

# Rapport

Rapport 76/2016

Mads Berg  
Tormod Wergeland Haug  
Olav Kåre Malmin  
Petter Arnesen

## Transportstandard for kollektivtransport

Kategorisering av transportstandard for kollektivtransport



Foto: Felix Media



## Forord

Prosjektet er gjennomført av Urbanet Analyse og Sintef på vegne av Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Prosjektet inngår i direktoratets forskningsprogram Bedre by, og er en del av et forskningssamarbeid med Kommunal- og Moderniseringsdepartementet (KLD) og KS. Hensikten med samarbeidet er å videreutvikle de regionale transportmodeller (RTM) med vekt på delområdemodeller (DOM) for storbyområdene.

Prosjektet kommer med forslag til kategoriseringer av transportstandard for kollektivtransport knyttet til grunnkretser for bruk i de regionale modellene for persontransport (RTM).

Prosjektet er et av fem delprosjekter:

- Arealbruk og lokaliseringsmønstre
- Parkering
- Transportstandard for kollektivtransport
- Transportstandard for sykkel
- Transportstandard for gående

Prosjektleder hos Urbanet har vært Tormod Wergeland Haug. Mads Berg, Olav Kåre Malmin (SINTEF) og Petter Arnesen (SINTEF) har bidratt i utarbeidelsen av rapporten. Guro Berge i Vegdirektoratet har vært oppdragsgivers kontaktperson.

Bård Norheim.



# Innhold

<b>Innhold .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn for prosjektet.....	6
1.2 Problemstillinger .....	6
1.3 Implementering i modellen og utfordringer.....	7
<b>2 Korte kollektivturer i eller mellom grunnkretser .....</b>	<b>10</b>
2.1 Soneinterne kollektivreiser.....	11
2.2 Nabosoneproblematikk .....	12
<b>3 Egenskaper som påvirker attraktiviteten og reisehyppigheten for kollektivreiser .....</b>	<b>16</b>
3.1 Holdeplassen .....	16
3.1.1 Påstigningstid .....	25
3.2 Til og fra holdeplass.....	25
3.3 Egenskaper knyttet til tilbudet .....	30
<b>4 Hvilke egenskaper er viktige for trafikantene?.....</b>	<b>36</b>
4.1 Implementering på grunnkrets nivå i transportmodellene .....	38
<b>5 Implementering.....</b>	<b>40</b>
5.1 Attraktivitetsindekser .....	40
5.1.1 Attraktivitetsindeks for holdeplasser .....	40
5.1.2 Attraktivitetsindeks for forsinkelse, trengsel og ståplassulempe.....	45
5.1.3 Potensial for å implementere attraktivitetsindekser i RTM .....	46
5.2 Gangtid/Tilbringertid .....	50
5.3 Påstigningstid .....	52
<b>6 Anbefaling for videre arbeid .....</b>	<b>54</b>
<b>7 Referanser .....</b>	<b>56</b>
<b>Vedlegg 1 .....</b>	<b>58</b>
V.1 Mer om kapasitetsbegrensninger i kollektivtrafikk i transportmodeller .....	58
V.1.1 Trengsel om bord .....	58
V.1.2 Trengsel på holdeplass.....	63
V.1.3 Usikkerhetsmomenter med beregning av trengsel .....	63
V.1.4 Implementering i RTM .....	63

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for prosjektet

Formålet med dette prosjektet er å etablere et grunnlag for å videreutvikle de regionale transportmodellene (RTM) som benyttes i planleggingen av transportinfrastruktur i Norge. Det vil være viktig å implementere ny kunnskap som bidrar til å øke modellenes presisjon når det gjelder sammenhengen mellom lokaliseringsmønstre, transportomfang og transportmiddelfordeling. Det foregår flere parallelle utredninger som omhandler f. eks. sykkel og gange, og i dette prosjektet vil vi fokusere på kunnskap rundt transportstandard for kollektivtransport.

Prosjektet inngår i et forskningssamarbeid mellom Kommunal- og Moderniseringsdepartementet (KMD) og Kommunesektorens organisasjon (KS). Statens vegvesen, som administrerer transportmodellene, er med i samarbeidet gjennom forskningsprogrammet Bedre By.

## 1.2 Problemstillinger

I dette prosjektet er det et ønske å avdekke og detaljere kvaliteter ved grunnkretsene som kan bidra til å forklare bruken av kollektive transportmidler for generelle reiser og for reiser mellom nabogrunnkretser. Formålet med å avdekke og vurdere slike egenskaper er at det vil kunne utvide mulighetene til å analysere byspesifikke tiltak som ikke kan forklares i modellene i dag. For å kunne si noe om hvordan tiltak for kollektivtrafikk vil påvirke kollektivandelen i et modellområde, er det nødvendig at grenseflaten mot øvrige transportformer er reell. Tiltak for kollektivtrafikk vil påvirke turer for øvrige reisemidler som gange, sykkel og bil, og forholdene for øvrige transportformer i grunnkretsen må også ha tilstrekkelig detaljeringsgrad for at modellen skal kunne beregne virkninger av tiltaket på en fornuftig måte. I dette prosjektet vil hovedfokus naturligvis være kollektivreisende, men i tilfeller der grenseflaten mot andre reisemidler er spesielt følsom vil dette nevnes som viktige elementer i videreutviklingen av modellen.

Selv om formålet med oppdraget er å komme fram til kategorier for transportstandard på grunnkrets nivå, bør dette sees i sammenheng med hvordan beskrivelse av transportstandarder kan implementeres i RTM-modellen som helhet. Det betyr at det bør gjøres en vurdering i prosjektet om de ulike enkeltfaktorene vil være mest hensiktsmessig å implementere i modellen på grunnkrets nivå, eller for eksempel på lenkenivå i nettverket. Det endelige målet må være å finne faktorer som best mulig beskriver kollektivtilbudet, både med tanke på dataflyt i modellen, beregningstider, men også tidsbruk og vedlikehold ved koding av inndata til RTM.

Som utgangspunkt for arbeidet med prosjektet har vi definert følgende hovedproblemstillinger:

- Hvilke faktorer påvirker attraktiviteten og reisehyppigheten til kollektivreiser mest?
- Hvilke faktorer egner seg til å kategorisere på grunnkrets nivå?
- Eksisterer det gode nok data? Hva skal til for å skaffe dem?
- Hvordan er potensialet for implementering i RTM? Kort/lang sikt? Kompleksitet?
- Hvordan kan de brukes til å estimere soneinterne reiser?

### 1.3 Implementering i modellen og utfordringer

Kollektive transportmidler i RTM-versjonene som benyttes i dag er beskrevet med utgangspunkt i egenskaper som objektivt lar seg måle og kvantifisere. Disse egenskapene er takst, reisetid, tilbringertid, ventetid og antall bytter. Disse egenskapene omtales som «harde kvalitetsfaktorer». De «harde kvalitetsfaktorene» er enkle å forholde seg til i forhold til transportmodellen og generering av inndata fordi enhver modellbruker kan observere disse verdiene ved hjelp av rutetabeller, taksttabeller og lignende, slik at inndatasett for modellen kan opprettes. En rekke faktorer som inkluderer, men ikke begrenses til, komfort, universell utforming, reise- og ruteinformasjon og fasiliteter på holdeplasser som omtales som «myke kvalitetsfaktorer, er ikke inkludert i transportmodellene (Fearnley, Aarhaug, Flügel, Eliasson, & Madslien, 2014). I tillegg til disse «myke faktorene» mangler også transportmodellen en beregning av forsinkelse og trengsel om bord for kollektivtransporten. Forsinkelse og trengsel kan man argumentere for er veldig sentrale faktorer for kollektivtrafikantene, både med tanke på den relative verdsettingen disse elementene har i enkelte studier, men også dersom man vurderer dem ut ifra antall oppslag om temaene i mediene.

Som en del av arbeidet med denne rapporten vil vi gjennomgå nasjonal og internasjonal litteratur for å avdekke kollektivtrafikantenes preferanser for de myke faktorene, inkludert forsinkelse og trengsel. Formålet med å undersøke betalingsvilligheten til kollektivtrafikantene er å vurdere hvilke faktorer som er viktige for de. Kollektivtrafikantenes preferanser uttrykkes ofte ved hjelp av betalingsvillighet i form av en kostnad i kroner eller tid per reise. Et eksempel på en slik betalingsvillighet kan være at en kollektivtrafikant opplever en redusert motstand for å reise med kollektiv dersom han eller hun får sitteplass istedenfor en ståplass. I et slikt tilfelle har trafikanten en høyere verdsetting (høyere reisemotstand) når reisen gjennomføres med ståplass kontra sitteplass.

Utgangspunktet for vår rapport er å avdekke og detaljere kvaliteter ved grunnkretsene som kan bidra til å forklare bruken av kollektive transportmidler for alle reiser, også de som foregår internt i grunnkretsene og mellom nabogrunnkretser. Vi ønsker å undersøke kvaliteter som inngår i dagens transportmodeller for å avdekke om disse kan forbedres og samtidig se på kvaliteter som ikke behandles i transportmodellen i dag for å undersøke om disse kan ha påvirkningskraft, og om de kan implementeres i modellen dersom nødvendig datagrunnlag er tilgjengelig.

En detaljering av beskrivelsen av kollektivreiser vil potensielt påvirke ulike deler av transportmodellsystemet, samt at det vil få virkning i et nyttekost-perspektiv.

Et naturlig utgangspunkt for denne diskusjonen er en rapport som Transportøkonomisk Institutt utarbeidet i 2015, «Etterspørseffekter av kvalitetshevinger i kollektivtransporten» (Fearnley, Aarhaug, Flügel, Eliasson, & Madslie, 2014). Rapporten omhandler metoder for å beregne kvalitetshevende tiltak i kollektivtransporten med utgangspunkt i de myke kvalitetsfaktorene, aktuelle tilnærminger for norske byområder og implementering i etablerte modeller og verktøy. Kapittelet som omhandler implementering i etablerte modeller tar for seg en rekke viktige poenger og konklusjoner som får følger for vårt arbeid. Det er spesielt viktig å trekke frem en av rapportens hovedkonklusjoner:

*«Konklusjonen er at kvalitetsfaktorer per i dag er uegnet for modellimplementering, selv om effektene kan beregnes i egne studier. Det grunnleggende kravet må være at transportmodellene kalibreres på samme data som også inkluderer beskrivelser av myke kvalitetsfaktorer. Det er ikke mulig i dag og vanskelig å forvente også på lengre sikt» (Fearnley, Aarhaug, Flügel, Eliasson, & Madslie, 2014, s. 23).*

Videre har rapporten en rekke viktige konklusjoner knyttet til utfordringer med å implementere kvalitetsfaktorene i transportmodellen. Vi vil ikke trekke frem alle her, men vi går igjennom de viktigste som vi mener har en påvirkning på arbeidet i denne rapporten. Punktene som omtales nedenfor tar utgangspunkt i gjennomgangen i kapittel 4 TØIs rapport (Fearnley, Aarhaug, Flügel, Eliasson, & Madslie, 2014, ss. 20-22).

1. Informasjon om forklaringsfaktorer for beregning av rutevalg: Kvalitetsfaktorene må kunne måles eller antas for enhver reiserelasjon (O-D par<sup>1</sup>) i transportmodellen og kvantifiseres på en nominell eller kardinal skala
  - a. TØI skriver at de ikke har kommet over en database som inneholder slik informasjon. Videre skriver de at selv at om en slik database skulle kunne opprettes så vil det være en veldig ressurskrevende øvelse.
  - b. Genereringen av LOS-data i det relevante steget i transportmodellen gjøres som et samvalg mellom alle transportmidler. Sannsynlig valg av transportmiddel ved f.eks. et byttepunkt beregnes basert på antall avganger per buss, tog, trikk eller bane relativt til totalen. Transportmiddelspesifikke kvaliteter har ikke innvirkning på dette valget.
  - c. Basert på metoden beskrevet ovenfor skriver TØI videre at konsekvensen av dette er at det ikke er mulig i modellene å se på endring i fordeling av reiser mellom kollektive transportmidler som følge av differensierte kvalitetsfaktorer. Man vil kun være i stand til å måle etterspørselsendringer generelt for kollektivtransporten som følge av en kvalitetsendring for et transportmiddel.
2. I etterspørselsmodellen i RTM er ikke kvalitetsfaktorer inkludert når valg av destinasjon og reisemiddel beregnes. Funksjonene i etterspørselsmodellen må derfor utvides med parametere for hvordan kvalitetsfaktorer påvirker etterspørsel etter kollektivreiser. TØI trekker frem en rekke utfordringer knyttet til å inkludere slike parametere i etterspørselsmodellen.

---

<sup>1</sup> O-D står for Origin – Destination og står for reisens startpunkt og endepunkt i matriser for LOS (Level of Service)- og reisedata

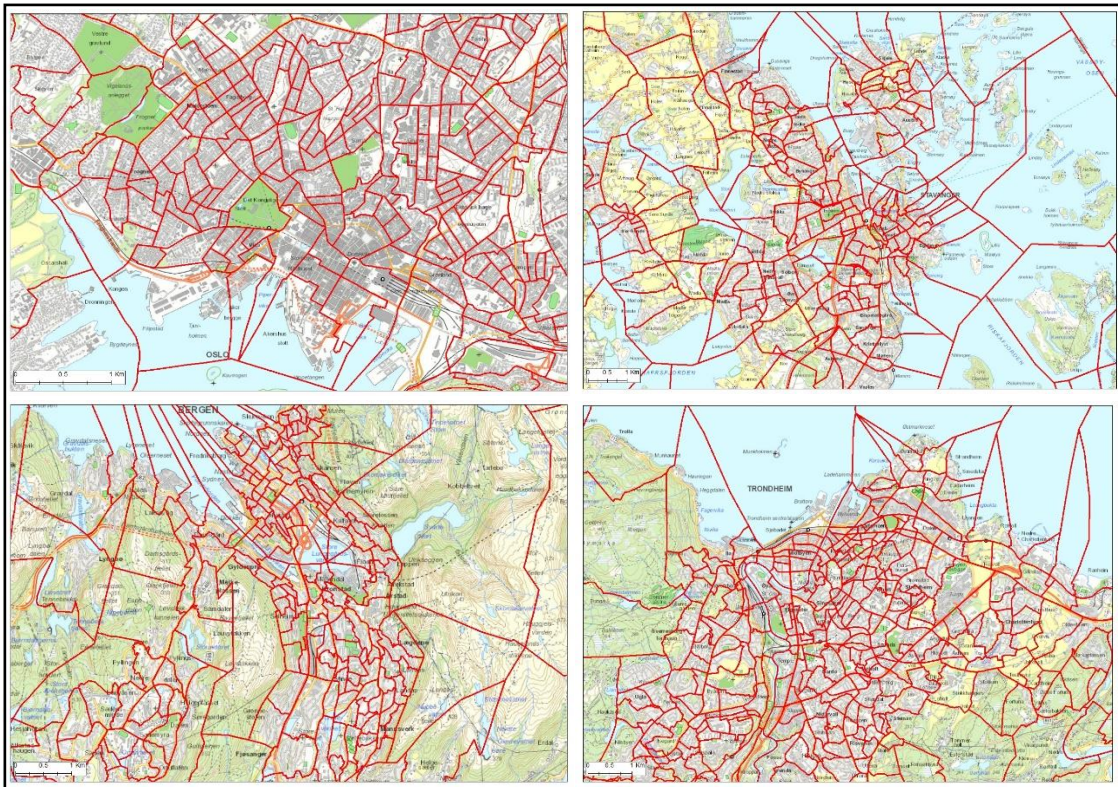


- a. Slike parametere bør estimeres på samme datagrunnlag som øvrige parametere i etterspørselsmodellen, altså data fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen (RVU). Nødvendig datagrunnlag for å estimere majoriteten av parametrene for kvalitetsfaktorer eksisterer ikke i RVU, og må derfor inkluderes i fremtidige RVU-undersøkelser.

Punktene beskrevet over fra TØIs rapport er et viktig utgangspunkt for den videre analysen i denne rapporten. Det er viktig å ha et bilde av de utfordringene som er tilknyttet det å implementere nye kvalitetsfaktorer i transportmodellene. Vi ønsker likevel å presisere at dette ikke er en begrensning for vårt arbeid. Vi ønsker å presentere de mulighetene vi ser til å forbedre beskrivelsen av kollektivreiser i transportmodellene, og peke på hvilke muligheter, krav og utfordringer som følger med.

## 2 Korte kollektivturer i eller mellom grunnkretser

Som en del av prosjektet er det ønskelig fra oppdragsgiver å detaljere kvaliteter ved grunnkretsene slik at en endring i antall kollektivreiser utført i grunnkretsene og mellom nabogrunnkretser (eventuelt naboers nabo). En grunnkrets er det geografiske nivået som transportmodellen beregner reiser mellom. Grunnkretser brukes i mange sammenhenger og er av SSB definert som et «geografisk sammenhengende område som er mest mulig ensartet når det gjelder natur og næringsgrunnlag, kommunikasjonsforhold og bygningsmessig struktur»<sup>2</sup>. Et byområde kan bestå av enten én enkelt grunnkrets eller et aggregert område bestående av flere grunnkretser. Dette avhenger av bystrukturen og om grunnkretsene er delt inn etter for eksempel bydeler. I transportmodellen tillegges grunnkretsene befolkning, arbeidsplasser, skoler osv. som er grunnlaget for reiseaktiviteten som blir modellert. Figur 2.1 viser hvordan Oslo, Stavanger, Bergen og Trondheim er delt inn i grunnkretser.



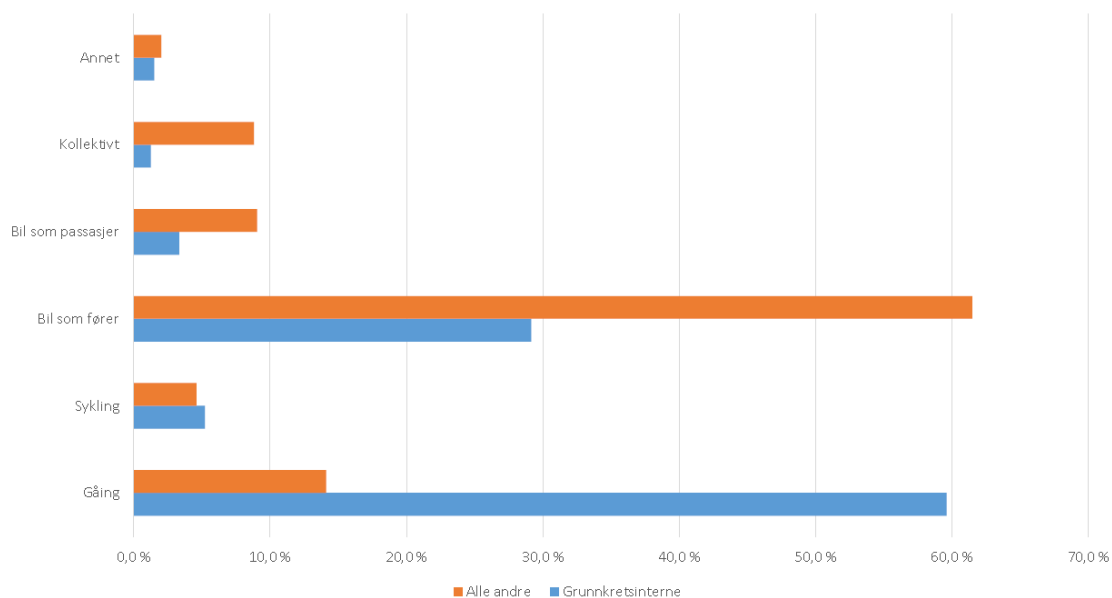
Figur 2.1: Grunnkretsinndeling i Oslo sentrum (øverst til venstre), Stavanger (øverst til høyre), Bergen (nederst til venstre) og Trondheim (nederst til høyre). Kilde: Grunnkretskart Norge N50 vist i GIS

<sup>2</sup> <http://www.ssb.no/a/metadata/conceptvariable/vardok/135/nb>

## 2.1 Soneinterne kollektivreiser

Figur 2.1 på side 10 viser grunnkretsinnndelingen i de fire største byene i Norge. Av figuren kan vi se at grunnkretsene er relativt små i de sentrumsnære områdene, slik at de grunnkretsinterne avstandene også blir små. I alle byene blir grunnkretsene større jo lenger fra sentrum de er, og jo færre mennesker som er bosatt i dem.

Figur 2.2 viser reisemiddelfordelingen for både grunnkretsinterne reiser og alle andre reiser fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/2014 (RVU). Tabellen viser at kollektivtrafikkens andel av grunnkretsinterne reisene (blå søyler) er veldig liten sammenlignet med øvrige transportformer. Dette har sammenheng med egenskaper ved kollektivreisen. En kollektivreise består av mange ulike elementer, f.eks. gangtid/tilbringertid til/fra holdeplass, tid om bord, takst og ventetid, samt eventuell risiko for forsinkelse og trengsel om bord. Dette fører til at kollektivreiser sjelden blir veldig attraktive på korte avstander.



Figur 2.2: Reisemiddelfordeling av grunnkretsinterne reiser og alle andre reiser fra RVU 13/14. Kilde: Malmin, Frøyen & Arnesen (2015)

Figur 2.2 viser likevel at det foregår en liten andel soneinterne reiser med kollektiv. Det kan være nærliggende å tro at disse korte turene i stor grad er preget av å være ad hoc-reiser, men om dette er tilfelle har vi ikke studert inngående. Et tenkt eksempel på en slik reise kan være en person som planlegger å gå en viss avstand i en grunnkrets som har to holdeplasser for kollektiv. Under gangturen kom tilfeldigvis det kollektive transportmidlet akkurat når personen passerer holdeplassen og personen da velger å hoppe på bussen istedenfor å gå. Et slikt valg, å hoppe på bussen istedenfor å gå, kan være vanskelig å modellere fordi et slikt valg vil være avhengig av tilfeldig informasjon etter at det er valgt rute og transportmiddel. En kan likevel se for seg en rekke egenskaper ved en grunnkrets som kan ha forklaringskraft på hvorfor slike tilfeldige kollektivturer inntreffer.

- Værforhold og sanntidsinformasjon
- Innretningen på billettsystemet

Den første egenskapen er knyttet til utformingen av området som grunnkretsen omfatter. Det kan for eksempel være størrelse, topografi, beliggenhet til attraktive destinasjoner som for eksempel butikker, bibliotek, skoler mv. og tetthet av boliger. Korte avstander til attraktive destinasjoner vil gjøre det mer sannsynlig at gange velges. Store høydeforskjeller derimot kan føre til at det er mer attraktivt å velge kollektiv, spesielt hvis formålet med turen er en storhandel. En faktor til, som ikke kan kontrolleres, er været. Dersom været er dårlig kan ulempen ved å vente på bussen selv på korte avstander veie opp for ulempen ved for eksempel å bli våt.

