

Notat

Fra	Prosjektdeltaker Tobias Otterstad
Til	Prosjektleder Bente Bukholm
Kopi til	
Vedrørende	Passasjerutvekslingsrater for to-etasjestog i Oslo-navet
Saksref.	202200521-37
Dato	14.09.2023

1. Passasjerutvekslingsrater for to-etasjestog i Oslo-navet

1.1 Innledning

Dette notatet redegjør for arbeidet som er gjort i KVV Økt kapasitet i regiontog for å vurdere om tog med to etasjer forlenger oppholdstidene gjennom Oslotunnelen og reduserer totalkapasiteten i jernbanesystemet. I dette notatet analyseres stasjonene i Oslo-navet mellom Lysaker og Lillestrøm. Med spesielt hensyn til Nationaltheateret holdeplass, hvor oppholdstidene er særlig kritiske for robustheten i jernbanesystemet. I KVV-en er det utformet et konsept med to-etasjestog (K4.2), og dette konseptet danner utgangspunkt for vurderingene i dette notatet.

To-etasjestog er en samlebetegnelse for tog med to etasjer som kan nås via innvendig trapp. Hensikten med denne utformingen er å transportere flere reisende per togavgang, med samme tog lengde som en-etasjestog. Passasjerutvekslingstiden er det tidsrommet et tog bruker på stoppesteder, for å slippe av og på passasjerer. Dette er altså en delmengde av den totale oppholdstiden, som også inkluderer tid til avgangsprosedyre, døråpning og -lukking etc.

Prosjektets samfunns mål er: *Regiontogtilbudet på Østlandet er bærekraftig, attraktivt og tilbyr tilstrekkelig kapasitet til å møte forventet transportbehov.*

Derfor er konseptene i KVV-en utformet med formål om å frakte flere passasjerer på regiontogene, samtidig som komfortmålene oppnås i størst mulig grad.

En av motforestillingene mot å innføre to-etasjes tog i Norge, er antakelsen om at visse kjøretøytyper kan øke passasjerutvekslingstiden på stoppesteder med høyt passasjertall, og dermed redusere totalkapasiteten gjennom Oslotunnelen fordi de bruker lenger tid enn maksimal oppholdstid på stasjonen. Redusert totalkapasitet i Oslotunnelen vil påvirke togtrafikken på store deler av Østlandet. At to-etasjestog gir redusert kapasitet i Oslotunnelen er konklusjonen i NSBs mulighetsstudie fra 2014 (NSB, 2014) og en rapport fra The Railway Consultancy på oppdrag fra Norske tog (The Railway Consultancy Ltd, 2022). Det er særlig forlengende passasjerutvekslingstider på Nationaltheateret holdeplass som trekkes fram som problematisk. Ettersom utfordringene med to-etasjestog er godt kjent, ble det i arbeidet med KVV-en definert følgende effektmål: *Transporttilbudet skal være pålitelig.* Dette effektmålet er ment å skulle evaluere forutsetninger knyttet til denne problemstillingen, slik at dette forholdet blir hensyntatt i konseptvalget. I KVV-en måles pålitelighet i punktlighet for togene.

Dette notatet vurderer faktorer som påvirker av- og påstigningsrater generelt, samt forholdene som påvirker bruken av to-etasjestog på Østlandet. Referansekjøretøyet er regiontog type 75.

2.1 Identifiserte faktorer

Tidligere utredninger

Norske tog og Jernbanedirektoratet har gjort vurderinger av kjøretøysutforming og oppholdstider tidligere. The Railway Consultancy utformet i 2019 på vegne av Norske tog følgende krav for nærtrafikken som skal ha passasjerutveksling på Nationaltheateret (The Railway Consultancy Ltd, 2019):

- Maksimum 40 seter/dør
- Dørbredde på minst 1,3 meter
- Dørbredden bør utgjøre mellom 1/6 av 1/10 av toglengden
- Dørene må være jevnt fordelt over togets lengde
- Avstand på > 30 cm mellom døråpning og kupé på minst en side av døren (standback area)
- Avstand mellom plattform og kjøretøy skal være så liten som mulig
- Unngå trapper i kjøretøys inngangsparti
- Maksimalt 1 sete/m²
- Midtgang på minst 0,45 meter

Norske Tog anbefales å sette som et krav ved anskaffelser at 20 påstigende og 10 avstigende kan utveksles i løpet av maksimalt 35 sekunder (The Railway Consultancy Ltd, 2019).

