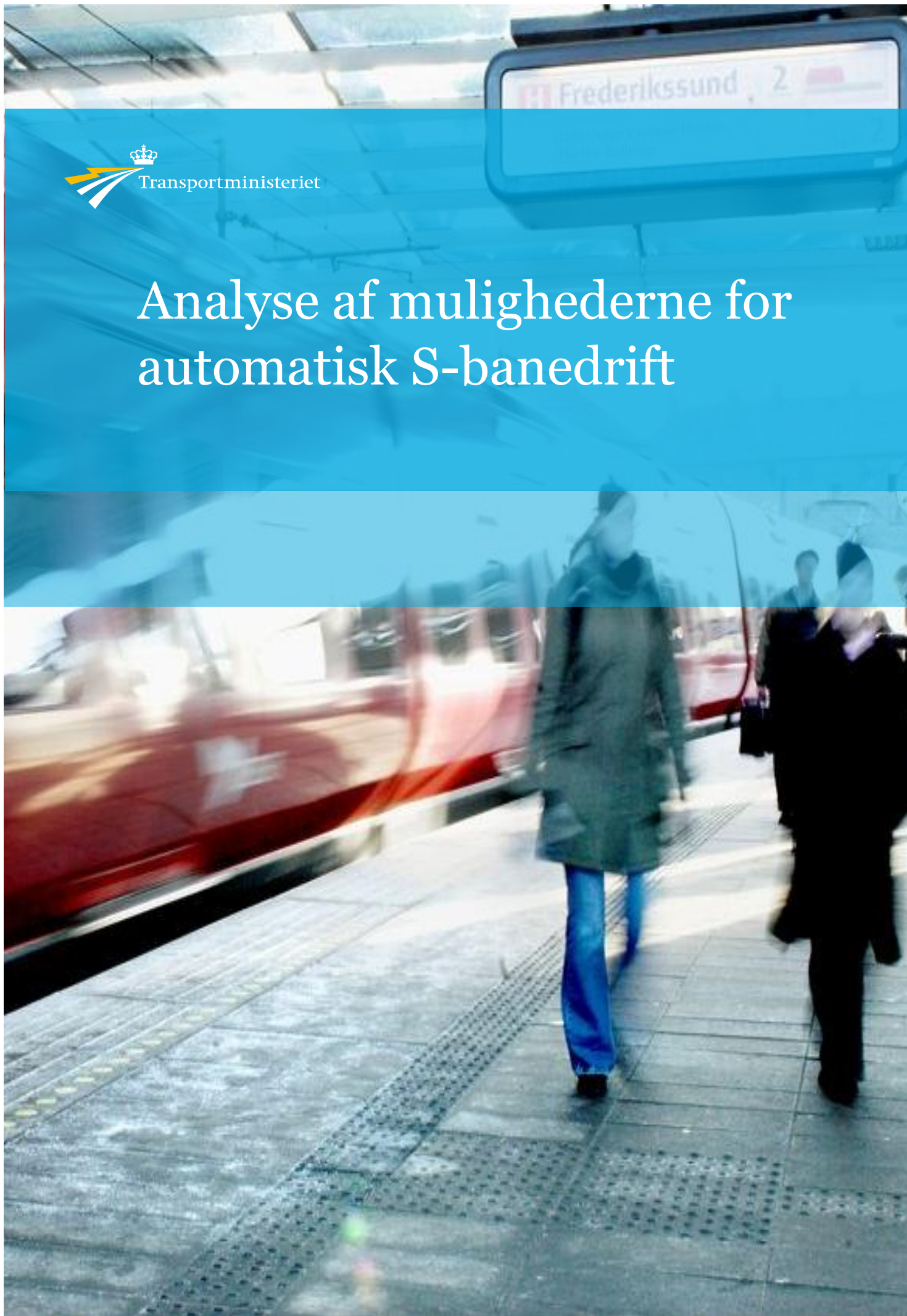


Analyse af mulighederne for automatisk S-banedrift



Indhold

1. Sammenfatning.....	5
2. Indledning.....	8
2.1. Baggrund og formål	8
2.2. Udvikling og tendenser.....	10
2.3. Metode og analysens opbygning.....	11
2.4. Forudsætninger for OTM-trafikmodelberegningerne	11
2.5. Øvrige forudsætninger.....	12
3. Beskrivelse af scenarier.....	15
3.1. Basis 2025.....	16
3.2. Klassisk med Signalprogram (scenarie 0)	17
3.3. Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1)	18
3.4. Klassisk med parvis sammenbinding på fingrene (scenarie 2)	19
3.5. Metro-style (scenarie 3).....	21
3.6. Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingren (scenarie 4)	23
3.7. Metro-style med shuttle tog på Høje Taastrup-fingren (scenarie 5)	25
3.8. Metro-style med maksimal kapacitetsudnyttelse på fingrene (scenarie 6)	27
3.9. Nøgletal.....	29
4. Business case for valgte scenarier	33
4.1. Klassisk med udvidet køreplan (scenarie 1)	35
4.2. Metro-style (scenarie 3).....	35
4.3. Udvidet metro-style med shuttle på Frederikssunds-fingren (Scenarie 4).....	36
4.4. Investeringer i materiel og infrastruktur ved UTO.....	36
5. Mulig udrulningsplan	42
5.1. Indfasning af førerløst materiel og udrangering af nuværende S-togsflåde	44
5.2. Alternativ udrulningsplan	46
6. Det videre arbejde	47
6.1. Depot- og værkstedsstruktur	47
6.2. Detekteringssystem vs. perrondøre	47
6.3. Meromkostninger ved rullende materiel.....	49
6.4. Strækningshastigheder på S-banen.....	50
6.5. Øvrige forhold.....	50
7. Appendiks	52
7.1. Forudsætninger for OTM-beregningerne.....	52

Analyse af mulighederne for automatisk S-banedrift

Udgivet af: Transportministeriet
Frederiksholms Kanal 27F
1220 København K

Udarbejdet af: Transportministeriet
ISBN: 978-87-91511-69-1