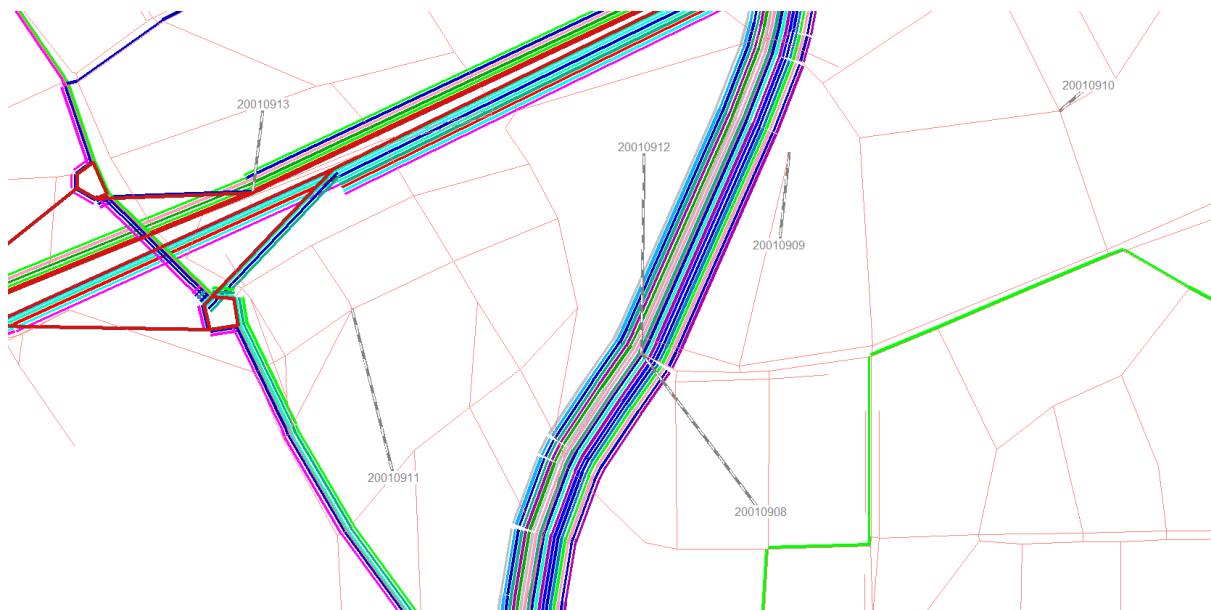
Innretningen av takstsystemet kan også bidra til å forklare hvorfor korte turer forekommer. Dersom en stor andel av trafikantene reiser med et periodekort, for eksempel et månedskort, vil ikke disse oppleve en motstand i form av å måtte betale per påstigning. I tillegg vil det være slik at dersom man reiser med et månedskort så vil det «lønne seg» å reise mest mulig, dvs. at marginaltaksten ved en reise er lik 0 når månedskortet er kjøpt inn. Dersom trafikantene må betale per påstigning så vil kanskje en kort kollektivreise føles som mer belastende og færre ville foretatt slike reiser. Dette kan også bidra positivt til å øke kapasiteten på de kollektive transportmidlene.

Omfanget på soneinterne kollektivreiser og reiser mellom nabosoner er veldig lite i RTM og RVU, og skyldes i hovedsak at det som oftest vil være billigere og raskere å gå (eller sykkel og bil) hele veien enn å gjennomføre en kollektivreise. Fordi grunnkretsinterne kollektivreiser i utgangspunktet utgjør en veldig liten andel av kollektivreisene har vi i det videre arbeidet valgt å fokusere på grunnkretsspesifikke egenskaper ved kollektivreisen som kan bidra til å gjøre reiser mellom soner mer attraktive.

## 2.2 Nabosoneproblematikk

Ettersom kollektivreiser er vanskelig å modellere internt i grunnkretsene og de i liten grad forekommer, kan det være interessant å se på korte kollektivreiser mellom nærliggende grunnkretser. For slike reiser oppstår det i modellen noe som kalles nabosoneproblematikk. Dette er belyst i eksempelet under.

Kostnader mellom soner med ulike reisemiddel (bil, kollektiv, gange og sykkel) beregnes mellom grunnkretser basert på nettverket og kollektivrutene som knytter grunnkretsene sammen. De ulike kostnadene benyttes av etterspørselsmodellen for å produsere turer med ulike transportmiddel. Figur 2.3 viser vegnett og kollektivruter for et område øst for Kristiansand sentrum. De stiplede linjene er sonetilknøyninger som kobler grunnkretser til resten av nettverket. Noen grunnkretser er koblet til mindre samleveger, mens andre grunnkretser er koblet til større vegger.



Figur 2.3: Nettverk og kollektivruter, utsnitt fra Kristiansand. Kilde: RTM

Grunnkretsene med transportsone nummer 20010908 og 20010912 er koblet til samme node i nettverket. Kostnader for bil og gange/sykkel vil mellom disse grunnkretsene være den avstanden og tidsbruken som er kodet på sonetilknytningene (stiplet linje). Disse avstandene skal representere den gjennomsnittlige avstanden hver beboer har for å bevege seg ut på nettverket fra et sted i grunnkretsen.

For å finne kostnadene (tilbringertid, ventetid, ombordtid, byttetid, antall bytter og takst) mellom grunnkretser ved bruk av ulike kollektivreisemiddel benyttes en modell for kollektiv rutevalg. Denne modellen søker det rutevalget som gir minst kostnad for de reisende. Et rutevalg består av gange til en holdeplass, venting på holdeplassen, tid om bord i et kollektivmiddel, eventuelt bytte av kollektivmiddel og gange fra holdeplassen til endelig destinasjon. I denne beregningen har tidsbruk ved å gå, vente og være om bord ulik verdsetting. Tidsbruk for gange og venting verdsettes høyere enn tid om bord da trafikantene vurderer gange og venting som en større ulempe.

I tilfellet i Figur 2.3 med to grunnkretser som er koblet til samme node som også representerer en holdeplass blir kollektiv rutevalget unaturlig. Hvis kollektiv rutevalgmodellen skal være konsekvent og det skal benyttes et kollektivmiddel fører dette til at de kollektivreisende mellom disse grunnkretsene må gå til holdeplassen, vente og sitte på en buss til neste holdeplass, for så å gå av og vente på ny buss som fører dem tilbake til utgangspunktet og til slutt gange inn til grunnkretsen. I utviklingsarbeidet med RTM ble det besluttet at slike unaturlige rutevalg ikke skal forekomme da det helt åpenbart er mer hensiktsmessig å gå hele veien.

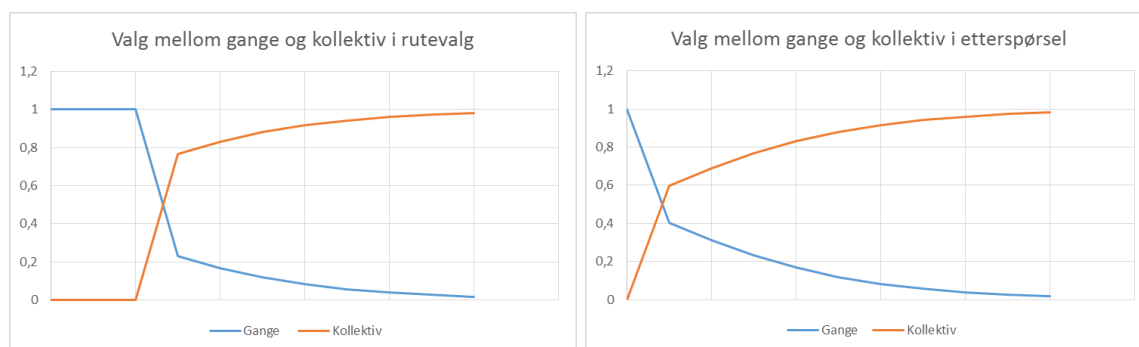
For å løse denne utfordringen ble det i RTM etablert en mulighet i kollektiv rutevalgmodellen for å kunne gå direkte mellom grunnkretser. Denne muligheten er åpnet for grunnkretser innenfor en gangtid på en halvtime. I disse tilfellene vil det ikke bli beregnet noe kollektiv rutevalg hvis kostnaden med å bruke kollektiv overgår kostnaden ved å gå direkte. I kostnadsmatrisene som beskriver kollektivsystemet vil det mellom disse grunnkretsene bare være en gangtid, men ingen



ventetider, ombordtid og påstigninger. I etterspørselsmodellen tolkes dette til at det ikke finnes noe kollektivtilbud og det vil bare kunne beregnes turer med bil, gange eller sykkel mellom disse grunnkretsene.

Fordelen med denne metoden er at kollektivkostnadene ikke inneholder kostnader for unaturlige rutevalg. Ulempen er at det er kollektivrutevalgmodellen som styrer valget mellom det å gå eller ta bussen på korte avstander i stedet for at dette valget foregår i etterspørselsmodellen. I kollektivrutevalgmodellen blir gangtid med ulempevekt satt direkte opp mot summen av alle kostnadskomponenter med å ta en buss. I det summen av kostnadskomponenter (ventetid, tid ombord, gangtid, takst) ved å ta en buss overstiger tidskostnaden ved å gå direkte vil det ikke lenger være mulig å ta kollektiv mellom disse grunnkretsene. Ut fra hver grunnkrets vil det være et område hvor det ikke blir tatt kollektiv i det hele tatt før det nås en terskel hvor det vil være et valg mellom de å gå eller ta et kollektivmiddel.

Figur 2.4 viser konsekvensen av at valget mellom gange og kollektiv foregår i rutevalgmodellen (RTM) i stedet for at valget foregår i etterspørselsmodellen. Når rutevalget bestemmer reisemiddel oppstår det en tydelig terskel i sannsynlighetene, mens når valget foregår i etterspørselsmodellen blir det en mer jevn overgang mellom sannsynligheten for å velge kollektiv fremfor gange. Dette krever selvsagt at selv urealistiske kollektivrutevalg blir beskrevet i kostnadsmatrisene.



Figur 2.4: Sannsynlighet for valg mellom gange og kollektiv i kollektivrutevalg og i etterspørselsmodellen. 1 = 100 %.

Konsekvensen av at valget mellom gange og kollektiv foregår i rutevalgmodellen er at det internt i et byområde finnes få kollektivrutevalg siden det mellom nesten alle grunnkretser vil være et bedre konkurrerende gangalternativ. Helt internt i et sentrumsområde, for eksempel kvadraturen i Kristiansand eller midtbyen i Trondheim er det slik at ingen velger å reise internt med kollektiv, men i RTM vil dette også påvirke mulige kollektivruter fra boligområdene i nærheten av disse sentrumsområdene, slik at antall korte kollektivreiser blir undervurdert i RTM-modellen. Et spørsmål er om dette fører til at det i tette byområder er en tendens til at holdeplasser tas vekk og/eller at det ikke opprettes nye holdeplasser mellom eksisterende for å få flere brukere, fordi vi ikke får fram virkningene av slike tiltak i modellen. Dette kan være en konsekvens, men antagelig vil den type vurderinger ikke gjøres på grunnlag av modellberegninger i RTM nettopp på grunn av nevnte svakhet for beregning av slike reiser.

## Konklusjon

De korte kollektivreisene (internt og mellom nabogrunnkretser) er få og vanskelige å modellere basert på hvordan og hvorfor de foretas i realiteten. Som vi har sett ovenfor beregnes ikke de korte kollektivturene i RTM på grunn av hvordan grunnkretsene er knyttet til transportnettverket, fordi dette ville gitt en rekke ulogiske transportmiddelvalg. Samtidig er utfordringen at denne innretningen undervurderer korte kollektivreiser i nærheten av sentrumsområdene. Videre er det viktig at egenskapene ved både de korte gangturene og kollektivturene beregnes på en best mulig måte, slik at det uavhengig av hvor valget mellom gangturer og kollektivturer gjennomføres, gjøres på best mulig datagrunnlag. Det pågående parallelle prosjektet om transportstandard for gangturer<sup>3</sup> tar sikte på å løse noen av disse problemene med bedre beskrivelse av gangturer.

---

<sup>3</sup> Malmin, Olav Kåre, Petter Arnesen og Yngve Frøyen (2016): Mer presis modellering av gåing og grunnkretsinterne reiser i RTM. SINTEF-rapport A27631, SINTEF Teknologi og samfunn, April 2016.

### 3 Egenskaper som påvirker attraktiviteten og reisehyppigheten for kollektivreiser

Hensikten med denne delen av prosjektet er å belyse hvilke egenskaper som påvirker attraktivitetens og reisehyppigheten til kollektivreiser på et generelt grunnlag, uavhengig av om disse er grunnkretsspesifikke eller ikke.

Det er viktig at utgangspunktet og tilnærmingen til faktorene som påvirker attraktiviteten og reisehyppigheten til kollektivtransporten er så bred som mulig. Det er derfor viktig å komme frem til en liste over sentrale egenskaper. Vi vil fokusere på egenskaper som enten ikke er inkludert i transportmodellene per i dag eller som vi mener har et forbedringspotensial i forhold til dagens tilnærming i modellen. Videre er det viktig at denne listen ikke er bundet av detaljeringsnivå i modellen (node, lenke eller grunnkrets).

En kollektivreise kan grovt sett deles inn i 3 deler. Dette er tilbringerdelen som er til og fra holdeplassen, ventetiden på holdeplassen og reisen med det kollektive transportmiddelet. I dette kapitlet vil vi gjennomgå litteratur i et forsøk på å avdekke hvordan trafikantene verdsetter ulike egenskaper i løpet av de tre ulike delene av kollektivreisen. Tabell 3.1 gir en oversikt over de egenskapene vi har inkludert i den tredelte inndelingen av kollektivreisen. Det er viktig å påpeke at denne listen ikke er uttømmende, men den fanger likevel opp sentrale egenskaper.

Tabell 3.1: Oversikt over egenskaper som kan påvirke valg av kollektivtrafikk

Til og fra holdeplass	Holdeplass	Reisen med det kollektive transportmiddelet
Tilgjengelighet (gangtid)	Universell utforming	Skinnefaktor
Forsinkelse (påstigningstid)	Utforming og komfort	Ståplass eller sitteplass om bord
	Informasjon til trafikanter	Forsinkelse
		Trengsel

#### 3.1 Holdeplassen

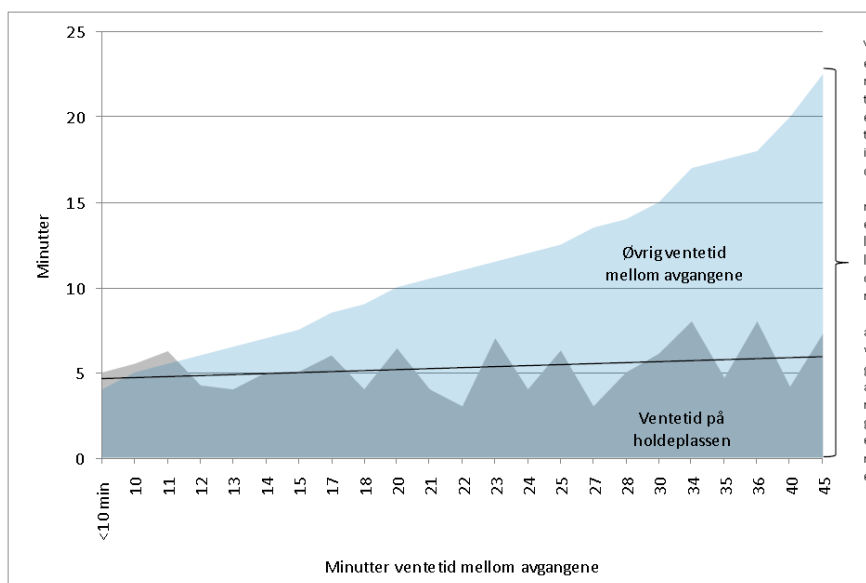
For mange kollektivtrafikanter utgjør oppholdet på en holdeplass en relativt stor del av den totale tidsbruken ved en kollektivreise. Resultater fra tidsverdistudien i prosjektet Klimaeffektiv kollektivsatsing (Ellis & Øvrum, 2014), viser at kollektivtrafikanter i Stavangerområdet og Kristiansandsområdet i gjennomsnitt tilbringer henholdsvis 13 og 14 prosent av den totale tidsbruken ved kollektivreise på holdeplassen. I dagens transportmodeller verdsettes ikke den faktiske ventetiden på holdeplassen. Isteden verdsettes frekvensen ved kollektivtilbudet, representert ved halvparten av tiden mellom avganger ved første påstigning. Denne ventetiden representerer en ulempefaktor ved at man ikke kan reise på det tidspunktet man selv ønsker, slik som man for eksempel kan med bil. Ventetiden består av faktisk ventetid på holdeplassen og skjult ventetid, der skjult ventetid representerer den direkte ulempe ved å ikke kunne reise på



akkurat det tidspunktet man ønsker<sup>4</sup>. Ventetiden som faktisk oppholdes på holdeplassen kommer derfor ikke direkte frem i den generaliserte reisekostnaden for en kollektivreise.

Siden ventetiden er satt sammen av den faktiske ventetiden på holdeplassen og skjult ventetid er det nærliggende å tro at dersom man øker antall avganger så vil også ventetiden på holdeplassen reduseres. Resultater fra SP-undersøkelsen i Oslo/Akershus gjennomført av Urbanet Analyse på oppdrag av PROSAM i 2010 (Ruud, Ellis, & Norheim, 2010), viser likevel at det ikke er en 1 til 1 sammenheng mellom hvordan faktisk og skjult ventetid endres med endret frekvens.

Figur 3.1 viser sammenhengen mellom ventetiden mellom avganger (representert som halve tiden mellom avgangene) på den vannrette aksene og sammensetningen av denne ventetiden mellom faktisk ventetid og øvrig ventetid (skjult ventetid). Det mørke skraverte området er faktisk ventetid på holdeplassen i minutter og det lyse skraverte området er øvrig ventetid (skjult ventetid). Den sorte linjen viser trendlinjen i den oppgitte ventetiden på holdeplassen. Som vi kan se av trendlinjen så ligger den relativt stabilt rett i overkant av 5 minutter uavhengig av ventetiden mellom avgangene<sup>5</sup>. Dette resultatet viser dermed at endringen i frekvens ikke reduserer ventetiden på holdeplassen nevneverdig. Undersøkelsen er gjennomført i et område (Oslo/Akershus) og kan dermed ikke generaliseres til andre byområder i Norge. Hvorvidt samme tendens kan observeres i andre byområder må undersøkes nærmere.



Figur 3.1: Sammenheng mellom ventetid på holdeplass, øvrig ventetid mellom avgangene og frekvens. Kilde: SP Oslo/Akershus. Faksimile fra Ruud, Ellis & Norheim (2010)

<sup>4</sup> Dette er omtalt i Norheim og Ruud (2007) i boks 5.3 på side 77, men begrepet ventetid slik vi diskuterer det ovenfor er omtalt som «skjult ventetid».

<sup>5</sup> Halve tiden mellom avgangene er benyttet som ventetid i dette eksempelet også. Dersom man eksempelvis har 3 avganger per time er tiden mellom avgangene 20 minutter ( $60/3=20$ ). Den beregnede ventetiden er da 10 minutter ( $20/2=10$ ).

Selv om resultatet av denne undersøkelsen ikke direkte kan generaliseres, så er poenget med illustrasjonen at tiden på holdeplassen ikke er en neglisjerbar del av kollektivreisen for trafikantene. Spørsmålet er dermed om det er egenskaper ved ventetiden på holdeplassen som bidrar til å forklare attraktiviteten til kollektivtransport.

### Egenskaper ved holdeplassen

Gjennomgangen av både nasjonal og internasjonal litteratur som tar for seg egenskaper ved holdeplassen viser at det er en rekke egenskaper som har blitt verdsatt med ulike metoder og resultater. I neste delkapittelet skal vi gjennomgå resultatene fra utvalgte undersøkelser vi har gått igjennom i dette prosjektet i et forsøk på å identifisere hvilke faktorer som er verdsatt og hvilke faktorer som kan sies å være relativt sett viktigere enn andre når det gjelder forklaringskraft og verdsetting. Selv om vi forsøker å inkludere flest mulig egenskaper i litteraturgjennomgangen så vil ikke listen være uttømmende.

Vi har gruppert egenskapene ved holdeplassene i tre overordnede grupper, Universell utforming, utforming og komfort og informasjon til trafikantene.

### Universell utforming

Universell utforming muliggjør at enkelte grupper trafikanter som kan ha utfordringer med å benytte kollektivtransport uten spesiell tilrettelegging, får tilgang til transporttjenestene på lik linje med andre trafikantgrupper. Kort sagt at alle trafikanter skal kunne benytte det samme tilbudet. Eksempler på egenskaper ved holdeplassene som havner i kategorien universell utforming er informasjon på holdeplassen i form av kart, opprop og sanntidsinformasjon, leskur med/uten sitteplass, og plattformer som har økt høyde for å lette ombordstigningen til transportmiddelet (Fearnley, et al., 2009).

Figur 3.2 viser de anbefalte tidsverdiene som ble avdekket ved hjelp av valgekspesimenter og betinget verdsetting i Fearnley et al. (2009). I rapporten skrives det at utvalget i spørreundersøkelsen var både med og uten trafikanter med utfordringer som krever et universelt utformet tilbud. Disse undersøkelsene ble gjennomført i Oslo, Drammen og Kristiansand, og som TØI påpeker så er de ikke representative for kollektivtrafikanter generelt.

<b>Verdsettinger basert på valgekspesimenter</b>	<b>Betalingsvillighet</b>
<b>Verdsetting av informasjon på holdeplassen</b>	
Kart over lokalt område	0,43
Opprop over høyttaler om avvik fra rutetabell	0,69
Lysskjerm med sanntidsinformasjon	4,05
Kart, opprop og lysskjerm	4,62
<b>Verdsetting av informasjon ombord på transportmidlet</b>	
Opprop av neste holdeplass	3,62
Lysskjerm viser neste holdeplass	3,67
Både opprop og lysskjerm	4,20
<b>Verdsetting av bedre på- og avstigning</b>	
Lavgulv uten tilpasset holdeplass	1,67
Lavgulv med tilpasset holdeplass	2,07
<b>Verdsetting av leskur på holdeplassen</b>	
Leskur uten sitteplass	3,12
Leskur med sitteplass	5,10
<b>Verdsetting av renhold og is-/snøfjerning på holdeplassen</b>	
Tilfredsstillende renhold på holdeplassen	3,62
Tilfredsstillende fjerning av snø og is på holdeplassen	4,97
<b>Verdsettinger basert på betinget verdsetting</b>	
Lys på holdeplass	2,82
Hele reisen universelt utformet	3,83
Universelt utformet holdeplass og kjøretøy	4,35

Figur 3.2: Oppsummering av de anbefalte verdsettingene (kr per reise i 2009). Faksimile av tabell S.1. fra Fearnley et al. (2009).

