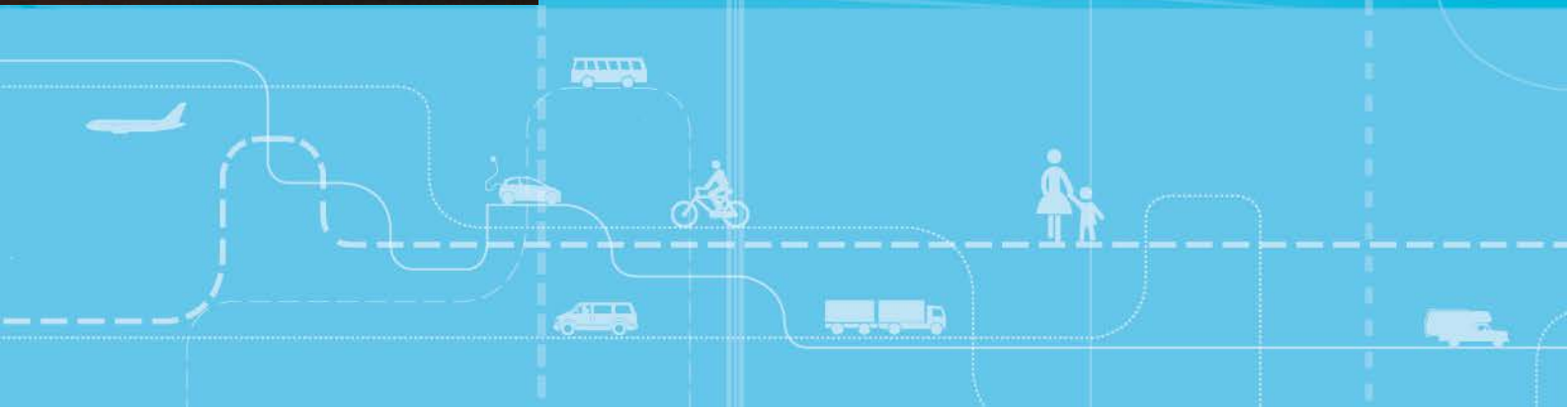


Vekter for sykkelinfrastruktur til bruk ved rutevalg i regionale transportmodeller



Vekter for sykkelinfrastruktur til bruk ved rutevalg i regionale transportmodeller

Estimering basert på GPS-data

Nina Hulleberg
Stefan Flügel
Grétar Ævarsson

Forsidebilde: Unsplash

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: Vekter for sykkelinfrastruktur til bruk ved rutevalg i regionale transportmodeller

Forfattere: Nina Hulleberg
Stefan Flügel
Grétar Ævarsson

Dato: 09.2018

TØI-rapport: 1648/2018

Sider: 52

ISSN elektronisk: 2535-5104

ISBN elektronisk: 978-82-480-2165-0

Finansieringskilde: Statens Vegvesen
Vegdirektoratet

Prosjekt: 4464 – Rutevalgmodell sykkel

Prosjektleder: Nina Hulleberg

Kvalitetsansvarlig: Anne Madslien

Fagfelt: Transportmodeller

Emneord: Transportnettverk
Rutevalg
Sykkel
Modellering

Title: Empirical based infrastructure weights for bicycle route choice

Authors: Nina Hulleberg
Stefan Flügel
Grétar Ævarsson

Date: 09.2018

TØI Report: 1648/2018

Pages: 52

ISSN: 2535-5104

ISBN Electronic: 978-82-480-2165-0

Financed by: Norwegian Public Roads
Administration

Project: 4464 – Bicycle Route Choice

Project Manager: Nina Hulleberg

Quality Manager: Anne Madslien

Research Area: Transport models

Keywords: Transport network
Route choice
Bicycle
Modelling

Sammendrag:

På oppdrag fra Statens Vegvesen har TØI etablert empirisk baserte infrastrukturvekter for sykkel. Vektene fanger opp syklistenes opplevelse (komforteffekt) av ulike former for sykkelinfrastruktur. Vektene er kontrollert for fart og anvendes sammen med en fartsmodell for å modellere den samlede attraktiviteten av ulike sykkelinfrastruktur. Datagrunnlaget er GPS-observasjoner som er knyttet til et nettverk fra OpenStreetMap (OSM). Vi finner at syklistene i gjennomsnitt sykler 21% omvei sammenlignet med korteste rute og 17% lengre enn raskeste rute. Den valgte ruten har en høyere andel tilrettelagt infrastruktur enn det alternativet som er kortest i distanse. Vi finner også at vektene er avhengig av reiselengde, og at omveien oppleves som en større ulempe hvis man sykler kort enn hvis man sykler langt. Vektene er justert til å omfatte infrastrukturen som finnes i Nasjonal Vegdatabank (NVDB). Dette gir grunnlag for å inkludere vektene i de regionale transportmodellene (RTM) i Norge.

Summary:

TØI has – commissioned by the Public Roads Administration – established empirical based infrastructure weights for bicycle route choice. The weights are controlled for speed and are used together with a speed model to model the overall attractiveness of different bike infrastructure. The data streams from GPS observations in Oslo. We find that cyclists on average cycle a 21% detour compared with the shortest route and 17% longer than fastest route. The chosen route has a higher proportion of facilitated infrastructure. We also find that the weights depend on the length of the trip. The weights are adjusted to include the infrastructure found in the National Road Database (NVDB). This provides a basis for including the weights in the regional transport models (RTM) in Norway.

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

Kunnskap om hvordan personer kommer seg fra A til B med ulike transportmidler er viktig for å kunne anslå effekter på etterspørsel og samfunnsøkonomisk nytte av transporttiltak. De siste årene har økt fokus på sykkel ført til større fokus på sykkeltiltak og derav et økt krav til å kvantifisere effektene av slike tiltak. Dette øker behovet for å bedre modelleringen av sykkel i transportmodellene. Denne rapporten dokumenterer arbeidet med å etablere empirisk baserte infrastrukturvekter som er tenkt implementert i de regionale transportmodellene.

Arbeidet er utført på oppdrag fra Statens Vegvesen Vegdirektoratet gjennom etatsprogrammet Bedre By. Kontaktperson har vært Henrik Vold. Fra oppdragsgiverens side har også Oskar Andreas Kleven og Guro Berge bidratt. Vi takker for gode innspill og godt samarbeid gjennom prosjektet.

Prosjektleder for oppdraget har vært Nina Hulleberg. Grétar Ævarsson har bidratt med å etablere datagrunnlaget, samt gitt nyttige innspill gjennom prosjektet. Estimeringsarbeidet har blitt utført av Stefan Flügel og Nina Hulleberg, mens Anne Madslie har vært ansvarlig for kvalitetssikring av rapporten. Vi ønsker også å takke Trude Kvalsvik for hjelp med ferdigstillingen av rapporten.

Oslo, september 2018

Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
Direktør

Kjell Werner Johansen
Andelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Formål og videreføring av tidligere arbeid.....	2
1.3	Rapportstruktur	2
2	GPS-data	3
3	Nettverkskoding	4
3.1	Definisjon av sykkelinfrastruktur	7
3.2	Etablering av andre egenskaper.....	12
4	Deskriptive analyser av valgt rute og syklede omveier	14
5	Alternative ruter	19
6	Estimering	22
6.1	Estimeringsmodell.....	22
6.2	Effekt av ekskluderingsregler.....	23
6.3	Effekt av bakgrunnsvariabler (personsegmenter og reisedistanse)	27
6.4	Effekt av stigning	27
6.5	Endelig modell.....	28
7	Oppsummering og diskusjon	30
7.1	Anbefaling	30
7.2	Sammenligning med SP-resultater	31
7.3	Usikkerhet.....	34
8	Referanser	35
	Vedlegg	37
	Vedlegg A: Mer om generering av alternative ruter	38
	Vedlegg B: Kvalitetssikring av GPS-data	41
	Vedlegg C: Fartsmodell for sykkel	43
	Vedlegg D: Ekskluderingsregler	45
	Vedlegg E: Estimeringsresultater	46
	Vedlegg F: Implementering av vekter for infrastruktur i RTM versjon 4	51

Sammendrag

Vekter for sykkelinfrastruktur til bruk ved rutevalg i regionale transportmodeller

TOI rapport 1648/2018
Forfattere: Nina Hulleberg, Stefan Flügel, Grétar Evarsson
Oslo 2018 52 sider

Rapporten presenterer empirisk baserte vekter for syklistenes preferanser for ulike sykkelinfrastruktur, samt deskriptive analyser av valgt rute og syklede omveier. Datagrunnlaget for analysene er GPS-observasjoner for sykkelreiser i Oslo som er knyttet til et nettverk fra OpenStreetMap (OSM). Vi finner at syklistene i gjennomsnitt sykler 21% omvei sammenlignet med korteste rute og 17% lengre enn raskeste rute. Den valgte ruten har i tillegg en høyere andel tilrettelagt infrastruktur enn det alternativet som er kortest i distanse. Vektene fanger opp syklistenes opplevelse (komforteffekt) av ulike former for sykkelinfrastruktur, og vi finner at vektene er avhengig av reiselengde, og at omveien oppleves som en større ulempe hvis man sykler kort enn hvis man sykler langt.

Bakgrunn

Bakgrunnen for arbeidet er et behov for bedre modellering av sykkelreiser i de regionale transportmodellene (RTM). Prosjektets målsetting er å utvikle infrastrukturvekter for sykkel som kan implementeres i RTM. Arbeidet er finansiert av Statens Vegvesen Vegdirektoratet, gjennom FoU-programmet Bedre By.

Metodisk tilnærming

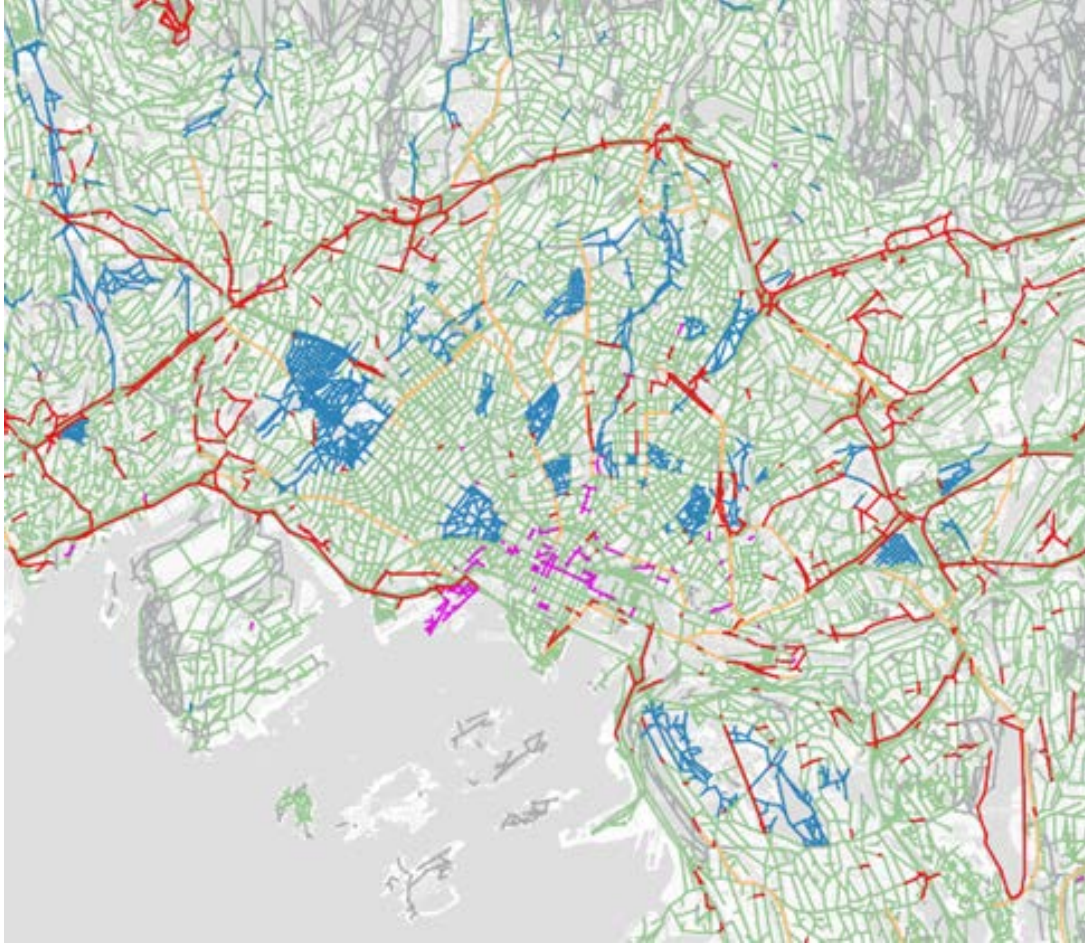
Løsningen av oppdraget involverer følgende arbeidsoppgaver:

- Etablering av datagrunnlaget og datakodning
 - Etablere nettverk fra OpenStreetMap (OSM) og etablere lenkeegenskaper og infrastrukturkategorier
- Deskriptive analyser av valgt rute
 - Sammenligning av valgt rute med korteste og raskeste rute
- Generering av alternative ruter til estimering
- Økonometrisk modellering og estimering
 - Statistisk analyse av infrastrukturvekter
- Validering og diskusjon
 - Sammenligning med empiriske tall
 - Uttesting i CUBE

Data

I prosjektet har vi brukt GPS-data som ble samlet inn i tidsrommet 1.april 2016 – 30.juni 2016. Respondentene ble rekruttert blant personer som hadde søkt om midler i støtteordningen for elsykler i Oslo, samt et utvalg på 10 000 syklistene bosatt i Oslo-området. 721 personer lastet ned mobilapplikasjonen Sense.DAT, som kartlegger respondentens bevegelser ved hjelp av GPS-data.

Disse observasjonene ble knyttet til punkter i et nettverk fra OpenStreetMap. Til dette nettverket har vi koblet på egenskaper som inngår som forklaringsvariabler i fartsmodellen, samt at vi har definert infrastrukturkategorier. Disse infrastrukturkategoriene vises i figuren under.



Figur S.1: OSM-nettverk med kodet infrastruktur hvor rødt = sykkelvei, oransje = sykkelfelt, blått = G Svei + parkanlegg, grønt = ingen tilrettelegging, lilla = gågate og grått = stier. I denne figuren vises ikke fortau.

Resultater og anbefaling

Vi finner at syklister i gjennomsnitt sykler 21% omvei i forhold til korteste rute, og at den valgte ruten har en høyere andel infrastruktur som er tilrettelagt enn både det alternativet som er kortest i distanse og det alternativet som er raskest i tid. Vi finner også at vektene er avhengig av distanse og at omveien oppleves som en større ulempe hvis man sykler kort enn hvis man sykler langt. Dette innebærer at betydningen av god infrastruktur øker med distanse.

Vektene vi anbefaler er basert på de samme infrastrukturkategoriene som vi finner i fartsmodellen for sykkel (separat sykkelvei, sykkelfelt, gang- og sykkelvei og sykling i veibanen/ingen tilrettelegging). Vi har valgt å normalisere sykling på separat sykkelvei, som er den infrastrukturkategorien som har høyest standard og høyest gjennomsnittlig hastighet i fartsmodellen. Vektene for de ulike sykkelinfrastrukturkategoriene er rapportert i Tabell S 1.

Tabell S 1: Estimerte infrastrukturvekter for sykkel.

Infrastruktur	Vekt
Sykle på separat sykkelvei	1,00
Sykle i sykkelfelt	1,70
Sykle på gang og sykkelvei (felles infrastruktur for gående og syklende)	2,17
Sykle i veibanen	2,01
Sykle på sti (ikke med i NVDB – ikke aktuell for RTM)	3,73
Sykle på fortau i sentrum (ikke kodet i NVDB – ikke aktuell for RTM)	3,19

Vektene tolkes som rene komfort/trygghetseffekter uavhengig av ulik gjennomsnittsfart på ulik type infrastruktur. I praksis betyr dette at man opplever det som like bra å sykle 1,7 minutter på en separat sykkelvei som 1 minutt i et sykkelfelt. Vektene gjenspeiler den relative «unytten» av å sykle på de forskjellige typene infrastruktur i ett minutt.

Summary

Empirical based infrastructure weights for bicycle route choice

TOI Report 1648/2018

Authors: Nina Hulleberg, Stefan Flügge, Grétar Ævarsson

Oslo 2018 52 pages Norwegian

The report presents empirical analysis to establish weights for cyclist' preferences for different cycling infrastructure. The weights are controlled for average cycling speed predicted by a speed model and are interpreted as discomfort factors. Compared to the separated cycling path, we find among others that cycling lanes have a weight of 1.70 while walk/cycle path a weight of 2.17.

The report is connected to a project commissioned and founded by the Norwegian Public Roads Administration.

The empirical analysis are based on GPS observations in Oslo, conducted by above 700 respondents during the period 1 April 2016 – 30 June 2016. The observations, as well as other explanatory variables, were mapped onto a network from OpenStreetMap.

Descriptive analysis reveal that cyclists chosen route is on average 21% longer than the shortest possible route and 17% faster than the fastest possible route. On average, the chosen route also has a higher proportion of facilitated infrastructure.

Using Dijkstra's algorithm, we established alternative routes that are used to establish trip specific choice set. Given these choice sets, we are using mixed logit models to estimate the cycle infrastructure weights. Table S 1 summarises our main findings. The weights of separated cycling path is normalised to value 1.

Table S 1: Estimated cycle infrastructure weights

Infrastructure	Weight
Separated cycling path	1.00
Cycling lane	1.70
Walk/cycle path	2.17
Other	2.01
Path/track	3.73
Sidewalk (city centre)	3.19

Additional analysis revealed that the weights depend on the length of the trip.

The weights in Table S 1 are adjusted to include the infrastructure found in the National Road Database (NVDB). This provides a basis for including the weights in the regional transport models (RTM) in Norway.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med arbeid med ny etterspørselsmodell for korte personreiser, regional transportmodell (RTM), har det vært et ønske om å få modellert reisetider og rutevalg for sykling så riktig som mulig. I forrige versjon av RTM (versjon 3) beregnes reisetid for sykkel ut fra en fast hastighet på 15 km/t, og reisetiden mellom to punkter vil dermed kun avhenge av distansen langs vei mellom disse to punktene. Videre antas det at alle personer velger å sykle den raskeste ruten, noe som betyr at man alltid vil velge den korteste ruten (pga. fast hastighet), uavhengig av egenskapene denne ruten har. Dette er åpenbart en grov forenkling, og vil i praksis bety at en forbedring i type infrastruktur ikke vil gi utslag på rutevalg og reisetid.

Flere stated preference (SP)-undersøkelser viser at syklister verdsetter å sykle på bedre sykkelinfrastruktur. Respondentene gir altså uttrykk for å være villig til å sykle en omvei når de kan sykle på en mer behagelig eller trygg infrastruktur. Basert på en SP-undersøkelse i fire norske byer har Urbanet (Loftsgarden, Ellis & Øvrum, 2015) funnet at folk «like gjerne sykler 1,4 minutter på gang- og sykkelveg som 1 minutt på sykkelfelt» og «like gjerne 2,6 minutter på gang- og sykkelveg som 1 minutt i vegbanen» (side 36, Loftsgarden, Ellis & Øvrum, 2015)¹.

De siste årene har økt fokus på sykkel ført til et økt fokus på sykkeltiltak og derav et økt krav til kvantitative effektberegninger av disse. Dette øker behovet for en bedre modellering av sykling i RTM og/eller supplementære modeller. For å forbedre modellering av rutevalg og transportmiddelvalg har det bl.a. blitt innført mulighet for å vekte distanse av sykkelinfrastruktur i RTM. Vekting av infrastruktur har bl.a. blitt benyttet i byutredningene som ble gjennomført i 2017 (Statens vegvesen og Jernbanedirektoratet, 2017). Vektene som ble benyttet i byutredningene tar utgangspunkt i vektene til Urbanet, men er nedjustert med om lag 30 % (Statens vegvesen og Jernbanedirektoratet, 2017)².

Mens SP-undersøkelser anses som godt egnet for verdsettingsstudier, er de lite egnet for å predikere faktisk adferd. Vektene 1,4 og 2,6, som nevnt over, framstår som høye og det er stor usikkerhet knyttet til om disse vektene vil gjelde i virkeligheten, dvs. om folk flest faktisk vil sykle så store omveier for å oppleve bedre sykkelveier. Det var derfor ønskelig å se på hvilke alternative metoder man kan bruke for å estimere vektene som kan inngå i en rutevalgsmoell.