Forsidefoto Ulrik Jantzen

1. Sammenfatning

Hvis den kollektive trafik i hovedstadsområdet i fremtiden skal kunne håndtere væsentligt flere passagerer, er der behov for at se på udviklingsmulighederne. Metro-, letbane- og jernbaneudbygninger er store skridt i denne udvikling, men der er ligeledes behov for at se på den eksisterende infrastruktur – herunder på S-banen.

Med Signalprogrammet, der ventes gennemført på S-banen i 2018, etableres et styresystem, der muliggør en senere overgang til automatisk drift, som det kendes fra Københavns Metro. For at overgå til automatisk drift skal Signalprogrammet dog opgraderes og videreudvikles.

En automatisering af S-banen med førerløs betjening vil gøre det muligt at forbedre S-togsbetjeningen for passagererne markant. Den væsentligste gevinst ved en overgang til førerløs betjening består i, at man kan tilbyde passagererne en højere frekvens og samtidig forbedre driftsøkonomien for S-togene. Populært sagt vil man kunne køre med to små S-tog i stedet for et langt. Frekvensen fordobles dermed, men omkostningerne øges ikke tilsvarende, da togene er førerløse.

Den store driftsudvidelse vil betyde, at S-toget bliver et mere attraktivt alternativ, som flere rejsende vil benytte sig af og dermed betale billetindtægter til. Beregninger foretaget på OTM-trafikmodellen viser, at en køreplan med rendyrket metro-style drift vil medføre en stigning i antal rejser på S-banen på 31,1 pct. og en stigning i antal rejser i den kollektive trafik i hovedstadsområdet på 4,5 pct. per hverdagsdøgn. Det svarer til mere end 50.000 flere rejser i den kollektive trafik i hovedstadsområdet per hverdagsdøgn. Der er i beregningen taget udgangspunkt i en fremskrivning, der viser, hvordan hovedstadsområdet kan se ud i 2025.