Flere av tiltakene i tabellen er lik de tiltakene som vi har funnet i annen litteratur, men som da ikke er omtalt som universell utforming. Dette kommenteres også i to interessante resultater fra TØIs undersøkelse som går på trafikantenes vurderinger av tiltak for universell utforming:

- Tiltakene blir stort sett oppfattet som positive (og med en verdsetting), men som generelle kvalitetshevinger og ikke tiltak rettet mot en spesiell gruppe trafikanter
- Omtrent halvparten av trafikantene svarer at tiltakene bidrar til at de reiser mer kollektivt

Resultatene fra rapporten viser dermed at tiltakene på holdeplassen både har en verdsetting og en etterspørselseffekt, selv om sistnevnte ikke er tallfestet.

### Utforming og komfort

I denne grupperingen inkluderer vi egenskaper som bidrar til å gjøre reisen enklere og mer behagelig for trafikantene. Eksempler på egenskaper i denne kategorien er leskur, værbeskyttelse, venterom, sitteplasser, holdeplass-størrelser (Litman, 2015).

Holdeplasser for kollektivtransport kan variere i veldig stor grad, noe bildene i figur 3.3 gir en illustrasjon på. En holdeplass kan være alt fra kun et skilt og en tidtabell til en stor holdeplass med sanntidsinformasjon, leskur og ulike kollektive transportmidler.



Figur 3.3: Ulike standarder på holdeplasser. Bildet til venstre viser en holdeplass med få egenskaper. Bildet til høyre viser en holdeplass av høyere standard med flere egenskaper. Kilde: Felix Media.

I rapporten «Kollektivtransport: utfordringer, muligheter og løsninger for byområder» (Norheim & Ruud, 2007), vises det til en rekke studier som har målt betalingsviljen til trafikantene for egenskaper ved holdeplassen og at den er relativt høy når det gjelder økning i standard. Det vises for eksempel til en studie gjennomført i Edinburgh hvor holdeplass med lehus og belysning verdsettes 1,2 ganger høyere relativt til reisetiden med transportmidlet. Dersom lehuset også har vegger og benker øker den relative verdsetningen til 1,7 ganger reisetiden<sup>6</sup>. Slike resultater viser at positive endringer i holdeplass-standarden vil ha påvirkning på attraktiviteten til kollektivtilbudet og at det kan bidra til å forklare valg av kollektive transportmidler. Sammenhengen mellom økt standard på holdeplassene og etterspørsel etter kollektivreiser, både fra eksisterende og potensielle trafikanter, er også undersøkt i Norheim og Ruud (2007). Det vises blant annet til et forsøk i Sverige hvor en forbedring i holdeplass-standarden kan føre til en effekt på trafikkarbeidet på mellom 10 og 20 prosent avhengig av transportmiddel (Olsson, Widell, & Algers, 2001)<sup>7</sup>.

Et interessant funn i Norheim og Ruud (2007) er at når det gjelder verdsetninger knyttet til holdeplasser så har trafikantene høyest betalingsvillighet når det gjelder å unngå skitne holdeplasser. Renhold, herunder drift og vedlikehold, og utforming av holdeplassen gir en viktig

<sup>6</sup> Trafikantenes verdsetting av tid brukes som grunnlaget for å måle betalingsviljen for egenskaper ved kollektivtilbudet. Verdsettingen av tid tar utgangspunkt i reisetid om bord med sitteplass på transportmiddelet. Dersom en egenskap, for eksempel gangtid, er vedsatt høyere enn ombordtiden betyr det at trafikanten opplever en større forbedring (nytte) av en reduksjon på ett minutt i gangtid enn tilsvarende tidsreduksjon av ombordtid,

<sup>7</sup> Denne rapporten kommenteres mer detaljert i kapittel 5.1.3.

signaleffekt om at her eksisterer det et tilbud og hvilken standard dette tilbudet har (Kjørstad, Berg, Resell, Berglund, & Sæther, 2015). Tabell 3.2 viser hvordan verdsettingen av renhold forholder seg til verdsettingen av andre egenskaper ved holdeplassen.

Tabell 3.2: Verdsetting av fasiliteter/egenskaper ved holdeplass - London. Engelsk verdsetting omregnet til NOK (2006-kr). Kilde: Tabell 5.11 s. 84 i Norheim & Ruud (2007).

Fasilitet ved holdeplassen	Pence per reise i 1996	NOK per reise i 2006
Lehus med tak og vegger	5,6	6,8
Enkelt lehus med tak	4,5	5,4
Belysning	3,1	3,7
Faststøpte seter	3,4	4,1
Flippseter	2,2	2,7
Benker	0,9	1,1
Skitne holdeplasser	-11,8	-14,3

Fysiske barrierer knyttet til utformingen av holdeplasser er et annet viktig aspekt ved selve holdeplassen. Med fysiske barrierer mener vi fysiske hindringer, nivåforskjeller mellom holdeplass og transportmidlene (Norheim & Ruud, 2007). Knyttet til dette er også belysningen av holdeplassen og vegene til og fra. Holdeplassens plassering i forhold viktige start- og endepunkter for reisen vil vi komme tilbake senere i rapporten.

Tabell 3.3 viser at det er mulig å verdsette flere enkeltelementer ved holdeplassen, som i dette tilfellet er en togstasjon (Litman, 2015). Tabellen viser hva trafikantene er villige til å betale i form av økte takster eller økt reisetid for å øke tilfredsheten med 10 prosentpoeng fra 50 prosent til 60 prosent for hver enkelt av de mulige forbedringene i tabellen. Dessverre viser ikke Litman til hva utgangspunktet er eller hva endringen går ut på. For eksempel om kategorien billetter er endring fra et billettsystem til et annet (avstandsbasert til sonetakst) eller om det er hvordan billettene selges. Tabellen viser også at enkeltelementer varierer i betydning for trafikantene.

Tabell 3.3: Verdien av forbedringer av togstasjon. Undersøkelse utført for et Australsk togselskap. Kilde: (Litman, 2015)

Type forbedring av stasjon	Økning i billettpris (2014 kroner per minutt)	Økning i ombordtid (minutter)
Billetter	0.18	0.16
Renhold	0.15	0.13
Stasjonsbygning	0.11	0.10
Ansatte	0.10	0.09
Av- og påstigning enkelthet	0.08	0.08
Overflate på plattform	0.08	0.07
Annonseringer på stasjon	0.06	0.05
Sikkerhet	0.06	0.06
Skilting	0.05	0.05
Graffiti	0.05	0.05
Butikktilbud	0.05	0.05
Sittemuligheter på plattform	0.05	0.4
Heis/rulletrapp	0.03	0.3
Informasjon	0.03	0.3
Belysning	0.03	0.3
Busstilbud	0.02	0.02
Sykkeltilbud	0.02	0.02
Toaletter	0.02	0.01
Parkering bil	0.02	0.01
Korttidsparkering bil	0.02	0.01
Værbeskyttelse	0.01	0.01
T-bane	0.01	0.01
Taxi	0.01	0.01
Telefon	0.01	0.01

Note: Verdsettingen er konvertert fra Australske 2003-dollar ved å inflasjonsjustere de til Australske 2014-dollar og konvertere med årsgjennomsnittet for valutakursen mellom NOK og AUS for 2014.

### Trafikantinformasjon

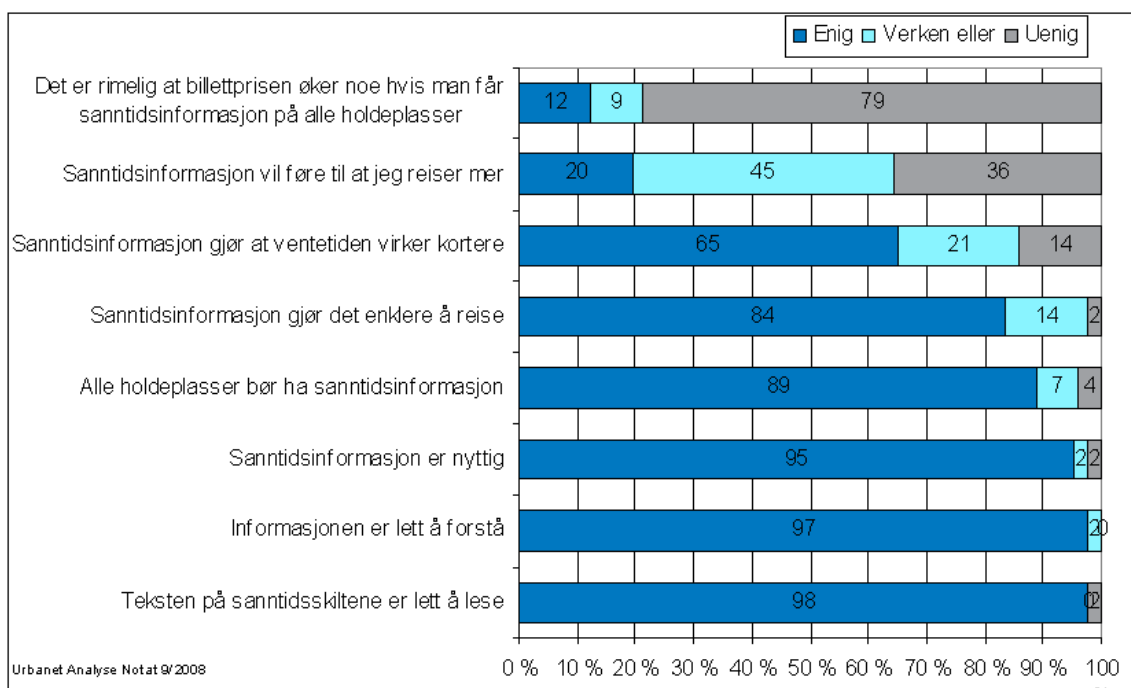
Informasjon til trafikantene kommer gjennom flere kanaler og på ulike tidspunkt av reisen. Dette gjelder for eksempel reisepanleggere på internett og smarttelefoner, plakater, reklame osv. Disse informasjonsbærerne kan påvirke hvorvidt tilbudet oppfattes som enkelt å bruke og hvor enkelt en reise kan planlegges på forhånd. En forbedring i informasjonen om kollektivtilbudet gir en positiv etterspørseffekt, samtidig som det kan være en rimeligere og mer effektiv måte å forbedre kollektivtilbudet for de reisende. Det har i tidligere undersøkelser vist seg at forbedring av ruteinformasjonen (generell heving i ulike kanaler, men ikke inkludert sanntidsinformasjon) gir en omtrent like stor effekt som redusert reisetid og færre bytter (Norheim & Ruud, 2007). Endringer i reisetid og bytter krever ofte store investeringer.

Informasjon på holdeplassen består ofte av enten digital eller papirbasert rutetabell eller sanntidsinformasjon. Når en trafikant står på holdeplassen er det mindre interessant å vite når transportmiddelet skulle ha kommet enn når det faktisk kommer, slik at sanntidsinformasjon blir den viktigste kilden til informasjon på de holdeplassene som har dette (Norheim & Ruud, 2007). Et sentralt formål med sanntidsinformasjon er å redusere usikkerheten og irritasjonen som oppstår når forsinkelse inntreffer (Norheim & Ruud, 2007). Victoria Transport Policy Institute peker på at sanntidsinformasjon øker trafikantenes mulighet til å gjennomføre andre ønskede

aktiviteter. Dette kan for eksempel være å handle i butikker nær holdeplassen eller gjøre et mer informert valg om man bør velge et annet transportmiddel til destinasjonen (Litman, 2015).

Den opplevde ventetiden på holdeplassen øker ved fravær av sanntidsinformasjon. To undersøkelser, fra Columbus og Haag, presentert i Norheim og Ruud (2007), viser begge at sanntidsinformasjon reduserer den opplevde ventetiden med omtrent 1 minutt. I en analyse av effekten av innføringen av sanntidsinformasjon i Osloregionen viste det seg at den opplevde gjennomsnittlige ventetiden ble redusert med 1 minutt (Ellis, Kjørstad, & Ruud, 2008). En slik reduksjon kan føre til at trafikantene opplever kollektivtilbudet som mer tilfredsstillende, som igjen kan føre til en økning i antall kollektivreiser på sikt.

I Ellis, Kjørstad & Ruud (2008) ble det gjennomført spørreundersøkelser på utvalgte holdeplasser før og etter at sanntidsinformasjon ble installert (Figur 3.4). I etterundersøkelsen fikk utvalget blant annet spørsmål som kan brukes til å indikere tilstedeværelse av betalingsvillighet og etterspørseffekt som følge av sanntidsinformasjon. På spørsmålet om «Det er rimelig at billettprisene øker noe hvis man får sanntidsinformasjon på alle holdeplasser» svarer hele 79 prosent at de er uenige. 12 prosent er enige og 9 prosent verken eller. Dette avviker fra for eksempel resultatene fra Fearnley et. al (2009), hvor sanntidsinformasjon har en relativt høy verdsetting per reise. På spørsmålet om «Sanntidsinformasjon vil føre til at jeg reiser mer» svarer 20 prosent positivt, 45 prosent verken eller og 36 prosent negativt.



Figur 3.4: Fordeling av påstander om sanntidsinformasjon, blant de som har SIS ved holdeplass. N=42. Faksimile: Ellis, Kjørstad & Ruud (2008).

## Oppsummering

Tabell 3.4 nedenfor oppsummerer verdsettingene vi har avdekket i gjennomgangen av litteraturen i de foregående avsnittene. Resultatene i Tabell 3.3 fra Litman (2015) er ekskludert fra tabellen på grunn av manglende informasjon om endringen i de individuelle egenskapene.



Som tabellen og gjennomgangen viser er det gjennomført en rekke studier som har fokuset på å avdekke både betalingsvilje og etterspørselseffekt av egenskaper ved holdeplassen. Resultatene i tabellen viser også at egenskapene er verdsatt av trafikantene, og at tilstedeværelsen er etterspurt. Gjennomgangen viser også at disse undersøkelsene i liten grad tallfester hvordan en forbedring av holdeplassen påvirker etterspørselen etter reiser. I tilfellene hvor en etterspørselseffekt er omtalt, er det som regel på bakgrunn av direkte spørsmål.

Verdsettingene av de ulike egenskapene er ikke direkte sammenlignbare mellom studiene siden de ikke nødvendigvis omfatter akkurat de samme egenskapene, samtidig som den metodiske tilnærmingen i undersøkelsene kan være ulik. Dersom slike verdsettinger skal inkluderes i en transportmodell så bør de være basert på samme undersøkelse.

Tabell 3.4: Oppsummeringstabell for verdsettinger knyttet til universell utforming, utforming og komfort og trafikantinformasjon.

#### Universell utforming, utforming og komfort

Egenskap	Verdsetting	Skala (kroneår)	Kilde
Leskur uten sitteplass	3.12	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Leskur med sitteplass	5.1	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Enkelt lehus med tak	5.4	Kr per reise (2006)	Norheim & Ruud (2007)
Lehus med tak og vegger	6.8	Kr per reise (2006)	Norheim & Ruud (2007)
Lehus og belysning	1.2	Vekt i forhold til reisetid	Norheim & Ruud (2007)
Lehus med vegger og benker og belysning	1.7	Vekt i forhold til reisetid	Norheim & Ruud (2007)
Belysning	3.7	Kr per reise (2006)	Norheim & Ruud (2007)
Faststøpte seter	4.1	Kr per reise (2006)	Norheim & Ruud (2007)
Flippseter	2.7	Kr per reise (2006)	Norheim & Ruud (2007)
Benker	1.1	Kr per reise (2006)	Norheim & Ruud (2007)
Skitne holdeplasser	-14.3	Kr per reise (2006)	Norheim & Ruud (2007)
Tilfredsstillende renhold på holdeplassen	3.62	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Tilfredsstillende fjerning av snø og is på holdeplassen	4.97	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Lys på holdeplassen	2.82	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
<b>Trafikantinformasjon</b>			
Kart over lokalt område	0.43	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Opprop over høyttaler om avvik fra rutetabell	0.69	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Lysskjerm med sanntidsinformasjon	4.05	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Kart, opprop og lysskjerm	4.62	Kr per reise (2009)	Fearnley et. Al (2009)
Tilstedeværelse av sanntidsinformasjon	-1	Minutt redusert opplevd ventetid	Norheim & Ruud (2007)
Tilstedeværelse av sanntidsinformasjon	-1	Minutt redusert opplevd ventetid	Ellis, Kjørstad og Ruud (2008)



### 3.1.1 Påstigningstid

Tiden det tar å stige av og på kollektivmidlet påvirker opplevelsen til trafikantene og den totale reisetiden. En effektiv av- og påstigning avhenger av fysiske faktorer både på holdeplassen og på vognstandard. Et riktig antall dører og god plass til av- og påstigning kan føre til et langt mer smidig stopp enn et kjøretøy med færre og mindre dører. Utformingen av holdeplassen vil også kunne påvirke. Dersom det er trangt og vanskelig å manøvrere seg frem på holdeplassen, og uklart nøyaktig hvor bussen vil komme til å stoppe, kan dette gi unødvendig lang oppholdstid. En siste faktor som påvirker er antall linjer som trafikkerer og trafikkmengden. I et pågående FoU-prosjekt som gjennomføres av blant annet SINTEF og Urbanet Analyse (STRATMOD) er en av oppgavene å forsøke å utnytte eksisterende datakilder inn som beskrivelse til ulike transportmodeller. Her blir det gjort et case med bruk av Ruters sanntidsdata, og om det er noen sammenheng mellom volum om bord, antallet av- og påstigninger og oppholdstiden. Videre kan dette ved en senere anledning kunne knyttes opp mot faktorer som standard på holdeplassen og vognparken, og se hvilke faktorer som har mest påvirkning.

Faktorer som påvirker de ulike linjene om bord og volum, vil være egenskaper som egner seg fortrinnsvis som lenker. Det kan også hevdes at faktorene går på fysisk utforming av holdeplass, enklest kan plasseres på nodene tilknyttet holdeplassene. Dette vil blant annet avhenge av tilgjengelige data. Data om påstigningstid kan også behandles på grunnkrets nivå, som et gjennomsnitt av standarden til holdeplassen. Dette kan for eksempel være hensiktsmessig på et mellomstadium i en eventuell modellimplementasjon der datatilgjengeligheten er begrenset.

## 3.2 Til og fra holdeplass

Tiden det tar å gå til og fra holdeplassen vektlegges ofte høyere enn reisetid med sitteplass både for eksisterende trafikanter og potensielle trafikanter i flere byområder (Ellis & Øvrum, 2014). Potensielle trafikanter er trafikanter som reiser med kollektivtrafikk sjeldnere enn én gang i måneden. Potensielle trafikanter er viktige å kartlegge preferansen til fordi dersom nullvekstmålet skal nås må de potensielle trafikantene vinnes over fra bil. Med en høyere vekt oppleves dermed gangtiden som mer belastende enn selve reisetiden med sitteplass og bidrar dermed til økt reisemotstand med kollektivtrafikk. Dette er et spesifikt reisetidselement for kollektiv som det ikke finnes tilsvarende element for eksempel for bil i dagens transportmodell. Gangtiden til/fra holdeplass utgjør også en betydelig del av den gjennomsnittlige reisen i disse områdene. Tabell 3.5 viser at gangtiden utgjør mellom 28 til 35 prosent av den totale reisetiden i byområdene.

God tilgjengelighet til holdeplassen er et viktig aspekt for alle trafikanter, og ikke bare for trafikanter med bevegelseshandicap. God tilgjengelighet omfatter blant annet at holdeplasser er riktig plassert i forhold til start- og endepunkter for kollektivreiser. Med dette mener vi at holdeplassene er riktig plassert i forhold til naturlige tyngdepunkter for bosteder eller arbeidsplasser slik at tilbringertiden i gjennomsnitt blir minst mulig. Et annet aspekt er at holdeplassene er synlige og enkle å ta seg frem til. Dersom det er vanskelig å finne frem til holdeplassen eller at tilstedeværelse av fysiske barrierer gjør det vanskelig å komme til

holdeplassen, vil dette påføre kollektivtrafikanterne en ulempe for eksempel i form av økt gangtid.

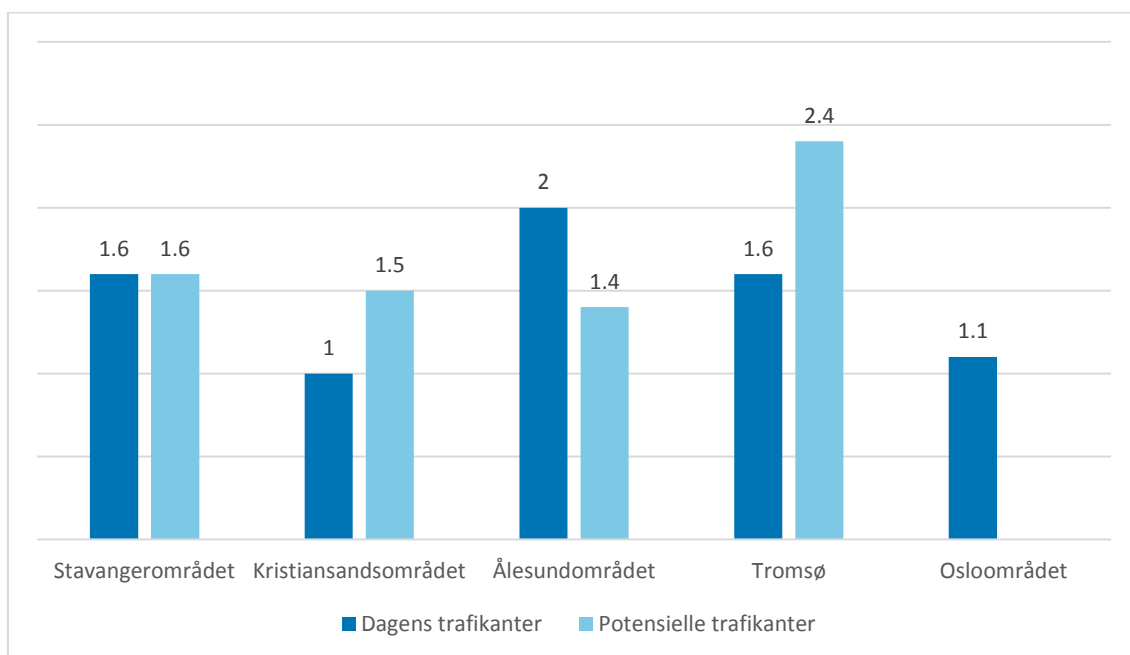
En av utfordringene til kollektivtransporten i konkurranse med personbilen er at kollektivtransporten ikke tilbyr den samme dør-til-dør transporten som bil. Det betyr at kollektivreisen i utgangspunktet ikke er like bekvem eller passende i form av når man ønsker å dra, slik som en bilreise (Anderson, Condry, Findlay, Brage-Ardao, & Li, 2013). Gangtiden til og fra holdeplassen utgjør dermed en ekstra ulempe for kollektivtrafikanterne som de som reiser med bil ikke har i modellanalysene.

