt billettpris og kostnader forbundet med bilbruk. I tillegg inngår BNP som en tidstrend i modellen. Resultatene tilsier at denne forklaringsvariablen er en av de viktigste driverne for vekst i salg av togbilletter. Modellen skiller ikke mellom ulike reisehensikter, men beregner derimot elastisiteter for ulike regionale markeder. Hovedfunnene tilsier at elastisiteten er høyere for reiser til eller fra London enn i andre deler av Storbritannia. I tillegg varierer elastisiteten med reiselengde. For reiser til og fra London estimeres elastisiteten å være rundt 2, mens reiser som foregår utenfor hovedstadsområdet beregnes å ha en elastisitet på rundt 0,5. Dette er dermed regionale elastisiteter aggregert over reisehensikter. Det bør påpekes at datasettet som ligger til grunn for estimeringen ikke inkluderer periodebilletter. Det vil være sannsynlig at slike typer billetter har en lavere sensitivitet til endringer i økonomisk vekst enn salg av enkeltbilletter. Det gjør trolig at estimatene i studien er noe høyere enn de ville vært dersom også periodebilletter hadde vært inkludert i analysen.

En studie av samme forfatter benytter tverrsnittsdata fra Storbritannia fra 1994 med billettsalg for ulike stasjonspar utenfor London for å estimere etterspørselselastisiteten (Wardman, 2007). Selve modellstrukturen er relativt lik som i studien nevnt ovenfor, men uten tidsdimensjonen. I denne studien er det benyttet generelle inntektsindikatorer tilknyttet ulike stasjonspar for å måle inntektselastisiteten med hensyn til togreiser. Inntektselastisiteten beregnes å være 0,52. Denne elastisiteten tilsvarer dermed i stor grad elastisiteten som ble beregnet i Wardman (2006) selv om indikatoren for inntekt er forskjellig (BNP versus inntekt på stasjonsnivå), samt at den ene studien benytter tidsserievariasjon mens den andre benytter tverrsnittsvariasjon for å beregne effekten.

Det er også benyttet andre datakilder for å estimere reiseetterspørselselastisiteten med hensyn til BNP. Dargay (2012) bruker data fra flere britiske reisevaneundersøkelser fra 1995 til 2006. Studien fokuserer på å beregne elastisiteter for samtlige landbaserte transportmidler for alle reisehensikter for reiser som er lengre enn 50 miles (cirka 80 km). Det beregnes deretter elastisiteter for reiser opp til 150 miles (cirka 240 km) og reiser over 150 miles. Forklaringsvariabler i modellen inngår på personnivå, deriblant sosioøkonomiske variabler som husholdningsinntekt. Studien finner nasjonale elastisiteter for tjeneste- og arbeidsreiser på rundt 1,3 for reiser under 150 miles, og elastisiteter på cirka 1,5 for reiser over 150 miles for disse reisehensiktene. For ferie- og fritidsreiser er elastisiteten beregnet å være mellom 0,5 og 0,6 for reiser under 150 miles, mens den er beregnet å være mellom 0,4 og 0,5 for reiser over 150 miles. Aggregert finner studien en inntektselastisitet på 0,8 samlet

for alle reisehensikter for tog. Den korresponderende inntektselastisiteten for alle reisehensikter for fly er beregnet å være 1,4, mens den for bil og buss er estimert å være henholdsvis 0,4 og 0,1.

Passenger Demand Forecasting Handbook (PDFH) gir en sammenfatning av britisk forskning på etterspørselen etter togreiser. Håndboka inkluderer anbefalinger om hvilke elastisiteter som bør benyttes når man prognostiserer effekten av økonomisk vekst på etterspørselen etter togreiser. PDFH klassifiserer økonomisk vekst inn under de eksterne effektene som påvirker etterspørselen etter togreiser – faktorer som er eksogent gitt for togselskapene. Håndboka presenterer elastisiteter for ulike områder og reisehensikter basert på tidligere gjennomførte studier. Anbefalingene er i all hovedsak basert på elastisiteter estimert av ITS Leeds, RAND Europe og SYSTRA (2016) i prosjektet Rail Demand Forecasting Estimation (RDFE). For reiser med periodebillett til/fra London anbefales en elastisitet med hensyn til BNP per capita på 0,5, mens det anbefales en elastisitet på mellom 0,7 og 1,05 for reiser gjennomført med enkeltbilletter avhengig av i hvilken region reisen startet. For disse elastisitetene gjøres det ikke noe skille mellom ulike reisehensikter.