I 2020 gjennomførte Jernbanedirektoratet et forprosjekt til KVVU der formålet var å vurdere økning av transportkapasiteten i togmateriell, og effekten av flere reisende i hver vogn. Forprosjektet inneholder en litteraturstudie og kommer med en rekke anbefalinger for utforming av kjøretøy og infrastruktur som tas med videre i oppfølgingen av dette prosjektet. Forstudien konkluderer med at målt og beregnet passasjerflyt varierer i de forskjellige studiene, så om det er avstigning eller påstigning som går raskest. For lokal- og regiontrafikk hvor de reisende har lite bagasje bør 1 person/sekund pr dør være et utgangspunkt ved beregning av tid for passasjerutveksling (Jernbanedirektoratet, 2020).

Faktorer som påvirker av og påstigningshastighet

En internasjonal metaanalyse av variabler som påvirker av- og påstigningshastighet, viser at følgende faktorer har *påvirkning på avstigningshastighet*¹. Faktorene med størst signifikans står i fet skrift (Harris, Simone, & Condry, 2022):

- **antall avstigende passasjerer**
- **horisontalavstand mellom tog og plattform**
- **antall dører per vogn**
- antall passasjer sett opp mot kapasitet i vestibylen
- prosentandel av passasjerer med bagasje
- hvorvidt plattformen er beskyttet for vær
- plattformbredde
- avstanden mellom dørene

Følgende faktorer påvirker *påstigningshastighet*². Faktorene med størst signifikans står i fet skrift (Harris, Simone, & Condry, 2022):

- **Passasjerantall i vestibylen (som verken skal av eller ombord på toget)**
- **Plattformbredde**
- **Størrelsen på vestibylen**
- Antall påstigende passasjerer
- Totalantallet påstigende og avstigende
- Prosentandel av passasjerer med bagasje
- Hvorvidt det er steg i inngangspartiet
- Antall dører per vogn

¹ Faktorene har en samlet forklaringskraft på 90%.

² Faktorene har en samlet forklaringskraft på 90%.

- Avstanden mellom dørene
- Forholdet mellom vognareal og dørbredde

Studien viser at to-etasjestog i seg selv ikke medfører lengre på/av-stigningstider. I stedet er på/av-stigningstider et produkt av egenskaper i og utenfor kjøretøyet, slik som antallet dører, størrelsen på inngangspartiet, antall av/påstigende og plattformbredde (Harris, Simone, & Condry, 2022).

Utfordringer for to-etasjestog på Østlandet

Behov for effektiv passasjerutveksling – ekstra brede dører

Hovedutfordringene ved bruk av to-etasjestog er muligheten for at to-etasjestog forlenger oppholdstidene. Problemstillingen er formulert slik i NSBs mulighetsstudie fra 2014:

På tett trafikkerte dobbeltsporstrekninger (typisk Oslotunnelen) hvor stasjonsopphold er dimensjonerende for antall tog som kan kjøres, vil effekten av to etasjer raskt kunne spises opp av at det blir plass til færre avganger. Økt stasjonsopphold gir kapasitet til færre tog og dermed i verste fall redusert totalkapasitet i korridoren (NSB, 2014).

Risikoen for at to-etasjestog forlenger oppholdstidene er også hovedargumentet i The Railway Consultancy sin rapport skrevet på oppdrag fra Norske tog (The Railway Consultancy Ltd, 2022).