Tabell 3.5: Oversikt over tidsbruk på gjennomsnittsreisen i de ulike byområdene. Kilde: Ellis & Øvrum (2014).

Faktisk tidsbruk (minutter) på kollektivreisen i gjennomsnitt	Tid til/fra holdeplass	Faktisk ventetid på holdeplass	Reisetid om bord	Reisetid totalt
<b>Stavangerområdet</b>	15.8	6.1	23.5	45.4
<i>Andel av den totale reisetiden</i>	35 %	13 %	52 %	100 %
<b>Kristiansandsområdet</b>	12.9	5.9	23	41.8
<i>Andel av den totale reisetiden</i>	31 %	14 %	55 %	100 %
<b>Ålesundområdet</b>	12.1	6.5	21.8	40.4
<i>Andel av den totale reisetiden</i>	30 %	16 %	54 %	100 %
<b>Tromsø</b>	11.4	6.2	20.2	37.8
<i>Andel av den totale reisetiden</i>	30 %	16 %	53 %	100 %
<b>Osloområdet</b>	12.6	5.3	26.4	44.3
<i>Andel av den totale reisetiden</i>	28 %	12 %	60 %	100 %

Figur 3.5 viser den relative vekten av gangtid til/fra holdeplass i forhold til reisetid om bord med sitteplass for 4 byområder fra SP-undersøkelsen gjennomført i Transnova kollektiv 2013, samt Oslo fra en tidligere undersøkelse. Den mørkeblå søylen viser vekten for dagens trafikanter og den lyseblå for potensielle trafikanter. Med unntak av for dagens trafikanter i

Kristiansandsområdet, vektet gangtiden høyere enn ombordtiden i alle byområdene og for alle kollektivtrafikanter.



Figur 3.5: Relativ verdsetting av gangtid til/fra holdeplass relativt til verdsetting av reisetid ombord med sitteplass for eksisterende trafikanter og potensielle trafikanter. Kilde: Ellis & Øvrum (2014).

Tilbringerturen til fots til og fra holdeplassen foregår ikke på homogen infrastruktur, men delvis på fortau av varierende kvalitet og med varierende grad av andre trafikanter som for eksempel syklist. Smale fortau i høyt trafikkerte gater kan også oppleves som mer belastende enn brede fortauer i rolige gater. I Sverige varierer tidsverdiene for gangturer i den offisielle veilederen for samfunnsøkonomiske analyser etter infrastruktur, type trafikk og ventetid i kryss (Trafikverket, 2016). Verdiene vises i Tabell 3.6. Tilbringerreiser for korte kollektivreiser anbefales av Trafikverket til å settes til 57 og 35 SEK per persontime for henholdsvis arbeids- og øvrige reiser med buss og 74 og 57 sek per persontime for henholdsvis arbeids- og øvrige reiser med tog. Avstanden i verdsetting mellom disse to gangturene er stor selv om de har ulike formål. Dersom beskrivelsen av en tilbringertur til en holdeplass for kollektivtrafikk øker presisjonsnivå i transportmodellen, vil dette kunne være et interessant område å undersøke videre. Bakdelen vil være at det vil føre til økt kompleksitet i modellberegningene og krav til datagrunnlag.

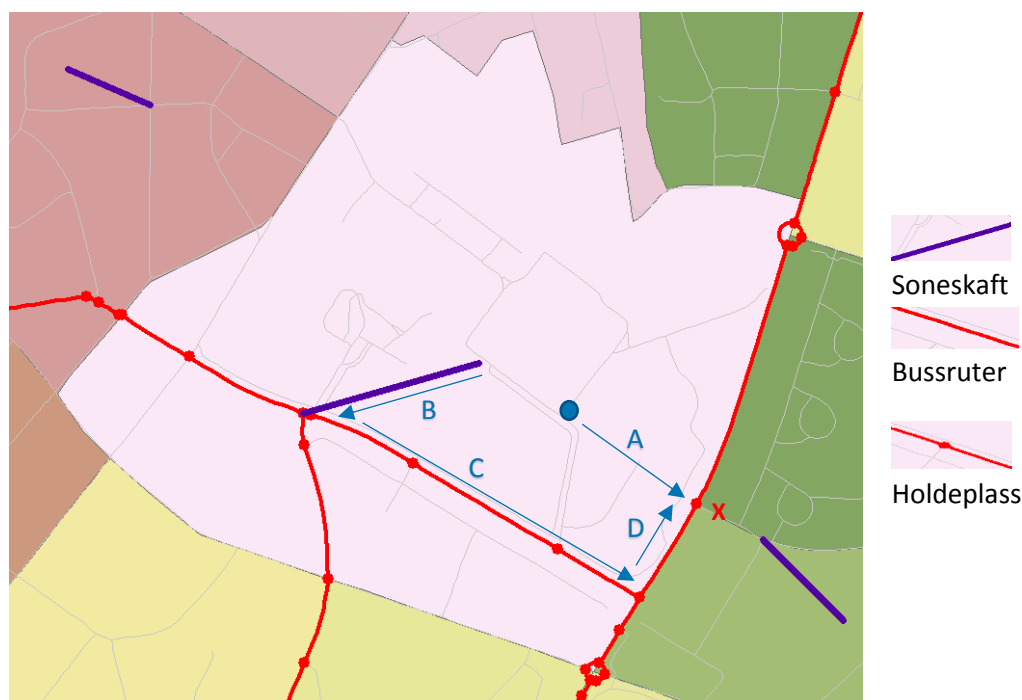
Tabell 3.6: Verdsetting av redusert gangtid for gangtrafikanter. Kr per persontime i svenske 2014 kr. Kilde: Trafikverket (2016).

Gangtrafikk	Gangtid	Ventetid i kryss
Gange i blandet trafikk på gate/veg	215	269
Gange på gangveg med syklist	204	255
Fri gangveg	191	239

### Tilbringertid til holdeplass i RTM

I RTM benyttes de holdeplassene som ligger nærmest soneskiftet (Figur 3.6). Det antas at alle går med gjennomsnittshastighet 5 km/t. Dette er et gjennomsnittlig tall, og tar f.eks. ikke hensyn

til høydeforskjeller. Vegnettet i dagens transportmodeller er detaljert slik at det kan forekomme flere holdeplasser i en grunnkrets. Figur 3.6 viser en grunnkrets med et soneskraft (lilla strek). Rød linje er bussruter med røde prikker som angir holdeplasser. I transportmodellen vil avstanden fra et vilkårlig sted i grunnkretsen til nærmeste holdeplass være lik lengden på soneskraftet og langs nettverket til nærmeste holdeplass. Soneskraftet representerer et gjennomsnitt av gangavstanden i grunnkretsen og er lik uansett hvor i grunnkretsen turer starter. I virkeligheten vil avstanden fra et vilkårlig sted i grunnkretsen til nærmeste holdeplass variere alt etter hvor i grunnkretsen turen starter. Dersom det eksempelvis kun er en bussrute som trafikkerer i området er det kun holdeplassen nærmest soneskraftet som vil få påstigninger.



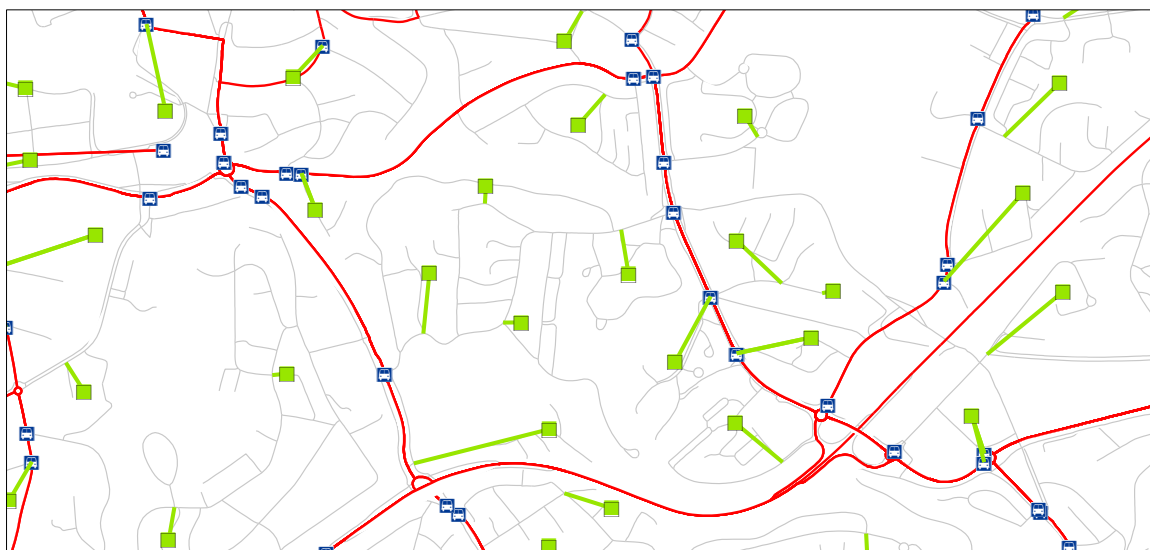
Figur 3.6: Eksempel på flere holdeplasser i en grunnkrets i dagens RTM-nettverk.

Som et eksempel kan vi tenke oss en kollektivreise fra det blå punktet i grunnkretsen via holdeplass X. Bussen denne trafikanten må ta går kun fra holdeplass X, og ikke fra de andre holdeplassene i grunnkretsen. Videre kan vi tenke oss at det i realiteten er fullt mulig å benytte gangrute A ut av grunnkretsen. I RTM vil en slik reise gå via soneskraftet og langs veglenkene til holdeplassen som tilsvarer distansen B+C+D. Dersom lengden på A er 500 m og lengden på B+C+D er 900 m, utgjør forskjellen på 400 m mellom gangrutene 8,5 kroner i den gjennomsnittlige generaliserte reisekostnaden i for eksempel i Stavanger.<sup>8</sup> Dette tilsvarer en forbedring i tilbudet på 7 prosent (GK før er 121,6 kr og GK etter er 113,1 kr), og relativt mot for eksempel bil gjør det kollektivtilbudet mer attraktivt. I en valgsituasjon mellom transportmidlene er det viktig at det relative forholdet er så riktig som mulig, og en forbedring av metodikken for gangtid til/fra holdeplass vil bidra til dette.

<sup>8</sup> Beregningene er basert på tidsverdier og verdsettinger hentet fra Ellis & Øvrum (2014). Verdier er oppgitt i 2013-kr.

Gangtiden kan vektas avhengig av hvilket kollektivreisemiddel som skal benyttes. Ved å differensiere vektingsfaktor for gangtid vil tilbringer til høystandard kollektivmiddel kunne favoriseres. Dette betyr i praksis at det aksepteres å gå lenger for å ta et tog enn buss. Dette skillet eksisterer ikke i RTM i dag. Det er mulig å ta buss til togstasjonen, men da blir dette en kombinert tur, ikke tilbringer til tog. Det ligger ikke inne noen mulighet for å sykle eller sitte på med bil eller ta drosje til holdeplasser.

Tilbringertiden fra en grunnkrets til en holdeplass beregnes ut fra avstanden fra tyngdepunktet i sonen langs sonetilknytningene til vegnettet og til nærmeste holdeplass. Figur 3.7 viser et eksempel på et nettverk med soner som representerer grunnkretser, sonetilknytninger til nettverket, kollektivruter (røde lenker) og plasseringen av holdeplasser.



Figur 3.7: Soner og holdeplasser

Figuren viser hvordan noen soner er knyttet til nettverket direkte i en holdeplass, mens andre soner er knyttet til deler av nettverket hvor det er en viss avstand til nærmeste holdeplass.

Nøyaktigheten på beregning av avstand til holdeplass avhenger av flere faktorer:

- Er soner som representerer grunnkretsen plassert riktig og representerer lengden på sonetilknytningen den faktiske gjennomsnittlige avstanden alle beboerne i grunnkretsen må gå for å komme ut til nettverket?
- Er sonetilknytningen plassert et sted i nettverket alle beboere må passere eller finnes det flere veier ut av grunnkretsen, spesielt til holdeplasser for ulike bussruter? Hvis dette er tilfelle burde det vært opprettet flere sonetilknytninger.
- Er holdeplassene kodet på riktig sted, og finnes det holdeplasser i transportmodellen som ikke skal være holdeplasser? Hvis det finnes for mange holdeplasser i en modell vil adgangen til kollektivsystemet være for god, og motsatt hvis det mangler holdeplasser.
- Finnes det naturlige gangveger som ikke er representert i nettverket i modellen? Dette kan gi store omveger til enkelte bussruter, og gjøre at noen grunnkretser får et vesentlig dårligere busstilbud enn andre grunnkretser i nærheten.

### 3.3 Egenskaper knyttet til tilbudet

I RTM beskrives kollektivtilbudet ut i fra følgende kvantifiserbare elementer.

- Ombordtid (det skilles ikke på sitteplass eller ståplass)
- Ventetid første påstigning (definert som halvparten av tiden mellom avganger)
- Gangtid til og fra holdeplass
- Ventetid ved bytte
- Gangtid ved bytte
- Byttestraff per bytte
- Takst

Til sammen utgjør en verdsetting av disse elementene den generaliserte reisekostnaden til en kollektivtrafikanter. Selv om disse elementene utgjør de sentrale elementene et kollektivtilbud kan kvantifiseres etter, mangler andre elementer som kollektivtrafikanter verdsetter høyt<sup>9</sup>. I rapporten «Trafikanterens verdsetting av tid i fem byområder» (Ellis & Øvrum, 2014) ble trafikanter bedt om å også å verdsette elementene som ikke er inkludert i dagens transportmodell. Resultatene fra verdsettingsstudien viste følgende;

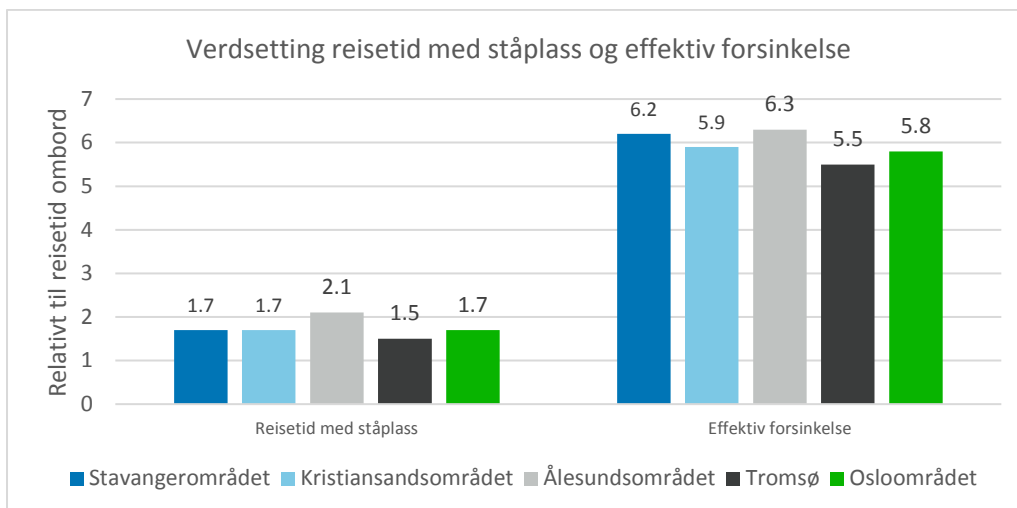
1. Reisetid med ståplass vektlegges mellom 1,5 til 2,1 ganger høyere enn reisetid med sitteplass.
2. Forsinkelsestiden er omtrent 6 ganger så belastende som ordinær reisetid i alle de fem byområdene<sup>10</sup>.
3. Trafikanter har høy betalingsvillighet for å unngå trengsel. Betalingsvilligheten er målt i et kronebeløp per reise basert på graden av trengsel.

Figur 3.8 og figur 3.9 viser disse verdsettingene fordelt på byområdene Stavanger, Kristiansand, Ålesund, Tromsø og Oslo.

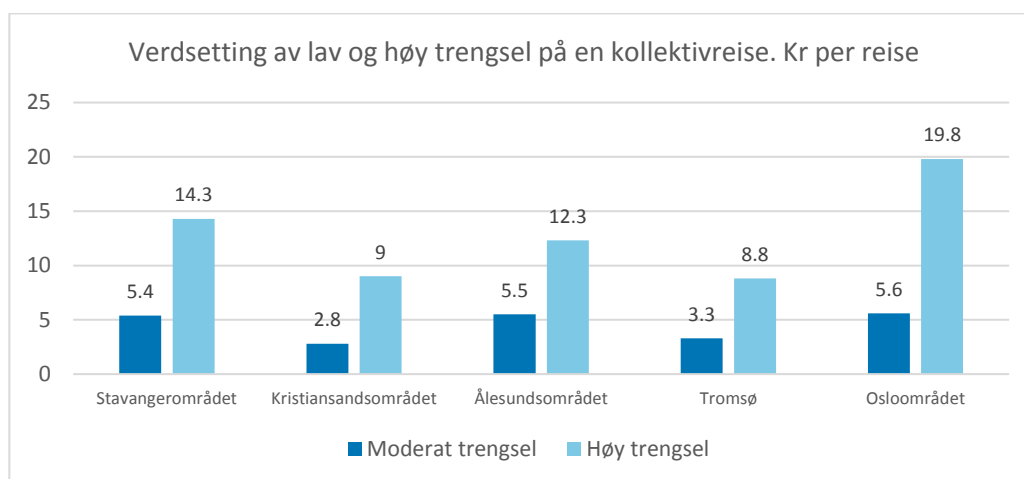
---

<sup>9</sup> En høy verdsetting i denne sammenhengen betyr at trafikanter har en høy betalingsvilje for unngå visse elementer.

<sup>10</sup> Forsinkelsestid er her effektiv forsinkelsestid, altså forsinkelsen når den først oppstår. Motivasjonen for denne betegnelsen er at forsinkelse ikke oppstår på enhver reise som foretas, og derfor må verdsettingen av forsinkelsestid korrigeres for sannsynligheten at den oppstår.



Figur 3.8: Verdsetting av reisetid med ståplass og effektiv forsinkelse, relativt til reisetid ombord med sitteplass blant kollektivtrafikanter i fem byområder. Resultatene er hentet fra SP-undersøkelsen i prosjektet Transnova kollektiv. Kilde: Ellis & Øvrum (2014).



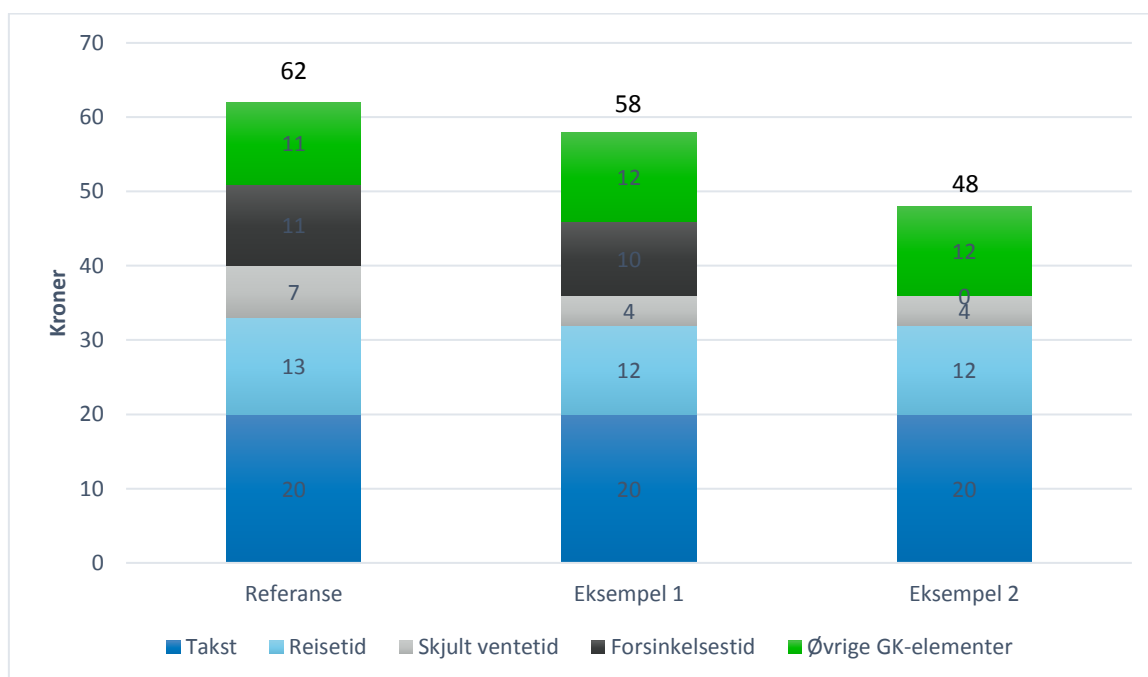
Figur 3.9: Verdsetting av moderat og høy trengsel (kr/reise) blant dagens kollektivtrafikanter i fem byområder. Resultatene er hentet fra SP-undersøkelsen i prosjektet Transnova kollektiv. Kilde: Ellis & Øvrum (2014).

Verdsettingen av disse ulempene må ses i sammenheng med antallet som opplever det. Tabell 3.7 viser beregnede andeler av kollektivtrafikanter som opplever ulike grader av trengsel, forsinkelse og hvorvidt de hadde sitte- eller ståplass på reisen. Tabellen viser at flere av trafikantene i disse byområdene opplever disse ulempene som en del av kollektivreisen.

Tabell 3.7: Trafikanter som opplever trengsel, forsinkelse og ståplass i byene som er inkludert i prosjektet Klimaeffektiv Kollektivsatsning. Kilde: Egne beregninger basert på kildedata fra SP-undersøkelsen i Ellis & Øvrum (2014).