Metro-style drift er karakteriseret ved en højfrekvent drift med et ensartet standsningsmønster. For passagererne vil metro-style drift på S-banen betyde flere afgang og dermed kortere ventetider. En køreplan med metro-style drift på S-banen kan øge produktionen målt i togkilometer med 74 pct. i forhold til den nuværende køreplan.

Herudover forventes automatisering af S-banen at medføre fordele for passagererne i form større tryghed og bedre kundeinformation som følge af øget tilstedeværelse af personale i togene fremfor i førerkabinen. Desuden bliver driften mindre afhængig af personale, hvilket kan have en positiv betydning for rettigheden. Dertil kommer, at automatisering alt andet lige vil mindske overbelægningen af S-togene, hvilket vil betyde mere plads til passagererne.

Den forbedrede S-togsbetjening med ovennævnte eksempel med metro-style drift vil eksempelvis medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Ny Ellebjerg, falder med 45 sekunder i

forhold til en fremskrivning af dagens køreplan. Ventetiden på Ny Ellebjerg station falder desuden med 1 minut og 15 sekunder, hvilket betyder, at den samlede gennemsnitlige rejsetid reduceres med i alt 2 minutter på den korte strækning fra Ny Ellebjerg til København H.

Sammenlignet med den nuværende køreplan for S-banen, med uændret bemanning og omkostningsniveau, viser beregningerne, at metro-style drift på S-banen vil øge passagerindtægterne med godt 30 procent, mens driftsudgifterne vil stige med knap 15 procent. Samlet set vil driftsøkonomien for DSB blive forbedret med 318 mio. kr. årligt under de givne forudsætninger med en uændret kontraktbetaling fra staten til DSB.

Overgangen til automatisk drift med førerløs betjening vil kræve investeringer i infrastrukturanlæg, stationer og nyt førerløst materiel. I forhold til en fremskrivning af dagens drift kræves yderligere ca. 1,9 mia. kr. til materiel og 2,4 mia. kr. til teknik, stationer, infrastruktur og kørestrøm. Dvs. en samlet merinvestering på 4,3 mia. kr. i forhold til en fremskrivning af dagens drift.

Med en rente på 4 pct. vil den driftsøkonomiske gevinst på 318 mio. kr. kunne forrente den forventede investering på 4,3 mia. kr. over 19 år. Da førerløst materiel har en forventet levetid på 25-30 år, og de nødvendige anlæg har en levetid på mellem 15 og 50 år, illustrerer denne udregning, at de driftsøkonomiske gevinster uden problemer vil kunne finansiere de nødvendige investeringer forbundet med projektet. Der er med andre ord formentlig tale om et unikt omkostningsneutralt projekt, som vil give en passagervækst i S-togene på omkring 30 %.

En forudsætning for de økonomiske beregninger er, at de nuværende S-tog udskiftes i takt med, at deres forudsatte levetid udløber. Ovennævnte 1,9 mia. kr. er således ekstra omkostninger i forhold til at reinvestere i det eksisterende materiel. Det vurderes hensigtsmæssigt at udrulle projektet i etaper med en gradvis overgang til førerløs betjening og en gradvis implementering af en højfrekvent køreplan. Dette indebærer, at der i en periode køres med blandet nyt og gammelt materiel. Førerløs drift ville kunne introduceres i 2026 på Ringbanen og gradvist udvides til alle fingre frem til 2031, hvorefter frekvensen gradvist vil kunne øges frem til 2035 i takt med anskaffelsen af nyt førerløst materiel.

Med en forceret tidsplan vil automatisk drift kunne introduceres på Ringbanen allerede i 2021, da det vurderes at tage ca. 7 år at specificere, udbyde og anskaffe nyt rullende materiel. Herefter vil de frigjorte S-tog fra Ringbanen kunne overføres til den øvrige S-bane og eventuelt bruges til opformering af kritiske tog i myldretiden eller til at øge frekvensen på en udvalgt linje, hvis der sker en tilstrækkelig efterspørgselsstigning. Dette alternativ er dog ikke undersøgt nærmere i denne screening, da det som nævnt umiddelbart vurderes hensigtsmæssigt at udrulle projektet i takt med, at det nuværende materiels forudsatte levetid udløber.