Revealed preference (RP)-data unngår den hypotetiske usikkerheten som er beheftet med SP-data. Her var det tidligere en utfordring at man manglet store og detaljerte RP-data som kan brukes til dette formål, men tilgang til GPS-data fra sykkelturner vurderes som et godt utgangspunkt for denne problemstillingen. I (Tørset, 2017) nevnes det at det er ønskelig med vekter basert på en studie av valgte ruter.

¹ Det er disse vektene man har brukt som utgangspunkt for vekting av infrastruktur i dagens RTM.

² Her er det ulike måter å regne på. En reduksjon fra 2,6 til 1,8 kan sees på som en halvering ved normalisering mot 1. Det er denne måten å regne på vi benytter oss av videre i dokumentet.

Statistiske analyser av rutevalg er typisk basert på diskrete valgmodeller. Diskrete valgmodeller basert på RP-data kan generelt være utfordrende å modellere og estimere fordi 1) valgsettet er ikke direkte observert 2) valgsettet kan være veldig stort 3) kjennetegnene til alternativene er uobserverte og 4) kjennetegn til alternativene er sterkt korrelerte. For RP-baserte rutevalgsmodeller er alle disse fire utfordringer kritiske. I tillegg vil nødvendige forenklinger (f.eks. redusering av valgsettet, tilfeldig trekning av alternativene) gjerne medføre et ekstra usikkerhetsmoment. Vi har derfor valgt å supplere estimeringsmodellene (kapittel 6) med en ren deskriptiv analyse (kapittel 4).

1.2 Formål og videreføring av tidligere arbeid

Prosjektets formål er å etablere empirisk baserte vekter som beskriver syklistenes preferanser for ulik sykkelinfrastruktur. Tanken er at vektene skal fange opp mer av syklistenes opplevelse (komforteffekt) enn det en ren fartsmodell klarer. Vektene er tenkt implementert i nettverksbaserte modeller.

Arbeidet i denne rapporten bygger videre på flere arbeider som har blitt utført de siste årene og er nært knyttet opp mot etableringen av ny regional transportmodell (RTM). Et av hovedbidragene er fartsmodellen for sykkel (Flügel, et al., 2017) som vi har brukt for å beregne tidsbruk på lenkene i nettverket.

Vi ønsker også å presisere at det har blitt laget et arbeidsdokument med foreløpige resultater i dette prosjektet (Hulleberg, Flügel & Ævarsson, 2018). Vi har i etterkant justert noe på infrastrukturkodingen og repetert selve estimeringen, og foreliggende rapport er ment å erstatte dette arbeidsdokumentet.

1.3 Rapportstruktur

Vi har delt arbeidsopplegget inn i fem arbeidsoppgaver som vist i tabell 1.1.

Tabell 1.1: Arbeidsopplegg og referanse til rapportkapittel.

Arbeidsskritt	Hovedoppgave	Kapittel i rapport
Etablering av datagrunnlaget og datakoding	Etablere nettverk fra OpenStreetMap, samt etablere lenkeegenskaper og infrastrukturkategorier.	2 - 3
Deskriptive analyser av valgt rute	Sammenligning av valgt rute med korteste og raskeste rute.	4
Generering av alternative ruter	Generering av alternative ruter til estimering.	5
Økonometrisk modellering og estimering	Statistisk analyse av infrastrukturvekter ved rutevalg.	6
Validering og diskusjon	Gjennomgang av resultater og diskusjon.	7

2 GPS-data

Vi har i dette prosjektet benyttet oss av det samme datagrunnlaget som vi brukte ved etableringen av fartsmodellen for sykkel (Flügel, et al., 2017). Dette er data som ble samlet inn i tilknytning til et prosjekt som hadde som formål å evaluere effekten av en støtteordning for elsykler i Oslo (Fyhri, Sundfør, & Weber, 2016). Datainnsamlingen foregikk i perioden april – juni 2016 og den besto av besvarelse av spørreskjema(er), samt at noen av deltagerne også valgte å laste ned reiseappen Sense.DAT. Det er data fra denne applikasjonen vi har benyttet oss av.

Selve datainnsamlingen foregikk ved at brukerne lastet ned og tok i bruk reiseappen. Etter nedlastning og registrering av brukernavn, kjørte appen av seg selv i bakgrunnen. Appen brukte telefonens posisjonstjeneste for å stedfeste mobilen, og posisjonen kunne være bestemt av mobilnett, WIFI-nettverk, GPS eller en kombinasjon av disse. Opptak av rådata skjedde mens brukerne beveget seg. Dataene ble senere lastet opp til en server hvor de ble videre prosessert, bl.a. ble de projisert til et OpenStreetMap-nettverk. Brukerne kunne velge om de ville følge med på hva som ble registrert, og eventuelt korrigere dette, eller om de ville la appen kjøre passivt i bakgrunnen.

Totalt var det 721 brukere som lastet ned applikasjonen og tok den i bruk og det ble registrert over 40 000 sykkelturer i Oslo. For å velge ut hvilke turer som skulle brukes i modellen, har vi hovedsakelig støttet oss på den automatiske kategoriseringen av reisemiddel og reisehensikt som ble foretatt av appen.

Av alle turene som har blitt registrert har vi forsøkt å luke ut turer som ikke er «typiske sykkelturer». Dette kan være turer med veldig lav eller veldig høy hastighet, eller turer som er veldig korte eller veldig lange. I tillegg har vi tatt bort turer vi mener har andre formål enn transport i seg selv. Dette betyr f.eks. at vi har ekskludert turer som har fått reisehensikt «fysisk aktivitet». Grunnen til at vi har ekskludert disse turene er at man ved slike turer ofte velger en annen rute enn det man ellers ville gjort. Vi har også ekskludert turer med samme start- og slutt punkt (rundturer).

3 Nettverkskoding

Det er tenkt at resultatene fra dette prosjektet skal kunne implementeres i RTM, hvor nettverkene bygger på data fra Nasjonal Vegdatabank (NVDB). Vi ser derfor at det er viktig å lage en modell som predikerer rutevalg basert på egenskaper som allerede finnes i NVDB-nettverket.

Siden NVDB-nettverket kun inneholder informasjon om veier som er skiltet, vil det til tider ikke være sammenhengende. I et annet prosjekt på TØI (Hulleberg, Ævarsson, & Flügel, 2018) har vi sammenlignet sykkeldistanser i nettverk fra NVDB med distanser fra OpenStreetMap (OSM). Der har vi sammenlignet korteste distanser gitt fra LoS-matrisene³ fra delområdemodellen DOM Agder med korteste vei fra et OSM-nettverk som dekker samme område. Hvis vi antar at den «riktige» distansen er OSM-distansen, fant vi at turene i delområdemodellen i gjennomsnitt var 4% lengre. For turer som var kortere enn 15 km var turene i delområdemodellen i gjennomsnitt 17% lengre. Dette tolker vi dit at den korteste tilgjengelige ruta (ofte) ikke finnes i NVDB-nettverket.

Siden vi ønsker å ha den korteste ruten med i de deskriptive analysene, har vi i dette prosjektet valgt å benytte oss av et OSM-nettverk. Det er derfor verdt å legge merke til at detaljeringsnivået i de to nettverkene er ganske forskjellig. I figur 3.1 og figur 3.2 er det vist noen eksempler på hvordan nettverkene skiller seg fra hverandre. Siden OSM er mer detaljert kodet, vil vi få flere lenker i dette nettverket. Videre er OSM-kartene basert på innsamlede data og frie ressurser, og er satt sammen på dugnad. Dette betyr at detaljeringsgraden er veldig påvirket av hvor folk legger inn informasjon og hva de legger inn. Kartdataene er lisensiert under Open Database License, noe som betyr at man fritt kan laste ned og benytte dette nettverket.

³ LoS = Level of Service



Figur 3.1: Eksempel på utsnitt fra NVDB-nettverket ved John-Collets plass. Vi observerer at selve rundkjøringen, samt trikkesløyfen mangler. Den markerte lenken (i lyseblått) har to kjørefelt og 2 markerte sykkelfelt (lanes = 1#2#3S#4S).



Figur 3.2: Eksempel på utsnitt fra OSM-nettverket ved John-Collets plass. Til venstre er trikke-traseen markert som en egen lenke, i midten er et kjørefelt markert som en egen lenke (med informasjon om sykkelfelt) og til høyre er gangfeltet en egen lenke. I alle tre eksemplene er den omtalte lenken markert i rødt.

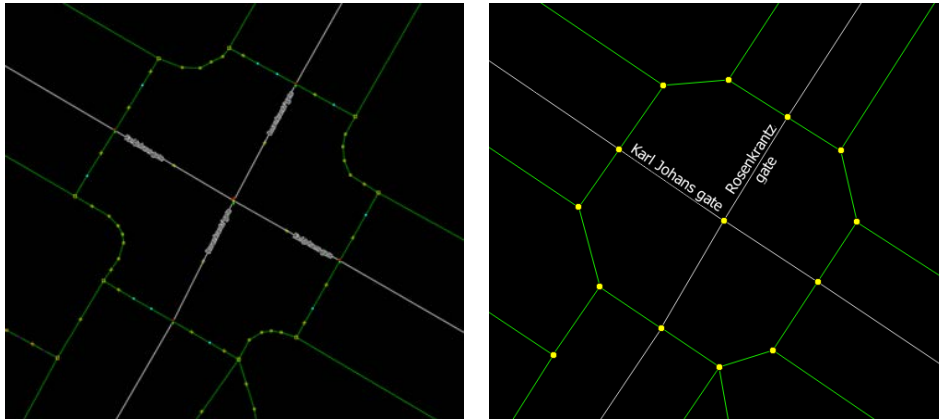
Vi lastet ned et OSM-nettverk for hele Norge 9. juni 2017. For å kunne benytte oss av dette nettverket i foreliggende prosjekt har det vært nødvendig med en tilpasning slik at nettverket dekker det området vi ønsker å se på, at vi har med aktuelle lenker for sykkel, samt at nettverket inneholder de egenskapene vi ønsker at nettverket skal ha. F.eks. er det en utfordring at OSM-nettverket bruker en annen oppsplitting i lenker og noder enn det vi er vant med. Der hvor nettverk fra NVDB hovedsakelig splittes opp i hvert kryss, kan lenkene i OSM strekke seg på tvers av kryss (se figur 3.3).



Figur 3.3: Eksempel på uheldig oppsplitting av veilenke i OSM. Den markerte lenken (i lyseblått) krysser to andre veier uten at man har mulighet til å svinge av.

For å lage et nettverk har vi gjort følgende:

1. Lastet ned nettverksdata for hele Norge fra Geofabrik.de
2. Seleksjon av lenker i Oslo (det området vi er interessert i)
 - a. Utgangspunkt i en shapefil som dekker Oslo fylke. Denne konverterte vi til POLY-format ved hjelp av en QGIS-plugin som kalles «osmpoly-export».
 - b. Bruker Java-applikasjonen «Osmosis» til å filtrere ut data som ligger utenfor poly-linjen.
3. Filtrerer bort noder/lenker som ikke er aktuelle for sykkel
 - a. Veier som er merket «bicycle = no» eller «access = no»
4. Kjøring av en tilpasset MATSim-kode (OsmReader.java og OsmToCsv.java) til å:
 - a. Splitte opp lenker i veikryss, for så å redusere kompleksiteten i nettverket (se Figur 3.4)
 - b. Hente relevant informasjon fra OSM-nettverket for noder og lenker
 - c. Hente høyde fra digital terrengmodell (DTM) fra Kartverket
 - d. Registrere infrastrukturtype, høydeforskjell, lengde og shape-lengde for lenker



Figur 3.4: Forenkling: Krysset har 39 noder for forenkling (venstre), og 12 noder etter (høyre)

3.1 Definisjon av sykkelinfrastruktur

Når det gjelder koding av infrastruktur har vi valgt å definere de samme kategoriene som vi brukte i sykkelfartsmodellen (separat sykkelvei, sykkelfelt, gang-og-sykkelvei og ingen tilrettelegging/sykling i veibanen). I første del av prosjektet valgte vi å kun definere disse fire. Dette resulterte i litt for store forskjeller mellom hva som ble definert som god infrastruktur i OSM og hva vi definerte som god infrastruktur i NVDB. Vi har derfor endt opp med å kode inn flere sykkelinfrastrukturkategorier. Dette omfatter kategoriene stier (i marka), fortau og gågate. For å kode disse typene har vi benyttet oss av egenskaper (tags) som finnes i OSM. Tabellen under viser sammenhengen mellom egenskapene i OSM og sykkelinfrastruktur-kategoriene.

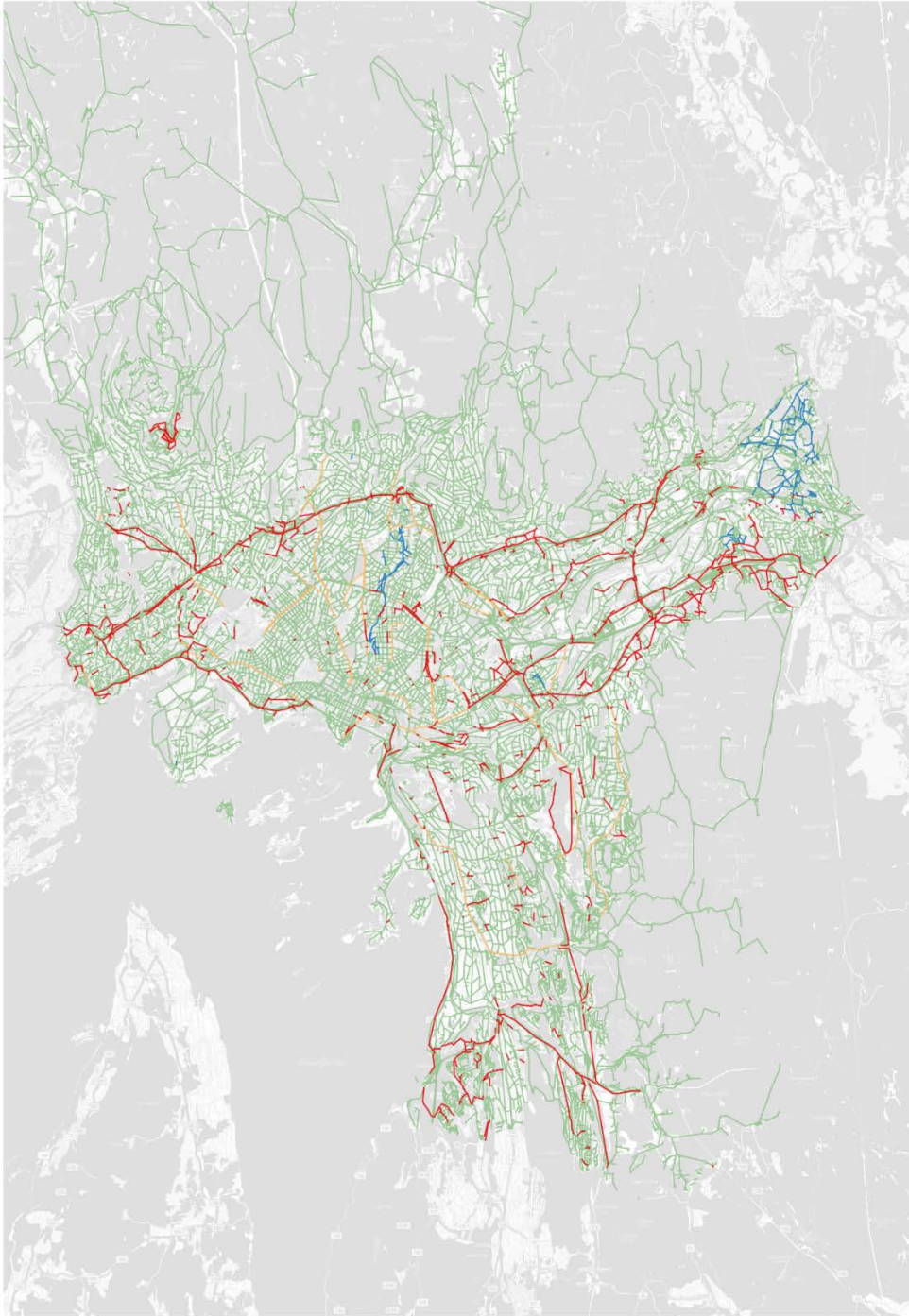
Tabell 3.1: Definisjon av kategorier av infrastruktur basert på OSM-tags

Input (OSM tags)					Output
Highway	Cycleway	Bicycle	Foot	Nr	Infrastructure
* (other than cycleway)	lane	*	*		sykkelfelt
cycleway	lane	*	*		sykkelvei
cycleway	*	*	*		sykkelvei
path	*	designated	designated		ga_og_sykkel
path	*	designated	*		sykkelvei
path	*	*	*		sti
footway	*	designated	*		sykkelvei
footway	*	*	*		fortau
pedestrian	*	designated	*		sykkelvei
pedestrian	*	*	*		gagate
*	*	*	*		annet

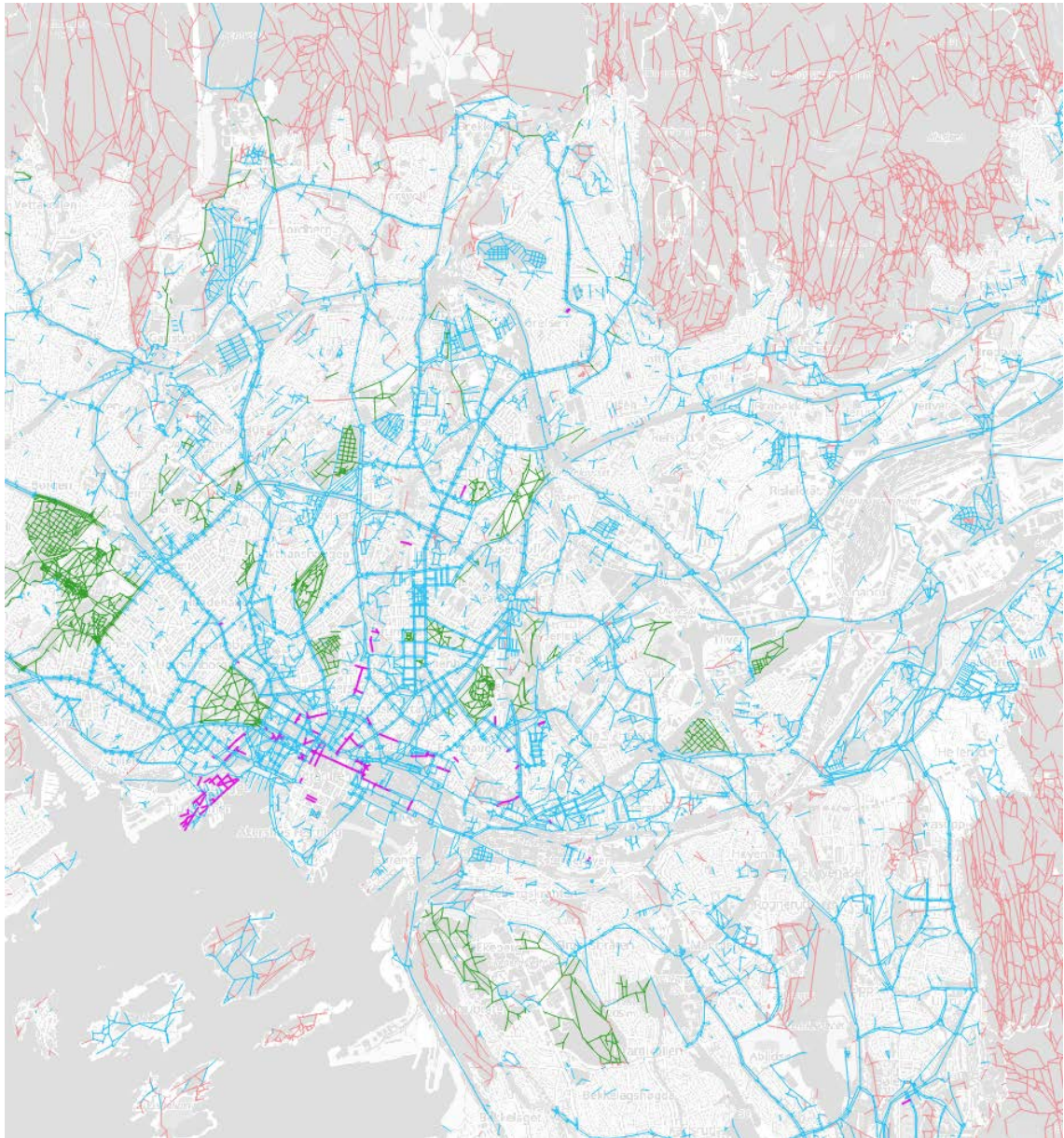
I tillegg til kodingen i tabell 3.1 har vi gjort manuelle endringer der hvor vi har sett at det har vært nødvendig. Dette gjelder spesielt sykkelveier som det var kodet langt flere av i OSM enn i NVDB. I tillegg har vi for fortau skilt mellom fortau i sentrumsområder og fortau ellers. Vi har også laget en egen kategori hvor vi har samlet veier/stier som ligger i park-anlegg.