	Trengsel				Forsinkelse		Ståplass		Ståplass
	Ingen trengsel	Lav trengsel	Høy trengsel på deler av reisen	Høy trengsel på hele reisen	Andel som opplever forsinkelse	Snitt forsinkelse (min)	Sitteplass på hele reisen	Sitteplass på deler av reisen	
Stavanger	54 %	33 %	10 %	3 %	23 %	9.0	95 %	4 %	1 %
Kristiansand	51 %	33 %	14 %	3 %	22 %	8.6	92 %	6 %	2 %
Tromsø	43 %	35 %	18 %	4 %	29 %	7.7	92 %	5 %	3 %
Ålesund	47 %	32 %	17 %	4 %	17 %	8.8	92 %	5 %	3 %

Disse egenskapene er viktig å inkludere fordi fraværet av dem fører til at tiltak som påvirker kollektiv blir undervurdert i transportmodellen. Vi kan illustrere dette med et eksempel fra Tromsø der vi blant annet har sett på tiltak som kan bidra til å redusere forsinkelser for kollektivtrafikanter (Kjørstad, Berg, Resell, Berglund, & Sæther, 2015).



Figur 3.10: Vektet gjennomsnittlig GK for rushtrafikkperioden på en virkedag for en reise i Tromsø "bybussområde" i referanse, effektiviseringsstrategien (eksempel 1) og effektiviseringsstrategien uten trengsel og forsinkelse (eksempel 2). 2014-kr. Beregningene er basert på RTM og UA-modellen. Kilde: Kjørstad m.fl. 2015.

Figur 3.10 viser den generaliserte reisekostnaden for en reise i Tromsø i rushtiden (vektet for alle reiserelasjoner med kollektivtransport). I Eksempel 1 og 2 er det lagt inn tiltak som øker



antall bussavganger, reduserer kjøretiden og øker fremkommeligheten slik at forsinkelsene fjernes helt. Eksempel 1 representerer en forenklet beregning av effekten av kollektivtiltaket slik som det beregnes i RTM. Det betyr at det kun er effektene av redusert ventetid og redusert ombordtid som gir en positiv effekt for kollektivtrafikantene. Som vi kan se av figuren reduseres den totale GK fra 62 kroner til 58 kroner per reise som er en reduksjon på 6 prosent. Tiltak som reduserer forsinkelse får ikke effekt i eksempel 1. Dersom disse tiltakene hadde vært inkludert ville den generaliserte reisekostnaden isteden blitt redusert med 14 kroner til 48 kroner, slik som i eksempel 2. Den totale GK reduseres med 23 prosent sammenlignet med referansen, og gir dermed en 17 prosentpoeng større effekt enn i eksempel 1.

Dette viser at å utelate viktige forklaringsfaktorer som forsinkelse, gjør at kollektivtiltak fremstår som mindre lønnsomme enn det de faktisk er. I figur 3.10 ser vi at forskjellen i spart generalisert reisekostnad er på hele 10 kroner i gjennomsnitt per reise. I tillegg til å inkludere nytte har dette også en annen implikasjon, og det er at tiltakene får beregnet økt etterspørseffekt. Etterspørselen etter kollektivreiser styres både etter nivået og endringen i den generaliserte reisekostnaden. Den beregnede etterspørseffekten etter kollektivreiser er 6 prosent for Eksempel 1, men øker til 27 prosent i Eksempel 2. Forskjellen mellom beregningene er stor, og viser at dersom faktorer som i dag ikke er inkludert i modellen tas med, så vil kollektivtiltak gi større effekt enn de gjør per i dag.

### Kvaliteten på kollektivsystemet

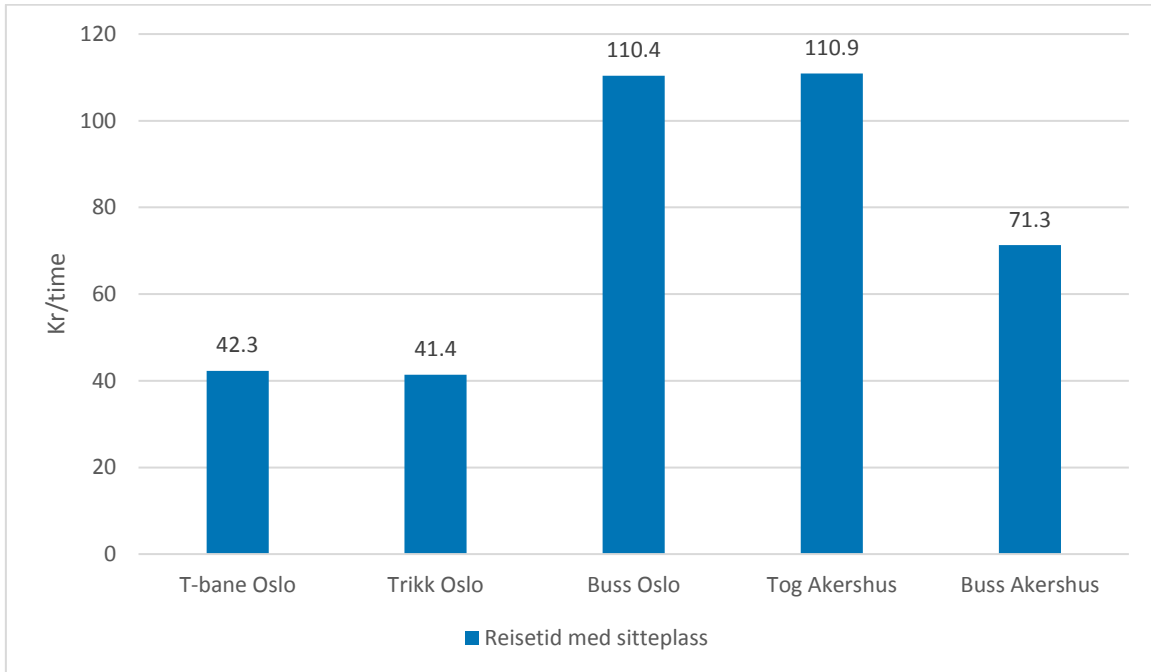
Utover kvalitetene som er knyttet til tilbudet og som er beskrevet ovenfor er det i tillegg en dimensjon knyttet til kvaliteten på kollektivsystemet. Kollektivsystemet betegnes ofte som å være av høy kvalitet, uten at dette er tilknyttet antall avganger eller reisetid. Høy kvalitet betyr isteden at det høyere standard på materiellet og infrastrukturen. Eksempelvis så vil en Bussvei med egne traséer oppleves som av høyere kvalitet enn en buss som kjører i vanlig trafikk.

I faglitteraturen er det vanlig å omtale preferansen for et bedre transportmiddel som skinnefaktor. Skinnefaktor defineres som «egenskaper ved skinnegående transportmidler som gjør at trafikantene under ellers like vilkår, dvs. med samme reisetid, frekvens, pris, gangtid osv., velger skinnegående transport framfor buss» (Norheim & Stangeby, 1995). Selv om det kalles skinnefaktor betyr det ikke at preferansen er kun for skinnegående transport over buss, men for alle transportmidler som oppleves som av høyere kvalitet. I Prosam-rapporten «Bedre kollektivtransport. Trafikantenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus» beskrives to tilnærminger til å måle skinnefaktoren, Reisetidsfaktoren og Konstantleddfaktoren (Ruud, Ellis, & Norheim, 2010).

### Reisetidsfaktoren

Figur 3.11 viser verdsettingen av reisetid med sitteplass fordelt på ulike kollektive transportmidler som ble avdekket i SP-undersøkelsen for Oslo og Akershus i 2010 (Ruud, Ellis, & Norheim, 2010). Formålet med å skille verdsettingen av reisetid på transportmiddel er å måle om det er egenskaper ved selve reisen som gjør reisetiden med skinnegående transport mer behagelig enn med buss, for eksempel ulik komfort. Figuren viser at de reisende i Oslo foretrekker skinnegående transport (trikk og t-bane) over bussreiser. I Akershus er derimot buss

foretrukket fremfor tog. I rapporten påpeker forfatterne at årsaken til dette kan være at det har vært en overvekt av respondenter som benytter et ekspressbusstilbud inn til Oslo fra Akershus. Dette er et tilbud som konkurrerer godt med toget, spesielt på strekninger som er kjennetegnet med høy trengsel på toget. Den relative forskjellen mellom verdsettingen av reisetid mellom transportmidlene er avhengig av reiseavstand. Tidsverdien på lengre reiser er ofte høyere enn for korte reiser. Dette er viktig å tenke på ved en eventuell implementering i modellen.



Figur 3.11: Verdsetting av reisetid med sitteplass fordelt på ulike kollektive transportmidler. 2010 kroner. Kilde: (Ruud, Ellis, & Norheim, 2010)

### Konstantleddfaktoren

Den andre tilnærmingen til å definere trafikantenes preferanse for et høykvalitetstilbud er gjennom en preferansekonstant. En preferansekonstant viser trafikantenes selvstendige preferanse for de skinnegående transportmidlene. I SP-undersøkelsen for Oslo og Akershus ble en slik preferansekonstant for skinnegående transport avdekket. Tabell 3.8 viser resultatene for preferansekonstanten for skinnegående transport. Trafikantene i Oslo og Akershus er ifølge resultatene i gjennomsnitt villige til å betale 15 kroner mer per reise for å erstatte buss med tog og 9 kroner for å erstatte buss med trikk eller t-bane (Ruud, Ellis, & Norheim, 2010).

Tabell 3.8: Verdsetting av skinnegående transport (konstantleddfaktoren). Kr/reise. Kilde: SP Oslo/Akershus 2010. Verdier er oppgitt i 2010 kroner. (Ruud, Ellis, & Norheim, 2010).

	Kr/reise	T-verdi	95% konfidensintervall	
			Lav	Rush
<b>Tog (Akershus)</b>	15,1	9,7	12,0	18,2
<b>T-bane (Oslo)</b>	9,4	5,5	6,0	12,7
<b>Trikk (Oslo)</b>	8,7	6,9	6,2	11,1

I rapporten påpekes det at konstantleddfaktoren, akkurat som reisetidsfaktoren, med høy sannsynlig er følsom for standarden på busstilbudet i det er sammenlignet mot. Det betyr at

resultatene for eksempel ikke kan benyttes som et uttrykk for preferanse mellom tog og høystandard bussløsning som Bus Rapid Transit (BRT).

Videre påpekes det i rapporten at selv om skinnefaktoren ideelt sett skal være uavhengig av øvrige faktorer som skiller transportmidlene (frekvens, reisetid m.m.), så er det sannsynligvis en del faktorer som likevel påvirker preferansen. Rapporten anbefaler derfor at det gjennomføres flere analyser av skinnefaktoren for å øke kunnskapsgrunnlaget.

## 4 Hvilke egenskaper er viktige for trafikantene?

Gjennomgangen av egenskapene knyttet til kollektivtilbudet som ikke er inkludert i RTM per i dag, viser at dette gjelder flere viktige faktorer som trafikantene har en høy betalingsvilje for å slippe. Ved å utelate disse faktorene blir ikke kollektivreisen beskrevet realistisk i modellen, samtidig som tiltak som reduserer disse ulempene ikke får full etterspørsels- eller nytteeffekt. Utfordringen med faktorene vi har trukket frem er hvorvidt det foreligger nasjonale data som kan benyttes til estimering, for eksempel fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen.

Formålet med dette prosjektet er å identifisere faktorer som påvirker etterspørselen etter kollektivreiser som passer å implementere på grunnkrets nivå i modellen. I gjennomgangen av faktorer har vi hatt en bredere tilnærming og gått igjennom faktorer som også kan og bør implementeres på andre nivåer.

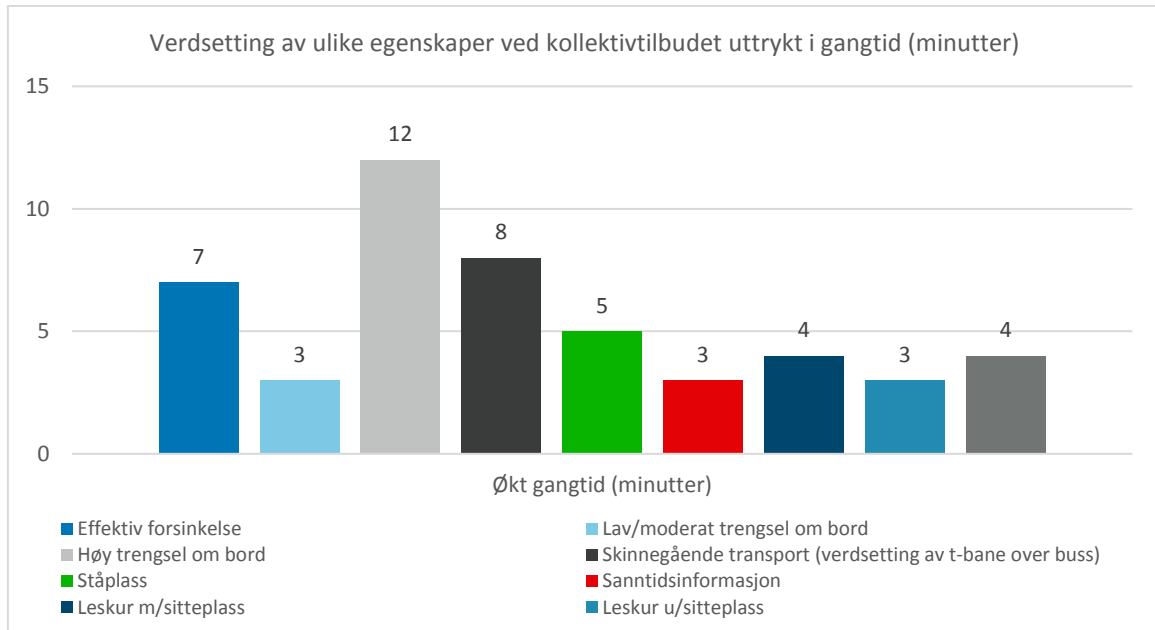
Et viktig spørsmål som melder seg er hvilke egenskaper kollektivtrafikantene verdsetter høyest, og om dette kan brukes som rangering av viktigheten av å implementere egenskapene i transportmodellen. For å kunne gjøre en grundig analyse av dette burde verdsettingene av egenskapene vi har omtalt komme fra samme undersøkelse. Siden dette grunnlaget ikke er tilgjengelig per i dag så vil vi forsøke å benytte de verdsettingene vi har omtalt tidligere i rapporten til å illustrere en mulig rangering.

Rangeringen tar utgangspunkt i hvor langt man er villig til å gå for en gitt standardheving av holdeplassen. Dette tar utgangspunkt i at dersom kollektivtilbudet sett under ett oppleves bedre fra en holdeplass som ligger lenger unna enn den som er fysisk nærmest trafikanten, så vil trafikanten velge å benytte denne. For å beregne dette kan vi ta utgangspunkt i verdsettingene av kvalitetshevingene vi har sett på i rapporten, og en verdsetting av gangtiden til/fra holdeplass for trafikanter i Oslo basert på resultater fra SP-undersøkelsen presentert i Ruud, Ellis & Norheim (2010). Som vi kan se av Tabell 4.1 er en trafikant i Oslo villig til å gå henholdsvis 12, 7, 5 og 8 minutter lenger for unngå høy trengsel om bord, forsinkelse, reisetid med ståplass og reise med t-bane istedenfor buss. For sanntidsinformasjon er trafikantene villig til å 3 minutter lenger, 4 minutter for leskur med sitteplass og 3 minutter for leskur uten sitteplass. Dersom holdeplass og kjøretøy er universelt utformet er trafikantene villige til å gå 4 minutter lenger.

Tabell 4.1: Illustrasjon av ulik verdsetting av forskjellige kvalitetshevninger i kollektivtrafikken uttrykt som villighet til økt gangtid for trafikantene. Verdsettingene fra Oslo SP-undersøkelse er hentet fra Ruud, Ellis & Norheim (2010) og verdsettingene for holdeplass er hentet fra Fearnley et. al (2009).

Verdsetting fra Oslo SP-undersøkelse (2010-kr)	Per time	Per minutt	Kr per reise	Økt gangtid for kvalitetsheving
Gangtid til holdeplass	73	1.2		
Effektiv forsinkelse	378	6.3		
Reisetid med ståplass	99	1.7		
Effektiv forsinkelse i snitt per reise i Oslo*			8.1	7
Lav/moderat trengsel om bord			3	3
Høy trengsel om bord			14	12
Verdsetting av skinnegående transport (t-bane i Oslo relativt til buss)			9.4	8
Reisetid med ståplass**			5.6	5
<b>Verdsetting holdeplass Fearnley et. al (2009). Justert fra 2009 til 2010 kr med KPI hentet fra SSB</b>				
Lysskjerm med sanntidsinformasjon			4.2	3
Leskur med sitteplass			5.2	4
Leskur uten sitteplass			3.2	3
<b>Universelt utformet holdeplass og kjøretøy</b>			4,5	4
*Beregningen tar utgangspunkt i at gjennomsnittlig forsinkelse når den oppstår er 8 minutter og at 16 prosent av trafikantene i Oslo er forsinket. Kilde: Ruud, Ellis & Norheim (2010)				
** Beregningen tar utgangspunkt i en reisetid om bord på 20 minutter og at 17 prosent har ståplass under hele reisen. Kilde: Ruud, Ellis & Norheim (2010)				

Som tidligere omtalt er resultatene i Tabell 4.1 en forenkling, både fordi vi sammenligner resultater fra to forskjellige undersøkelser som ikke nødvendigvis er like, men også fordi vi kun ser på Oslo-trafikanter i dette tilfellet.



Figur 4.1: Verdsetting av ulike egenskaper ved kollektivtilbudet uttrykt i gangtid (minutter). Resultatene er hentet fra Tabell 4.1 og tar utgangspunkt i en gjennomsnittlig kollektivreise i Oslo.

Resultatene i Tabell 4.1 og gjennomgangen av litteraturen fører til at rangeringen nedenfor av hvilke egenskaper ved kollektivtilbudet vi mener er viktigst å implementere i transportmodellen.

1. Forsinkelse
2. Trengsel om bord
3. Ståplass
4. Gangtid til/fra holdeplass
5. Kvalitet på kollektivsystemet («skinnefaktor»)
6. Egenskaper ved holdeplassen (holdeplass-standard)

Årsaken til at kvalitet på kollektivsystemet, representert ved skinnefaktor, er plassert lenger ned selv om den relativt sett kommer høyt opp i rangeringen i regneksempelet over, er at det er mer krevende metodisk å verdsette denne relativt sett til de andre egenskapene (se Ruud, Ellis & Norheim (2010) s. 48-49 og 58-59).

#### 4.1 Implementering på grunnkrets nivå i transportmodellene

Kollektivreiser til og fra grunnkretser i transportmodellen er definert av kollektivsystemet som er tilgjengelig for grunnkretsen. Sett fra de ulike nivåene i transportmodellen, node, lenke eller grunnkrets, er kollektivsystemet representert på node- og lenkenivå. Kollektivsystemet defineres av kollektivrutene som trafikkerer langs veggen eller på skinner (lenker) og treffer trafikantene på holdeplasser og stasjoner (noder). Egenskaper på grunnkrets nivå får mindre betydning da grunnkretsene er bundet sammen av kollektivsystemet.

Av de faktorene vi har gjennomgått er gangtid til/fra holdeplass den som ligger nærmest å kategoriseres på grunnkrets nivå i dagens modellsystem. Gangtiden til/fra holdeplassen er

direkte knyttet til grunnkretsens areal, samtidig som gjennomgangen har vist at denne gangtiden til en viss grad er forenklet i dagens modeller. Standarden på holdeplassene kan også knyttes til grunnkretsen. Det er likevel slik at en holdeplass allerede er representert i kollektivnettverket gjennom nodene, så det må gjøres en vurdering av hvilket nivå som er hensiktsmessig for å fange opp hvordan holdeplassene påvirker attraktiviteten til kollektivtransporten.

De relativt sett viktige egenskapene som forsinkelse, trengsel om bord og ståplassulempe er tett knyttet til kollektivtilbudet på lenkenivå. Selv om forsinkelser oppstår oftere i enkelte grunnkretser enn andre, oppstår de i stor grad som følge av trafikkmengde og utformingen på vegsystemet. For biltrafikk tas dette allerede hensyn til på lenkenivå i modellen, og det vil derfor være mest hensiktsmessig at forsinkelser for kollektivtrafikken også utvikles videre på lenkenivå. Et annet aspekt som støtter denne tilnærmingen er at disse egenskapene er endogene i modellen siden de avhenger av trafikkmengde (etterspørsel). Disse egenskapene bør derfor beregnes i iterasjoner mellom etterspørselsmodellen og nettverksmodellen for å finne et likevektsnivå (Fearnley, Aarhaug, Flügel, Eliasson, & Madslien, 2014). For større modellområder kan dette være veldig ressurs- og tidkrevende uten en garanti at modellen vil kunne oppnå en likevekt.

Selv om de fleste av faktorene naturlig hører hjemme som lenke- eller nodespesifikke variabler kan flere av disse samtidig også finnes som grunnkretsspesifikke variabler, for eksempel som følge av et aggregat eller gjennomsnitt av flere lenker og noder. Dette kan være hensiktsmessig til bruk både på inndatasiden, men også til validering av modellen.

I den videre analysen vil vi fokusere på følgende faktorer:

- Attraktivitetsindeks for holdeplasssegenskaper
- Attraktivitetsindeks for trengsel
- Attraktivitetsindeks for forsinkelse
- Attraktivitetsindeks for ståplassulempe
- Gangtid til holdeplass
- Påstigningstid (Forsinkelse)

## 5 Implementering

Dette kapitlet gjennomgår et forslag til operasjonalisering av de seks faktorene vi har valgt å se nærmere på. Videre diskuteres mulige datakilder, samt potensialet for å implementere disse.

### 5.1 Attraktivitetsindekser

Gjennomgangen av faktorer knyttet til holdeplassen i kapittel 3 viser at det er flere enkeltfaktorer som kan påvirke attraktiviteten til kollektivtilbudet. Dette er vist gjennom studier av betalingsvillighet for at disse faktorene er tilstede ved holdeplassen. Et viktig poeng når man skal benytte verdsettingsstudier til å verdsette trafikantenes betalingsvillighet er at de er sammenlignbare, for eksempel ved at de er utledet av samme undersøkelse. Dersom dette ikke er mulig bør verdsettingene som benyttes være robuste både over tid og i ulike markeder. En attraktivitetsindeks kan tenkes å beskrive en rekke ulike faktorer. I den videre behandlingen har vi fokusert på 4 forskjellige attraktivitetsindekser; holdeplasser, forsinkelse, trengsel og ståplass. Eksempler på en slik typologi samt en mulig definisjon er beskrevet i de følgende delkapittel. Som nevnt i kapittel 4 er det ikke alle disse egenskapene som nødvendigvis egner seg best inn under en grunnkretskategorisering, men eksemplene forsøker å illustrere hvordan en slik tilnærming kan utformes dersom det er ønskelig.