Oppholdstiden på Nasjonalteateret er satt til 50 sekunder, basert på de rammene som den tekniske togfølgetiden i Oslotunnelen gir. Innenfor disse 50 sekundene skal alt som inngår i stasjonsoppholdet foregå. Noe er forholdsvis «låste» tider som er gitt av de tekniske systemene i kjøretøyet, og resten kan brukes til passasjerutveksling. Med 15-20 sekunder teknisk tid, må passasjerutvekslingen skje på 30-35 sekunder (Jernbanedirektoratet, 2020).

For å unngå at to-etasjestog øker passasjerutvekslingstidene, må kjøretøyene enten ha flere eller bredere dører. Fordelingen av passasjerer på to etasjer gjør det vanskelig å utforme kjøretøy som effektivt utnytter fordelene ved to etasjer og har et høyt antall dører. For å kompensere for færre dører må dørene på to-etasjestog være minimum 180 cm brede. Til sammenligning har type 75 dørbredde på 130 cm.

Topp hastighet på 200km/t

For å overholde dagens rutetider må kjøretøyene i alle konseptene som analyseres i KVVU-en ha minimum 200 km/t som høyeste tillatte hastighet. Det finnes to-etasjestog med dørbredde på 180 cm, men med topphastighet på 160 km/t. To-etasjestog med dørbredde på inntil 180 cm dørbredde og toppfart på 200 km/t har vært i drift tidligere, men ble tatt ut av trafikk etter flere uhell med dørene (The Railway Consultancy Ltd, 2022). Det forutsettes, i samråd med Norske tog, at topphastighet på 200 km/t og brede dører er gjennomførbart.

Arealer på plattform for påstigende og avstigende reisende

Flere passasjerer per tog forutsetter et tilsvarende større areal på plattformen der de reisende kan tas imot og spre seg ut. Dersom det blir for høy tetthet av passasjerer på plattformen, kan det føre til redusert mobilitet og følgelig økte passasjerutvekslingstider.

Treghet i passasjerutvekslingen kan også oppstå når en smal plattform bare har utganger i enden av plattformen. Reisende som går langs plattformen mot utgangen, kan bli hindret av reisende som går av eller på ved en annen dør. Denne tregheten kan igjen føre til kø foran andre dører. Dette fenomenet kan f.eks. observeres på Lillestrøm stasjon ved ankomster fra Oslo i ettermiddagsrush. Dørene nærmest trappenedgangen har flest passasjerer, og passasjerene fra disse dørene blir ofte hindret fra å forlate toget pga. trengsel på plattformen.

2. Analyse av faktorer

2.1 Togframføring i Oslostunnelen

Det er en viktig forutsetning at fremtidige kjøretøy ikke forlenger oppholdstidene utover tildelt ruteleie. Konseptet forutsetter at to-etasjestog har de samme kjøredynamiske egenskapene (akselerasjon, retardasjon og topphastighet) som kjøretøyene i referansealternativet. Dermed gjenstår egenskaper som påvirker hvor fort passasjerer kan gå av/på toget. Tabell 1 viser faktorene som påvirker oppholdstider identifisert i metaanalysen, egenskapene ved type 75 og det konseptuelle to-etasjestoget lagt til grunn for K4.2.

Tabell 1 Sammenlikning av egenskaper ved type 75 og to-etasjestog i K4.2

Faktor	Referansealternativ Type 75	Tiltaksalternativ K4.2	Konsekvens på passasjerutvekslingstid (Økning / Reduksjon)	Statistisk signifikant konsekvens
Trinnløs adgang	Oppfylt 76 cm gulvhøyde	Oppfylt 76 cm gulvhøyde	Tilsvarende	Ja
Flatt inngangsparti	Oppfylt Uten helning	Oppfylt Med helning	Økning	Ja
Areal i inngangsparti	Ca. 150% av dørbredde ved hver annen dør Forutsatt 130 cm døråpning	Ca. 150% av dørbredde ved hver annen dør Forutsatt 180 cm døråpning	Tilsvarende	Ja
Spaltbro tog-plattform	Tidsbruk for åpning/lukking av dørene er utgangspunkt	Tidsbruk for åpning/lukking av dørene er utgangspunkt	Tilsvarende	Ja
Antall dører per kjøretøy	10	8	Økning	Ja
Seter/ståplasser	(Type 75): 295/266	400/266	Økning	[ikke relevant]
Antall passasjerer per dørspor, gitt «fullt kjøretøy» (1 passasjer per 60 cm)	(Type 75): 28,05	27,75	Reduksjon	Ja
Mottakskapasitet på plattform	561 reisende per kjøretøy	666 reisende per kjøretøy	Økning	Ja
Dørutforming Åpning- og lukketid	100%	Forutsetter lik dagens	Tilsvarende	Nei