Figur 3.5 - figur 3.7 viser det resulterende OSM-nettverket med kodet infrastruktur. Figur 3.5 viser kategoriene sykkelvei, sykkelfelt, gang- og sykkelvei og ingen tilrettelegging,

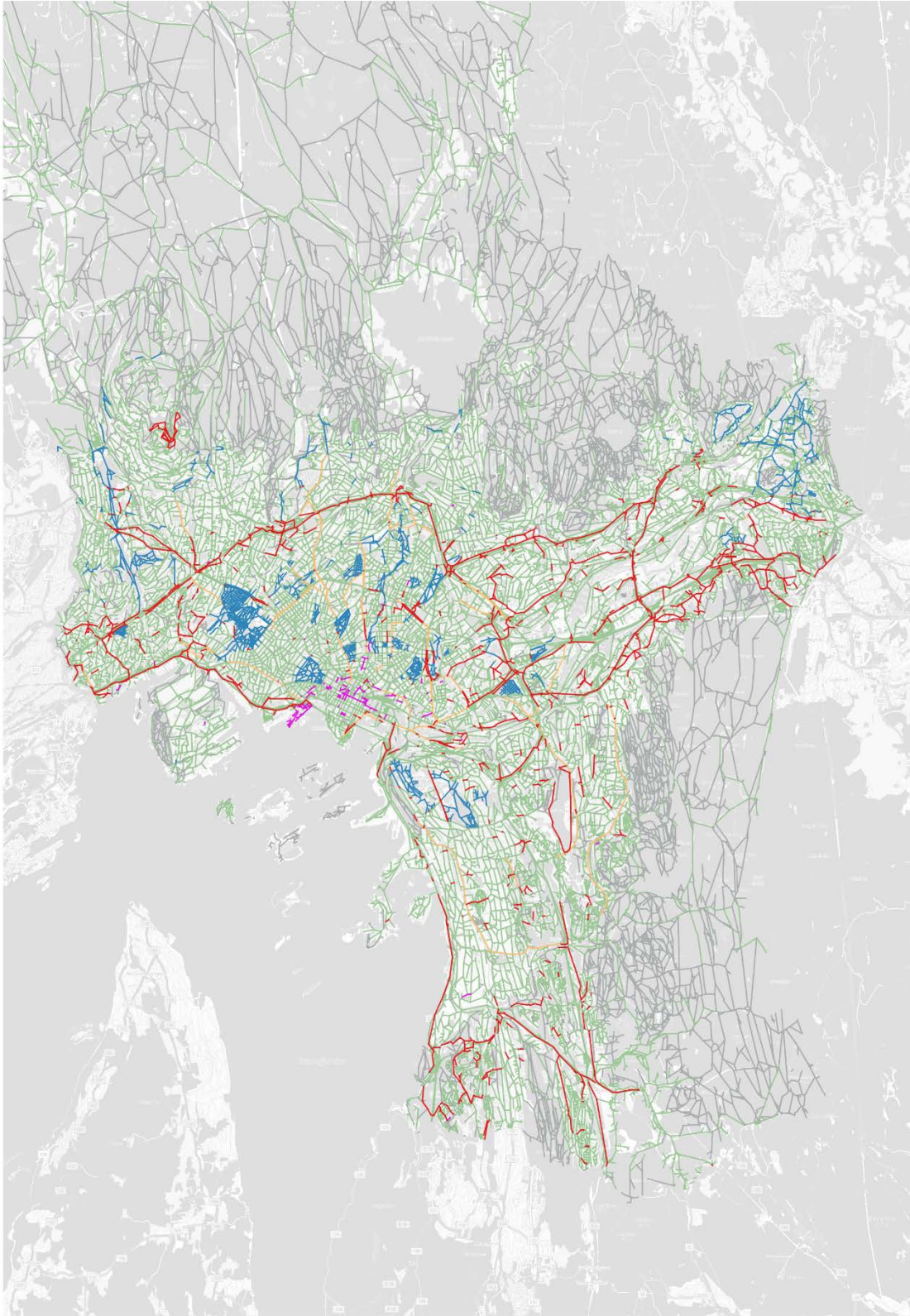
mens figur 3.6 viser de nye kategoriene (stier, fortau, gågater og parkanlegg). I figur 3.7 har vi gjort et forsøk på å gruppere infrastrukturkategoriene slik at det er mest mulig sammenlignbart med kodingen i NVDB som er vist i figur 3.8.



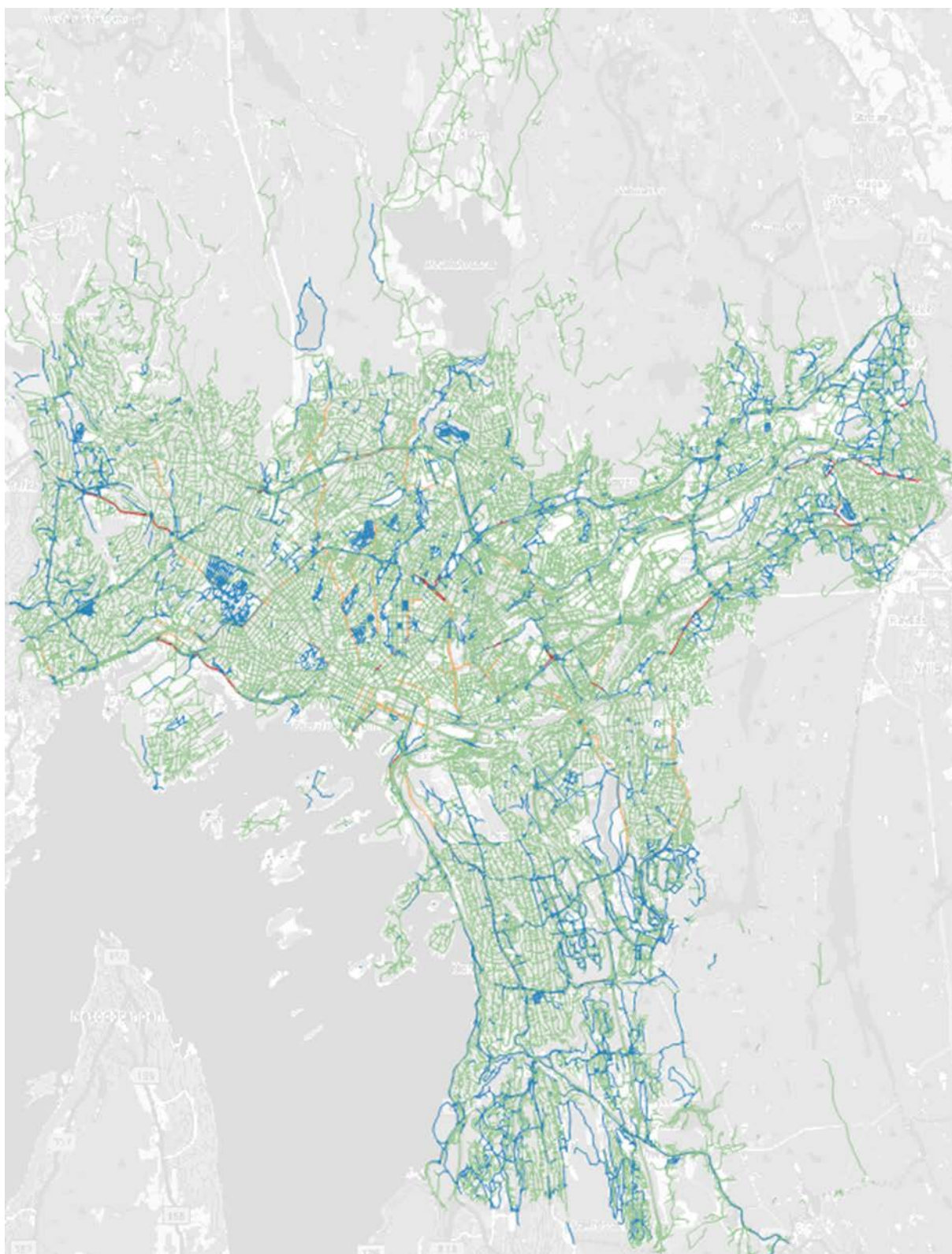
Figur 3.5: OSM-nettverk med kodet infrastruktur hvor rødt = sykkelvei, oransje = sykkelfelt, blått = GSvei og grønt = ingen tilrettelegging.



Figur 3.6: OSM-nettverk med kodet infrastruktur hvor lilla = gågate, blått = fortau, grønt = parkanlegg og rødt = stier.



Figur 3.7: OSM-nettverk med kodet infrastruktur hvor rødt = sykkelvei, oransje = sykkelfelt, blått = GSvei + parkanlegg, grønt = ingen tilrettelegging, lilla = gågate og grått = stier. I denne figuren vises ikke fortau.



Figur 3.8: NVDB-nettverk med kodet infrastruktur hvor rødt = sykkelvei, oransje = sykkelfelt, blått = Gsvei og grønt = ingen tilrettelegging.

Når det gjelder kategoriene «ingen tilrettelegging/i veibanen» og «sykkelfelt» er det ingen store forskjeller mellom nettverkene. For felles infrastruktur med gående er nettverkene ganske like innenfor ring 3 når vi inkluderer parkanlegg og ser bort fra fortau og gågater,

mens det er større forskjeller utenfor ring 3. Når det gjelder sykkelveier er det fremdeles kodet langt flere i OSM.

For å beregne hastigheter på de ulike lenkene har vi brukt samme gruppering som i figur 3.7. Denne informasjonen er også gjengitt i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Kobling mellom infrastrukturkategori i OSM og infrastrukturkategori i fartsmodellen.

Type vei i OSM	Infrastrukturkategori i fartsmodellen
Separat sykkelvei	Separat sykkelvei
Sykkelfelt	Sykkelfelt
Gang- og sykkelvei (felles infrastruktur med gående)	Gang/sykkelvei (GSvei)
Ingen tilrettelegging	Annet (i veibanen)
Sti	Annet (i veibanen)
Parkanlegg	Gang/sykkelvei (GSvei)
Fortau i sentrum	Annet (i veibanen)
Fortau ellers	Annet (i veibanen)
Gågate	Annet (i veibanen)

3.2 Etablering av andre egenskaper

I tillegg til sykkelinfrastrukturen har det vært nødvendig å kode inn flere egenskaper i OSM-nettverket for å kunne beregne hastighet med sykkelfartsmodellen. Dette avsnittet tar kort for seg disse egenskapene.

Koordinater til nodene

I OSM finner man x- og y-koordinater, men ingen informasjon om høyde. Denne informasjonen har blitt hentet ut ved hjelp av terrengmodeller fra kartverket.

Type kryss

Et veikryss er et sted hvor trafikkstrømmer går sammen eller krysser hverandre. Vi har valgt å definere kryss på samme måte som ved etablering av fartsmodellen, hvor T-kryss er et kryss med to inngående lenker, mens et X-kryss har minst tre inngående lenker.

Hovedsykkelrute og sentrumslenker

Ved etablering av fartsmodellen valgte vi å definere følgende strekninger i Oslo-området som hovedsykkelruter: «Tour de Finance», Ring 3 og Trondheimsveien nord for Sinsenkrysset. Sentrumslenkene ble definert ved hjelp av SSBs sentrumsdefinisjon⁴. Datasettet fra SSB kommer som et kartlag, og hovedsykkelrutene hentet vi ut fra NVDB-nettverket og lagret som et annet kartlag. Ved hjelp av GIS har vi selektert ut de lenkene som overlappet disse områdene i OSM-nettverket.

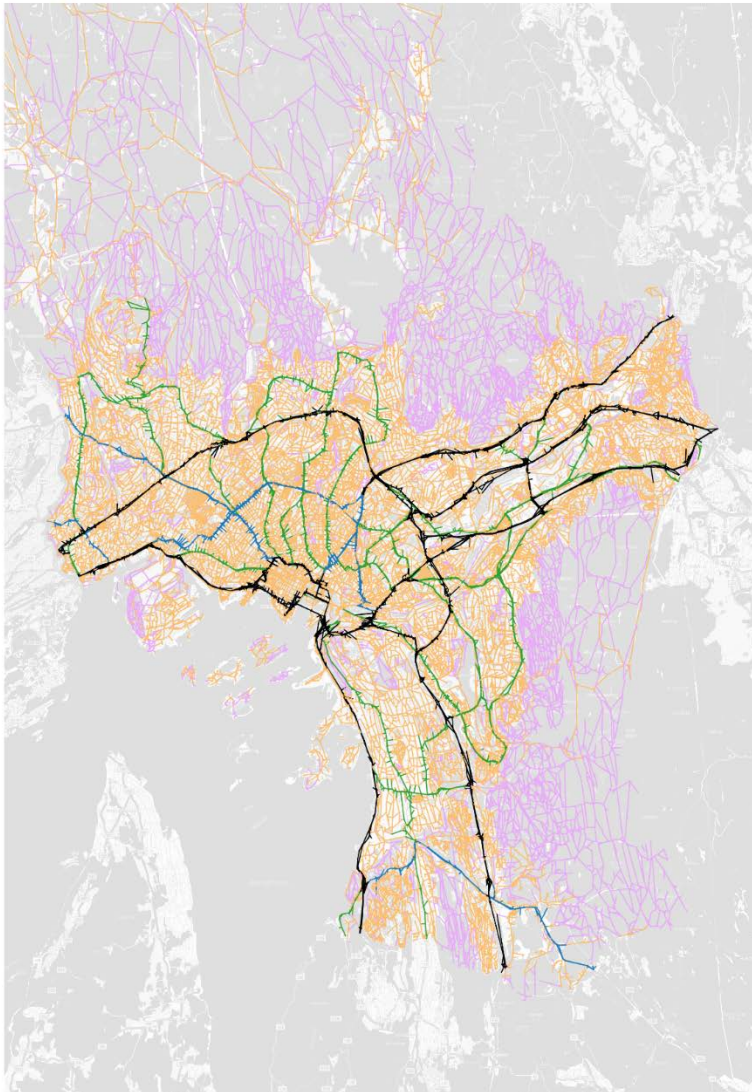
⁴ Kilde: <http://www.ssb.no/natur-og-miljo/geodata>

Kurvatur

Kurvatur-variabelen er et mål på hvor mye en kurve svinger. Variabelen sammenligner lengden til lenken (*shape_leng*) med den korteste distansen mellom de to punktene (*spath*). For at rette linjer ikke skal få noen effekt på hastighet ($\text{shape_leng} = \text{spath}$) har vi valgt å normalisere denne variabelen ved å trekke fra tallet 1.

Andre egenskaper

Koding av skiltet hastighet er veldig varierende i OSM, men siden hastighet er sterkt korrelert med type vei har vi valgt å lage en egen kategori basert på hvilken veitype («*highway-tag*») som finnes i OSM. Disse kategoriene er illustrert i Figur 3.9, og har blitt brukt i kombinasjon med sentrumsvariabelen for å kode proxy-variable for trafikktetthet (se vedlegg C).



Figur 3.9: Type vei basert på *highway-tag* i OSM. Svart = motorvei, blått = *primary*, grønt = *secondary*, oransje = *tertiary* og lilla = *resten*.

4 Deskriptive analyser av valgt rute og syklede omveier

Siden sykkelhastighet på lenkene i nettverket varierer med lenkeegenskapene, er det mulig at den korteste og den raskeste ruten mellom to punkter er forskjellig. I dette avsnittet sammenligner vi syklistens valgte rute med både den kortest mulige ruten og den raskeste ruten respondenten kunne ha tatt. Dette er altså en beskrivelse av i hvilken grad syklistene velger å sykle en omvei. En implisitt antagelse i denne analysen er at respondentene er kjent med de alternative rutene og gjør «rasjonelle» avveininger, dvs. at de velger å sykle omveier for å øke sykkelkomforten.

Etter den første grovsorteringen sitter vi igjen med 43 278 sykkelturner i Oslo. I grovsorteringen har vi forsøkt å luke ut turer som ikke er «typiske sykkelturner». Dette kan være turer med veldig lav eller veldig høy hastighet. I tillegg har vi tatt bort turer vi mener har andre formål enn transport i seg selv. Dette fordi man ved slike turer ofte velger en annen rute enn det man ellers ville gjort. Dette betyr f.eks. at vi har ekskludert turer som har fått reisehensikt «fysisk aktivitet». Vi har også ekskludert turer med samme start- og slutt punkt (rundturer).

Analysene som presenteres i dette avsnittet er basert på turer hvor vi har klart å koble på egenskaper ved syklisten (bakgrunnsinformasjon). Her er det spesielt viktig syklistens kjønn er kjent slik at man kan bruke riktig segmentering i fartsmodellen. Vi sitter da igjen med 42 267 turer og tabell 4.1 er basert på disse.

Tabell 4.1: Noen kjennetegn ved korteste, raskeste og valgte rute. Gjennomsnittsverdier for 42 267 sykkelreiser i Oslo.

Kjennetegn ved rute	Lengde (meter)	Tid (min)	Stigning oppover i %	T-kryss per km	X-kryss per km
Korteste rute	3629	17,0	3,13%	13,0	8,9
Raskeste rute	3752	15,9	3,01%	13,4	8,2
Valgt rute	4393	19,8	2,80%	13,4	8,5
Forhold (valgt/ korteste)	121,0%	116,5%	89,5%	103,4%	95,8%
Forhold (valgt/ raskeste)	117,1%	124,6%	93,3%	99,8%	103,5%

Vi ser at den valgte ruten i gjennomsnitt er rundt 21% lengre enn den korteste ruten og 17% lengre enn den raskeste. Når det gjelder tid er den valgte ruten i snitt 16,5% tregere enn den korteste ruten og hele 24,6% tregere enn den raskeste. Den valgte ruten har noe mindre gjennomsnittlig stigning på lenkene som går oppover. Dette tenderer til at syklistene unngår bratte bakker ved å velge omveier hvor man kan sykle mindre bratte (men lengre) bakker. Den valgte ruten har i gjennomsnitt flere T-kryss og færre X-kryss enn den korteste. Den valgte ruten har samme antall T-kryss per kilometer som den raskeste ruten.

Mest interessant for formålet ved dette prosjektet er andel tilrettelagt infrastruktur på rutene. Tabellen under viser andel av reisen (i distanse) med ulik tilrettelegging.

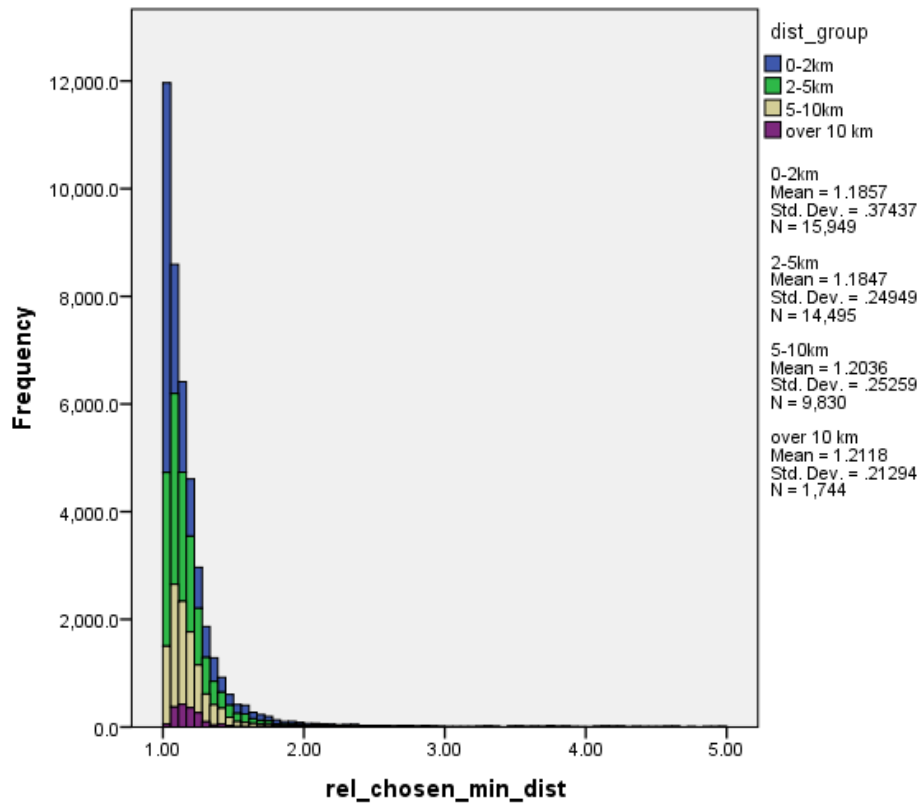
Tabell 4.2: Andel av ruten med ulike tilrettelegging for korteste, raskeste og valgte rute. Gjennomsnittsverdier for 42 267 sykkelreiser i Oslo.