Inkluderingen av attraktivitetsindekser i transportmodellen har fire formål som alle bidrar til å forbedre forklaringen og beregningen av kollektivtransport.

1. En attraktivitetsindeks vil kunne bidra til å forklare ulik kollektivbruk mellom grunnkretser
2. Inkludere flere egenskaper som påvirker valg av kollektiv fremfor andre transportformer
3. Inkludere potensielt vanskelig og ressurskrevende elementer å beregne som for eksempel forsinkelse og trengsel
4. Beregne trafikantnytte av tiltak på for eksempel holdeplassen dersom egenskapene verdsettes og uttrykkes i form av en kroneverdi

#### 5.1.1 Attraktivitetsindeks for holdeplasser

Tabell 3.3 i kapittel 3 viste at det er mange ulike egenskaper ved en holdeplass som trafikantene har betalingsvillighet for å få forbedret. Dersom alle disse egenskapene inkluderes som en forklaringsfaktor kan dette føre til at etterspørselsmodellen blir unødvendig komplisert og detaljert. I stedet kan vi se for oss at det lages en attraktivitetsindeks knyttet til standarden for holdeplasser. En attraktivitetsindeks for standard på holdeplasser innebærer å etablere ulike grupperinger basert på ulike standardnivåer. Dette kan gjøres ved at man standardiserer egenskapene til en skala som i vist i Tabell 4.1, enten som en kroneverdi, endring i gangtid eller endring i reisetid. For å kunne gjøre dette må det defineres både grupperinger av standard, for



eksempel fra dårlig til best, og hvilke egenskaper ved holdeplassen som inngår i de ulike grupperingene. For å konstruere en attraktivtetsindeks er det nødvendig å ha god informasjon om de fysiske egenskapene ved holdeplassene i et byområde.

### **Fysiske egenskaper ved holdeplassene**

For å illustrere en mulig inndeling av holdeplassene har vi tatt utgangspunkt i data over holdeplasser som vi har mottatt i forbindelse med et prosjekt utført for Tromsø fylkeskommune, og som er gjengitt i UA-rapport 67/2015 (Kjørstad, Berg, Resell, Berglund, & Sæther, 2015). I dette prosjektet fikk vi tilgang til data om holdeplassene som blant annet inneholdt følgende egenskaper.

Tabell 5.1: Oversikt over egenskaper ved bussholdeplasser i Tromsø. Kilde: Kjørstad m.fl. (2015)

Egenskap ved:	Egenskap:	Kategori:				
<b>Holdeplass</b>	Type	Kantstopp	Lomme	Lomme m/gang og sykkel felt	Kantstopp m/gang-, sykkel- og kollektivfelt	Spesial (f.eks. terminal)
	Plattform lengde (meter)		Over 10 m	10 m	8 m	
	Skilting	På søyle	På leskur	På stang	Nei	
<b>Leskur</b>	Størrelse (meter)	10 m	5 m	3 m		
	Sanntidsinformasjon	Ja	Nei			
	Tavle	Ja	Nei			
	Avfallshåndtering	Ja	Nei			
	Benk	Ja	Nei			
	Belysning i leskur	Ja	Nei			
<b>Annet</b>	Belysning utenfor leskur	Ja	Nei			
	Sykkelparkering	Antall plasser				
	Bilparkering	Antall plasser				

Tabell 5.1 gir en oversikt over egenskaper som er innhentet om holdeplasser i et byområde. Basert på omfanget av denne informasjonen er det nærliggende å tro at lignende informasjon kan innhentes i andre byområder også. Vi har ikke vurdert om informasjonen i eksempelet er tilstrekkelig eller om det må innhentes mer detaljert informasjon. Et viktig poeng å ta med seg videre er at dersom det skal innhentes data om holdeplassene til bruk i transportmodellen, så må dataene være entydige og sammenlignbare mellom byområdene. Det er derfor svært viktig å komme frem til et fornuftig detaljeringsnivå som muliggjør datainnsamling fra de aktuelle byene.

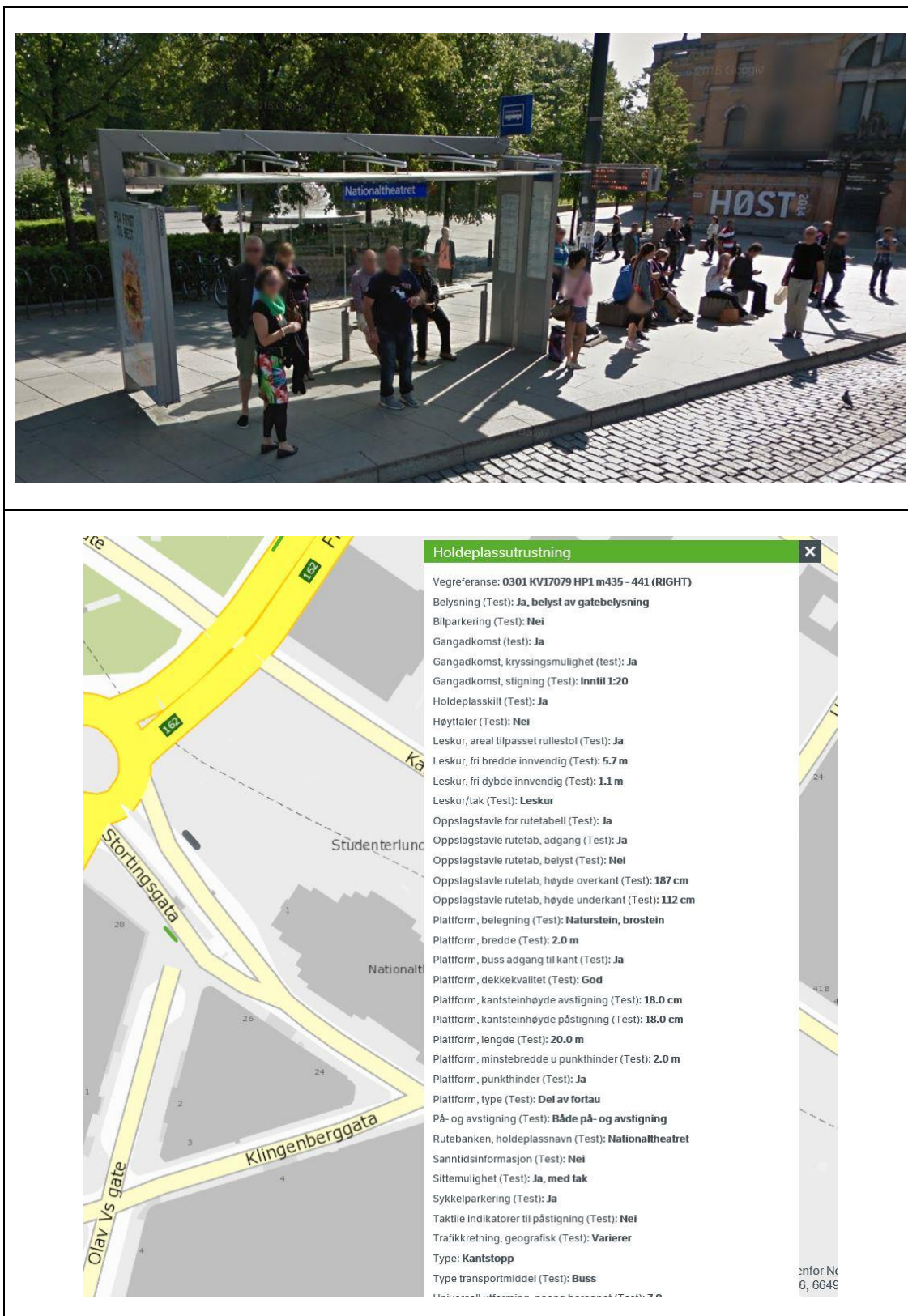
Det foreligger allerede i dag betydelig mengder informasjon om holdeplasser i den nasjonale vegdatabanken (NVDB)<sup>11</sup>. Fra beskrivelsen av elementene som kan inngå i informasjonen om holdeplassutrustning er egenskaper og metode standardisert<sup>12</sup>. Figur 5.1 viser et utvalg av tilgjengelig informasjon for holdeplassen Nationaltheatret i Oslo (nederste bilde). Flere av de omtalte elementene kan observeres i det øverste bildet av holdeplassen. Det fremkommer

<sup>11</sup> <http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Nasjonal+vegdatabank>

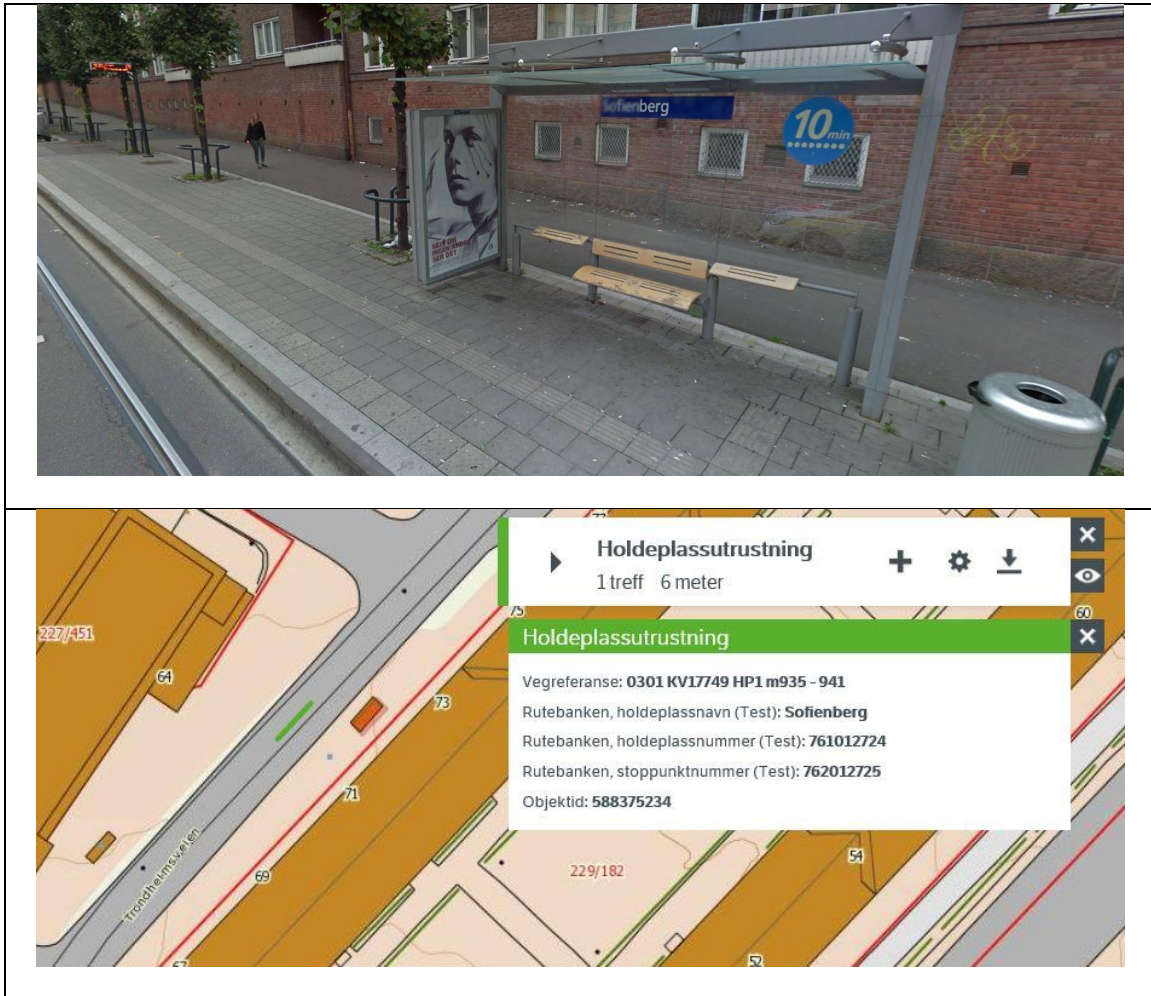
<sup>12</sup> <http://tfprod1.sintef.no:8080/datakatalog/eksport/produktspesifikasjon-2.05/487.htm>

tydelig av datagrunnlaget fra NVDB at dette arbeidet ikke er ferdigstilt. Figur 5.2 viser tilsvarende informasjon for holdeplassen Sofienberg i Oslo som har mange av de samme kvalitetene som Nationaltheatret. Som vi kan se av det nederste bildet i denne figuren, så mangler informasjonen om utrustningen på denne holdeplassen.

I registreringen av holdeplassutrustning vises det også til et registreringssystem for universell utforming av holdeplasser, hvor det også beregnes et samlet UU-nivå på holdeplassene. Vi har dessverre ikke hatt tilgang til metodikken bak disse beregningene i vårt prosjekt, men dette er noe som det kan være verdt å se nærmere på.



Figur 5.1: Eksempel på tilgjengelig informasjon i NVDB om holdplassutrustning for Nationaltheatret holdeplass i Oslo. Bildet er hentet fra Google Maps.



Figur 5.2: Eksempel på tilgjengelig informasjon i NVDB om holdeplassutrustning for Sofienberg holdeplass i Oslo. Bildet er hentet fra Google Maps.

Neste steg vil være å definere hvordan holdeplassene skal grupperes etter egenskapene. Tabell 5.2 illustrerer en mulig inndeling av attraktivitetstypologien dersom vi for eksempel deler den inn i 5 kategorier. Inndelingen kan gjøres både finere og grovere basert på hvilke informasjon man har om tilbudet.

Tabell 5.2: Eksempel på mulig inndeling av attraktivitetsindeks for standard på holdeplass.

Indeksverdi		1	2	3	4	5
	Standard	Lav	Enkel	Normal	God	Høy
<b>Holdeplass</b>	Type	Kantstopp	Kantstopp m/GS, F, KF	Lomme	Lomme m/GS	Spesial
	Plattform lengde (meter)	8 m	10 m	10 m	>10 m	30
	Skilting	På stang	På stang	På leskur	På leskur	På leskur
<b>Leskur</b>	Størrelse (meter)			3 m	5 m	10 m
	Sanntidsinformasjon				X	X
	Tavle		X	X	X	X
	Avfallshåndtering		X	X	X	X
	Benk		X	X	X	X
	Belysning i leskur				X	X
	Belysning utenfor leskur				X	X
<b>Annet</b>	Sykkelparkering				X	X
	Bilparkering					X

### 5.1.2 Attraktivitetsindeks for forsinkelse, trengsel og ståplassulempe

Dette delkapittelet viser kort hvordan ulike indekser for forsinkelse, trengsel og ståplassulempe kan utformes. Dersom disse egenskapene skal legges på holdeplassen og innenfor en indeks så må vi definere hva egenskapen skal representere og hvilke nivåer som skal legges til de ulike nivåene. Siden egenskapene forsinkelse, trengsel og ståplassulempe ikke «henger» like godt sammen så foreslår vi at disse separeres til tre ulike typologier som potensielt kan inngå i modellen separat. Tabellen nedenfor gir et eksempel på hvordan ulike nivåer som kan knyttes til de ulike typologiene. Nivåene er kun satt som illustrasjoner.

Tabell 5.3: Eksempel på mulig inndeling av attraktivitetsindekser for forsinkelse, trengsel og ståplassulempe.

Indeksverdi		1	2	3	4	5
	Standard	Lav	Enkel	Normal	God	Høy
<b>Forsinkelse</b>	Gjennomsnittlig forsinkelse for alle reiser (se Tabell 4.1 for nærmere forklaring)	16-20 min	10-15 min	6-9 min	5-2 min	2-0 min
<b>Trengsel</b>	Opplevd trengsel om bord i transportmiddelet	Høy	Høy	Moderat	Lav	Lav
<b>Ståplassulempe</b>	Andel trafikanter som står hele veien	25-20 %	15-19 %	10-14 %	5-9 %	0-4 %



### 5.1.3 Potensial for å implementere attraktivitetsindekser i RTM

Det ligger et naturlig skille mellom attraktivitetsindeksene i hvilken del av reisen de påvirker. Attraktivitetsindeksen for egenskaper ved holdeplassen vil være naturlig at forklarer egenskaper ved sonen det reises fra. Indeksene for forsinkelse, trengsel og ståplassulempe vil være en del av beskrivelsen av destinasjonssonen eller en kombinasjon av fra og til.

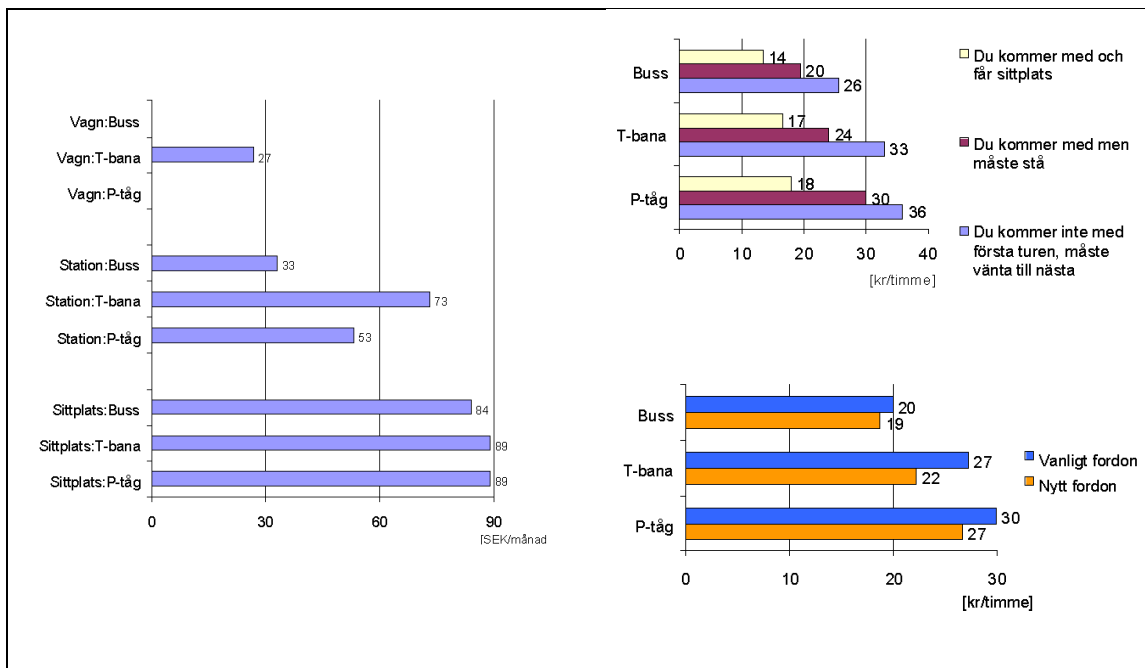
For å estimere hvordan de ulike standardnivåene påvirker etterspørselen etter kollektivreiser må vi vite noe hvordan trafikantene verdsetter de ulike standardnivåene opp mot hverandre. Siden RTM er estimert på data fra den norske reisevaneundersøkelsen (RVU), bør data som omhandler verdsetting av ulike standardnivåer for holdeplasser og eventuelt forsinkelse, trengsel og ståplassulempe komme fra samme undersøkelse. Slik den er innrettet i dag inneholder den ikke informasjon som kan benyttes til å estimere effekten av forbedringer i standarden på holdeplasser på etterspørsel etter kollektivreiser. Det betyr at RVUen må utvides dersom det er ønskelig å implementere dette i etterspørselsmodellen i RTM. Hvordan dette eventuelt skal implementeres og gjennomføres vil vi ikke gå nærmere inn på her. Gjennomgangen av litteratur viser likevel at finnes det noe informasjon fra ulike nasjonale og internasjonale undersøkelser som kan benyttes som en benchmark til egne undersøkelser rettet mot utvikling av RTM-modellen.

#### **Eksempel på inkludering av myke faktorer i den svenske transportmodellen (SAMPERS)**

I denne sammenhengen ønsker vi å trekke frem en rapport av Olsson, Widell og Algers (2001) som gir et eksempel på hvordan betydningen av holdeplass-standard både kan avdekkes gjennom betalingsvilje og implementeres i en transportmodell. Utgangspunktet for analysen er at det gjennomføres en Stated preference undersøkelse (SP-undersøkelse) hvor målgruppen blir spurt om betydningen av en rekke faktorer ved kollektivtilbudet.

- Innføring av nye t-bane, tog og busser i scenarioanalysen
- Alle bussholdeplasser antas å være «stolpe med skilt» i referansesituasjonen og oppgraderes til busskur i scenarioanalysen
- At reisende ble garantert sitteplass istedenfor en risiko for å stå

Betalingsviljen ble deretter beregnet både som endring i månedskortkostnaden eller tidsverdi for en time reisetid.



Figur 5.3: Verdsetting av ulike kvalitetsfaktorer for kollektivtrafikken. Figuren til venstre viser betalingsvilje for endret kvalitet i form av økt pris på SL-månedskort. Figuren øverst til høyre viser verdsetting av ulike former for trengsel som kroner per persontime om bord og figur nederst til høyre viser verdsettingen av økt kvalitet på materiellet som kroner per persontime om bord. Kilde: Faksimile fra Olsson, Widell og Algers (2001).