Sammenliknet med referansealternativet har to-etasjestog dårligere egenskaper innen følgende faktorer:

- Helning i inngangsparti reduserer grad av trinnfri adgang
- To-etasjestog forventes å ha færre dører
- To-etasjestog har økt ombordkapasitet og dette medfører fullere plattformer

Som tabellen viser, kan to-etasjestog utformes med innstegshøyde på 76 cm, men ombord vil arealet helle nedover mot midten av kjøretøyet. Helning i inngangspartiet vil påvirke på-/avstigningstidene.

Metaanalysen viser at arealet i inngangspartiet har stor betydning for både på-/avstigningstider. For avstigningstider påvirker også antall passasjerer som oppholder seg i inngangsområdet, men som ikke skal av toget (Harris, Simone, & Condry, 2022). Det er derfor viktig å sørge for tilstrekkelig dimensjonering av inngangspartiet for å unngå opphopning av passasjerer. Dette behovet må hensyntas i funksjonskravsdokumentet og designfasen av kjøretøyet.

Metaanalysen viser også at antallet dører per vogn, og avstanden mellom dørene, påvirker på-/avstigningstidene. Tilgangen til andre etasje foregår fra inngangsområdet på to-etasjestog. Dette gjør det vanskelig å få full utnyttelse av dører plassert på andre steder enn der trappene befinner seg. Derfor forutsetter notatet at to-etasjestoget har færre dører enn type 75.

Sammenliknet med type 75 har to-etasjestoget høyere passasjerutvekslingrater per dør, men færre dører. Dette skyldes at to-etasjestoget i K4.2 legger til grunn bredere dører enn type 75 (180 cm mot 130 cm), noe som gir plass til tre passasjerer i bredden, mot to i referansealternativet. I teorien kan bredere dører med tre dørspor (og dermed høyere passasjerutvekslingsrater per dør) oppveie økningen i antall passasjerer, og redusert antall dører. Norske tog er uenig i denne vurderingen.

Gjennomgangen viser at to-etasjestog har mange av de samme kjøretøyegenskapene som referansealternativet, men at to-etasjestog har dårligere egenskaper innen 4 av 9 faktorer. Innen en kategori har to-etasjestog marginalt bedre egenskaper enn referansealternativet. Metaanalysen viser at antallet på-/avstigende passasjerer påvirker passasjerutvekslingstiden. Kjøretøyene i konsept K4.2 har 19% høyere totalkapasitet enn type 75. Økningen må sees i sammenheng med utformingen av plattformer/stasjoner. Tabellen under viser antall kjøretøy i nullalternativet kontra K4-2 fordelt per linje.

Tabell 2 Antall kjøretøy og kjøretøytype i nullalternativet og K4.2. Linjer som slutter på «x» er ekspressavganger.
*indikerer de togene som skal kjøre gjennom Oslo-tunnelen og som betjener Nationaltheatret.