Kjennetegn ved rute	andel G/S-vei	andel sykkel-felt	andel Ikke-tilrettelagt	andel separat sykkelvei	andel sti	andel park	andel gågate	andel fortau sentrum	andel fortau ellers
Korteste	0,6%	8,1%	57,9%	6,3%	2,3%	4,9%	0,9%	7,8%	11,3%
Raskeste	0,4%	10,0%	43,1%	12,4%	1,7%	4,6%	1,0%	11,5%	15,3%
Valgt rute	0,7%	9,0%	49,5%	13,2%	0,9%	4,7%	0,7%	9,5%	11,7%
Forhold (valgt/korteste)	126,7%	111,4%	85,4%	209,6%	40,5%	96,2%	82,5%	121,8%	104,1%
Forhold (valgt/raskeste)	201,1%	89,8%	114,8%	106,3%	54,5%	101,8%	73,3%	82,8%	76,6%

Hvis vi sammenligner valgt rute med korteste rute ser vi at den valgte ruten har en høyere andel infrastruktur som er spesielt tilrettelagt for sykling (andel sykkel-felt er 9% versus 8,1% og separat sykkelvei 13,2% versus 6,3%). Samtidig ser vi at det sykles mindre på stier og infrastruktur med mange gående (gågater), mens fortau og G/S-vei har en litt høyere andel enn i det korteste alternativet.

Hvis vi sammenligner valgt rute med raskeste rute ser vi at den valgte ruten har en litt lavere andel sykkel-felt, men en høyere andel separat sykkelvei. Også her ser vi at det sykles mindre på stier og infrastruktur med mange gående (gågate), men i denne sammenligningen ser vi også at det sykles mindre på fortau (både i sentrum og ellers) enn dersom raskeste rute var valgt.

Når man ser på individnivå (på enkeltreiser) så varierer omfanget av omvei betydelig og noen av de prosesserte reisene ansees som urealistiske uteliggere (dvs. observasjoner med ekstreme omveier). Vår implisitte antakelse er at disse sykkelturene egentlig består av flere sykkelturner (med ærend underveis) eller er et resultat av datafeil i datagrunnlaget. Vi kommer nærmere tilbake til våre ekskluderinger i avsnitt 6.2, men i det videre inkluderer vi kun observasjoner hvor valgt rute er maks 5 ganger lenger enn det korteste alternativet. Da sitter vi igjen med 42 018 sykkelturner. Figur 4.1 viser fordelingen av omveien (målt som forholdstall) for alle observasjoner. F.eks. betyr tallet 2 på x-aksen at valgt rute var dobbelt så langt som den kortest mulige ruten. Vi ser at omveien sjelden er så lang, de fleste omveier et mellom 1 og 1.3 målt som forholdstall. Fargekoden i figur 4.1 angir distansegruppe for sykkelturen. Vi ser at omvei målt som forholdstall øker med distansen.



Figur 4.1: Fordeling av omvei (målt som forholdstall) for 42 018 sykkelreiser.

Tabell 4.3 viser hvor stor omvei (i prosent) man i gjennomsnitt sykler for ulike distansegrupper. For 4,8% av turene har valgt rute helt lik distanse som korteste alternativ og lik fordeling av infrastruktur, dvs. at de har benyttet de samme lenkene. I tillegg er det flere reiser hvor omveien er tilnærmet 0 eller relativt lav.

Tabell 4.3: Omvei ved valgt rute (relativ økning sammenlignet med kortest mulige rute).

	Alle turer		Turer 0 - 2 km		Turer 2 - 5 km		Turer 5 - 10 km		Turer over 10 km	
	Antall	Andel	Antall	Andel	Antall	Andel	Antall	Andel	Antall	Andel
Ingen omvei	2025	4,8%	1987	12,5%	34	0,2%	3	0,0%	1	0,1%
Omvei: < 1%	1993	4,7%	1532	9,6%	433	3,0%	28	0,3%	0	0,0%
Omvei: 1-5 %	7076	16,8%	3426	21,5%	2415	16,7%	1195	12,2%	40	2,3%
Omvei: 5-10 %	7853	18,7%	2265	14,2%	3200	22,1%	2111	21,5%	277	15,9%
Omvei: 10-15 %	6361	15,1%	1716	10,8%	2455	16,9%	1760	17,9%	430	24,7%
Omvei: 15-20 %	4662	11,1%	1087	6,8%	1839	12,7%	1459	14,8%	277	15,9%
Omvei: 20-30 %	5389	12,8%	1363	8,5%	1923	13,3%	1632	16,6%	471	27,0%
Omvei: 30-50 %	3867	9,2%	1242	7,8%	1345	9,3%	1095	11,1%	185	10,6%
Omvei: 50-100 %	1946	4,6%	849	5,3%	659	4,5%	399	4,1%	39	2,2%
Omvei: > 100%	846	2,0%	482	3,0%	192	1,3%	148	1,5%	24	1,4%

Fra tabell 4.3 ser vi at omfanget av omvei øker med distanse. Det vil si at for korte turer velger man en kort eller ingen omvei, mens ved lengre turer vil flere velge å sykle en omvei. F.eks. ser vi at ved nesten 45 % av turene under 2 km er det syklet ingen eller en kort omvei (maks 5 % lenger enn korteste mulige vei). For turer som er over 10 km er det tilsvarende tallet under 2,5 %.

Videre kan vi splitte opp omveiene i type infrastruktur. Dvs. for hver reise beregner vi differansen i meter/minutter syklet på en gitt type infrastruktur (f.eks. GSvei) mellom valgt rute og korteste/raskeste rute. Vi omtaler disse differansene som «Delta», hvor «Delta_G/S» betyr antall meter/minutter syklet på GSvei i valgt rute minus antall meter/minutter syklet på GSvei i korteste/raskeste rute. De neste tabellene viser tilsvarende deskriptive statistikker for distanse (mot korteste rute) og i tid (mot raskeste rute).

Tabell 4.4: Deskriptiv statistikk av forskjell i syklede meter på type infrastruktur mellom valgt rute og korteste rute.

Tilrettelegging	N	Minimum (meter)	Maximum (meter)	Mean (meter)	Std. Dev. (meter)
Delta G/S	42018	-3017,31	2955,01	15,06	199,14
Delta sykkelfelt	42018	-5209,90	7975,20	86,87	664,91
Delta ikke-tilrettelagt	42018	-12220,48	38227,77	-206,34	1656,85
Delta separat sykkelvei	42018	-3598,43	14002,91	589,12	1448,03
Delta sti	42018	-14145,13	6501,38	-63,00	532,83
Delta park	42018	-1947,92	4654,11	15,82	317,03
Delta gågate	42018	-834,30	1721,76	-2,17	89,21
Delta fortau sentrum	42018	-1545,13	4461,80	107,28	397,92
Delta fortau ellers	42018	-3574,88	7705,03	171,63	747,18

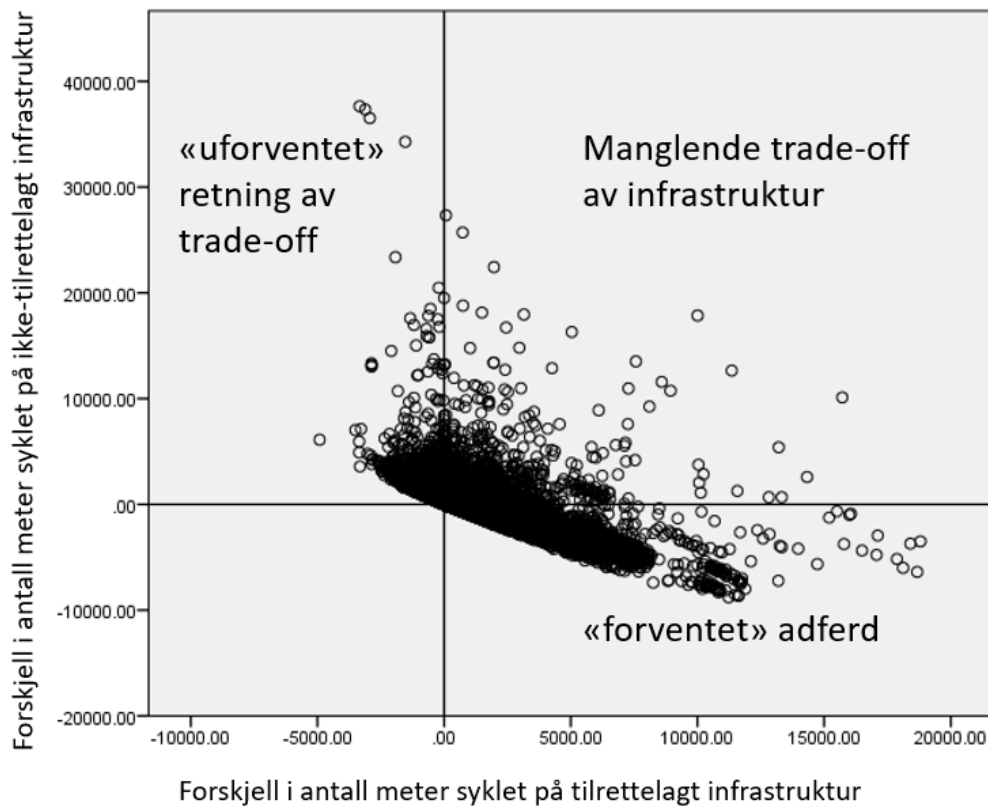
Vi ser at omveier i distanse (i gjennomsnitt) hovedsakelig gjøres for å sykle på separate sykkelveier. Ellers er både fortau og sykkelfelt populære, mens man unngår stier og strekninger som ikke er tilrettelagt.

Tabell 4.5: Deskriptiv statistikk av forskjell i syklede minutter på type infrastruktur mellom valgt rute og raskeste rute.

Tilrettelegging	N	Minimum (min)	Maximum (min)	Mean (min)	Std. Dev. (min)
Delta G/S	42018	-3,87	15,65	0,12	0,97
Delta sykkelfelt	42018	-19,50	33,63	0,25	2,67
Delta ikke-tilrettelagt	42018	-26,73	169,20	2,60	6,50
Delta separat sykkelvei	42018	-24,01	53,13	0,82	4,33
Delta sti	42018	-60,13	32,65	-0,13	1,70
Delta park	42018	-9,51	19,77	0,13	1,49
Delta gågate	42018	-3,85	7,32	-0,06	0,56
Delta fortau sentrum	42018	-12,00	18,93	-0,01	2,08
Delta fortau ellers	42018	-17,56	31,80	-0,03	2,98

Når det gjelder tid unngår man fortsatt stier, men man velger også (i gjennomsnitt) å sykle mindre på infrastruktur med mange gående (gågate og fortau). Omveier i tid gjøres hovedsakelig for å sykle mer på god infrastruktur (sykkelvei og sykkelfelt), men også på ikke-tilrettelagte veier. Når det er sagt, så ligger det store forskjeller på individnivå (når vi ser på enkelte reiser) og for mange reiser observerer vi en uventet trade-off av infrastruktur. Dette er illustrert i figur 4.2 hvor man sammenligner antall meter syklet på «ikke-tilrettelagt infrastruktur» (y-aksen) med antall meter på «tilrettelagt infrastruktur» (x-aksen). A priori forventer vi at respondenter kjører omveier slik at meter på ikke-tilrettelagte veier blir

lavere sammenlignet med kortest vei. Her har vi definert tilrettelagt infrastruktur som sykkelfelt, sykkelvei og gang- og sykkelvei.



Figur 4.2: Scatterplot av individuell trade-off av infrastruktur og det å sykle omveier.

Det viser seg at omtrent 50% av observasjonene gjør manglende eller uventede trade-offs. Tabell 4.6 viser hvordan omvei varierer blant segmentene som ble brukt i fartsmodellen. Kvinner ser ut til å sykle noe mindre omveier enn menn. Vi kommer tilbake til segmentene i avsnitt 6.3.

Tabell 4.6: Omvei for ulike distanser, fordelt etter segmenter brukt i fartsmodellen målt som forhold mellom distansen for valgt rute og distanse for korteste rute.

	Alle dist.	0-2 km	2-5 km	5-10 km	over 10 km
Mann, fritid, vanlig sykkel	1,21	1,20	1,20	1,23	1,21
Mann, fritid, elsykkel	1,21	1,20	1,22	1,22	1,23
Mann, arbeid, vanlig sykkel	1,18	1,18	1,16	1,20	1,20
Mann, arbeid, elsykkel	1,18	1,16	1,18	1,19	1,22
Kvinne, fritid, vanlig sykkel	1,18	1,17	1,18	1,17	1,22
Kvinne, fritid, elsykkel	1,17	1,17	1,18	1,17	1,17
Kvinne, arbeid, vanlig sykkel	1,16	1,13	1,15	1,18	1,25
Kvinne, arbeid, elsykkel	1,17	1,14	1,15	1,18	1,20

5 Alternative ruter

For estimeringsarbeidet (neste kapittel) har vi generert et antall alternative ruter per reise, i tillegg til korteste og raskeste rute. Dette ble gjort ved å definere kostnader per lenke på ulike måter, for så å finne ruten som har lavest kostnad gitt de definerte lenkekostnader for en gitt reise (dvs. start og sluttsted).⁵ I denne delen av prosjektet har vi generert 48 alternative ruter (inkl. korteste og raskeste rute), og i estimeringsarbeidet har vi definert et valgsett basert på disse alternative rutene. Valgsettet kan bestå av alle eller et utvalg av alternativene, i tillegg til den valgte ruten.

For en gitt reise vil de 48 alternative ruter delvis overlappe og noen av dem kan være helt identiske. Dette gjelder spesielt for korte sykkelruter hvor det ikke er mange lenker å velge mellom. For lengre sykkelruter er det imidlertid veldig mange ulike ruter som kan være mulige/logiske og de genererte rutene vil bare være en liten delmengde av alle ruter som syklisten kunne ha brukt. Det er derfor ikke mulig å generere et fullstendig valgsett for estimeringen. Dette ligner på problemstillingen i estimeringen av RTM, der man modellerer destinasjonsvalg gitt et utvalg av alle mulige destinasjoner (grunnkretser). Dette gjøres fordi det metodisk og beregningsteknisk ikke er mulig å modellere valget mellom alle grunnkretser.

Vedlegg A beskriver metode for og teknisk gjennomføring av rutegenereringen, samt gir en oversikt over samtlige 48 sett av alternativer som ble generert i prosjektet.

De genererte alternativene kan deles inn grupper:

- A. Lenkekostnader er definert av distanse (korteste vei, uavhengig av infrastruktur), høydemeter (antall meter motbakke) eller antall kryss.
- B. Lenkekostnader er definert basert på distanse, men infrastruktur vektet ulikt. Vektene er forhåndsbestemt.
- C. Lenkekostnader består av en kombinasjon av distanse, høydemeter, kryss og/eller andre egenskaper. I tillegg kan de ulike elementene vektet.
- D. Lenkekostnader består av en kombinasjon av lenkelengden og et tilfeldig trukket tall (lenkene vektet, men vekten trekkes tilfeldig).
- E. Lenkekostnader er et tilfeldig tall (uavhengig av lenkelengde, infrastruktur og høydemeter).

Vi har testet ulike sammensettinger av valgsett i estimeringen. Bruk av B, C og D viste seg å være problematisk fordi de genererte alternativene – i gjennomsnitt – er kortere enn den valgte ruten, noe som førte til feil fortegn i koeffisienten til distanse i estimeringsmodellen. Distanseskoeffisienten i modellen blir segmentert etter infrastruktur for å danne grunnlag for anbefaling av infrastrukturvektene. Det var dermed ikke mulig å bruke resultater fra modeller med valgalternativer B-D i endelig modell⁶.

⁵ Vi har i dette prosjektet benyttet oss av NetworkX som er et Python-bibliotek som brukes for å studere grafer/nettverk. For å finne ruten med lavest kostnad har vi brukt Dijkstras algoritme (som er implementert i NetworkX). Dette er en kjent algoritme innenfor graf-teori og den brukes for å finne korteste vei i en graf. <https://networkx.github.io/>

⁶ Basert på dette valgte vi kun å generere A (korteste vei), C (raskeste vei v/fartsmodellen) og E (tilfeldige alternativer) for å gjøre reestimeringen med de nye infrastrukturkategoriene.

De endelige estimeringsmodellene (neste kapittel) er derfor basert på tilfeldig genererte alternativer. Dette tilsvarer modelltilnærmingen for destinasjonsvalg i estimeringen av Tramod-by/RTM der det trekkes 249 tilfeldige alternative destinasjoner i tillegg til valgt destinasjon. I vårt tilfelle bruker vi 10 tilfeldig genererte ruter pluss den valgte ruten.

Fordelen med denne metoden er at trekkingen er uavhengig av infrastruktur slik at man unngår systematiske skjevheter som kan påvirke estimering av infrastrukturvektene. Den brukte metoden har samtidig en betydelig ulempe i at de alternative ruter går (i gjennomsnitt) via færrest mulige lenker og dermed færre kryss. Dette skjer fordi det genereres en ny tilfeldig kostnad på hver lenke, uavhengig av lenkens lengde (i motsetning til C som fungerer fint i forhold til kryss, men ikke i forhold til distanse).

Tabell 5.1 og tabell 5.2 gir gjennomsnittlige kjennetegn for 10 tilfeldig genererte ruter (A – J), sammenlignet med den valgte ruten (som er vist i nederste rad).

Tabell 5.1: Kjennetegn ved tilfeldig genererte ruter, sammenlignet med valgt rute.

Gjennomsnittlig kjennetegn	Distanse (meter)	Tid (min)	Kum. høyde-meter opp	Antall T-kryss per km	Antall X-kryss per km
A	4724,8	21,6	68,9	8,5	6,5
B	4679,5	21,3	66,4	8,3	6,7
C	4668,8	21,4	67,0	8,4	6,7
D	4722,6	21,7	68,5	8,4	6,7
E	4766,6	21,8	70,2	8,6	6,6
F	4751,1	21,7	68,7	8,4	6,6
G	4744,5	21,8	68,8	8,4	6,6
H	4733,3	21,6	71,2	8,3	6,7
I	4695,3	21,6	67,8	8,5	6,6
J	4680,5	21,4	66,7	8,4	6,6
Valgt rute	4359,2	19,7	58,9	13,4	8,5

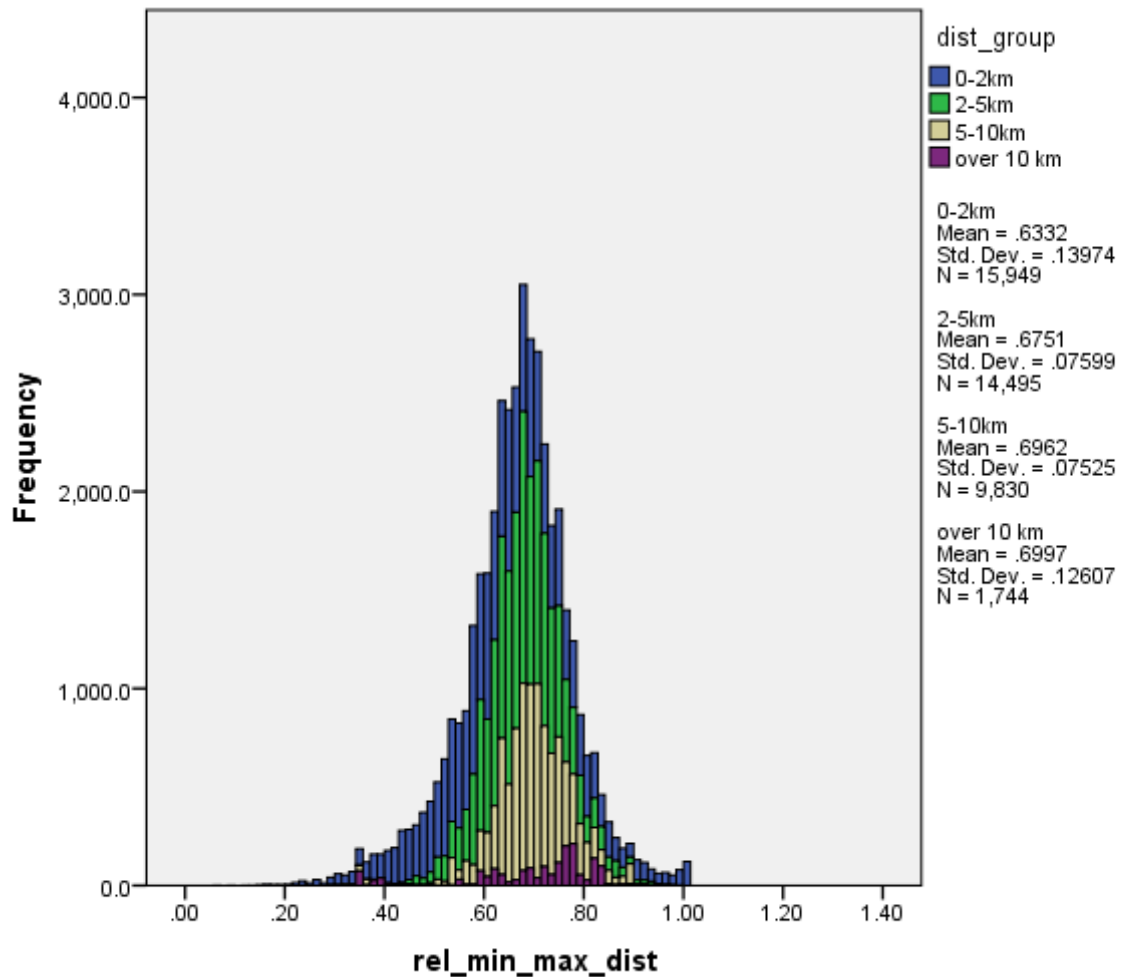
Tabell 5.2: Kjennetegn ved tilfeldig genererte ruter, sammenlignet med valgt rute.