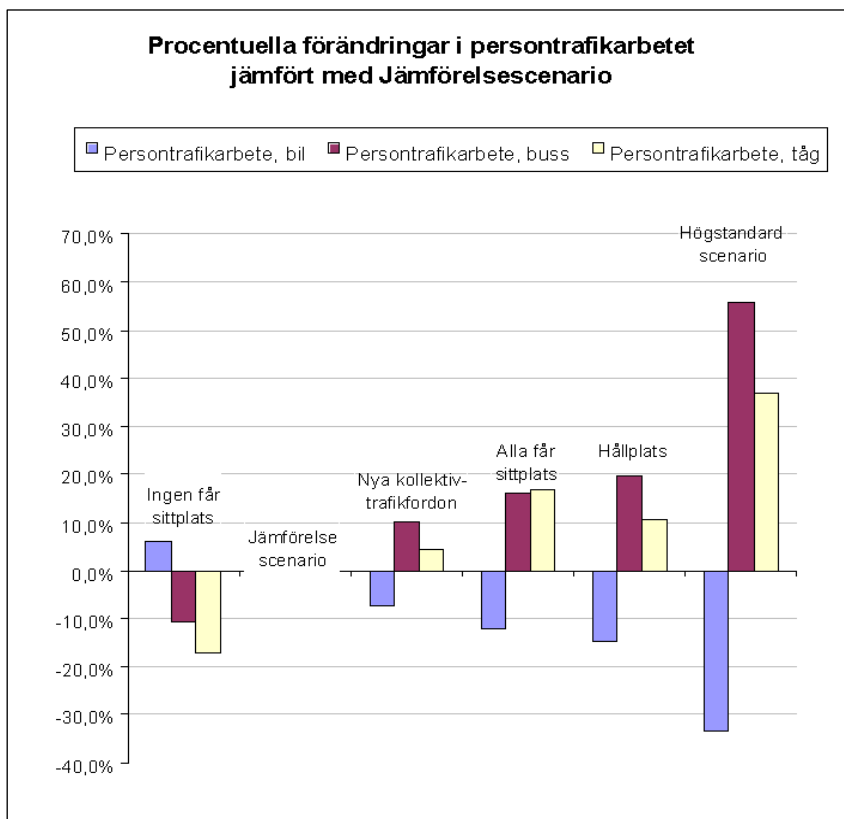
Resultatene fra undersøkelsen viser at det er betalingsvilje for de ulike kvalitetshevingene. Figur 5.3 viser at sitteplass verdsettes relativt sett høyest av trafikantene. Resultatene fra SP-undersøkelsen ble deretter brukt til å beregne etterspørselseffekten av endringen i holdeplassestandarden ved hjelp av endringer i reisetidselementene i både nettverksanalysen (her ved hjelp av programvaren EMME/2) og etterspørselsmodellen (SAMPERS). Rapporten skisserer muligheten for å benytte resultatene fra SP-undersøkelsen til å endre påstigningsmotstanden ved en holdeplass (node) i det svenske modellverktøyet SAMPERS. Forbedringen i holdeplassestandarden ble regnet om til spart påstigningsmotstand ved en holdeplass med høy standard sammenlignet med lav standard. Eksempelvis dersom en holdeplassforbedring verdsettes til 3 minutter i SP-undersøkelsen, så fører det til en reduksjon i standard påstigningsstraff i nettverksanalysen (5 minutter) på 1,5 minutter (påstigningsstraffen vektet med en faktor på 2). I nettverksanalysen påvirker dette trafikantenes rutevalg ved at LOS-dataene endres inn i etterspørselsmodellen (Olsson, Widell, & Algers, 2001). Dette kommer av at kollektivruter på attraktive holdeplasser foretrekkes sammenlignet med referansesituasjonen, slik at gangtider, ventetider og ombordtider endres fordi trafikantene nå velger en annen vei til destinasjonen.

I neste steg må forbedringen fanges opp av etterspørselsmodellen, og det forutsetter at egenskapene som er endret også er inkludert i etterspørselsmodellen. I SAMPERS, som beskrevet i Olsson, Widell & Algers (2001), inngår ikke påstigningstidene fra nettverksanalysen i etterspørselsmodellen. Det betyr at endringene i kvaliteten på holdeplassene ikke fanges opp når etterspørselsen beregnes. I tilfellet med SAMPERS måtte derfor forfatterne regne om forbedringen til reistidsminutter og addere sparte minutter som følge av endret påstigningstid med reistidsmatrisen. For endringer i kvalitet i forhold til ståplass/sitteplass og endret materiell

så benyttes vektning av reisetid i forhold til kvalitetsnivå som operasjonalisering. Slik vi leser rapporten betydde dette en god del manuelt arbeid for å få kvalitetsbeskrivelsene med i alle nødvendige steg i modellen. Forfatterne skriver også at beregningene som ble gjort kun er ment som illustrasjon på at det er mulig å inkludere kvalitetsfaktorer i en transportmodell.

Figur 5.4 viser at ved å øke holdeplass-standarden fra lav til høy på alle stasjoner i modellområdet øker persontransportarbeidet med omtrent 20 prosent med buss og 10 prosent med tog, samtidig som persontransportarbeidet med bil reduseres med omtrent 15 prosent. Dersom alle kvalitetshevingene innføres i samme scenario øker trafikkarbeidet med buss og tog med henholdsvis omtrent 55 prosent og rett i underkant av 40 prosent. Samtidig reduseres med trafikkarbeidet med bil med 33 prosent.

Forfatterne av rapporten påpeker at selv om dette kun er en illustrativ beregning som ikke nødvendigvis er realistisk med tanke på nivået på kvalitetene som beregnes sammenlignet med faktiske standarden, så har kvalitetshevinger en effekt på trafikkarbeidet som ikke bør neglisjeres (Olsson, Widell, & Algers, 2001).



Figur 5.4: Effekter av ulike kvalitetshevinger i kollektivtrafikken uttrykt som endring i trafikkarbeid i prosent sammenlignet med et referansescenario. Kilde: Faksimile fra Olsson, Widell og Algers (2001).



## Metodikk i RTM for reisemiddelvalg

I RTM beregnes destinasjons- og reisemiddelvalg for kollektiv basert på ulike kostnader som beskriver kollektivsystemet. Dette er gangtid (til og fra holdeplass), ventetid (første holdeplass og ved bytte), ombordtid og takst for enkeltbillett og månedskort. Disse ulike tids- og kostnadskomponentene beregnes ut fra et komplekst kollektiv rutevalg hvor de beste rutene mellom alle grunnkretser kartlegges. Som en del av dette rutevalget inngår valg av holdeplass og valg av kollektivreisemiddel.

Ulike vekter og tidsstraffer gis under rutevalget for å kunne styre rutevalget til å følge mest mulig naturlige valg. Gangtid ilegges en faktor (1.8) for å redusere mengde gange i forhold til tid ombord. Likeså ilegges venting på holdeplass en annen faktor (1.5) for å foretrekke kollektivmiddel med høyere frekvens. Det gis også en straff for ombordstigning (10 minutter per påstigning) for å redusere risikoen for unødvendige bytter mellom kollektivruter. I teorien kan også ombordtid vektet med ulik faktor for ulike kollektivmiddel for å for eksempel foretrekke skinnegående kollektivmiddel. Når disse faktorene benyttes påvirker de kun rutevalget. Etter at rutevalget er foretatt og de ulike tidskomponentene skrives til kostnadsmatrisene benyttes ikke lenger vektene. Det som gis inn til etterspørselsmodellen i RTM er derfor den rene tidsbruken. Det er ikke ønskelig å vekte den faktiske tidsbruken siden dette vil ødelegge muligheten til å beregne trafikantnytte. Dette betyr at de ulike faktorene kan benyttes til å velge mellom holdeplasser med ulike kvaliteter, og mellom kollektivmiddel som har ulik standard.

## Egenskaper ved holdeplassen

I RTM (Cube Voyager) gis ventetidsfaktoren inn i systemet på holdeplassnivå. I RTM er det samme faktor som benyttes for alle holdeplasser. Hvis noen holdeplasser har bedre attraktivitetsindeks kan disse holdeplassene gis en lavere ventetidsvekt. Dette betyr at på holdeplasser med høy standard vil ikke frekvensen på kollektivrutene som betjener holdeplassen ha like mye å bety for rutevalget. Ulempen med denne innfallsvinkelen er at den faktiske ventetiden kan gå opp og dermed gir færre kollektivreiser, men dette kan trolig korrigeres for i modellen ved å kalibrere denne på nytt. Vår vurdering er at en attraktivitetsindeks for holdeplasser er mulig å implementere i dagens modell, men det vil kreve mye arbeid med datainnsamling og estimering før dette eventuelt kan gjøres på en god måte. Siden holdeplassene er knyttet til noden er det ikke nødvendig å aggregere egenskapene til grunnkrets nivå, men dette kan gjøres dersom det gjør datainnsamlingen enklere. Likevel ser det ut til at NVDB på sikt kan bli en god kilde for å få tilstrekkelige gode data på nodenivå.

Dersom det skal innføres attraktivitetsindekser i RTM bør en ta utgangspunkt i et mindre antall faktorer og heller utvide dersom en har godt nok datagrunnlag. Dette vil gjøre den nødvendige datainnsamlingen og testing i en implementeringsfase enklere.

## Forsinkelse, trengsel og ståplassulempe

Selv om forsinkelse, trengsel og ståplassulempe ideelt sett burde vært en del av kollektiv rutebeskrivelsen på lenkenivå, så kan man tenke seg at disse egenskapene legges til destinasjonsgrunnkretsen.

Utfordringen med denne tilnærmingen er at det kan være forsinkelse knyttet til kollektivreiser fra enkelte grunnkretser til en grunnkrets, men ikke fra andre. Dette kan for eksempel komme av at kollektivruter fra noen grunnkretser har kollektivfelt, mens andre mangler dette. Dersom man skal legge et gjennomsnittstall på en grunnkrets i et slik tilfelle så må man kunne vekte de ulike dataene for disse egenskapene til en plassering i definert indeks. Det vil være en større utfordring å samle inn disse dataene fordi det er varierende hvorvidt slik statistikk samles inn og er tilgjengelig. Samtidig har flere byer etter hvert sanntidsdata som kan være en god kilde. I Ruters sanntidssystem for eksempel, logges alle avganger med buss i Oslo slik at en kan måle faktisk kjøretid opp mot planlagt kjøretid. Utfordringer er at dette må kunne hentes inn og standardiseres på en måte som muliggjør beregninger i de ulike modellområdene. Dersom man ikke har data fra kollektivselskapene på disse egenskapene kan alternativet være å innhente dette gjennom en RVU. Som TØI påpeker så eksisterer det ikke en database med alle de nødvendige faktorene (Fearnley, Aarhaug, Flügel, Eliasson, & Madslie, 2014). Dette må derfor på plass før arbeidet med implementering kan gå i gang.

Sett i forhold til andre behov for utvikling av kollektivtrafikk i RTM er vår vurdering at arbeidet med attraktivitetsindeks for holdeplasser bør prioriteres lavere enn arbeidet med forbedring av gangtid/tilbringertid og påstigningstid som vi har beskrevet under. Forsinkelse, trengsel ombord og ståplassulempe er viktige faktorer som bør prioriteres, men som node- og lenkespesifikk egenskaper.

## 5.2 Gangtid/Tilbringertid

For å forbedre beregninger av tilbringertid til holdeplasser i RTM kan mye gjøres i datagrunnlaget uten å endre selve modellprogrammet. Med utgangspunkt i dagens metodikk kan man blant annet gjøre følgende:

- **Opprette flere sonetilknytninger i de grunnkretsene som har flere ruter inn i grunnkretsen.** Av historiske årsaker er det som regel bare en eller to sonetilknytninger per grunnkrets. I tidligere transportmodeller var nettverket rimelig grovt, og det var også begrensninger i programvaren hvor mange sonetilknytninger som kunne benyttes. Etter hvert som nettverksbeskrivelsen har blitt mye mer detaljert og programvaren blitt mer fleksibel vil det være hensiktsmessig å opprette flere sonetilknytninger. Et alternativ til å kode sonetilknytninger for alle trafikantgrupper er å kode tilbringerlenker forbeholdt kollektivtrafikanter til hver holdeplass. Denne metoden er brukt i Landstrafikmodellen i Danmark<sup>13</sup>
- **Gå gjennom kodingen av holdeplasser i kollektivrutene.** Det finnes sannsynligvis for mange holdeplasser i kollektivrutebeskrivelsene for de ulike modellområdene. Når en rute kodes manuelt markeres hvilke noder i transportnettverket som traverseres av en bussrute. Hver node vil bli behandlet som holdeplass hvis ikke brukeren aktivt endrer

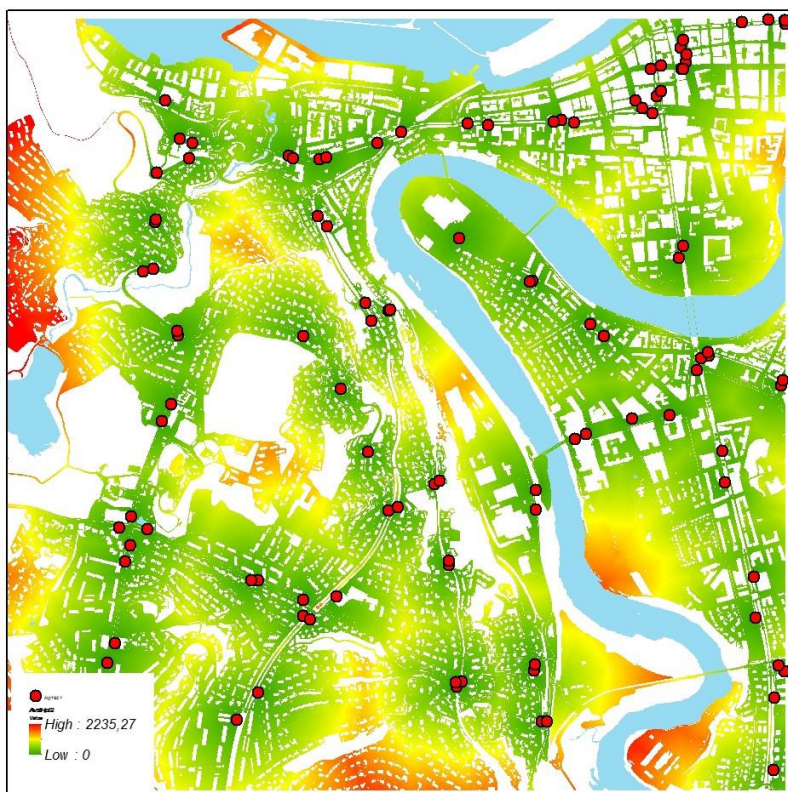
<sup>13</sup> <http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/Databibliotek/Landstrafikmodellen>

dette fra å være holdeplass. Siden opprettelse av holdeplass skjer uten aktiv handling er det svært sannsynlig at mange ruter har for mange holdeplasser.

For å gi en bedre beskrivelse av gangtid eller tilbringertid til holdeplass kan en benytte en rekke datakilder. Mer nøyaktig kartdata som inneholder snarveier, flere tilkoblinger til vegnettet, høydeforskjeller eller lignende. En annen mulighet er å lage egen grunnkretsspesifikke gangdistanser for alle grunnkretser. For eksempel har Bergen kommune sett på hele bybanestrekningen og har laget en oversikt over tiltak som kan forbedre gangtilkomsten til holdeplassene. Slike gjennomganger kan bidra å lage bedre og mer inngangsdata til RTM. Ulempen med den sistnevnte metoden er at det vil kreve et omfattende arbeid for å kartlegge områder modellen skal dekke.

### Beregning av gangavstander til holdeplass med bruk av raster-GIS

Rapporten "Mer presis modellering av gåing og grunnkretsinterne reiser i RTM" (Malmin, Arnesen, & Frøyen, 2016) viser til en alternativ metode for å beregne gåavstander ved hjelp av raster-GIS. Figur 5.5 gjengir figur 27 i denne rapporten, og viser gangavstander fra alle holdeplasser. I metoden finner vi avstander fra en bolig til en holdeplass ved å lese av avstandstallet i rasteret for det koordinatet hvor boligen er plassert. Ved å finne gjennomsnitt eller vektet gjennomsnitt for alle boligene i en grunnkrets har vi gjennomsnittlig avstand til en holdeplass for alle boliger.



Figur 5.5: Gangavstander fra hver bolig til nærmeste holdeplass

I kollektivrutevalgstrinene i RTM vurderes ikke bare den nærmeste holdeplassen, men også alternative holdeplasser. Hvis denne metoden skal benyttes til å finne gangavstander til

holdeplasser er det viktig at det etableres et raster-kart for hver enkelt holdeplass og ikke slik som vist i Figur 5.5. Dette vil gi en tabell som for hver grunnkrets vil inneholde avstander til en rekke holdeplasser i nærheten. En slik tabell kan benyttes direkte i Cube Voyager for å beskrive tilbringer til holdeplass. Figur 5.6 viser et eksempel på definisjon av tilbringerlenke fra en sone til en holdeplass.

Figur 5.6: Definisjon av tilbringerlenke i Cube Voyager

```
NT LEG=10-100156 MODE=100 COST=10.16 DIST=0.85 ONEWAY=T XN=100166 100453
```

Vår vurdering er at det mest nærliggende vil være å legge opp en løsning som ligner den som skisseres i det pågående prosjektet om transportstandard for gangturer. Dersom en lager et opplegg som legger opp til riktigere modellering av gangtider i modellen generelt, bør denne metodikken også kunne overføres til mer nøyaktig beregning av gangturer.

### Potensial for å implementere bedre beskrivelse av gangtid/tilbringertid i RTM

Tilbringertid er en faktor som i dag allerede eksisterer i RTM, men den er ikke veldig godt beskrevet. Det er derfor i større grad viktigere å sørge for en bedre beskrivelse av virkeligheten. Dette kan gjøres ved flere ulike steder, der de to viktigste er å sørge for bedre koding av kollektivnettet, med riktig antall holdeplasser, samt å sørge for flere sonetilknytninger slik at kollektivtrafikantene har flere og mer realistiske valg fra grunnkrets og til ønsket holdeplass. Videre vil det være nyttig å implementere samme metodikk for beregning av gangavstand som vil gjøres i en eventuell forbedring av gangturer generelt i RTM-modellen.

På lengre sikt foreslås det at modellen, slik som med gang- og sykkel turer i RTM-modellen generelt, forbedres ved å inkludere høydeforskjeller.

## 5.3 Påstigningstid

Gjennomgangen i dette prosjektet har avdekket at det er behov for mer data om hvor stor del av kollektivreisen som er knyttet til tiden benyttet til av- og påstigning på transportmiddelet. Det er grunn til å tro at det, spesielt for sentrumsruter med høyt belegg, utgjør en vesentlig del av reisen. Sanntidsinformasjon er en stor datakilde som de fleste større byer etter hvert har implementert. Dette utgjør en stor datakilde for å få riktig beskrivelse av virkeligheten, og hvordan av- og påstigningstid varierer med for eksempel volum om bord og ulike variasjoner av antall på- og avstigninger på ulike holdeplasser.

Videre finnes det lite data om sammenhengen mellom endret etterspørsel og endring i påstigningstid. En måte å omgå dette på kort sikt vil være å anta påstigningstiden har samme tidskostnad som ombordtid eller ventetid i modellen. Dette ville ikke gi nøyaktig tidsverdier, men kan fungere som en midlertidig tilnærming. På kort sikt vil den største utfordringen ligge i å avdekke om påstigningstiden i realiteten utgjør en så stor del av kollektivtrafikantenes reisekostnader at det er nødvendig å inkludere disse som egen faktor i etterspørselsmodellen i RTM. Dette kan gjøres ved dybdeanalyser av sanntidsdata fra norske byer.

### Potensial for å implementere påstigningstid i RTM

Tidsbruk for selve ombordstigningen og forsinkelser som påføres kollektivmiddelet ved stor påstigning er ikke modellert i RTM. Det finnes et verktøy i Cube Voyager (crowd modelling, se vedlegg 1) som kan benyttes i RTM som beregner forsinkelser for kollektivsystemet på grunn av trengsel. Dette kan påvirke tidskostnaden om bord på grunn av ulempen det har å måtte stå, og også ventetiden siden neste buss som ankommer kan være full uten plass til flere passasjerer. Det finnes ikke noe verktøy for å beregne forsinkelse som skyldes at mange passasjerer skal gå av eller på et kollektivreisemiddel.

Det kan utvikles en metode for å legge til ventetid på holdeplass (dwell time) som funksjon av antall påstigende og avstigende passasjerer. Det har vært forsøkt i Stratmod-prosjektet å finne en sammenheng mellom antall på- og avstigende passasjerer og forsinkelser, men per dags dato er det ikke konkludert noe i dette arbeidet.

Vår vurdering er at det bør gjøres spesifikke casetester med crowd modelling for å se om dette kan beskrive kollektivreisen bedre, men at dette vil ha mer å gjøre med å modellere forsinkelse enn påstigningstid. Videre bør det undersøkes nærmere om hvor stor del av kollektivreisen som skyldes av- og påstigningstid, og hvordan denne avhenger av ulike faktorer som for eksempel passasjerer om bord og kvaliteter ved holdeplassen. Dette vil kunne gi nyttig informasjon om hvorvidt denne faktoren er viktig nok til å inkluderes som en forklaringsfaktor i RTM.

## 6 Anbefaling for videre arbeid

Rapporten har avdekket at det er en rekke faktorer som er med på å påvirke etterspørselen etter kollektivreiser, men som ikke inkluderes i RTM i dag. Av de viktigste som ikke er inkludert i dagens modeller er blant annet:

- Forsinkelse
- Trengsel om bord
- Ståplass
- Kvalitet på kollektivsystemet («skinnefaktor»)
- Egenskaper ved holdeplassen (holdeplass-standard)

Det er flere grunner til at disse faktorene ikke er inkludert i RTM i dag. For det første er det mange av disse faktorene det ikke er tilstrekkelig med data for. Dette gjelder både beskrivende data som kan gjelde for hele RTM's modellområde, men også som estimeringsgrunnlag for etterspørselsmodellen. Videre er det blant annet også et spørsmål om kompleksitet i beregningene, både i etterspørselsmodell og nettutlegging. Ved å innføre flere faktorer i beregningene øker beregningstider og det kan bli vanskeligere å oppnå konvergens i beregningene.

**Få kollektivreiser er korte reiser.** Svært få kollektivreiser er korte, og en veldig liten andel av disse er grunnkretsinterne eller mellom nabosoner. Det betyr at fokuset for rapporten i større grad er faktorer som kan kategoriseres på grunnkrets nivå, enn hvordan en kan modellere grunnkretsinterne reiser og reiser mellom nabosoner.

**De fleste av de viktigste egenskapene for kollektivtrafikken er node- eller lenkespesifikke.** Det betyr at dersom en skal forbedre modellen vil det for mange av faktorene være mer naturlig å forbedre disse uavhengig av grunnkrets nivå. Likevel vil det for en del faktorer være mulig å bruke grunnkrets som et nivå for en første implementering i modellen, for eksempel dersom det ikke eksisterer tilstrekkelig datagrunnlag. Grunnkrets nivåer kan også brukes til validering av resultater i modellen.

Av viktige egenskaper for kollektivreiser som enten ikke er inkludert i dagens modell, eller der det er behov for forbedring, er det seks faktorer denne rapporten har sett nærmere på:

- Attraktivitetsindeks for holdeplasssegenskaper
- Attraktivitetsindeks for trengsel
- Attraktivitetsindeks for forsinkelse
- Attraktivitetsindeks for ståplassulempe
- Gangtid til holdeplass
- Påstigningstid (Forsinkelse)



**Med attraktivitetsindeks for holdeplassegenskaper** mener vi en samlefaktor som skal fange opp mange ulike mindre faktorer. På inndatasiden i modellen kan denne inkluderes som en indeks for eksempel med en skala fra 1-5, på like linje med hvordan parkeringsindeksen i tidligere versjoner er RTM. Gjennom eksempelet med holdeplass-standard har vi vist hvordan en slik indeks vil kunne utformes. Dersom en slik skal innføres i RTM bør en ta utgangspunkt i et mindre antall faktorer og heller utvide dersom en har godt nok datagrunnlag. Vår vurdering er at en attraktivitetsindeks for holdeplasser er mulig å implementere i dagens modell, men det vil kreve mye arbeid med datainnsamling og estimering før dette eventuelt kan gjøres på en god måte. Sett i forhold til andre behov for utvikling av kollektivtrafikk i RTM er vår vurdering at arbeidet med en slik attraktivitetsindeks bør prioriteres lavere enn arbeidet med forbedring av gangtid/tilbringertid og påstigningstid, og lavere enn arbeidet med generelle faktorer som forsinkelse og trengsel om bord som er beskrevet i kapittel 3.