Linje	Nullalternativ			Konsept 4-2			
	RE001	R001	N06	RE001	R001	N06	Nye to-etasjes sett
RE10 (Skien/Tønsberg-Lillehammer)			20	10		6	4*
RE10x (Oslo S - Hamar/Lillehammer)	2						2
RE11 (Skien-Hamar)	16			16			
R12 (Kongsberg-Eidsvoll)		9			6	4	
R12x		3			5		
R13 (Tønsberg-Dal)		18			10		8*
R13x		1				2	
R14 (Kongsberg/Drammen-Kongsvinger)		12			12		
R14x		2			4		
RE20 (Gøteborg/Halden-Oslo S)			14	3			12
R21 (Stabekk-Moss)		14			7		8*
R21x		4			4		
R22 (Rakkestad-Oslo S)	5			5			
R22x	4			4			
R23 Ski-Oslo S		1			1		
R31/RE30 (Gjøvik/Hakadal-Oslo S)		6	3			6	3
FLY1 (Drammen-OSL)	11				15		
FLY2 (Stabekk/Oslo S-OSL)	8			9			
Sum	46	70	37	47	64	18	37
Sum inkl. reserve	51	77	41	52	70	20	41
Totalt ekskludert reserve	153			166			

Tabellen viser at to-etasjestog i konseptet vil utgjøre 25% av kjøretøysflåten i regiontogtrafikken på Østlandet fordelt på 6 av 17 linjer i referansesituasjonen. 3 av disse linjene markert med stjerne (*) kjører

gjennom Oslotunnelen, mens de tre andre terminerer på Oslo S. Basert på rutemodellen for referansealternativet vil de fire linjene med to-etasjestog medføre en trafikkbelastning i Oslotunnelen på 5 tog per retning per grunnrutetime, seks i rush. Dette utgjør 23% av trafikken i grunnrute og 25% av det totale trafikkarbeidet i rush.

Tabell 3 Avgangsfrekvens per retning for linjer som passerer Oslotunnelen som er aktuelle for to-etasjestog

	RE10	R13	R21
Frekvens i rush	1	2	2

2.1 Passasjerutvekslingstider på Nationalteateret

Tabellen under viser estimert antall av- og påstigende på avgangen med høyest antall passasjerer for hver linje, på stasjonene på begge sider av Oslotunnelen, i henhold til modellberegningen i Trenklin. Passasjermengde i nullalternativet står i parentes. Modellen beregner at det blir ca. 299 000 togreiser per virkedøgn på lokal- og regiontog på Østlandet i 2040. Det er en økning på ca. 22 prosent i nullalternativet, sammenliknet med dagens situasjon (2019). Videre fra 2040 til 2060 er det ca. 10 prosent vekst i antall turer for nullalternativet. Alle konsepter er beregnet å gi en økning i antall togreiser på mellom 0,5 prosent og 1,4 prosent utover nullalternativet.

Tabellen viser at Oslo S er stasjonen med desidert flest av- og påstigende passasjerer. Tabellen viser at det er liten differanse i passasjerer mellom nullalternativet og K4.2. Dette betyr at innføringen av to-etasjestog ifølge modellen ikke medfører vesentlig flere passasjerer. Transportmodellen viser at passasjerene på stasjoner i Oslo-navet primært går av i morgenrushet og på om ettermiddagen. Dette reflekterer at pendling i hovedsak foregår inn til Oslo.

Tabell 4 Transportmodellberegninger av avgangen med høyest antall av- og påstigende i 2060 fordelt på linjene som passerer Oslotunnelen. Passasjertall for nullalternativet i parentes.

Linje	Lysaker	Skøyen	Nationalteateret	Oslo S	Lillestrøm
RE10 (retning Drammen)	115 (99)	85 (81)	247 (271)	804 (716)	332 (294)
R13 (retning Dal)	149 (158)	116 (123)	322 (351)	720 (675)	374 (346)
R21 (retning Stabekk)	123 (120)	85 (80)	181 (176)	988 (892)	

The Railway Consultancy viser i sin rapport hvordan to-etasjestog med økte passasjerutvekslingstider kan gi redusert totalkapasitet (The Railway Consultancy Ltd, 2022). De legger til grunn følgende regnestykke, se tabell 5.

Tabell 5 På- og avstigningstider per passasjer for en og to-etasjestog (The Railway Consultancy Ltd, 2022).