Gjennomsnittlig kjennetegn	andel G/S-vei	andel sykkelfelt	andel ikke-tilrettelagt	andel separat sykkelvei	andel sti	andel park	andel gågate	andel fortau sentrum	andel fortau ellers
A	0,7%	4,2%	58,5%	7,4%	2,9%	5,3%	0,5%	7,8%	12,7%
B	0,7%	4,5%	56,5%	8,5%	2,6%	6,0%	0,8%	8,3%	12,2%
C	0,5%	4,7%	58,5%	6,9%	2,9%	5,9%	0,5%	8,4%	11,7%
D	0,9%	4,3%	58,3%	7,0%	3,0%	5,9%	0,8%	8,1%	11,8%
E	0,9%	4,0%	57,7%	6,9%	3,2%	7,1%	0,6%	7,8%	11,8%
F	0,9%	4,5%	56,2%	7,5%	2,9%	5,2%	1,1%	8,7%	13,0%
G	0,6%	4,2%	57,7%	6,8%	3,1%	6,5%	0,9%	8,3%	11,9%
H	0,6%	4,6%	58,7%	8,0%	2,7%	5,3%	0,7%	7,3%	12,2%
I	0,6%	4,2%	57,2%	7,7%	2,9%	6,2%	0,7%	8,4%	12,1%
J	1,2%	4,6%	56,3%	7,4%	2,8%	5,6%	1,0%	7,9%	13,3%
Valgt rute	0,7%	9,0%	49,4%	13,3%	0,9%	4,7%	0,7%	9,5%	11,7%

De genererte alternativene er i gjennomsnitt både lengre og tar lenger tid enn valgt rute. De alternative rutene går i større grad på ikke-tilrettelagt infrastruktur (og på stier og i parker),

mens den valgte ruten har høyere andel sykkelfelt og separat sykkelvei. De genererte alternativene har også flere kumulerte høydemeter oppover. Som forklart før tabellen, blir andelen kryss mye lavere i de alternative rutene.

Figur 5.1 viser fordelingen av forholdstallet mellom korteste og lengste alternative rute i datasettet. Tallet 1 (på x-aksen) betyr at alle ruter har samme distanse (og dermed er identiske). Dette forekommer bare for turer i gruppen 0-2 km (vist i blått).

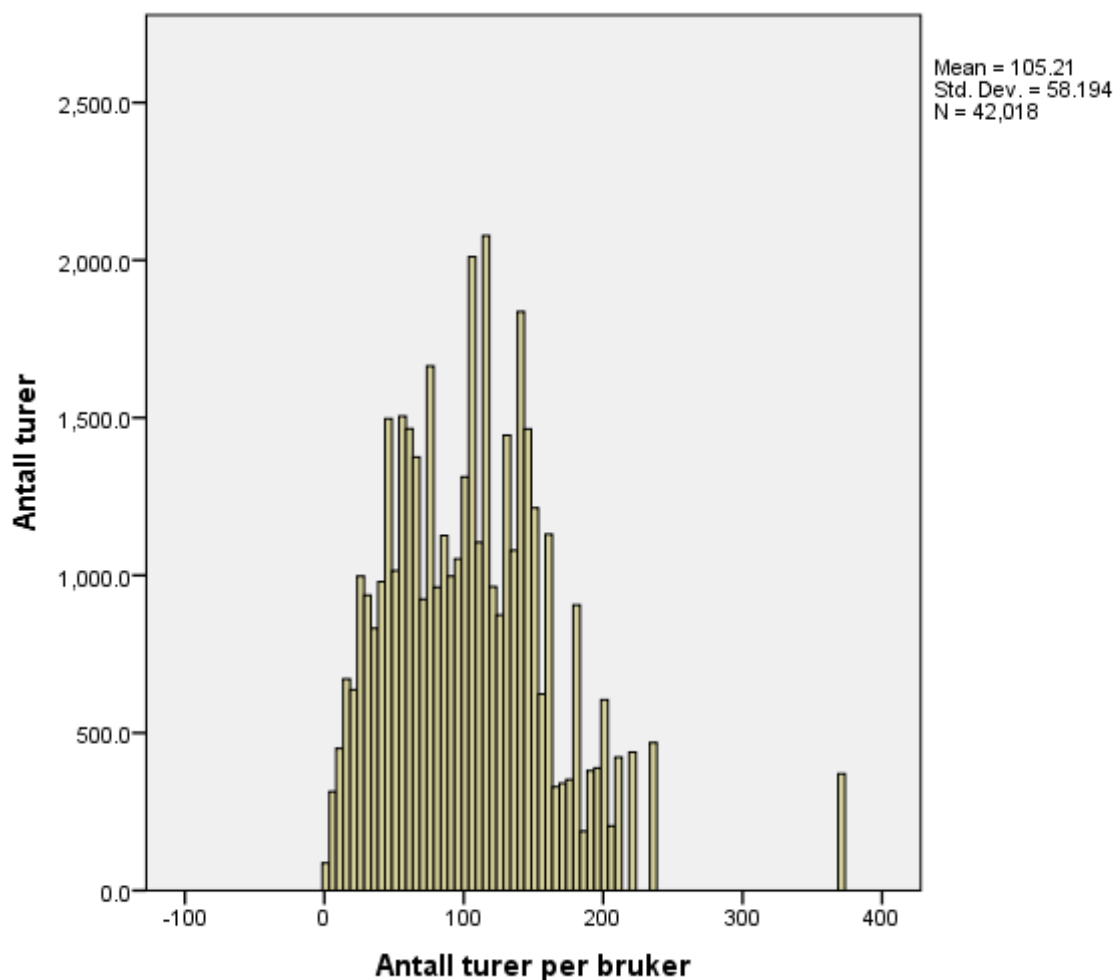


Figur 5.1: Fordelingen av forholdstallet (vist på x-aksen) mellom korteste og lengste alternative rute.

6 Estimering

6.1 Estimeringsmodell

Som nevnt innledningsvis var det totalt 721 personer som tok appen i bruk og hadde registrerte turer i Oslo. Dette ga oss totalt over 40 000 sykkelturer. Det er derfor viktig å huske å huske at vi har gjentatte observasjoner per individ når vi skal velge statistisk modell. Figur 6.1 viser fordelingen av antall sykkelturer per person i datagrunnlaget.



Figur 6.1: Antall observasjoner (sykkelturer) per person i datagrunnlaget.

Man antar er at valgene til en gitt person er korrelerte. En vanlig multinomisk logit-modell (MNL) er da utilstrekkelig og vi bruker derfor mixed-logit i analysene.

Ved bruk av mixed-logit modeller antar vi at preferansene for type infrastruktur er konstant for alle turene en gitt person har gjort, men at preferansene varierer mellom personer (såkalt mixed-logit modell for paneldata). For beta-koeffisientene i modellen betyr dette at vi ikke estimerer «punktestimater», men fordelinger med estimert gjennomsnitt og

standardavvik. Vi antar at beta-koeffisientene er normalfordelte. Vi bruker MNL modellen i uttesting og mixed-logit modell for paneldata i den endelige modellen. Modellene er estimert i Biogeme (Bierlaire, 2009).

Som nevnt tidligere har vi testet ut ulike valgsett, men som vi beskrev i forrige kapittel landet vi på modeller hvor valgsettet kun består av tilfeldige genererte ruter (type E). Valgsettet besto derfor av 10 alternative ruter i tillegg til valgt rute.

I (Hulleberg, Flügel, & Ævarsson, 2018) besto nyttefunksjonen vår av distanse for de ulike infrastrukturtypene, samt kryss. Siden RTM versjon 4 tar nytte av fartsmodellen for sykkel har vi nå valgt å bruke tid ved estimering. Nyttefunksjonen vår inkluderer derfor tid for de ulike typene infrastruktur, samt antall T-kryss og X-kryss. Vi har valgt å ta med kryss til tross for at parameterne for disse får feil fortegn i estimeringen. Dette skjer fordi alternativene i valgsettet (i gjennomsnitt) har en lavere andel kryss enn valgt rute. Grunnen til at vi likevel har valgt å inkludere kryssene er at infrastruktur og kryss er korrelert, og det viste seg viktig å kontrollere for kryss i modellen på grunn av skjevheten i de genererte alternativene i forhold til kryss.

6.2 Effekt av ekskluderingsregler

I kapittel 2 presenterte vi GPS-dataene og beskrev kort hvilke turer vi har ekskludert før estimering. For noen av ekskluderingsstilfellene har det vært nødvendig å teste ulike grenser da det ikke er opplagt hva som er «typisk» for en sykkeltur eller valg av rute. Et eksempel på dette er hvor lang en tur må være for at det er «typisk» sykkeltur.

Vi har testet ulike ekskluderingsregler på en enkel MNL-modell. Tabell 6.1 og tabell 6.2 viser effekten av et utvalg av disse ekskluderingsreglene. En fullstendig oversikt over ekskluderingsreglene som har blitt testet er gjengitt i vedlegg D.

- Ekskludering A2: Ekskluderer alle turer som ikke har quality = 'good'⁷
- Ekskludering B2: Valgt rute er ikke mer enn 3 ganger så lang som korteste rute
- Ekskludering C2: Valgt rute har distanse minst 500 meter
- Ekskludering D2: Valgt rute har en reisetid på minst 3 minutter
- Ekskludering E3: Korteste alternativ er maks 90% av distansen for lengste alternativ
- Ekskludering F5: Rapportert distanse fra OSM-nettverk er maks 10% lenger enn rapportert distanse fra app
- Ekskludering G1: Ekskluderer turer hvor 90 – 100% av GPS-observasjonene ligger utenfor Oslo
- Ekskludering H5: Rapportert distanse fra OSM-nettverk er minst 90% av rapportert distanse fra app

⁷ Alle turene (og GPS-punktene) inneholder informasjon om antatt kvalitet. Denne informasjonen (i form av gjennomsnittstall og antall observasjoner) ligger vedlagt i vedlegg B.

Tabell 6.1: Effekt av ekskluderingsreglene på en (MNL-) testmodell, hvor time er tid på henholdsvis sykkelfelt (cl), sykkelvei (cp), fortau utenfor sentrum (fortau_ellers), fortau i sentrum (fortau_sentrum), gang- og sykkelvei (wcp), sti, i en gågate(gaagate), park eller ingen tilrettelagt infrastruktur (other).

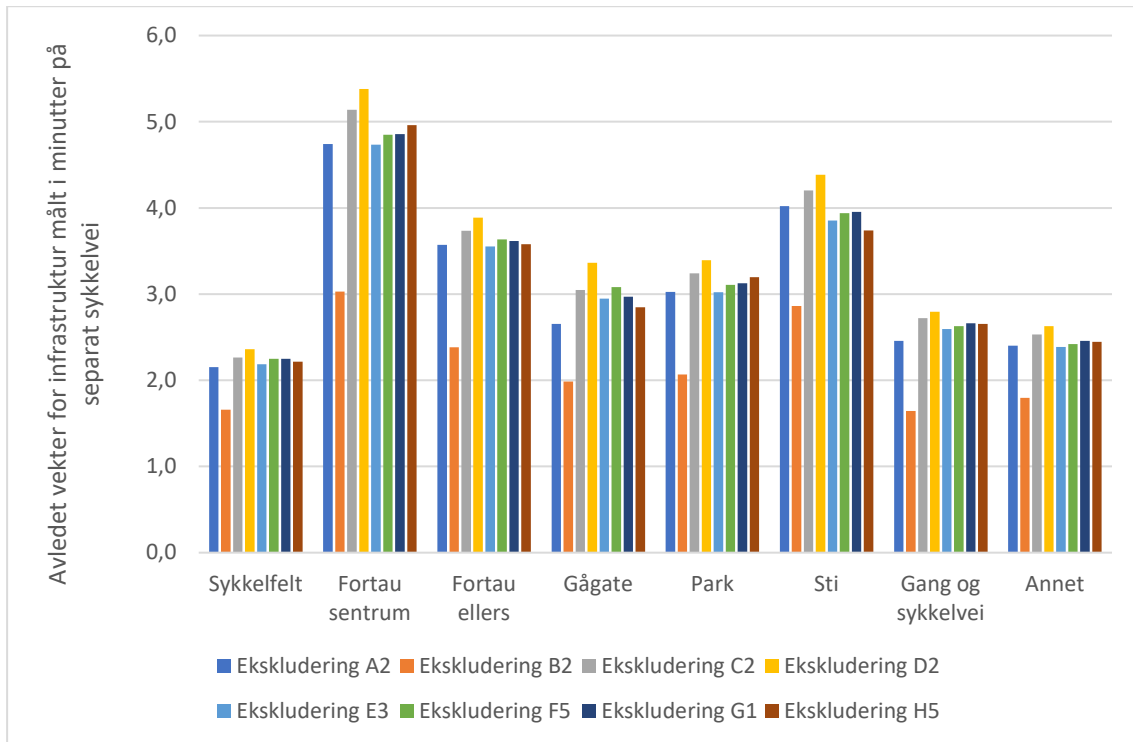
	Ekskludering A2		Ekskludering B2		Ekskludering C2		Ekskludering D2	
observasjoner	34520		41767		40009		38543	
Adj. Rho squared	0,788		0,813		0,829		0,847	
	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value
b_height_up	-0,03	-9,7	-0,03	-9,8	-0,03	-10,6	-0,03	-10,9
b_kryssT	0,66	110,3	0,68	114,4	0,64	114,0	0,63	109,8
b_kryssX	0,38	65,6	0,42	71,4	0,38	69,9	0,38	68,2
b_time_cl	-0,87	-29,6	-1,21	-39,3	-0,82	-30,5	-0,81	-29,7
b_time_cp	-0,40	-18,7	-0,73	-30,2	-0,36	-18,2	-0,34	-16,9
b_time_fortau_ellers	-1,44	-62,4	-1,74	-71,2	-1,36	-65,1	-1,33	-62,3
b_time_fortau_sentrum	-1,91	-60,7	-2,21	-67,4	-1,87	-63,2	-1,84	-61,2
b_time_gaagate	-1,07	-12,4	-1,45	-16,9	-1,11	-13,1	-1,15	-13,3
b_time_other	-0,97	-67,4	-1,31	-72,3	-0,92	-67,3	-0,90	-64,7
b_time_park	-1,22	-43,7	-1,51	-51,3	-1,18	-45,9	-1,16	-45,1
b_time_sti	-1,62	-42,8	-2,09	-52,9	-1,53	-44,8	-1,5	-43,6
b_time_wcp	-0,99	-15,8	-1,20	-19,1	-0,99	-18,5	-0,96	-17,9
Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei:								
Sykkelvei	1,0		1,0		1,0		1,0	
Sykkelfelt	2,2		1,7		2,3		2,4	
Fortau sentrum	4,7		3,0		5,1		5,4	
Fortau ellers	3,6		2,4		3,7		3,9	
Gågate	2,7		2,0		3,0		3,4	
Park	3,0		2,1		3,2		3,4	
Sti	4,0		2,9		4,2		4,4	
Gang og sykkelvei	2,5		1,6		2,7		2,8	
Annet	2,4		1,8		2,5		2,6	

Tabell 6.2: Effekt av ekskluderingsreglene på en (MNL-) testmodell, hvor time er tid på henholdsvis sykkelfelt (cl), sykkelvei (cp), fortau utenfor sentrum (fortau_ellers), fortau i sentrum (fortau_sentrum), gang- og sykkelvei (wcp), sti, i en gågate(gaagate), park eller ingen tilrettelagt infrastruktur (other).

	Ekskludering E3		Ekskludering F5		Ekskludering G1		Ekskludering H5	
observasjoner	41527		41408		42228		37452	
Adj. Rho squared	0,809		0,799		0,801		0,840	
	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value
b_height_up	-0,03	-10,0	-0,03	-9,8	-0,03	-9,8	-0,03	-9,7
b_kryssT	0,65	118,3	0,65	119,3	0,65	119,7	0,64	108,7
b_kryssX	0,38	71,5	0,39	72,2	0,38	72,4	0,37	67,1
b_time_cl	-0,87	-32,6	-0,89	-33,3	-0,87	-32,8	-0,82	-29,2
b_time_cp	-0,40	-20,2	-0,40	-20,2	-0,39	-19,7	-0,37	-17,4
b_time_fortau_ellers	-1,41	-68,0	-1,44	-69,0	-1,40	-68,0	-1,32	-60,3
b_time_fortau_sentrum	-1,88	-65,4	-1,92	-65,7	-1,88	-65,7	-1,83	-61,0
b_time_gaagate	-1,17	-14,3	-1,22	-14,2	-1,15	-14,2	-1,05	-12,6
b_time_other	-0,95	-71,1	-0,96	-72,1	-0,95	-71,1	-0,90	-62,9
b_time_park	-1,20	-47,1	-1,23	-47,7	-1,21	-47,3	-1,18	-44,1
b_time_sti	-1,53	-45,9	-1,56	-56,9	-1,53	-46,9	-1,38	-40,9
b_time_wcp	-1,03	-19,3	-1,04	-19,3	-1,03	-19,3	-0,98	-18,2
Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei:								
Sykkelvei	1,0		1,0		1,0		1,0	
Sykkelfelt	2,2		2,2		2,2		2,2	
Fortau sentrum	4,7		4,8		4,9		5,0	
Fortau ellers	3,6		3,6		3,6		3,6	
Gågate	2,9		3,1		3,0		2,8	
Park	3,0		3,1		3,1		3,2	
Sti	3,9		3,9		4,0		3,7	
Gang og sykkelvei	2,6		2,6		2,7		2,7	
Annet	2,4		2,4		2,5		2,4	

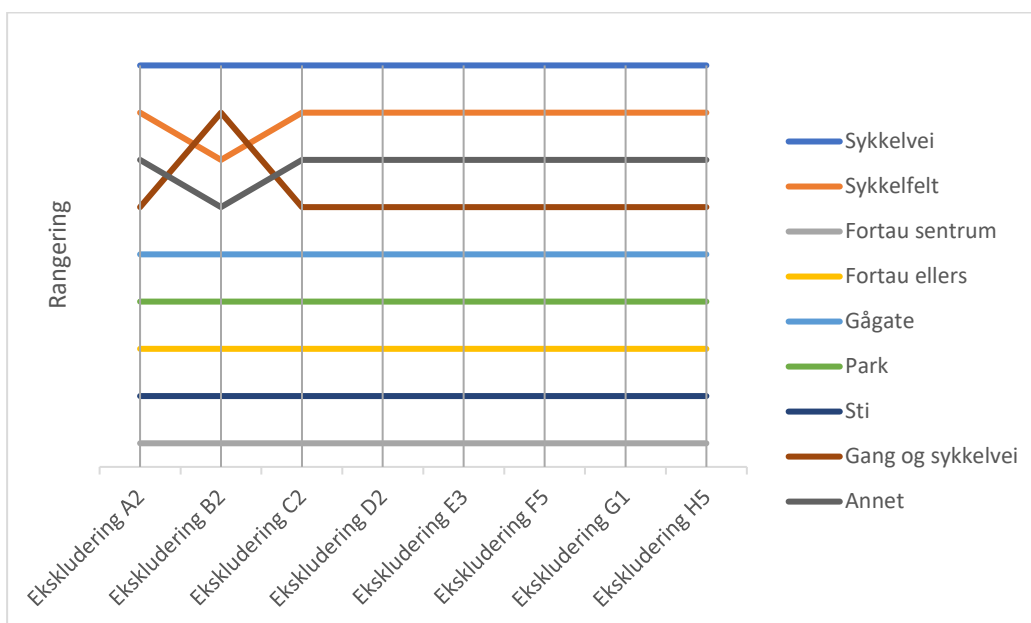
Hvor streng ekskluderingsregelen er påvirker forklaringskraften for modellen. Vi mener likevel at man ikke bør tillegge dette for mye vekt da forklaringskraften er en direkte konsekvens av valgsettet (som er noe vilkårlig). F.eks. ser vi at ekskluderingsregelen A2 (alle turer med quality != 'good' blir ekskludert) har en lavere forklaringskraft enn de andre reglene. Vi observerer også at de fleste ekskluderingsreglene gir tilnærmet de samme vektene, med unntak av ekskluderingsregel B2 (Valgt rute er ikke mer enn 3 ganger så lang som korteste rute) som gir en god del lavere infrastrukturvekter enn de andre

ekskluderingsreglene. I figur 6.2 har vi plottet de avledede infrastrukturvektene for de ulike ekskluderingsreglene ved siden av hverandre.