**Attraktivitetsindeks for trengsel, forsinkelse og ståplassulempe** er tre separate faktorer som det vil være naturlig å inkludere på lenke- eller nodenivå. Eksempelet viser uansett at dette vil kunne være mulig å inkludere som en grunnkretsspesifikk egenskap dersom dette er ønskelig. Videre vurderes disse tre faktorene generelt å være de faktorene som er viktigst å få inkludert i dagens modell.

**Tilbringertiden til holdeplassen er en viktig faktor for trafikantene** og er allerede inkludert i RTM. Det er imidlertid behov for å forbedre inndataene til RTM på dette punktet. På kort sikt kan dette løses ved bedre og riktigere koding av holdeplasser, samt å øke antall tilknytningslenker fra sentroider i grunnkretser og ut til nettverket. Dette vil i seg selv trolig øke nøyaktigheten i inndataene betraktelig. På lengre sikt bør det implementeres samme metodikk for beregning av gangdistanser som gjøres i prosjektet om transportstandard for gangreiser. En ytterligere forbedring vil være å inkludere høydeforskjeller som en faktor som påvirker gangtiden.

**Påstigningstid** er den tredje faktoren som kan forbedre beskrivelsen av en kollektivreise i dagens transportmodeller. Dette er en nodespesifikk variabel, men som kan gjøres grunnkretsspesifikk ved at en aggregerer et gjennomsnitt av holdeplassnodene per grunnkrets til en variabel. På kort sikt bør det gjennomføres analyser av sanntidsdata for norske byer, for å se hvor stor del av kollektivreisen som er knyttet til oppholdstid på holdeplass, og hvordan denne oppholdstiden avhenger av faktorer som antall av- og påstigninger, volum på linjen, antall linjer som trafikkerer holdeplassen etc. Dersom dette viser seg å være en vesentlig faktor kan denne inkluderes som et eget ledd i rutebeskrivelsen, men med tidsverdien til enten ombordtid eller ventetid.

## 7 Referanser

- Anderson, R., Condry, B., Findlay, N., Brage-Ardao, R., & Li, H. (2013). *Measuring and valuing convenience and service quality. Discussion paper 2013-16*. Internation Transport Forum. OECD.
- Ellis, I. O., & Øvrum, A. (2014). *Klimaeffektiv kollektivsatsing - Trafikantenes verdsetting av tid i fem byområder*. Oslo: Urbanet Analyse.
- Ellis, I. O., Kjørstad, K. N., & Ruud, A. (2008). *Passasjerens opplevelsen av ventetid før og etter innføringen av sanntidsinformasjon. UA-notat 09/2008*. Oslo: Urbanet Analyse.
- Fearnley, N., Aarhaug, J., Flügel, S., Eliasson, J., & Madslie, A. (2014). *Etterspørseffekter av kvalitetshevinger i kollektivtransporten. TØI rapport 1408/2015*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Fearnley, N., Flügel, S., Killi, M., Leiren, M., Nossum, Å., Skollerud, K., & Aarhaug, J. (2009). *Kollektivtrafikanter verdsetting av tiltak for universell utforming*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI) & Analyse&Strategi.
- Kjørstad, K. N., Berg, M., Resell, M. B., Berglund, G., & Sæther, A.-L. (2015). *Nytt bybusstilbud i Tromsø. Raskere, oftere, enklere*. Oslo: Urbanet Analyse AS.
- Litman, T. (2015). *Transit Station Improvements*. Hentet fra TDM Encyclopedia: <http://www.vtpi.org/tdm/tdm127.htm>
- Litman, T. (2015). *Valuing transit service quality improvements. Considering comfort and convenience in transport project evaluation*. Victoria Transport Policy Institute.
- Malmin, O. K., Frøyen, Y., & Arnesen, P. (2015). *Grunnkretsinterne reiser med gange i RTM. Presentasjon fra KIT-prosjektet verksteder 13 - 14. oktober*. Oslo: SINTEF.
- Malmin, O., Arnesen, P., & Frøyen, Y. (2016). *Mer presis modellering av gåing og grunnkretsinterne reiser i RTM. SINTEF-rapport A27631*. SINTEF Teknologi og samfunn, April 2016.
- Norheim, B., & Ruud, A. (2007). *Kollektivtransport. utfordringer, muligheter og løsninger*. Oslo: Vegdirektoratet.
- Norheim, B., & Stangeby, I. (1995). *Fakta om kollektivtransport. Erfaringer og løsninger for byområder*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Olsson, C., Widell, J., & Algers, S. (2001). *Komfortens betydelse för spår- och busstrafik*. Transek. Vinnova Rapport 2001:8.



- Ruud, A., Ellis, I. O., & Norheim, B. (2010). *Bedre kollektivtransport. Trafikantenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus*. Oslo: Ruter.
- Samstad, H., Ramjerdi, F., Veisten, K., Navrud, S., Magnussen, K., Flügel, S., . . . San Martín, O. (2010). *Den norske verdsettingsstudien - Sammendragsrapport. TØI Rapport 1053/2010*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).
- Trafikverket. (2016). *ASEK 6.0: Kapittel 7 Vurdering av kortare restid og transporttid*. Trafikverket.

## Vedlegg 1

### V.1 Mer om kapasitetsbegrensninger i kollektivtrafikk i transportmodeller

I transportmodeller i Norge har det alltid vært et fokus på å modellere kapasitetsproblemer for biltrafikken riktig. For kollektivtrafikken har det alltid vært antatt at de som velger å benytte kollektive reisemiddel får en plass på ønsket avgang. I tillegg antas det at de frekvenser som finnes på ulike ruter har blitt satt for å dekke den etterspørselen som finnes. Men selv om kollektivtilbudet både i den virkelige verden og i en modellert verden har nok kapasitet til å ta unna etterspørselen har ikke modellverktøyene beregnet inn den ulempen eller ubehaget de reisende opplever når det er trangt om bord. Dette fører til at kollektivreisemidlene i modellen er potensielt for attraktive.

I RTM finnes det en resultatutskrift som beskriver for et volum/kapasitetsforhold for hver rute. Dette beregnes ved at det maksimale passasjerantallet på hver rute sammenlignes med noen svært skjematisk kapasitetstall. Ved å bruke denne utskriften kan det vurderes om det kodede kollektivtilbudet er tilstrekkelig til å ta unna etterspørselen. Dette er spesielt viktig i framtidsprognoser. Det er ingen automatikk i dette opplegget slik at det er opp til brukere av modellen å avgjøre dette.

Modelleringsverktøyet Cube Voyager som RTM er utviklet i inneholder to ulike rutiner for å beregne konsekvenser av ulike former for trengsel og kapasitetsproblemer i kollektivsystemet:

1. Trengsel om bord gir de reisende en ulempe i form av ekstra opplevd tidsbruk. Denne tidsbruken fører til at alternative ruter kan bli attraktive.
2. Fulle kollektivmiddel fører til at de reisende fra en holdeplass ikke kan gå om bord og derfor må vente en eller flere avganger. Dette fører til en økt ventetid som igjen fører til at alternative ruter kan bli attraktive.

#### V.1.1 Trengsel om bord

Når et kollektivmiddel får så mange passasjerer at det begynner å bli få eller ingen sitteplasser igjen og reisende må begynne å stå vil dette oppleves som en ulempe under reisen. Denne ulempen øker med økende trengsel. I modellverktøyet er det ikke mulig å skille på ulempe for de som allerede har sitteplass og de som må stå slik at alle de reisende får tillagt denne ulempen.

For å beregne ulempe i form av ekstra opplevd reisetid benyttes to typer inndata som ikke finnes i RTM i dag:

- Kapasitetstall for hver kollektiv rute i form av antall sitteplasser, total kapasitet (sitteplasser + ståplasser) og en faktor som sier hvor mange sitteplasser som er opptatt

før reisende begynner å stå (Load Distribution Factor). I dokumentasjonen av Cube Voyager er denne på typisk 0,9.

- Ulempekurver som gir en faktor som multipliseres med reisetiden for å beregne opplevde reisetid. Denne startet på 1,0 når 0% av ståplassene er benyttet og så kan det legges inn et antall knekkpunkt til 100% av kapasiteten. I dokumentasjonen brukes 1,9 som eksempel.

Opplevd ombordtid beregnes som funksjon av faktisk ombordtid og ulempekurven.

$$T_c = T_u \cdot CCrv_{v,c}(U)$$

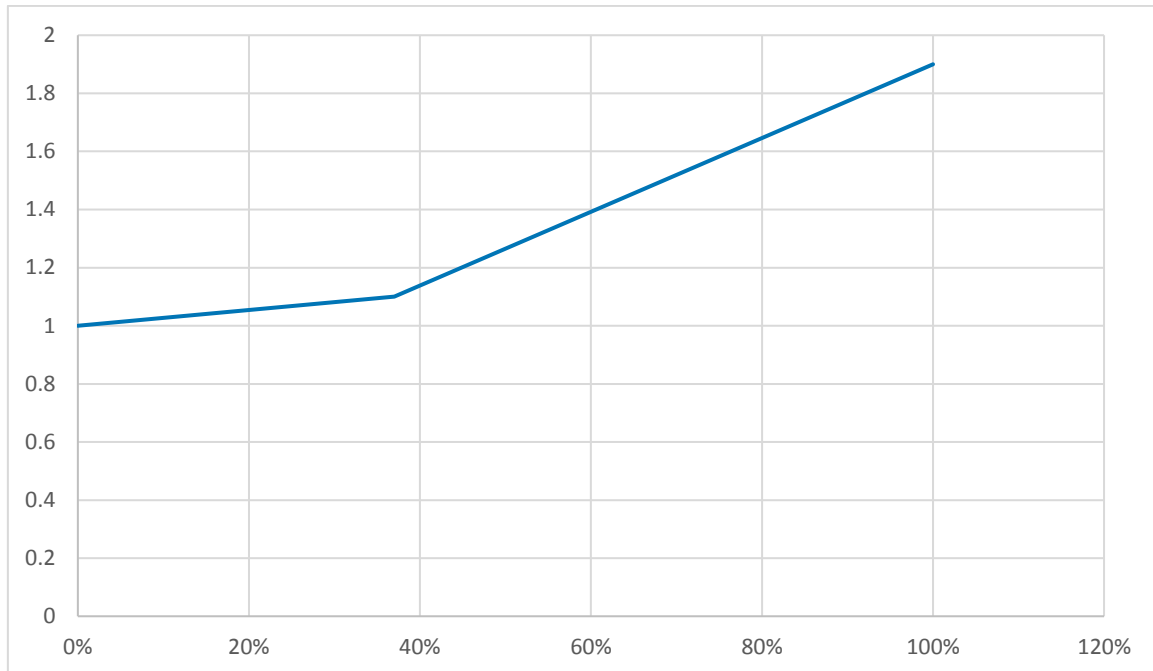
- $T_c$  : Opplevd reisetid om bord
- $T_u$  : Faktisk reisetid om bord
- $CCrv(U)$  : Trengselsfaktor som funksjon av volum og prosent belegg på ståplassene ( $U$ )

$$U = \frac{P - (LDF_v \cdot SeatCap)}{CrushCap - (LDF_v \cdot SeatCap)}$$

- $P$  : Antall passasjerer
- $LDF_v$  : Load Distribution Factor (0,9 som eksempel)
- $SeatCap$  : Antall sitteplasser
- $CrushCap$  : Total kapasitet

### Regneeksempel på reisetidsulempe

Gitt en buss med 40 sitteplasser og total kapasitet på 70. Når 90% av sitteplassene er opptatt begynner reisende å stå. De som står opplever en ulempe som vist i Figur V.1.



Figur V.1: Ulempekurve

Mellom to holdeplasser kjører bussen i 5 minutt. Antall passasjerer om bord er 55. Først beregnes ståplassbelegget:

$$U = \frac{P - (LDF_v \cdot SeatCap)}{CrushCap - (LDF_v \cdot SeatCap)} = \frac{55 - (0,9 \cdot 40)}{70 - (0,9 \cdot 40)} = \frac{55 - 36}{70 - 36} = 55,88\%$$

Fra kurven i Figur V.1 gir et ståplassbelegg på 55,88% en ulempefaktor på 1,34. Opplevd tidsbruk for alle reisende om bord mellom disse holdeplassene blir da 5 minutt \* 1,34 = 6 minutt og 42 sekund.

### Endret kollektiv rutevalg som følge av kapasiteter

Et fiktivt regneeksempel i RTM beregner kostnader mellom to soner med kollektive reisemiddel. I Cube Voyager blir mulige rutevalg kartlagt etter beste generaliserte reisetid. Hvis flere ulike ruter gir noenlunde samme generaliserte reisetid vil rutevalgene fordele seg prosentvis de like rutene.

Programmet oppsummerer et rutevalg som vist i Tabell V.1:

Tabell V.1: Rutevalg mellom to soner. Ingen kapasitetsvurdering

Gange	Om bord	Ventetid	Faktisk reisetid	Faktisk (akkumulert)	Påstigningsstraff	Opplevd reisetid	Opplevd (akkumulert)
9,29			9,29	9,29		16,72	16,72
	14	4	18	27,29	10	20	46,72
	5	1,8	6,8	34,09	10	7,7	64,42
4,76			4,76	34,09		8,57	72,99

Opplevd reisetid beregnes som faktisk reisetid multiplisert med en gangtidfaktor på 1,8 og ventetidsfaktor på 1,5. I tillegg legges det en påstigningsstraff på 10 minutt for å hindre unødvendig mange bytter i modellen. Rutevalget i denne tabellen er satt sammen av en gangtid på 9,29 minutt, ventetid på 4 minutt for en reise på 14 minutt og ny ventetid på 1,8 minutt for en reise på 5 minutt. Til slutt går det i 4,76 minutt til endelig destinasjonssted. Faktisk reisetid er 34,09 minutt og opplevd reisetid er på 72,99 minutt.

Tabell V.2 viser samme rute som over men hvor passasjerer om bord har bidradd til en ulempe for de reisende. Akkumulert opplevd reisetid har økt til 89,47 minutt, hvor den opplevde ulempen totalt er 16,48 minutt.

Tabell V.2: Rutevalg med trengselsulempe

Gange	Om bord	Ventetid	Faktisk reisetid	Faktisk (akkumulert)	Påstigningsstraff	Opplevd reisetid	Opplevd (akkumulert)	Ulempe
9,29			9,29	9,29		16,72	16,72	
	14	4	18	27,29	10	32,60	69,32	12,60
	5	1,8	6,8	34,09	10	11,58	80,9	3,88
4,76			4,76	34,09		8,57	89,47	

Siden rutevalg i Cube Voyager benytter opplevd reisetid, ble det i dette beregningseksempel tatt inn en alternativ rute, vist Tabell V.3. Denne ruten inneholder i stor grad gangtid til holdeplass, mens ulempen på grunn av trengsel er på 5,4 minutt. Begge rutene gir 89,47 minutt total opplevd reisetid.

Tabell V.3: Alternativt rutevalg med på grunn av trengselsulempe

Gange	Om bord	Ventetid	Faktisk reisetid	Faktisk (akkumulert)	Påstigningsstraff	Opplevd reisetid	Opplevd (akkumulert)	Ulempe
24,06			24,06	24,06		43,31	43,31	0
	6	7,5	13,5	37,56	10	22,65	75,96	5,40
7,5			7,5	37,56		13,5	89,47	0

Beregningen av nye ruter og forsinkelsesulempe foregår i et brukerdefinert antall iterasjoner, slik at for store modellområder blir dette en tidkrevende prosess.

### Konsekvenser for beregning av LoS-data.

Når to ruter gir lik opplevd reisetid vil beregningen av LoS-data med kollektivtrafikk mellom to soner være et gjennomsnitt mellom de to rutene. I eksemplet over vil LoS-data uten hensyn til kapasitet beregnes ut fra den ene ruten, mens med trengsel vil LoS-data beregnes som et

gjennomsnitt mellom de to alternative rutene. LoS-data blir beregnet ut fra faktisk tidsbruk og ikke opplevd tidsbruk.

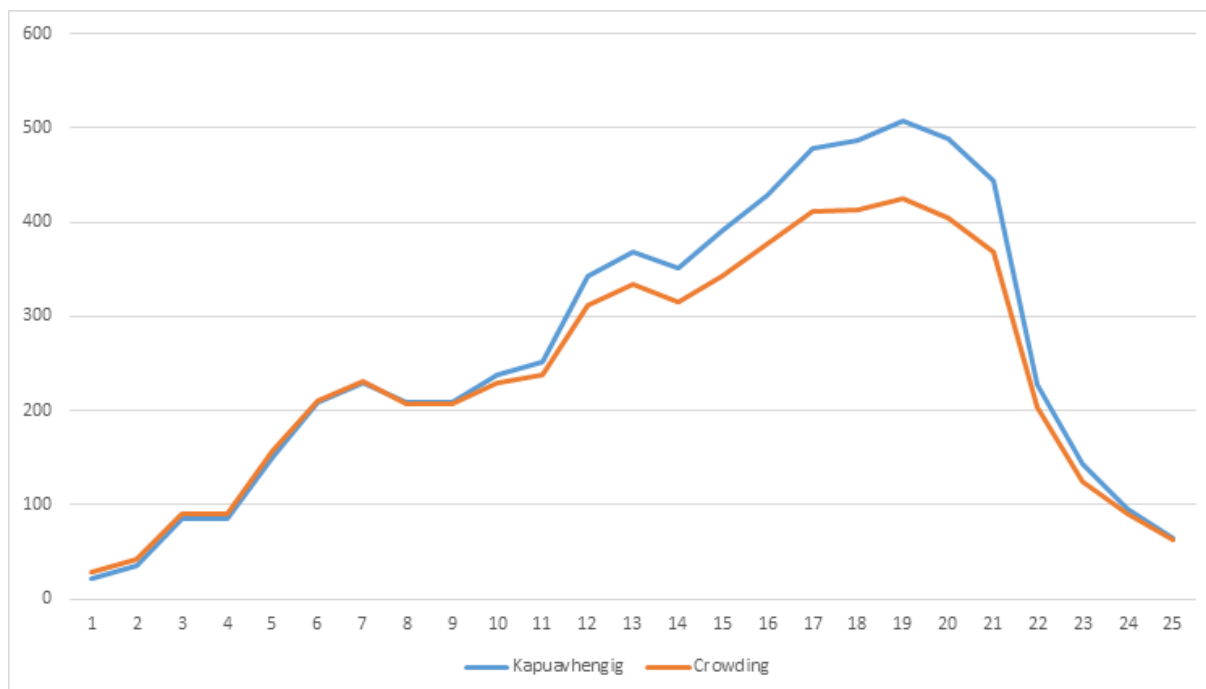
Tabell V.4 viser beregning av LoS-data for de ulike rutealternativene. Når trengsel tas hensyn til i beregningen vil i dette eksempelet reisetiden som benyttes av etterspørselsmodellen øke fra 38,85 minutt til 41,95 minutt. På denne måten vil resultater fra etterspørselsmodellen bidra til å endre reisetiden for kollektivtrafikk som i neste iterasjon av etterspørselsmodellen vil føre til at kollektiv blir litt mindre attraktivt. Samtidig vil modellen kunne beregne virkninger av å øke kollektivkapasiteten.

Tabell V.4: Beregning av LoS-data for kollektivtrafikk med og uten trengsel

Rute	Gangtid	Ventetid	Ombordtid	Total tid (uvektet)
Opprinnelig	14,05	5,8	19	38,85
Alternativ	31,56	7,5	6	45,06
Gjennomsnitt	22,805	6,65	12,5	41,95

### Påstigninger på holdeplasser

Figur V.2 viser passasjerprofilen for en rute i RTM med og uten avvisning på grunn av trengsel. Antall turer langs y-aksen er passasjerer per time. Figuren viser at det først er når antall passasjerer blir høyt at det blir avvisning, samtidig er det noen få flere passasjerer som velger å benytte denne ruten når trengsel tas med i beregningen. Årsaken til dette kan være overføring fra andre ruter til denne ruten.



Figur V.2: Passasjerprofil med og uten trengsel

### V.1.2. Trengsel på holdeplass

Når en full buss ankommer en holdeplass vil det ikke nødvendigvis være mulig å gå ombord, og noen reisende må vente på neste eller enda senere avganger. Denne tilnærmingen gir en lengre ventetid i beregningen av beste rute. Metoden er stokastisk noe som gjør bruk av denne metoden uegnet i et modellverktøy som RTM og nytte-kostnadsanalyser. I tillegg viser tester at beregnet ventetid på grunn av trengsel på holdeplass er svært følsomt. Et titalls ekstra passasjerer kan resultere i at ventetiden øker med flere titalls minutter. Slike utslag er ikke spesielt heldig i RTM.

### V.1.3. Usikkerhetsmomenter med beregning av trengsel

Beregning av ulempekostnader for de reisende om bord i et kollektivmiddel er en funksjon av passasjerbelegg og kapasiteten til kollektivmidlet. For at dette skal bli mest mulig riktig er det derfor viktig at kapasiteten kodes riktig og at turmatrisene for rushtidstimen er riktig. I RTM blir det jobbet mye med å få kapasitet på veg og timesmatriser for bilfører riktig, og dette er også resultat som er rimelig enkelt å kalibrere mot trafikkregistreringer. For kollektivtrafikken har det ikke vært vanlig i modellarbeid å kalibrere mot observasjoner siden det inntil nylig ikke fantes noe særlig med detaljert statistikk for kollektivruter.

For å motvirke usikkerhetene kan ulempekurven gjøres flatere enn vist i figur V.1, slik at kapasitetsproblemen ikke får så store konsekvenser.

### V.1.4. Implementering i RTM

Bruk av trengsel i beregning av kollektivtrafikk kan implementeres i RTM. Det kreves en del manuelt arbeid med å kode riktig kapasitet på de ulike kollektivrutene, men dette kan gjøres skjematisk ved å bruke et lite utvalg standardiserte typer vogner. Det største usikkerhetsmomentet er turmatrisene for kollektivtrafikk.

Det har ikke vært gjort noen forsøk på å kjøre en RTM-versjon med trengselseffekter i dette prosjektet.