	Alighting rate (pass/s)	Alighters	Boarding rate (pass/s)	Boarders	Total Movement Time (s)
<i>Single-deck rolling stock</i>					
	1.3	10	1.3	10	15
<i>Double-deck rolling stock</i>					
	1.0	15	1.0	15	30

Tabell 5 viser at passasjerutvekslingstid er en funksjon av antall av-/påstigende passasjerer og passasjerutvekslingsrate. Regnestykket legger til grunn at to-etasjestog har en av-/påstigningsrate på 1 passasjer per dør per sekund, og at tilsvarende tall er 1,3 for en-etasjestog. Tabellen legger til grunn at to-etasjestog kan ha 50% flere av- og påstigende passasjerer sammenliknet med en-etasjestog. Til sammenlikning har K4.2 19% økt passasjerkapasitet. Videre er det usikkerhet rundt effekten av dørbredde på 180cm og det fremgår ikke hvilken dørbredde som er forutsatt i tabell 5. Det er heller ikke estimert passasjerutvekslingstid for type 75. Erfaringstall fra Sydney og Paris viser at to-etasjestog kan ha en av-/påstigningsrate på 1,04-1,06 passasjerer per sekund per dør (The Railway Consultancy Ltd, 2022). Om 1 eller 1,06 legges til grunn for passasjerutvekslingstider har betydning for totalkapasiteten i jernbanesystemet. For enkeltheten skyld legges passasjerutvekslingsrater på 1.0 for to-etasjestog og 1,3 for en-etasjestog til grunn for beregningene videre. Ettersom reelle passasjerutvekslingsrater er målt med bedre verdier enn 1 passasjer per sekund må dette ansees som et konservativt estimat.

Gjennomgangen av passasjerutvekslingstider i rush viser at ingen avganger gir passasjerutvekslingstider på over 35 sekunder i rush. På den travleste avgangen på Nationaltheatret for linjen med flest passasjerer (R13) vil passasjerutvekslingstiden, gitt passasjertallene fra transportmodellen, være opptil 20 sekunder med to-etasjestog. Tilsvarende tall på samme avgang for en-etasjeskjøretøy er beregnet til 12 sekunder³. Som nevnt i kapittel 2.1 er oppholdstiden på Nationaltheatret satt til 50 sekunder. Med 15-20 sekunder teknisk tid, må passasjerutvekslingen skje på 30-35 sekunder (Jernbanedirektoratet, 2020). Beregningene viser at passasjerutvekslingstiden for K4.2 i rush er innenfor oppholdstidene.

Dersom K4.2 innføres, vil tiden brukt på passasjerutveksling på Nationaltheatret øke mellom 4,3 og 7,7 sekunder per avgang. I rushtimen med flest passasjerer kan dette utgjøre 29 sekunder sammenliknet med dagens en-etasjestog (type 74 og 75)⁴. Jmfør kapittel 2.1 er Norske Tog anbefalt å anskaffe kjøretøy med passasjerutvekslingsrater på 20 påstigende og 10 avstigende i løpet av maksimalt 35 sekunder. Slik K4.2 er utformet er konseptet innenfor de anbefalte kravene til passasjerutvekslingsrater.

Tabell 6 Estimert økning i passasjerutvekslingstider i topp rushtime, i sekunder.

Tid til passasjerutveksling Nationaltheatret	Antall avganger i timen	Passasjerutvekslingstid (i sekunder) per avgang		Estimert økt passasjerutvekslingstid per time, per linje
		Type 75	To-etasjestog	
RE10 (retning Lillehammer)	1	10,6	15,4	5
R13 (retning Dal)	2	12,4	20,1	15
R21 (retning Stabekk)	2	7,0	11,3	9

³ Utrekning på bakgrunn av transportmodellberegninger basert på passasjermengden i K4.2 på avgangen med flest passasjerer på R13 (retning Dal) i 2060.

⁴ Tallene er basert på antall avganger per time (tabell 2) og passasjerestimaterne fra tabell 3.