Figur 6.2: Avledet vektor for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei for de ulike ekskluderingsreglene.

Her blir det tydeligere at vektene blir betydelig lavere når vi begrenser hvor lange omveier vi tillater oss (ekskluderingsregel B2). Figur 6.3 viser oss rekkefølgen på infrastrukturvektene, når vi rangerer infrastrukturkategoriene fra mest foretrukket (øverst) til lavest rangert (nederst).



Figur 6.3: Rangering av infrastrukturvektene.

6.3 Effekt av bakgrunnsvariabler (personsegmenter og reisedistanse)

I (Hulleberg, Flügel, & Ævarsson, 2018) testet vi om infrastrukturvektene (målt i meter) varierer med segmentene brukt i fartsmodellen. Der fant vi nesten ingen signifikante forskjeller mellom kjønn, reisehensikt og type sykkel. For distanse fant vi derimot at effektene av reiselengde stort sett var signifikante. En marginal meter har mindre å si for en lang reise enn for en kort, og tilrettelagt infrastruktur blir viktigere på lengre turer.

Vi har nå testet om vektene for infrastruktur (målt i minutter) varierer med kjønn. Selve beta-verdiene i modellen er lavere for kvinner (dvs. at kvinner opplever tidsbruken som en større ulempe enn menn). Kvinner har relativt lavere preferanse for separate sykkelveier enn menn, og dette gjenspeiler seg i noe lavere infrastrukturvekter for de øvrige infrastrukturkategoriene. Dette kommer delvis av at kvinner sykler kortere enn menn, og som vi viste i kapittel 4, sykler man kortere omveier ved korte reiser. Tabell 6.3 viser avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei for henholdsvis kvinner og menn. Mer utfyllende resultater finnes i vedlegg E.

Tabell 6.3: Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei

	Vekt kvinner (alle reiser)	Vekt menn (alle reiser)
Sykkelvei	1,0	1,0
Sykkelfelt	1,2	1,8
Fortau sentrum	2,1	3,5
Fortau ellers	1,8	2,6
Gågate	1,8	3,1
Park	1,5	2,4
Sti	2,6	3,3
Gang og sykkelvei	1,1	1,6
Annet	1,3	1,9

Når det gjelder effekten av reiselengde (i tid) er den ikke like tydelig som for distanse. Noe av grunnen til dette er at noe av komforteffekten (som vi fant ved distanseberegningene) allerede er bakt inn i en raskere reisetid. Vi finner likevel at man vektlegger god infrastruktur ved lengre reisevei (høyere vekter for lengre reiser). For reiser over 5 km spriker resultatene mer og det er færre signifikante koeffisienter. Mer utfyllende resultater finnes i vedlegg E.

6.4 Effekt av stigning

Fra resultatene på de foregående sidene ser vi at nyttefunksjonen vår inneholder en koeffisient for stigning ($b_{\text{height_up}}$). Koeffisienten er negativ, noe som betyr at man opplever det som en ulempe å sykle i motbakke. Siden de resterende koeffisientene representerer tid, er denne ikke like enkel å tolke som i arbeidsdokumentet (Hulleberg, Flügel, & Ævarsson, 2018), hvor nyttefunksjonen vår hovedsakelig besto av distanse-elementer. Der fant vi at koeffisienten til kumulerte høydemeter er rundt 10 ganger så høy som koeffisienten for distanse (når vi tar et veldig grovt gjennomsnitt over type infrastruktur). En høydemeter virker altså å være rundt 10 ganger «så tung» som en meter horisontalt.

Hvis vi fjerner høyde som et nytteelement i estimeringen (høyde vil fortsatt påvirke hastigheten gjennom fartsmodellen), vil det bety at de andre koeffisientene må endre seg noe. Ved uttesting har det vist seg at det er koeffisientene for sykkelvei (b_time_cp) og sykkel-felt (b_time_cl) som er mest utsatte og endrer seg mest. Dette vil også ha betydning for de andre vektene siden vi normaliserer mot sykkelvei. Rangeringen mellom infrastruktur-kategoriene endrer seg lite. Estimeringsresultater for dette ligger vedlagt i vedlegg E.

6.5 Endelig modell

Basert på mange ulike tester (som bare delvis er dokumentert i avsnitt 6.1 - 6.4), har vi valgt ut «endelige» modeller som basis for våre anbefalinger i neste kapittel.

Modellene er basert på ekskluderingsreglene A2, C2, D2, F5 og H5. Grunnen til at disse ble valgt ut er delvis basert på hvilke turer vi ønsker å ha med. Vi ønsket ikke at turene skulle være for korte (ekskludering C2 og D2), mens F5 og H5 sikrer at vi klarer å gjenskape turen best mulig (store avvik i distanse rapportert fra app og våre beregninger fra OSM tyder på at man ikke har klart å gjenskape ruten som ble syklet). Siden vi ikke har hatt mulighet til å etterprøve «vaskingen» av GPS-dataene, var det viktig for oss at turene vi brukte i estimeringen kun var de leverandøren av dataene rapporterte som gode. Derfor inkluderte vi også ekskluderingsregel A2. Vi valgte imidlertid ikke å ta med ekskluderingsregel fra kategori B (valgt rute ikke mer enn X ganger så lang som korteste rute) da disse turene delvis ble fanget opp av de andre ekskluderingsreglene, samt at vi er usikre på om endringen vi så i rangeringen av infrastruktur er reell. Vi har i vedlegg E lagt ved en egen beregning hvor ekskluderingsregel B2 også er inkludert.

I nyttefunksjonen har vi valgt å utelate høyde for at koeffisientene skal være så direkte anvendbare i RTM som mulig.

Tabell 6.4: Endelig estimert modell. Antall trekninger: 300.

Endelig modell		
Antall observasjoner	28023	
Antall personer	657	
Adj. Rho squared	0,887	
	value	Robust T-test value
b_kryssT	0,81	73,6
b_kryssX	0,51	52,5
b_time_cl	-1,59	-30,4
b_time_cp	-0,93	-21,8
b_time_fortau_ellers	-2,38	-45,5
b_time_fortau_sentrum	-2,98	-47,6
b_time_gaagate	-2,35	-12,3
b_time_other	-1,75	-62,0
b_time_park	-2,11	-39,1
b_time_sti	-3,48	-30,0
b_time_wcp	-1,45	-16,2
sigma_cl	0,52	9,0
sigma_cp	1,01	19,3
sigma_fortau_ellers	0,74	16,6
sigma_fortau_sentrum	0,59	10,7
sigma_gaagate	1,23	5,3
sigma_others	0,55	45,6
sigma_park	0,56	9,8
sigma_sti	1,15	20,4
sigma_wcp	0,21	1,8
Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei:		
Sykkelvei	1,0	
Sykkelfelt	1,7	
Fortau sentrum	3,2	
Fortau ellers	2,5	
Gågate	2,5	
Park	2,3	
Sti	3,7	
Gang og sykkelvei	1,6	
Annet	1,9	

7 Oppsummering og diskusjon

I dette kapittelet presenterer vi våre hovedfunn, samt vår anbefaling.

7.1 Anbefaling

Noe av det mest interessante vi har funnet er at syklister i gjennomsnitt sykler 21% omvei i forhold til korteste rute, og at den valgte ruten har en høyere andel infrastruktur som er tilrettelagt enn både det alternativet som er kortest i distanse og det alternativet som er raskest i tid. Vi finner også at vektene er avhengig av distanse, ved at omveien oppleves som en større ulempe hvis man sykler kort enn hvis man sykler langt. Dette betyr at betydningen av god infrastruktur øker med distanse.

I kapittel 3.1 beskrev vi hvordan nettverket i OSM skilte seg fra NVDB. Vi har derfor justert og gruppert våre vekter basert på disse kategoriene og rapportert andel som er syklet på de ulike typene infrastruktur (i tabell 4.2). I tabellen under vil sykling på gang- og sykkelvei være et vektet gjennomsnitt av kategoriene park og gang- og sykkelvei i tabell 6.4, mens sykle i veibanen er et vektet gjennomsnitt av fortau ellers, gågate og annet. Dette betyr at vektene vi anbefaler er basert på de samme infrastrukturkategoriene som vi finner i fartsmodellen (separat sykkelvei, sykkelfelt, gang- og sykkelvei og sykling i veibanen/ingen tilrettelegging). Vi har valgt å normalisere sykling på separat sykkelvei, som er den infrastrukturkategorien som har høyest standard og høyest gjennomsnittlig hastighet gitt fartsmodellen. Estimerte vekter for de ulike sykkelinfrastrukturkategoriene er rapportert i tabell 7.1.

Tabell 7.1: Estimerte infrastrukturvekter.

Infrastruktur	Vekt
Sykle på separat sykkelvei	1,00
Sykle i sykkelfelt	1,70
Sykle på gang og sykkelvei (felles infrastruktur for gående og syklende)	2,17
Sykle i veibanen	2,01
Sykle på sti (ikke med i NVDB – ikke aktuell for RTM)	3,73
Sykle på fortau i sentrum (ikke kodet i NVDB – ikke aktuell for RTM)	3,19

Vekten gjenspeiler den relative «unytten» av å sykle på ulike typer infrastruktur. Siden «unytte» ikke har noen naturlig skala må vi normalisere. Sykling på separat sykkelfelt er normalisert til 1. Man kan så tolke vektene slik at å sykle 1 minutt på sykkelfelt genererer den samme unytten som å sykle 1,7 minutter på separat sykkelfelt osv.⁸

⁸ En rute på 20 minutter som går 16 minutter på sykkelvei og 4 minutter på sykkelfelt får da følgende unytte: $U(\text{rute}) = 1 \text{ Unytte/min} * 16 \text{ minutter} + 1.8 \text{ Unytte/min} * 4 \text{ minutter} = 23.2 \text{ Unytte}$.

7.2 Sammenligning med SP-resultater

Vektene vi har beregnet skiller seg fra vektene Urbanet fant i sine analyser (Loftsgarden, Ellis, & Øvrum, 2015). Dette er ikke overraskende da datagrunnlaget er forskjellig.

Vi fant i våre analyser at man i større grad unngår veier med ingen eller mindre grad av tilrettelegging ved lengre reiser, mens Urbanet fant at de som syklet ofte og kort hadde en noe høyere vektlegging av infrastruktur enn de som syklet ofte og langt. For en ren sammenligning med Urbanets vekter må vi først vekte sammen separat sykkelvei og sykling på gang og sykkelvei til én felles vekt, i tillegg må denne normaliseres. Dette gir oss vektene i tabell 7.2.

Tabell 7.2: Estimerte infrastrukturvekter med felles infrastrukturkategori for gang- og/ eller sykkelvei. Denne vekten er normalisert til 1.

Infrastruktur	Vekter (TØI-RP-data)	Vekter (Urbanet - SP-data)	Vekter brukt i Byutredningene (skjønnsmessige vurderinger)
Sykle i sykkelfelt	1,27	1,4	1,3
Sykle på gang- og/eller sykkelvei	1,00	1,0	1,0
Sykle i veibanen	1,50	2,6	1,8
Sykle på sti (ikke med i NVDB – ikke aktuell for RTM)	2,78		
Sykle på fortau i sentrum (ikke kodet i NVDB – ikke aktuell for RTM)	2,38		

Som vi ser er de nye vektene lavere enn vektene til Urbanet, men ikke veldig forskjellig fra de vektene som har blitt brukt i byutredningene (siste kolonne). Siden våre resultater viser relativt stor forskjell på vektene for sykling på separat sykkelvei og sykling på gang- og sykkelvei (tabell 7.1), anbefaler vi å bruke separate vekter for hver av disse.

Det kan nevnes at den kommende verdsettingsstudien skal estimere nye vekter for infrastruktur, trolig ved bruk av samme kategorisering som i dette prosjektet. Det kan også være aktuelt å estimere modellen på kombinerte datakilder (SP og RP), for å utnytte styrken ved begge type data.

7.2.1 Uttesting i Cube

I forbindelse med uttesting av fartsmodellen for sykkel (Hulleberg, Ævarsson, & Flügel, 2018) ble fartsmodellen implementert i RTM versjon 3. Her ble det kjørt flere modellberegninger, både med og uten fartsmodellen.

I dette prosjektet har vi bygget videre på disse analysene, og har kjørt tiltaksscenarioet med tre nye modellvarianter. Dette gir oss totalt 6 ulike beregninger hvor tiltaket er implementert. Disse variantene er beskrevet i tabell 7.3.

Tabell 7.3: Oversikt over modellvarianter.

Modellvariant	Beskrivelse
Standard RTM	RTM kjørt uten vektning av LoS. Sykkelhastighet = 15 km/t.
Vektet RTM (1)	RTM kjørt med vekter for sykkelinfrastruktur, hvor vektene har samme verdier som brukt i byutredningene.
Vektet RTM (2)	RTM kjørt med vekter for sykkelinfrastruktur, hvor vektene er de nye estimerte vektene.
Fartsmodell uvektet	RTM kjørt med fartsmodell for segmentet mann-arbeidsreiser implementert. Ingen vektning.
Fartsmodell vektet (1)	RTM kjørt med fartsmodell for segmentet mann-arbeidsreiser implementert. Vekter som brukt i byutredningene.
Fartsmodell vektet (2)	RTM kjørt med fartsmodell for segmentet mann-arbeidsreiser implementert. Nye estimerte vekter.

Tiltaket vi har beregnet effekten av består av følgende elementer, som hver for seg er med på å bidra til økt etterspørsel eller sykkelruter:

1. Etablering av ny sykkelvei mellom Vennesla og Kristiansand
2. Forkorting av sykkelvei gjennom Kristiansand (nye lenker)
3. Forbedring av infrastruktur (oppgradert til sykkelvei på eksisterende strekninger)
4. Definert den nye sykkelveien som en hovedsykkelrute
5. Fjernet kryss (som følge av definisjonen av hovedsykkelrute)

Den nye sykkelveien gjør distansen mellom Vennesla og Kristiansand kortere. Dette gjelder i alle modellvariantene. Oppgradering av sykkelinfrastrukturen bidrar til at strekningen blir gunstigere enn før ved bruk av fartsmodellen og variantene hvor infrastruktur vektet. Ved bruk av fartsmodellen resulterer dette i høyere hastighet, som igjen gir kortere tidsbruk, mens det ved bruk av vektning av infrastruktur vil oppleves som en kortere distanse. Oppgradert infrastruktur vil ikke fremstå som noen forbedring ved bruk av standard RTM, da hastigheten uansett er 15 km/t.

Forbedret infrastruktur gjennom Kristiansand vil gi utslag i modellvariantene hvor man vektet infrastruktur og ved bruk av fartsmodellen, mens forkorting av distanse gjennom sentrum vil gi lavere reisedistanse i alle modellvarianter. Fjerning av kryss og det å definere strekninger som hovedsykkelrute vil gi høyere hastighet og derav lavere tidsbruk på lenkene i modellvariantene som baserer seg på fartsmodellen.

Tabellen under viser transportmiddelfordelingen ved bruk av de ulike modellvariantene.

Tabell 7.4: Transportmiddelfordeling i de ulike modellvariantene.

Reisemiddel	Standard RTM	Vektet RTM (1)	Vektet RTM (2)	Fartsmodell uvektet	Fartsmodell vektet (1)	Fartsmodell vektet (2)
Bilfører	61,0%	60,5%	60,7%	60,3%	60,3%	60,3%
Bilpassasjer	6,9%	6,8%	6,9%	6,8%	6,8%	6,8%
Kollektiv	10,4%	10,2%	10,3%	10,2%	10,2%	10,2%
Gang	18,1%	17,8%	17,9%	17,7%	17,7%	17,7%
Sykkel	3,5%	4,7%	4,3%	5,0%	5,0%	5,0%

Vi ser at Vektet RTM (2) legger seg mellom Standard RTM og Vektet RTM (1). Dette er logisk da de nye vektene i Vektet RTM (2) er noe lavere enn vektene i Vektet RTM (1). For variantene med fartsmodellen observerer vi ingen endring i transportmiddelfordelingen.

Tabell 7.5 viser antall turer i de ulike modellvariantene.

Tabell 7.5: Antall turer (i 1000) for ulike modellvarianter.

Reisemiddel	Standard RTM	Vektet RTM (1)	Vektet RTM (2)	Fartsmodell uvektet	Fartsmodell vektet (1)	Fartsmodell vektet (2)
Bilfører	513,8	509,5	511,1	508,3	508,3	508,3
Bilpassasjer	58,4	57,6	57,8	57,0	57,0	57,0
Kollektiv	87,8	86,2	86,7	86,0	86,0	86,0
Gang	152,1	150,0	150,7	149,4	149,4	149,4
Sykkel	29,7	39,3	35,9	42,0	42,0	42,0
Totalt	841,8	842,5	842,3	842,7	842,7	842,7

Også når det gjelder antall turer ser vi at Vektet RTM (2) legger seg mellom Standard RTM og Vektet RTM (1). For variantene med fartsmodellen observerer vi ingen endring.

Tabell 7.6 viser beregnede personkilometer og gjennomsnittlig reiselengde for sykkelturner i de ulike modellvariantene.

Tabell 7.6 Personkilometer og gjennomsnittlig reiselengde for sykkel

	Personkilometer (i 1000)	Antall sykkelturner (i 1000)	Gj.avstand (i km)
Standard RTM	99	30	3,3
Vektet RTM (1)	201	39	5,1
Vektet RTM (2)	161	36	4,5
Fartsmodell uvektet	235	42	5,6
Fartsmodell vektet (1)	238	42	5,7
Fartsmodell vektet (2)	238	42	5,7

Vi observerer at Vektet RTM (2) legger seg mellom Standard RTM og Vektet RTM (1) både i antall personkilometer og gjennomsnittlig reiselengde per tur. I tillegg så observerer vi for første gang forskjeller mellom modellvariantene med fartsmodellen. Variantene som vektet infrastruktur har en noe lenger gjennomsnittlig reiselengde og derav noen flere personkilometer for sykkel.

7.3 Usikkerhet

Det er ulike metodiske usikkerheter knyttet til arbeidet. Noe av dette er omtalt i tidligere avsnitt, men vi velger her å sammenstille noen av momentene.

For det første er vi usikre på identifikasjonen av variabler fra Sense.dat. Når det gjelder valgt transportmiddel har vi støttet oss på applikasjonens gjenkjenning. I følge leverandøren av data gjenkjenner appen riktig transportmiddel med 90% sikkerhet, men vi vet ikke om dette tallet gjelder spesifikt for sykkel. Siden vi har ekskludert registrerte turer med det vi mener er urimelige hastigheter er vi relativt sikre på at det vi sitter igjen med er sykkelturner.

Vi er imidlertid mer usikre på hvorvidt det som er registret som en tur faktisk er en tur og ikke deler av en tur eller en hel turkjede. Vi er også usikre på om vi har fått ekskludert alle turer som bør ekskluderes. F.eks. har enkelte stikkprøver vist at det finnes turer fra sykkelritt i datasettet, og her har man ikke reelle rutevalg. Stengte veier kan også påvirke hvilken rute man tar. Metoden vi benytter forutsetter for øvrig at respondenten har god kjennskap til nettverket og «vet om» alternative ruter. Dette har vi ikke hatt mulighet til å sjekke. Videre er applikasjonen som ble brukt en kommersiell vare og vi ikke har tilgang på kilde-koden. Vi kan derfor ikke være helt sikre på om appen har en skjevhet mot en type infrastruktur når dataene blir vasket.