Parametrisering av elastisitet

Studiene referert til ovenfor legger grunnlaget for anbefalt fastsetting av inntektselastisiteten som benyttes i den generiske vekstmodellen. Ettersom det er få norske studier vi kjenner til som estimerer inntektselastisiteten med hensyn til etterspørselen etter togreiser legger resultatene fra de britiske studiene føringer for våre anbefalinger. I tillegg vektlegger vi til en viss grad resultatene for etterspørselen etter flyreiser basert på norske data selv om disse ikke nødvendigvis er direkte overførbare til togtransport.

De britiske studiene benytter, som forklart over, til dels ulike økonometriske metoder og datakilder for å estimere inntektselastisiteten. Dessuten benytter de forskjellige mål på inntekt, henholdsvis vekst i BNP og husholdningsinntekt. Dette er ikke nødvendigvis størrelser som vokser i samme takt, slik at det vil kunne være nødvendig med en korrigering av elastisiteter som benytter ulike økonomiske indikatorer for at de skal bli sammenlignbare. I analyseperioden som benyttes i studien til Dargay (2012) vokste den disponible inntekten i britiske husholdninger i snitt med 3,6 % årlig, mens den årlige veksten i BNP i tilsvarende periode var cirka 3 %²³. Dette tilsvarer et avvik på 20 % som bør korrigeres i tolkningen av elastisiteten dersom BNP benyttes som indikator for økonomisk vekst i vekstmodellen. I dette tilfellet innebærer dette en oppjustering av elastisiteten.

Generelt vil ikke nødvendigvis elastisitetene som er beregnet for Storbritannia kunne overføres direkte til norske forhold. Eksempelvis vil ulikheter i egenskaper ved befolkningen vil kunne påvirke elastisiteten. En faktor som vil kunne påvirke elastisiteten er forskjellen i inntektsnivåene i Storbritannia og Norge. Typisk vil den gjennomsnittlige inntektselastisiteten kunne variere med inntektsnivået. Funnene som presenteres for Storbritannia er kun gjennomsnittlige inntektselastisiteter som gjelder for hele populasjonen, og ikke brutt ned for ulike inntektsnivåer. Vi har derfor ikke hensyntatt slike eventuelle ulikheter i våre vurderinger.

I de britiske studiene er det bevis som tyder på at reiser til eller fra London har høyere elastisitet med hensyn til inntekt enn reiser utenfor London. Dette kan ha sammenheng med at mye av den økonomiske aktiviteten i Storbritannia finner sted i London, noe som gjør reiser til eller fra denne byen mer sensitive for økonomiske konjunkturer. I tillegg medfører trolig høy kapasitetsutnyttelse og køer på veinettet at nye trafikanter i større grad

²³ Basert på tall hentet fra Office for National Statistics

velger tog heller enn bil i London enn i andre deler av Storbritannia. Når vi overfører resultatene fra de britiske studiene til norske forhold ser vi bort i fra denne «storbyeffekten» og velger å ta utgangspunkt i gjennomsnittlige verdier som gjelder for resten av landet samlet.

Som utgangspunkt for anbefalingene tar vi utgangspunkt i studiene fra Dargay (2012) og korrigerer resultatene med bakgrunn i funnene fra Wardman (2006) og PDFH. Vi ser deretter disse elastisitetene i lys av den beregnede elastisiteten for flyreiser fra Norge.