Beregningen forutsetter en passasjerutvekslingsrate på 1 passasjer per dør i sekundet. Dersom av-/påstigningsrate på 1,06 legges til grunn (tilsvarende erfaringstall fra Sydney) reduseres differansen i passasjerutvekslingstider mellom K4.2 og enetasjestog per time til 22 sekunder. Dette viser at av-/påstigningsraten har stor betydning for oppholdstidene totalt sett. Dersom den teoretiske av-/påstigningsraten på to-etasjestog kan økes fra 1 til nærmere 1,3, vil differansen mellom to-etasjestoget og en-etasjestog reduseres. Ulike tiltak for å øke av-/påstigningsraten må følges opp i designfasen.

Dersom beregningen legger til grunn gjennomsnittlige antallet passasjerer på 5 avganger per linje i morgenrushet, framfor avgangen per linje med flest passasjerer, reduseres forsinkelsen på Nationalteateret per time til 20 sekunder. Dette betyr at bedre fordeling av passasjerer mellom avgangene kan avbøte økningen i passasjerutvekslingstid. På alle linjene hvor to-etasjestog er foreslått innført skal togtypen kjøres i kombinasjon med R001 eller RE001. Det betyr at materiellturneringen, ved behov, kan legge opp til at rushtidsavgangene kjøres med en kombinasjon av de to togtypene. Slik at en-etasjestog med bedre passasjerutvekslingstider kan utjevne passasjerutvekslingstidene i rush.

I dagens lokal- og regiontogtrafikk gjennom Oslostunnelen kjører det i dag en rekke togsett (type 69, type 70, type 71 og type 72) med høyere passasjerutvekslingstider enn type 75. Når disse kjøretøyene erstattes av nye kjøretøy med bedre passasjerutvekslingstider frigjør dette tidsmarginer som kan benyttes av andre avganger. Bedre passasjerutvekslingstider kan også oppnås ved å fjerne klappsetene som i dag reduserer passasjerutvekslingskapasiteten på type 74 og type 75.

3.1 Arealer på plattform for påstigende og avstigende reisende

I arbeidet med KVVU-en har prosjektet vurdert om den forventede økningen i passasjermengde per kjøretøy utløser behov for stasjonstiltak. Transportanalysen viser at økningen i antall passasjerer er størst mellom dagens situasjon og nullalternativet og at veksten avtar i tiltakskonseptene. Det betyr at stasjonene må tilpasses for å møte den forventede passasjerveksten *uavhengig av hvilket konsept som besluttes* (nullalternativet eller konseptene i KVVUen).

3. Konklusjon

Metaanalysen viser at to-etasjestog i seg selv ikke medfører lengre passasjerutvekslingstider, samt at det er ulike faktorer som påvirker henholdsvis av- og påstigningshastighet. På 4 av 9 parametere med størst betydning for av- og påstigningshastighet har to-etasjestog dårligere egenskaper enn dagens regiontog. På 4 av 9 parametere er egenskapene tilsvarende som dagens regiontog og på ett parameter kan to-etasjestog utformes med marginalt bedre egenskaper.

Transportmodellene viser at passasjerer rundt Oslotunnelen primært går én retning: av i morgenrushet og på i ettermiddagsrushet. Dette betyr at faktorene som påvirker av- og påstigningshastighet ikke inntreffer samtidig. Faktorene som forlenger avstigningsrater inntreffer i morgenrushet og faktorene som forlenger påstigningsrater inntreffer i ettermiddagsrushet. Samtidig er differansen i passasjervekst mellom nullalternativet og K4.2 marginal. Dette medfører at stasjonene rundt Oslotunnelen må tilpasses en økt passasjermengde uavhengig av hvilket konsept som legges til grunn.

Konseptet for to-etasjestog er utformet med et begrenset bruk av to-etasjestog. Både i ombordkapasitet og antall kjøretøy. Konseptet legger til grunn en moderat økning i passasjerkapasitet på 19% i to-etasjestog sammenliknet med dagens regiontog. Dette gir potensial for større vestibyle for å øke av- og påstigningskapasiteten. Samtidig som den moderate økningen i antall passasjerer er håndterbart innenfor dagens rutetider. Slik konseptet er utformet skal to-etasjestog utgjøre 25% av regiontogkjøretøyene og trafikere 6/17 regiontoglinjer. Fire av disse linjene skal i referansesituasjonen trafikere Oslotunnelen 5 ganger i timen. Dette er under halvparten av totalbelastningen i Oslotunnelen per rushtidstime.