Da denne analyse er på screeningsniveau, er der arbejdet ud fra en række antagelser, hvor alle forhold ikke er undersøgt til bunds. Der vil blandt andet i en evt. næste fase skulle ses nærmere på forhold omkring detekteringsystemer,

omkostninger ved anskaffelse af førerløse togsæt, mulighederne for automatisk op- og nedformering af tog samt en række organisatoriske og , personalemæssige forhold.

I forlængelse af denne screening vil næste skridt således kunne deles op i to søjler, hvor den ene består i nærmere at undersøge de ”hardware-mæssige” forhold, og den anden søjle vedrører de organisatoriske forhold. Herefter vil der kunne udarbejdes et beslutningsgrundlag, som blandt andet indeholder en konkret udrulningsplan.

2. Indledning

2.1. Baggrund og formål

København og de omkringliggende kommuner vokser. Hvis den kollektive trafik i hovedstadsområdet i fremtiden skal kunne håndtere væsentligt flere passagerer er der behov for at se på udviklingsmulighederne, herunder mulighederne for at optimere togtrafikken på den eksisterende baneinfrastruktur.

En optimering af togtrafikken vil desuden bidrage til et endnu bedre produkt for eksisterende passager og gøre den kollektive trafik mere attraktiv for potentielle passagerer.

Konsulentvirksomheden Parsons udførte i 2010 en overordnet screening af perspektiverne i omlægning af driften på S-banen til automatisk drift. Screeningen viste, at automatisering gør togdriften mere fleksibel afhængig af, hvilken grad af automatisk drift der anvendes. Denne øgede fleksibilitet skyldes, at togene kan vende hurtigere og bliver mindre afhængige af personelforhold. Det kan således blive mere rentabelt at køre hyppigere tog på strækninger og tidspunkter med mindre trafik. Herved kan betjeningen gøres mere metroagtig og letforståelig.

Når Signalprogrammet, som er en totaludskiftning af det danske signalanlæg, er gennemført, vil driften af S-banen kunne afvikles som automatisk drift med fører i førerrummet. Denne form for drift kaldes Semi-automatic Train Operation (STO). Den betyder, at kørslen af et tog er automatiseret, men at en lokomotivfører forbliver i kabinen til bl.a. at igangsætte toget, kontrollere døre og håndtere evt. nødsituationer.

Gennemførelsen af Signalprogrammet indeholder endvidere forberedelser til senere overgang til førerløs kørsel. Førerløs kørsel, det vil sige uden fast personale i togene som i Københavns Metro, kaldes Unattended Train Operation (UTO). Dette indebærer, at ingen funktioner i tog eller på perroner under normal drift kræver direkte personalemedvirken, men at servicepersonale, på metroen kaldet ”stewarder”, kan ”doseres” ud over tog og stationer, alene ud fra hensyn til passagertryghed, mulighed for hurtig indgriben ved driftsuregelmæssigheder og hensyn til tilstrækkelig kontrol af billetter.

De forberedelser der er lavet i Signalprogrammet til UTO relaterer sig bl.a. til driftskonceptet og forskellige former for grænseflader (interfaces) vedr. UTO. Det vil sige de programmæssige rammer hvorunder UTO kan udvikles. Grænsefladerne drejer sig bl.a. om UTO tog og UTO-funktioner i forhold til automatisk afgang og ankomst, passager alarmhåndtering, perronafgang mv. Nedenstående tabel giver et overblik over elementer, der er inkluderet i Signalprogrammet, og elementer, der ikke er inkluderet.