Aggregert for Storbritannia finner Dargay (2012) en etterspørselstelasitet med hensyn til inntekt på cirka 0,6 for fritidsreiser og 1,4 for arbeids- og tjenestereiser. Aggregert for alle reisehensikter er elastisiteten beregnet å være cirka 0,8. Dette inkluderer imidlertid også reiser til og fra London. Vi korrigerer derfor elastisitetene i henhold til resultatene fra Wardman (2006) som tilsier et gjennomsnitt på 0,52 utenom London. I tillegg korrigerer vi for avviket mellom vekst i BNP og disponibel husholdningsinntekt som vi antar er 20 %. I sum finner vi dermed en gjennomsnittlig elastisitet med hensyn til vekst i BNP per innbygger som er:

- For fritidsreiser: 0,5
- For arbeids- og tjenestereiser: 1

Dette samsvarer rimelig godt med elastisitetene som anbefales i PDFH som angir en aggregert elastisitet som varierer mellom 0,5 og 1,05. Denne variasjonen er knyttet opp mot hvorvidt den reisende benytter periodekort eller enkeltbillett, mens vår anbefaling relaterer elastisiteten til ulike reisehensikter. For våre anbefalinger forutsetter vi at elastisitetene er like for periodekort og enkeltbilletter, i tillegg til at de er like for ulike avstandsbånd.

Sammenlignet med funnene fra Østli og Thune-Larsen (2017) tilsvarer anbefalingene for fritidsreiser en elastisitet som er i underkant av 40 % lavere for tog enn for fly. Dette samsvarer relativt godt med resultatene til Dargay (2012) som finner at elastisiteten samlet sett for alle reisehensikter er 42 % lavere for tog enn for fly.²⁴

²⁴ Elastisiteten i Østli og Thune-Larsen (2017) er ikke korrigert for befolkningsvekst slik at dette ikke er en helt korrekt sammenligning.

Vedlegg B. Underliggende antakelser ved beregning av kryseffekter

Tabell V1 viser forutsetninger om distansefordeling og markedsandeler som inngår i beregningen av diversjonsfaktorer og kryseffekter. Diversjonsfaktorer for bil og buss i Nasjonalt gjennomsnitt og Oslo/Viken er beregnet med verktøyet DFPT (diversion factor prediction tool) som er internt utviklet hos TØI i forbindelse med CROSSMODAL-prosjektet og basert på parameterestimer i Flügel mfl (2018).

Tabell V1: Forutsetninger ved beregning av kryseffekter.

			Hele Norge		Oslo/Viken			Fjerntoget			
			Arbeid	Fritid	Tjeneste	Arbeid	Fritid	Tjeneste	Arbeid	Fritid	Tjeneste
Forutsetninger	Distansefordeling	0-2 km	0%	0%	0%	0%	0%	0%			
		2-5 km	5%	5%	5%	5%	5%	5%			
		5-10km	10%	10%	10%	10%	10%	10%			
		10-20km	20%	20%	20%	20%	20%	20%			
		20-50km	40%	40%	40%	40%	40%	40%			
		over 50km	25%	25%	25%	25%	25%	25%			
		Sum	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
	Transportmiddelvalgfordeling	Bil	45%	66%	75%	45%	60%	70%	48%	48%	40%
		Tog	39%	20%	18%	37%	22%	20%	20%	20%	10%
		Buss	11%	9%	5%	9%	9%	5%	2%	2%	0%
		T-bane/trikk	2%	2%	1%	6%	6%	4%			
		Gange	0%	0%	0%	0%	0%	0%			
		Sykkel	3%	3%	1%	3%	3%	1%			
Sum		100%	100%	100%	100%	100%	100%				
Beregnete effekter med (DFPT)	Diversjonsfaktor til tog	Bil	30.5%	26.0%	30.5%	30.4%	25.9%	30.5%			
	Diversjonsfaktor til tog	Buss	25.3%	25.6%	25.2%	25.1%	25.6%	25.2%			
Forutsetninger	Markedsandel	Fly	0%	1%	3%	0%	0%	0%	30%	30%	50%
	Diversjonsfaktor til tog	til tog	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Beregnet kryseffekt	Kryseffekter til tog	bil	0.3519	0.8580	1.2708	0.3697	0.7064	1.0675	0.7200	0.7200	1.2000
		buss	0.0714	0.1152	0.0700	0.0611	0.1047	0.0630	0.0300	0.0300	0.0000
		fly	0.0000	0.0150	0.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.4500	1.5000

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et verrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel på internett og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transporter og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no