Gjennomgangen av passasjerutvekslingstider i rush viser at ingen avganger gir passasjerutvekslingstider på over 35 sekunder på Nationaltheateret. På den travleste avgangen for linjen med flest av/påstigende passasjerer (R13) vil passasjerutvekslingstiden, gitt passasjertallene fra transportmodellen, være opptil 20 sekunder med to-etasjestog. Tilsvarende tall på samme avgang for enetasjeskjøretøy er beregnet til 12 sekunder⁵. Dersom K4.2 innføres, vil tiden brukt på passasjerutveksling på Nationaltheateret øke mellom 4,3 og 7,7 sekunder per avgang i rushtimen med flest passasjerer. Dette kan utgjøre 29 sekunder per time sammenliknet med dagens enetasjestog (type 74 og 75). Slik K4.2 er utformet er konseptet innenfor de kravene til passasjerutvekslingstider som Norske tog er anbefalt å legge til grunn.

Dersom forsinkelsen beregnes på bakgrunn av 5 avganger per linje i morgenrushet, framfor avgangen med flest passasjerer per linje, reduseres forsinkelsen per time på Nationalteateret til 20 sekunder. Dette betyr at bedre fordeling av passasjerer mellom avgangene kan avbøte økningen i passasjerutvekslingstid. Alle linjene er planlagt kjørt med en kombinasjon av én og to-etasjestog (se tabell 3). Dermed er det mulig, ved behov, å justere fordelingen av kjøretøyene for å unngå at kun to-etasjestog benyttes i timene med høyest trafikkbelastning.

Notatet har lagt til grunn et estimat for passasjerutvekslingstider for typiske enetasjes og to-etasjestog. Det bør undersøkes videre om disse estimatene kan forbedres. Notatet viser at av/påstigningsrater per passasjer og per dør har stor betydning for passasjerutvekslingstidene. Kun en ekstra dør per togsett eller en kapasitetsøkning på 0,1 passasjerer i sekundet per dør gir utslag på passasjerutvekslingstiden. I første omgang må Norske tog som en del av forprosjektfasen vurdere om nye to-etasjestogsett kan utformes med bedre passasjerutvekslingstider enn 1 passasjer per sekund, som lagt til grunn i dette notatet. Videre må passasjerstrømsanalyser vurdere nærmere om stasjonene i Oslo-navet er tilpasset den estimerte passasjermengden, uavhengig av kjøretøytype.

Slik K4.2 er utformet kan Jernbanedirektoratet anbefale bruk av to-etasjestog gjennom Oslotunnelen.

⁵ Utregning på bakgrunn av transportmodellberegninger basert på passasjermengden i K4.2 på avgangen med flest passasjerer på R13 (retning Dal) i 2060.

4. Referanser

Harris, N. G., Simone, d. F., & Condry, B. (2022). A Comprehensive Analysis of Passenger Alighting and Boarding Rates. *Urban Rail Transit*, ss. <https://doi.org/10.1007/s40864-021-00161-8>.

Jernbanedirektoratet. (2020). *Økning av transportkapasitet i togmateriell - Kjøretøy og oppholdstid på stasjoner*. Jernbanedirektoratet, dokument nr.: 202000763-3.

NSB. (2014). *To-etasjers tog i Norge? - En studie av mulighetsrommet*. <https://www.norsketog.no/assets/files/To-etasjersTog-rapport.pdf>.

The Railway Consultancy Ltd. (2019). *Technical Note, Impact of Rolling Stock Dimensions on Passenger Movement*. <https://www.norsketog.no/assets/files/NT-Tech-Note-Rolling-stock-assessment.pdf>.

The Railway Consultancy Ltd. (2022). *Options for Metropolitan Area Railway Rolling Stock*.