Tabel 2.1 | Forberedelser i Signalprogrammet i forhold til UTO-drift

Inkluderet i Signalprogrammet*	Ikke inkluderet i Signalprogrammet
<p>FÆLLES</p> <ul style="list-style-type: none"> • UTO-driftskoncept elementer • UTO-funktioner, herunder håndtering i kontrolcenter af automatisk afgang og ankomst, passagerinformation, ITV, nødstop, nødopkald, div. alarmer og diagnosedata mv. • Beslutningsstøtteværktøjer til køreplansændringer, der udføres som "fireandforget", dvs. at ændringerne overføres direkte til togenes styreenheder <p>TOG</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grænseflade til UTO-tog, herunder passagerinformation, ITV, nødstop, nødopkald, div. alarmer, diagnosedata mv. <p>INFRASTRUKTUREN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementer af grænseflade til UTO-stationer, herunder passagerinformation, perronkantsikkerhed, ITV, nødstop, nødopkald, div. alarmer mv. 	<p>TOG</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opgradering af togdøre til UTO-niveau • Opgradering af passagerinformation til UTO-niveau • ITV, nødstop, nødopkald, div. alarmer mv. overført direkte til kontrolcenter • Automatisk nødstop af tog ved afsporing eller påkørsel af genstande i spor • Overførsel af diagnosedata direkte til kontrolcenter <p>INFRASTRUKTUREN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perronkantsikkerhed i form af detektorsystemer eller perrondøre • Opgradering af passagerinformation til UTO-niveau • ITV, nødstop, nødopkald, div. alarmer mv. overført direkte til kontrolcenter • Hegning af strækninger og stationer samt ekstra afskærmning på broer

*Listen vedrører primært Signalprogrammet, men også enkelte andre projekter i Banedanmark.

De vigtigste investeringer der er nødvendige for overgang til UTO-kørsel udover Signalprogrammet er bl.a. opgradering af togdøre, nødopkaldsmuligheder direkte til kontrolcentret fra såvel tog som perroner, perronkantsikkerhed i form af enten detektorsystemer eller perrondøre, automatisk nødstop af tog ved afsporing eller påkørsel af genstande i spor samt hegning af strækninger og stationer samt ekstra afskærmning på broer.

I forlængelse af ovenstående er formålet med denne analyse at følge op på Parsons' screening og undersøge en række forhold nærmere, herunder driftsøkonomiske effekter og fordele ved overgang til automatisk S-banedrift.

Analysen er udarbejdet af Transportministeriet. Derudover har DSB, Metroselskabet og eksterne konsulenter bidraget med tekniske vurderinger og beregninger.

2.2. Udvikling og tendenser

I de seneste år er der globalt set sket en stor vækst i anvendelsen af automatiserede metrosystemer. Denne udvikling forventes at fortsætte i de kommende år. Signalsystemet CBTC (Communications-Based Train Control) er udgangspunktet for førerløs drift.

Førerløse systemer i lukkede områder som lufthavne kendes allerede fra 1960'erne. Den første førerløse linje i bytrafik blev etableret i Japan i 1981. I Europa fik vi den første førerløse linje i bytrafik i Lille i 1983. Disse to linjer og de øvrige tidlige systemer i bytrafik tilhørte gruppen af lettere metrosystemer, som også Københavns Metro må henregnes til.

Siden etableringen af den nye førerløse metrolinje 14 i Paris i 1998, har det imidlertid været klart, at fordelene, der kan opnås ved førerløs drift, også kan opnås på tungere metrosystemer.

Men udviklingen er ikke stoppet her. Nürnberg kom først med omstilling af en eksisterende metrolinje til førerløs drift, og der er netop gennemført en omstilling af Paris' hårdest belastede "gamle" metrolinje 1 til førerløs drift. I Paris er man nu gået i gang med omstillingen af den næste "gamle" metrolinje. I Norden er Helsinki langt med omstillingen af den eksisterende metro til førerløs drift, og i Stockholm arbejdes der med planer for førerløs drift på Rød linje i Tunnelbanen.

Andre kendte planer for omstilling til førerløs drift gælder bl.a. London Underground og Metroen i Bruxelles.

London Underground er, på trods af navnet, 55 % over jorden, og der køres fra centrum og langt ud i forstæderne i et åbent terræn, som minder om det terræn S-banenettet er anlagt i. Det er således ikke kun i mindre og nye underjordiske anlæg, at der er planer om at etablere førerløs drift.