Som nevnt i kapittel 5 har sammensetning av valgsett betydning for resultatene. Fordelen med metoden vi endte opp med, er at trekningen er uavhengig av infrastruktur slik at man unngår systematiske skjevheter som kunne påvirke estimering av infrastrukturvektene. Den brukte metoden har imidlertid en betydelig ulempe ved at alternative ruter går (i gjennomsnitt) via færrest mulige lenker og dermed færre kryss.

Vi skulle ellers ønske at vi hadde hatt mer tid slik at vi hadde hatt mulighet til å teste mer på de ulike lenkeegenskapene. I tillegg til egenskaper ved lenkene hadde det vært interessant å sjekke andre faktorer som kan påvirke rutevalg. Dette kan f.eks. være hvilke omgivelser man sykler i (park, sentrum, marka), hvor mye trafikk man har rundt seg (ÅDT biler, andre syklist, fotgjengere) eller hva slags vær det er den aktuelle dagen.

Det er også knyttet noe usikkerhet rundt selve estimeringen. Vi har f.eks. opplevd at resultatene kan endre seg noe med ulikt antall Halton Draws som brukes i simulering av fordelingen i mixed logit modeller. Vi hadde i dette prosjektet ikke mulighet å implementere state-of-art estimeringsmodeller innenfor rutevalgsmodellering og modeller med korrelasjonsfaktorer (såkalte path-size logit modeller, (Cascetta, Nuzzolo, Russo, & Vitetta, 1996)).

8 Referanser

- Bierlaire, M. (2009). Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8
<http://biogeme.epfl.ch/archives/v18/tutorialv18.pdf>.
- Cascetta, E., Nuzzolo, A., Russo, F. & Vitetta, A. (1996). A modified logit route choice model overcoming path overlapping problems. Specification and some calibration results for interurban networks.
- Flügel, S., Hulleberg, N., Fyhri, A., Weber, C., Ævarsson, G. & Skartland, E.-G. (2017). Fartsmodell for sykkel og elsykkel (TØI-rapport 1557/2017). Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Flügel, S., Hulleberg, N., Fyhri, A., Weber, C. & Ævarsson, G. (2017) Empirical speed models for cycling in the Oslo road network, *Transportation*.
<https://doi.org/10.1007/s11116-017-9841-8>
- Fyhri, A., Sundfør, H. & Weber, C. (2016). Effekt av tilskuddsordning for elsykkel i Oslo på sykkelbruk, transportmiddelfordeling og CO2 utslipp (TØI-rapport 1498/2016). Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Geofabrik.de [Nettside] [oppført 09.juni 2017]. Tilgjengelig på <https://www.geofabrik.de/>
- Hulleberg, N., Ævarsson, G. & Flügel, S. (2018). Uttesting av fartsmodell for sykkel i RTM (TØI-arbeidsdokument 51295/2018). Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Hulleberg, N., Flügel, S. & Ævarsson, G. (2018). En statistisk analyse av syklistenes rutevalg basert på GPS-data (TØI-arbeidsdokument 51334/2018).
- Loftsgarden, T., Ellis, I. O. & Øvrum, A. (2015). Markedsundersøkelse om sykkel i fire byområder. Dokumentasjonsrapport. (UA-rapport 54/2015). Urbanet Analyse.
- Statens vegvesen og Jernbanedirektoratet. (2017). Retningslinjer for metodebruk og analyser i byutredningene.
- Tørset, T. (2017). Sykkel og gange i RTM i forbindelse med bymiljøutredningene.
- Wikipedia, bidragsytere. 2018. "Dijkstra's algorithm" [Nettside]. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [oppført mars 2018]. Tilgjengelig på https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm

Vedlegg

Vedlegg A: Mer om generering av alternative ruter

For generering av alternative ruter har vi skrevet en python-applikasjon, hvor vi benytter oss av NetworkX som et Python-bibliotek som brukes for å studere grafer/nettverk. Her leser vi først inn hele nettverket, hvor hver lenke inneholder følgende egenskaper:

- Fra-node
- Til-node
- Lenkenavn
- Distanse
- Type infrastruktur
- Stigning/endring i høydemeter
- Område (sentrum/ikke-sentrum)
- Veiiinformasjon (type vei, hovedsykkelerute, ...)
- Kryss i start av lenke (T-kryss, X-kryss, ingen kryss)
- Kryss i slutt av lenke (T-kryss, X-kryss, ingen kryss)

Basert på disse egenskapene gir vi hver lenke en kostnad. Kostnadene kan deles inn i følgende grupper:

- Lenkekostnader er definert av distanse (korteste vei, uavhengig av infrastruktur), høydemeter (antall meter motbakke) eller antall kryss.
- Lenkekostnader er definert basert på av distanse, men infrastruktur vektet ulikt. Vektene er forhåndsbestemt.
- Lenkekostnader består av en kombinasjon av distanse, høydemeter, kryss og/eller andre egenskaper. I tillegg kan de ulike elementene vektet.
- Lenkekostnader består av en kombinasjon av lenkelengden og et tilfeldig trukket tall (lenkene vektet, men vekten trekkes tilfeldig)
- Lenkekostnader er et tilfeldig tall (uavhengig av lenkelengde, infrastruktur og høydemeter)



Figur A.1: Eksempel på lenke.

Dette betyr at hver lenke vil få en ny kostnad i hvert alternativ. Vi har f.eks. en lenke fra A til B (se Figur A.1) med infrastruktur «sykkelfelt». Denne lenken har distanse D, høydemeter H og starter i et X-kryss. Gitt denne informasjonen, vil lenken få følgende kostnader i ulike situasjoner:

- Ingen vektning. Kostnad er kun bestemt av distanse som gir lenkekostnad lik D.

- Infrastruktur vektes ulikt og hver type infrastruktur har en egen vekt som ganges med distanse. Hvis vekten til sykkelfelt er 2, vil lenkekostnaden være 2D. Hvis vekten til sykkelfelt er 0,5 vil lenkekostnaden være 0,5D.
- Ingen vektning av distanse, men man får et tillegg i distanse (+ 400 m) hvis man passerer et kryss. Da vil lenkekostnaden bli $D + 400$.

For å finne rutene som har lavest kostnad har vi brukt Dijkstras algoritme (som er implementert i NetworkX). Dette er en kjent algoritme innenfor graf-teori og den brukes for å finne korteste vei i en graf. Figur A.2 viser en pseudo-kode for algoritmen.

```

1 function Dijkstra(Graph, source):
2
3   create vertex set Q
4
5   for each vertex v in Graph:           // Initialization
6     dist[v] ← INFINITY                 // Unknown distance from source to v
7     prev[v] ← UNDEFINED                // Previous node in optimal path from source
8     add v to Q                          // All nodes initially in Q (unvisited nodes)
9
10  dist[source] ← 0                       // Distance from source to source
11
12  while Q is not empty:
13    u ← vertex in Q with min dist[u]    // Node with the least distance will be selected first
14    remove u from Q
15
16    for each neighbor v of u:           // where v is still in Q.
17      alt ← dist[u] + length(u, v)
18      if alt < dist[v]:                 // A shorter path to v has been found
19        dist[v] ← alt
20        prev[v] ← u
21
22  return dist[], prev[]

```

Figur A.2: Pseudo-kode for Dijkstras, kilde: Wikipedia.

Vi genererer nye lenkekostnader for hver gang vi finner et nytt sett med alternative ruter. I første del av prosjektet genererte vi 48 sett med alternative ruter. Av disse var 18 basert på vektning av infrastruktur. Vektene $[v_1, v_2, v_3]$ ble ganget med ulike typer infrastruktur, hvor v_1 vektes med GSvei, v_2 med sykkelfelt og v_3 med ingen infrastruktur. Det vil si at vi ikke vekter opp sykkelvei i våre alternativer (tilsvarende vekt lik 1). Alternativene våre er bygget opp slik:

- Alternativ 0: Korteste vei, ingen vektning av infrastruktur. $[v_1, v_2, v_3] = [1, 1, 1]$
- Alternativ 1: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 1, 1]$
- Alternativ 2: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 2, 2]$
- Alternativ 3: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 2, 3]$
- Alternativ 4: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 0.5, 1]$
- Alternativ 5: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 0.5, 3]$
- Alternativ 6: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 2, 3]$
- Alternativ 7: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 1, 2]$
- Alternativ 8: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 1, 3]$
- Alternativ 9: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 2, 2]$
- Alternativ 10: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 0.5, 1]$
- Alternativ 11: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 0.5, 2]$
- Alternativ 12: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 0.5, 2]$

- Alternativ 13: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 0.5, 3]$
- Alternativ 14: $[v_1, v_2, v_3] = [1, 2, 1]$
- Alternativ 15: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 1, 2]$
- Alternativ 16: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 1, 3]$
- Alternativ 17: $[v_1, v_2, v_3] = [2, 2, 1]$
- Alternativ 18: Minimerer kryss i slutten av lenken (for å unngå dobbelttelling). X og T-kryss teller like mye.
- Alternativ 19: Minimerer kryss i slutten av lenken (for å unngå dobbelttelling). X kryss teller det dobbelte av T-kryss.
- Alternativ 20: Minimerer distanse, men turen får et tillegg i distanse (+ 400m) hvis man passerer et kryss (lenken oppfattes som 400 meter lenger hvis man passerer et kryss).
- Alternativ 21: minimerer meter motbakke (teller kun hvis meter er over 0, dvs. at man ikke tar med lenker som heller nedover).
- Alternativ 22: Minimerer absolutt endring i høydemeter, dvs. finner det flateste alternativet.
- Alternativ 23: trekker tilfeldige (hel)tall mellom 1 og 10 for $[v_1, v_2, v_3, v_4]$. Hver tur får sine egne vekter, og man bruker v_4 hvis man har en lenke med infrastruktur sykkelvei.
- Alternativ 24: Minimerer tid, gitt fartsmodellen.
- Alternativ 25: Minimerer tid, hvor hastigheten er gitt av et gjennomsnitt av fartsmodellen og en konstant hastighet på 15 km/t.
- Alternativ 26-27, 37, 40-47: Hver lenke i nettverket får et tilfeldig (heltall) mellom 1 og 1000.
- Alternativ 28 - 29: Hver lenke i nettverket har kostnad (distanse * randomN), hvor randomN er et tilfeldig (flyt)tall mellom 0.5 og 2.
- Alternativ 30-31, 33-34, 38: Hver lenke i nettverket har kostnad (distanse * randomN), hvor randomN er et tilfeldig (flyt)tall mellom 0.1 og 10.
- Alternativ 32: Hver lenke i nettverket har kostnad (distanse * randomN), hvor randomN er et tilfeldig (flyt)tall mellom 1 og 100.
- Alternativ 35-36, 39: Hver lenke i nettverket har kostnad (distanse / randomN), hvor randomN er et tilfeldig (flyt)tall mellom 1 og lengden til lenken.

Vedlegg B: Kvalitetssikring av GPS-data

Som nevnt tidligere er appen som ble brukt en kommersiell vare og vi ikke har hatt tilgang på kildekoden. Datasettene vi har fått inneholder enkelte kolonner som skal kunne si noe om kvaliteten på datagrunnlaget. I dette vedlegget har vi forsøkt å sammenstille noe av denne informasjonen.

For turnivå (gjennomsnittlige verdier for hele turen) er det hovedsakelig tre felter som sier noe om kvaliteten: quality, hausdorffDistance og routeSource. Quality sier noe overordnet om kvaliteten, hausdorffDistance gir et bilde på hvor mye GPS-punktene er flyttet i vaskingen, mens routeSource angir om man har klart å finne en rute i OpenStreetMap som passer GPS-punktene (mappedLocation).

Tabell B.1: Fordeling av turer etter kvalitet.

		quality			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Approved	5833	10,4	10,4	10,4
	Approximate	5099	9,1	9,1	19,5
	Bad	84	,1	,1	19,6
	Corrupt	416	,7	,7	20,4
	Good	44543	79,4	79,4	99,7
	Missing	153	,3	,3	100,0
	NotAnalyzedYet	2	,0	,0	100,0
	Total	56130	100,0	100,0	100,0

som en hovedregel anbefaler Sense.dat å bruke turer som er merket med tagg «good», «approved» og «approximate». Dette utgjør nesten alle turene i vårt datasett.

I tillegg anbefaler de å se på HausdorffDistance. Turene har HausdorffDistance mellom 0 og 8002, hvor 90% av alle turer som har denne taggen har en verdi på 275 eller lavere. Tabell B.2 viser sammenhengen mellom HausdorffDistance (gjennomsnitt) og quality.

Tabell B.2: Sammenheng mellom HausdorffDistance og quality.

		hausdorffDistance
		Mean
quality	Approved	132,49
	Approximate	367,27
	Bad	766,19
	Corrupt	291,37
	Good	128,38
	Missing	204,37
	NotAnalyzedYet	,

I Tabell B.3 ser vi at over 90% av alle turene har en god rutetilpassing i OSM.

Tabell B.3: Andel turer som har god rutetilpasning (*mappedLocation*).

		routeSource			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid		69	,1	,1	,1
	mappedLocations	51181	91,2	91,2	91,3
	sensedLocations	4880	8,7	8,7	100,0
	Total	56130	100,0	100,0	

Vedlegg C: Fartsmodell for sykkel

Vi har i dette prosjektet implementert fartsmodellen (TØI-rapport 1557/2017), hvor den endelige fartsmodellen består av følgende egenskaper:

- Kjønn
- Reisehensikt (arbeid/ikke arbeidsreise)
- Stigning på lenken
 - Netto-stigning i prosent, spesifisert som 18 forskjellige dummy-variabler, hvor «stigning 0-1%» er normalisert.
- Gjennomsnittlig stigning på inngående lenker (kontinuerlig)
- Horisontalkurvatur (kontinuerlig)
- Tilgjengelig infrastruktur
 - Type vei spesifisert med 4 dummy-variabler: sykkelvei, tilgjengelig sykkelfelt, gang- og sykkelvei eller annen vei (ingen tilrettelegging for sykkel)
- Krysstype kombinert med lengden på lenken (12-dummy-variabler)
 - T- og X-kryss
 - Kort (under 30 meter), middels og lang lenke (over 100 meter)
- Hovedsykkelerute (dummy-variabel)
- Proxy for trafikk tetthet (4 dummy-variabler)
 - Hvorvidt lenken er i et sentrumsområde, kombinert med skiltet hastighet (over/under 30 km/t)

Den avhengige variabelen i modellen er empirisk observert fart i km/time (F) beregnet med ligning C.1.

$$(C.1) \quad F_{i,g,r} = e^{\beta_o + \beta_{mann} * D_g + \beta_{arbeid} * D_r + \sum_k (\beta_k * X_{k,i}) + \varepsilon}$$

β_o er konstantledd. e^{β_o} tilsvarer fart for en normalisert observasjon hvor alle andre variabler er satt til null. Siden vi har en del dummyvariabler i vår modell tilsvarer ikke dette gjennomsnittsfarten i populasjonen.

Vi ønsker her å presisere et par ting med denne modellen. Begrepet kurvatur omhandler normalt både horisontalkurvatur og vertikalkurvatur i veiens linjeføring. Disse egenskapene har vi delt i flere variabler. Med horisontal kurvatur mener vi her et mål på hvor mye lenken svinger, noe som bl.a. har betydning for sikt og sidekraft. Når det gjelder informasjon om vertikalkurvatur (endring i høyde) ligger denne informasjonen i variablene «stigning på lenken» og «gjennomsnittlig stigning på inngående lenker». Som nevnt i vedlegget til rapporten om fartsmodellen, testet vi også andre egenskaper, bl.a. akkumulerte høydemeter (nedover/oppover), men dette ble ikke inkludert i den endelige modellen da vi fikk bedre forklaringskraft ved å implementere egenskapene over.

Tabell C.1: Estimeringsresultat fartsmodell vanlig sykkel.

	Estimert verdi	Konfidensintervall (95%)	
		Nedre grense	Øvre grense
(Konstantledd)	3,008	3,002	3,013
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er brattere enn -9%	4,91 %	2,91 %	6,92 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom -7 og -9%	10,81 %	9,34 %	12,27 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom -6 og -7%	13,57 %	12,38 %	14,76 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom -5 og -6%	17,95 %	17,03 %	18,88 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom -4 og -5%	18,02 %	17,29 %	18,75 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom -3 og -4%	14,94 %	14,23 %	15,65 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom -2 og -3%	11,24 %	10,61 %	11,87 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom -1 og -2%	5,89 %	5,33 %	6,45 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 0 og -1%	4,12 %	3,64 %	4,60 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 0 og 1%			normalisert
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 1 og 2%	-9,73 %	-10,28 %	-9,18 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 2 og 3%	-12,99 %	-13,62 %	-12,36 %
Dummy for stigning. Gj.stittlig stigning er mellom 3 og 4%	-19,51 %	-20,19 %	-18,84 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 4 og 5%	-26,69 %	-27,38 %	-26,00 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 5 og 6%	-30,34 %	-31,19 %	-29,49 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 6 og 7%	-38,54 %	-39,56 %	-37,53 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er mellom 7 og 9%	-39,49 %	-40,78 %	-38,20 %
Dummy for stigning. Gj.snittlig stigning er brattere enn 9%	-42,67 %	-44,72 %	-40,62 %
<i>Kurvatur. Mål på hvor mye lenken svinger.</i>			
Dummy for tilgang på markert sykkelfelt	8,15 %	7,70 %	8,60 %
Dummy for gang- og sykkelvei tilgjengelig	6,09 %	5,65 %	6,54 %
Dummy for sykkelvei	10,63 %	9,94 %	11,32 %
Dummy for arbeidsreiser	11,42 %	11,12 %	11,73 %
Dummy for Tkryss i start av lenke, lenke kortere enn 30 meter	-9,28 %	-11,31 %	-7,25 %
Dummy for Tkryss i slutten av lenke, lenke kortere enn 30 meter	-4,14 %	-6,31 %	-1,97 %
Dummy for Xkryss i start av lenke, lenke kortere enn 30 meter	-12,23 %	-16,78 %	-7,68 %
Dummy for Xkryss i slutten av lenke, lenke kortere enn 30 meter	-9,08 %	-14,02 %	-4,14 %
Dummy for Tkryss i start av lenke, lenke lenger enn 100 meter	0,31 %	-0,06 %	0,68 %
Dummy for Tkryss i slutten av lenke, lenke lenger enn 100 meter	-1,87 %	-2,24 %	-1,51 %
Dummy for Xkryss i start av lenke, lenke lenger enn 100 meter	-0,54 %	-1,05 %	-0,04 %
Dummy for Xkryss i slutten av lenke, lenke lenger enn 100 meter	-3,26 %	-3,76 %	-2,76 %
Dummy for Tkryss i start av lenke, lenke mellom 30 og 100 meter	-4,90 %	-5,73 %	-4,06 %
Dummy for Tkryss i slutten av lenke, lenke mellom 30 og 100 meter	-6,74 %	-7,61 %	-5,87 %
Dummy for Xkryss i start av lenke, lenke mellom 30 og 100 meter	-3,51 %	-4,09 %	-2,93 %
Dummy for Xkryss i slutten av lenke, lenke mellom 30 og 100 meter	-2,35 %	-2,93 %	-1,77 %
Dummy for kjønn, mann = 1	12,98 %	12,68 %	13,27 %
Gjennomsnitt av stigning på foregående lenker (kontinuerlig)	-39,36 %	-43,54 %	-35,18 %
Dummy for hovedsykkelruter (Tour de finance, Ring 3, Trondheimsveien nord for Sinsenkrysset)	11,40 %	10,94 %	11,86 %
Dummy for sentrumslenker hvor det er lav skiltet hastighet (<= 30 km/t)	-20,87 %	-21,37 %	-20,38 %
Dummy for lenker utenfor sentrum med lav skiltet hastighet (<= 30 km/t)	-11,82 %	-12,27 %	-11,37 %
Dummy for sentrumslenker med skiltet hastighet over 30 km/t.	-12,52 %	-12,95 %	-12,09 %

Vedlegg D: Ekskluderingsregler

Tabell D.1: Ekskluderingsregler.