I London er der desuden den automatiserede Docklands Light Railway, der i omfang minder meget om Københavns Metro efter udvidelserne. Docklands Light Railway kører primært i et åbent terræn som S-banen.

I dag eksisterer der 48 automatiske linjer fordelt på 32 byer verden over. Der er ca. en ligelig fordeling i anvendelsen af undergrunds- og overgrunds-linjer. Generelt er mellemstore tog med plads til 300-700 passagerer den mest udbredte løsning. I byer, der befolknings- og arealmæssigt vokser, er automatisering en attraktiv løsning, da det giver bedre udnyttelse af kapaciteten.

Det har flere steder vist sig, at en gradvis overgang til førerløs drift er at foretrække, da man således bedre kan håndtere de tekniske og personalemæssige omstillinger, der er forbundet med automatisering.

Øvrige erfaringer fra automatiserede linjer er, at der efter indførelsen sker en markant forbedring af regulariteten, ligesom der generelt er stor kunde-

tilfredshed med automatiserede linjer. Erfaringerne fra Frankrig viser, at der er større tilfredshed med automatiserede linjer end med de øvrige linjer i Frankrig.

2.3. Metode og analysens opbygning

For at belyse passagertal, drift, indtægter og omkostninger, er der som et første skridt udarbejdet en række (princip)køreplaner/scenarier. Scenarierne indeholder bl.a. de forskellige betjeningskoncepter klassisk køreplan og metro-style, hvor der stoppes på alle stationer og ikke er nogen publikums-køreplan.

For sammenligningens skyld er der valgt scenarier der viser yderlighederne.

Scenarierne er valgt ud fra overordnet screening af hovedposter i økonomien, og hvad der umiddelbart kan tiltrække flest passagerer. Ved denne udvælgelse har mange modeller og kombinationer været i spil.

På baggrund af de valgte (princip)køreplaner/scenarier er der i OTM-trafikmodellen lavet beregninger, der viser, hvilke koncepter der maksimerer passagertal. Passagertallene er herefter omregnet til billetindtægter og sammenholdt med driftsomkostninger og investeringer.

Herefter er der udarbejdet en udvidet business-case for tre udvalgte scenarier, der tilsammen repræsenterer forskellige koncepter.

Afslutningsvis peges der på forslag til udrulningsplaner.

2.4. Forudsætninger for OTM-trafikmodelberegningerne

Beregningerne i OTM er udarbejdet på baggrund af en række forudsætninger om byudvikling, udvikling i antal indbyggere, antal arbejdspladser, antal studiepladser, infrastruktur, bilejerskab, transportomkostninger med mere. Forudsætningerne er et bud på, hvordan hovedstadsområdet kan se ud i år 2025.

Modellen dækker geografisk det tidligere hovedstadsområde, hvilket er København og Frederiksberg kommuner samt de tidligere Københavns, Frederiksberg og Roskilde amter.

Forudsætningerne i Basisscenariet (Basis 2025) svarer på nær to ændringer til beregning gennemført i forbindelse med Transportministeriets rapport ”Ny Ellebjerg og Glostrup som trafikknudepunkter - Sammenhængende kollektivt trafiknet”, som offentliggøres parallelt med denne rapport.

En samlet beskrivelse af forudsætningerne, herunder inkluderede infrastrukturprojekter, kan findes i appendiks 1.

Ændringerne vedrører for det første etablering af nye hospitaler ved Hille-rød og Køge. For det andet opdateres forudsætninger for S-tog med ud-

gangspunkt i den eksisterende køreplan plus nye standsninger ved Hillerød Syd og Køge Nord. I basisscenariet er allerede vedtagne forbedringer af infrastrukturen samt kapacitetsudvidelse på Glostrup station og på Øresundsbanen ved Københavns Lufthavn, Kastrup, regnet med.