Ekskluderingsregel	Forklaring	Antall turer ekskludert	Andel turer ekskludert
A1	Ekskluderer alle turer med elsykkel	10749	0,2543
A2	Ekskluderer alle turer som ikke har quality = 'good'	7747	0,1833
B1	Valgt rute ikke mer enn 4 ganger så lang som korteste rute	348	0,0082
B2	Valgt rute ikke mer enn 3 ganger så lang som korteste rute	500	0,0118
B3	Valgt rute ikke mer enn 2 ganger så lang som korteste rute	1095	0,0259
C1	Valgt rute har distanse minst 100 meter	41	0,0010
C2	Valgt rute har distanse minst 500 meter	2258	0,0534
C3	Valgt rute har distanse minst 1000 meter	7949	0,1881
D1	Valgt rute tar reisetid på minst 1 minutt	183	0,0043
D2	Valgt rute har reisetid på minst 3 minutter	3724	0,0881
D3	Valgt rute har reisetid på minst 5 minutter	8554	0,2024
E1	Korteste alternativ er maks 99% av distansen for lengste alternativ	206	0,0049
E2	Korteste alternativ er maks 95% av distansen for lengste alternativ	382	0,0090
E3	Korteste alternativ er maks 90% av distansen for lengste alternativ	740	0,0175
F1	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er maks 100% lenger enn rapportert distanse fra app	13	0,0003
F2	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er maks 50% lenger enn rapportert distanse fra app	64	0,0015
F3	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er maks 30% lenger enn rapportert distanse fra app	179	0,0042
F4	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er maks 20% lenger enn rapportert distanse fra app	368	0,0087
F5	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er maks 10% lenger enn rapportert distanse fra app	859	0,0203
G1	Ekskluderer turer hvor 90 – 100% av GPS-observasjonene ligger utenfor Oslo	39	0,0009
G2	Ekskluderer turer hvor 70 – 100% av GPS-observasjonene ligger utenfor Oslo	129	0,0031
G3	Ekskluderer turer hvor 50 – 100% av GPS-observasjonene ligger utenfor Oslo	321	0,0076
H1	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er minst 10% av rapportert distanse fra app	41	0,0010
H2	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er minst 50% av rapportert distanse fra app	562	0,0133
H3	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er minst 70% av rapportert distanse fra app	1234	0,0292
H4	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er minst 80% av rapportert distanse fra app	2091	0,0495
H5	Rapportert distanse fra OSM-nettverk er minst 90% av rapportert distanse fra app	4815	0,1139

Vedlegg E: Estimeringsresultater

Tabell E.1: Estimeringsresultater for infrastruktur målt i minutter for henholdsvis kvinner og menn. Antall trekkninger: 50.

	Alle reiser kvinner		Alle reiser menn	
	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value
Antall observasjoner	11005		17018	
Antall personer	275		382	
Adj. Rho squared	0,881		0,889	
b_kryssT	0,79	48,6	0,78	56,9
b_kryssX	0,52	36,6	0,47	38,4
b_time_cl	-1,76	-22,9	-1,38	-21,3
b_time_cp	-1,44	-20,2	-0,79	-17,5
b_time_fortau_ellers	-2,53	-33,4	-2,04	-36,2
b_time_fortau_sentrum	-3,06	-31,3	-2,78	-34,0
b_time_gaagate	-2,63	-10,9	-2,42	-8,2
b_time_other	-1,90	-35,6	-1,50	-42,5
b_time_park	-2,23	-26,6	-1,91	-30,1
b_time_sti	-3,71	-22,5	-2,57	-34,1
b_time_wcp	-1,63	-11,3	-1,28	-9,3
sigma_cl	0,49	6,0	0,39	6,7
sigma_cp	0,50	6,3	0,72	18,4
sigma_fortau_ellers	0,68	13,4	0,70	14,5
sigma_fortau_sentrum	0,63	6,9	0,59	7,4
sigma_gaagate	0,43	1,3	1,84	5,6
sigma_others	0,63	16,4	0,70	29,8
sigma_park	0,62	7,7	0,45	6,3
sigma_sti	1,27	14,1	1,64	19,0
sigma_wcp	0,18	1,3	0,19	0,5
Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei:				
Sykkelvei	1,0		1,0	
Sykkelfelt	1,2		1,8	
Fortau sentrum	2,1		3,5	
Fortau ellers	1,8		2,6	
Gågate	1,8		3,1	
Park	1,5		2,4	
Sti	2,6		3,3	
Gang og sykkelvei	1,1		1,6	
Annet	1,3		1,9	

Tabell E.2: Estimeringsresultater for infrastruktur målt i minutter for henholdsvis kvinner og menn på ulike distanse-segmenter. Antall trekninger: 50.

	Kvinner (under 2 km)		Menn (under 2 km)		Kvinner (2-5 km)		Menn (2-5 km)	
	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value
Antall observasjoner	3916		4782		4463		6652	
Antall personer	251		350		250		341	
Adj. Rho squared	0,724		0,710		0,959		0,944	
b_kryssT	0,81	41,7	0,86	47,1	0,92	17,0	0,82	25,3
b_kryssX	0,54	29,7	0,55	31,8	0,61	15,5	0,49	18,8
b_time_cl	-2,00	-17,9	-1,84	-18,4	-1,95	-11,3	-1,43	-13,0
b_time_cp	-1,64	-11,1	-1,60	-17,8	-1,62	-10,4	-0,75	-10,0
b_time_fortau_ellers	-2,90	-23,4	-2,87	-27,6	-2,74	-14,5	-2,30	-20,5
b_time_fortau_sentrum	-3,32	-27,1	-3,09	-30,3	-3,64	-14,1	-3,15	-19,4
b_time_gaagate	-2,72	-7,5	-1,95	-4,6	-4,52	-5,2	-1,79	-4,1
b_time_other	-2,10	-29,8	-2,08	-34,6	-2,10	-16,6	-1,90	-21,9
b_time_park	-2,50	-23,9	-2,26	-20,3	-2,69	-13,4	-2,19	-17,5
b_time_sti	-3,78	-15,2	-3,62	-18,8	-3,84	-10,3	-2,39	-16,4
b_time_wcp	-1,96	-8,1	-1,82	-7,2	-2,03	-8,5	-1,33	-6,5
sigma_cl	0,44	3,3	0,31	2,4	0,16	0,9	0,46	3,8
sigma_cp	1,16	8,4	0,69	5,5	0,49	3,3	0,72	9,8
sigma_fortau_ellers	0,86	8,8	1,07	13,6	0,60	4,5	0,69	8,2
sigma_fortau_sentrum	0,74	6,2	0,62	5,3	0,58	3,3	0,59	4,2
sigma_gaagate	1,02	1,5	2,20	5,3	0,23	0,3	0,67	1,9
sigma_others	0,64	16,1	0,82	22,5	0,64	12,6	0,85	17,8
sigma_park	0,69	8,4	0,83	8,2	0,59	4,3	0,47	4,1
sigma_sti	1,47	5,3	2,35	12,2	1,56	6,8	1,53	11,0
sigma_wcp	0,37	1,2	0,52	2,4	0,12	0,6	0,27	1,3
Avledet vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei								
Sykkelvei	1,0		1,0		1,0		1,0	
Sykkelfelt	1,2		1,2		1,2		1,9	
Fortau sentrum	2,0		1,9		2,2		4,2	
Fortau ellers	1,8		1,8		1,7		3,1	
Gågate	1,7		1,2		2,8		2,4	
Park	1,5		1,4		1,7		2,9	
Sti	2,3		2,3		2,4		3,2	
Gang og sykkelvei	1,2		1,1		1,3		1,8	
Annet	1,3		1,3		1,3		2,5	

Tabell E.3: Estimeringsresultater for infrastruktur målt i minutter for henholdsvis kvinner og menn på ulike distanse-segmenter. Antall trekkninger: 50.

	Kvinner (5 - 10 km)		Menn (5 - 10 km)		Kvinner (over 10 km)		Menn (over 10 km)	
Antall observasjoner	2283		4819		343		765	
Antall personer	173		267		33		80	
Adj. Rho squared	0,992		0,992		0,976		0,989	
	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value
b_kryssT	18,50	34,3	1,04	5,8	13,10	0,0	5,38	0,0
b_kryssX	10,30	14,6	0,75	4,9	7,39	0,0	3,27	0,0
b_time_cl	-22,60	-5,3	-0,48	-1,3	11,40	0,0	11,50	0,0
b_time_cp	-12,40	-10,7	0,36	2,5	30,40	0,0	6,89	0,0
b_time_fortau_ellers	-37,70	-23,1	-1,71	-4,9	-11,40	0,0	5,39	0,0
b_time_fortau_sentrum	-59,80	-8,4	-4,30	-5,0	-14,10	0,0	-0,91	0,0
b_time_gaagate	-58,10	-3,3	-3,62	-2,3	-2,81	0,0	-0,76	0,0
b_time_other	-31,30	-30,6	-1,17	-5,6	1,19	0,0	-0,03	0,0
b_time_park	-38,90	-22,8	-1,95	-4,5	-8,35	0,0	-8,13	0,0
b_time_sti	-100,00	0,0	-2,28	-4,4	-100,00	0,0	-21,30	0,0
b_time_wcp	-29,20	-0,1	-0,67	-1,9	-0,99	0,0	-11,30	0,0
sigma_cl	1,15	0,5	1,29	3,1	0,08	0,0	0,67	0,0
sigma_cp	2,25	1,9	0,34	2,1	3,12	0,0	0,21	0,0
sigma_fortau_ellers	5,65	7,2	0,01	0,0	0,37	0,0	0,31	0,0
sigma_fortau_sentrum	0,48	0,1	0,55	1,4	2,17	0,0	2,11	0,0
sigma_gaagate	9,00	0,6	0,35	0,2	0,00	0,0	2,73	0,0
sigma_others	13,30	24,2	0,34	4,7	0,36	0,0	0,00	0,0
sigma_park	0,39	0,4	0,24	0,6	2,65	0,0	2,73	0,0
sigma_sti	43,10	24,7	0,44	1,1	15,30	0,0	4,58	0,0
sigma_wcp	5,55	0,0	0,16	0,3	0,96	0,	4,02	0,0
Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei:								
Sykkelvei	1,0		1,0		1,0		1,0	
Sykkelfelt	1,8		-1,3		0,4		1,7	
Fortau sentrum	4,8		-11,9		-0,5		-0,1	
Fortau ellers	3,0		-4,8		-0,4		0,8	
Gågate	4,7		-10,1		-0,1		-0,1	
Park	3,1		-5,4		-0,3		-1,2	
Sti	8,1		-6,3		-3,3		-3,1	
Gang og sykkelvei	2,4		-1,9		0,0		-1,6	
Annet	2,5		-3,3		0,0		0,0	

Tabell E.4: Estimeringsresultater, med og uten høyde i nyttefunksjonen. Antall trekninger: 50.

	Med høyde		Uten høyde	
	value	Robust T-test value	value	Robust T-test value
Antall observasjoner	28023		28023	
Antall personer	657		657	
Adj. Rho squared	0,885		0,884	
b_kryssT	0,78	76,4	0,78	76,7
b_kryssX	0,47	52,4	0,49	54,2
b_time_cl	-1,29	-26,9	-1,51	-31,8
b_time_cp	-0,76	-16,0	-0,98	-25,6
b_time_fortau_ellers	-1,96	-41,0	-2,15	-45,6
b_time_fortau_sentrum	-2,61	-48,2	-2,79	-48,9
b_time_gaagate	-1,85	-10,5	-1,99	-9,7
b_time_other	-1,39	-48,8	-1,42	-57,7
b_time_park	-1,69	-30,2	-1,88	-35,4
b_time_sti	-2,86	-36,1	-3,00	-33,2
b_time_wcp	-1,29	-14,4	-1,40	-15,0
sigma_cl	0,22	4,0	0,34	6,4
sigma_cp	0,52	8,4	0,57	13,3
sigma_fortau_ellers	0,63	14,0	0,69	18,3
sigma_fortau_sentrum	0,33	5,4	0,38	7,2
sigma_gaagate	1,29	7,7	1,20	7,1
sigma_others	0,52	36,3	0,66	33,6
sigma_park	0,42	4,6	0,51	7,9
sigma_sti	1,26	24,5	1,32	21,1
sigma_wcp	0,42	3,8	0,16	0,8
b_height_up	-0,06	-12,9		
Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei:				
Sykkelvei	1,0		1,0	
Sykkelfelt	1,7		1,5	
Fortau sentrum	3,4		2,8	
Fortau ellers	2,6		2,2	
Gågate	2,4		2,0	
Park	2,2		1,9	
Sti	3,8		3,1	
Gang og sykkelvei	1,7		1,4	
Annet	1,8		1,4	

Tabell E.5: Estimeringsresultater med ekskluderingsregel B2, modell uten høyde i nyttefunksjonen. Antall treknninger: 50.

Estimert modell med ekskluderingsregel B2		
Antall observasjoner	27841	
Antall personer	656	
Adj. Rho squared	0,887	
	value	Robust T-test value
b_kryssT	0,79	73,7
b_kryssX	0,51	53,4
b_time_cl	-1,79	-33,3
b_time_cp	-1,26	-26,9
b_time_fortau_ellers	-2,45	-48,6
b_time_fortau_sentrum	-2,99	-49,9
b_time_gaagate	-2,67	-13,3
b_time_other	-1,87	-55,0
b_time_park	-2,23	-42,8
b_time_sti	-3,79	-34,9
b_time_wcp	-1,53	-15,9
sigma_cl	0,12	0,9
sigma_cp	0,44	8,3
sigma_fortau_ellers	0,83	18,6
sigma_fortau_sentrum	0,51	9,4
sigma_gaagate	1,37	8,1
sigma_others	0,44	30,7
sigma_park	0,55	11,5
sigma_sti	1,34	21,0
sigma_wcp	0,26	1,2
Avledete vekter for infrastruktur målt i minutter syklet på separat sykkelvei:		
Sykkelvei	1,0	
Sykkelfelt	1,4	
Fortau sentrum	2,4	
Fortau ellers	1,9	
Gågate	2,1	
Park	1,8	
Sti	3,0	
Gang og sykkelvei	1,2	
Annet	1,5	

Vi observerer at det å inkludere ekskluderingsregel B2, generelt gir litt lavere vekter enn beregninger uten denne ekskluderingsregelen (se beregningen uten høyde på forrige side). Vi observerer likevel at det er større forskjeller mellom beregningene som har forskjellig antall treknninger.

Vedlegg F: Implementering av vektorer for infrastruktur i RTM versjon 4

I dagens versjon av RTM (versjon 4) bestemmes rutevalget for sykkel etter hva som er raskeste rute, hvor farten er gitt av en fartsmodell for sykkel (Flügel, et al., 2017). Ulike segmenter vil få ulik hastighet, men alle syklistene vil velge den raskeste ruten. Vår analyse av rutevalg viser imidlertid at syklistene i gjennomsnitt sykler 17% lenger enn den raskeste ruten. Vi har derfor etablert vektorer som er ment å fange opp mer av syklistenes opplevelse (komforteffekt⁹) av ulike former for sykkelinfrastruktur. Dette arbeidet er dokumentert i denne rapporten (TØI-rapport 1648/2018).

I den forrige versjonen av RTM (versjon 3) var det også en mulighet for å vektet sykkelinfrastruktur (se figur F.1). For enklest mulig implementering, anbefaler vi at våre vektorer implementeres på tilsvarende måte.

Våre erfaringer med uttesting av fartsmodellen i RTM (Hulleberg, Ævarsson, & Flügel, 2018), tyder på at man ved innføring av fartsmodellen klarer å fange opp en etterspørselsendring ved tiltak som ikke standard RTM eller vektet RTM klarte. Derfor anbefaler vi foreløpig at vektene kun brukes ved nettutlegging, inntil fartsmodellen og den nye versjonen av RTM er bedre uttestet.

På sikt vil det være relevant å bruke vektene også i etterspørselsmodellen. Fordelen er at man da kan fange opp både tidsbesparelser og komfortforbedringer, samt at nettutleggingen vil være konsistent med etterspørselsberegningen.

Opsjoner

Opsjoner for scenario

- Innfartsparkering
- Legge inn buffermatriser?
- Ta bort interne turer i buffer i sluttresultat?
- Legge inn eksternturmatriser for Sverige
- Beholde skoleturer i nettfordeling og trafikanntytte og kollektivmodul
- Beregne forsinkelse for kollektiv utenom kollektivfelt
- Avstand vektet ned i LoS-data for GS-tiltak/sykkelfelt
- Vektet GS-avstand i nettutlegging

Vektingsfaktor sykkelfelt	1.3
Vektingsfaktor uten sykkelveg	1.8

- Benytte sonebaserte bompenger med timesregel?
- Omfordele trafikk fra timedifferensierte bompenger?

Figur F.1: Opsjoner for vektet sykkelinfrastruktur i RTM versjon 3.

⁹ Komforteffekten er et bredt begrep som også innebærer følt utrygghet (subjektiv) og ulykkesrisiko (mer objektiv). I vårt prosjekt, der vi måler preferanser basert på faktisk adferd, kan den også fange opp bevissthet om veier. F.eks. kan vektene for stier være høye fordi syklistene ikke er kjent med at stiene (snarveiene) finnes. Komforteffekten inneholder derimot *ikke* effekten av tidsbesparelsen, som allerede fanges opp i fartsmodellen.

Verdi på vektene

Vektene vi har etablert baserer seg på de samme infrastrukturkategoriene som vi finner i fartsmodellen (separat sykkelvei, sykkelfelt, gang- og sykkelvei og sykling i veibanen/ingen tilrettelegging). Vi har valgt å normalisere sykling på separat sykkelvei, som er den infrastrukturkategorien som har høyest standard og høyest gjennomsnittlig hastighet gitt fartsmodellen. Vektene for de ulike sykkelinfrastrukturkategoriene er rapportert i tabell F.1¹⁰.

Tabell F.1: Estimerte infrastrukturvekter.

Infrastruktur	Vekt
Sykle på separat sykkelvei	1,00
Sykle i sykkelfelt	1,70
Sykle på gang og sykkelvei (felles infrastruktur for gående og syklende)	2,17
Sykle i veibanen	2,01
Sykle på sti (ikke med i NVDB – ikke aktuell for RTM)	3,73
Sykle på fortau i sentrum (ikke kodet i NVDB – ikke aktuell for RTM)	3,19

Vektene i tabell F.1 tolkes som rene komfort/trygghetseffekter uavhengig av ulik gjennomsnittsfart på ulik type infrastruktur. I praksis betyr dette at man opplever det å sykle 1,7 minutter på en separat sykkelvei som like bra som 1 minutt i et sykkelfelt.

Implementering

Siden vi operer med 4 ulike vekter, må 3 vekter sendes inn som opsjon:

- Vekt_sykkelfelt = 1,70
- Vekt_GSvei = 2,17
- Vekt_veibanen = 2,01

Ved implementering/bruk av vektene må man ta hensyn til hvordan vektene skal brukes. Hvis man kun bruker vektene ved nettutlegging, kan vektene brukes direkte slik at vektet sykkeltid er gitt ved:

$$\text{StidVektet} = \text{sykkeltid_Sykkelvei} + \text{sykkeltid_Sykkelfelt} * \text{Vekt_sykkelfelt} + \text{sykkeltid_GSvei} * \text{vekt_GSvei} + \text{sykkeltid_Veibanen} * \text{Vekt_veibanen}^{11}$$

¹⁰ Tidligere resultater viser at vektene avhenger av reiselengde. Det vil kreve ekstra koding for å segmentere etter reiselengde i etterspørselsberegning og nettutlegging. Vi har derfor valgt å rapportere vekter som gjelder uansett reiselengde.

¹¹ Hvis vektene også skal brukes i etterspørselsmodellering, bør vektene refordelles på samme måte som i dag. Dette gir oss følgende reskalering:

$$\begin{aligned} _Vekt_sykkelvei &= 1/\text{maks}(\text{Vekt_sykkelfelt}, \text{Vekt_GSvei}, \text{Vekt_veibanen}) \\ _Vekt_sykkelfelt &= \text{Vekt_sykkelfelt}/\text{maks}(\text{Vekt_sykkelfelt}, \text{Vekt_GSvei}, \text{Vekt_veibanen}) \\ _Vekt_GSvei &= \text{Vekt_GSvei}/\text{maks}(\text{Vekt_sykkelfelt}, \text{Vekt_GSvei}, \text{Vekt_veibanen}) \\ _Vekt_veibanen &= \text{Vekt_veibanen}/\text{maks}(\text{Vekt_sykkelfelt}, \text{Vekt_GSvei}, \text{Vekt_veibanen}) \end{aligned}$$

Merk at denne refordelingen ikke er testet, og det vil være behov for å rekalibrere konstantleddet for sykling i etterspørselsmodellen.

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 tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året 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 transport 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