2.5. Øvrige forudsætninger

Overgang til automatisk drift muliggøres af Signalprogrammet. Signalprogrammet giver mulighed for at køre med en togfølge på 90 sekunder i det centrale afsnit, hvilket svarer til max 40 tog pr. time pr. retning. Dette er en stigning fra dagens situation, hvor togfølgen teknisk set ligger lige under 100 sekunder, hvilket svarer til max 37 tog pr. time. I praksis er togfølgen dog sat til 120 sekunder, hvilket svarer til max 30 tog pr. time.

Med en mulig togfølge på 90 sekunder kan der køres 13 tog pr. 20. minut i det centrale afsnit. Det giver mulighed for at køre 4 tog pr. 20. minut på alle fingre og dermed tilbyde en let kommunikerbar køreplan med 5 minutters drift i myldretiderne og fx 10-20 minutters drift uden for myldretiderne.

Hvis togene vendes før eller umiddelbart inden det centrale afsnit, vil kapaciteten på fingrene kunne udnyttes yderligere. Der kan evt. suppleres med én yderligere linje så to sammenhængende fingre kan opnå 4 minutters drift. Minimum togfølge på fingrene bliver 2 minutter. Dette giver i princippet mulighed for op til 30 tog pr. time i hver retning. Undtaget herfra er strækningen mellem Hareskov og Farum, hvor togfølgen bliver 3 minutter.

Automatisk S-banedrift giver mulighed for at reducere i det nuværende køretidstillæg, da der ved automatisk kørsel opnås en helt ensartet kørsel. Det er elimineringen af de individuelle forskelle mellem de enkelte lokoføreres kørselsmåde, der muliggør en reduktion af køretidstillægget, der bl.a. skal opfange disse forskelle. Overgangen til metro-style drift med et helt ensartet standsningsmønster for alle tog muliggør en yderligere reduktion af køretidstillægget. Endelig er der i det hele taget ikke behov for en køreplan i et højfrekvent system. At der ikke er en offentliggjort køreplan med faste minuttal, der skal følges, giver nogle frihedsgrader og medfører endnu en mulighed for reduktion af køretidstillægget.

Effekten af ovennævnte faktorer kan være vanskelige at beregne. I dag lægges der som udgangspunkt 12 % til køretiden på fingrene og 8 % i det centrale afsnit. Københavns Metro lægger 1-2 % til køretiden. Der er anvendt en metode til at fastlægge køretider på jernbanen i planlægningsprojekter, der er udarbejdet af Banedanmark, DSB og Trafikstyrelsen til at fastlægge det rette niveau for køretidstillæg. Metoden er gengivet i boksen.

Boks 2.1 | Køretidstillæg på jernbanen i planlægningsprojekter

Metode til beregning af køretidstillæg

For togsæt med en tophastighed på højst 140 km/t består køretidstillægget af 1 minut pr. 100 km plus 3% af den "rå" minimumskøretid. Den sidste justeres efterfølgende med en tillægsfaktor i forhold til om der køres

med homogen eller kompleks drift samt kapacitetsudnyttelsen. Strækningsslængderne på S-banen varierer mellem 13,3 km og 41,8 km.

Da der i tjenestekøreplanen (TKS) som minimum regnes i halve minutter tillægges som udgangspunkt et ½ minut til alle strækninger. Hertil lægges den korrigerede procentdel af den ”rå” køretid. Ved høj kapacitetsudnyttelse bliver køretidstillægget på S-banen ved homogen drift herved ½ minut + 4,5 % af den ”rå” køretid og et ½ minut+ 6 % af den ”rå” køretid ved kompleks drift.

Ved at reducere køretidstillægget kan rejsetiden fra endestationerne til København H reduceres betydeligt. Tabellen herunder viser køretiderne i minutter fra endestationerne til København H ved for henholdsvis gennemkørende tog (kompleks drift) og tog der stopper på alle stationer (homogen drift) sammenlignet med de nuværende køretider i S13.

Det fremgår af tabellen, at tiderne i klassisk køreplan generelt set er lavere end ”Metro-style”. Det skyldes det ensartede standsningsmønster med stop på alle stationer. Ved kørsel til endestationerne vil de gennemgående tog være hurtigere, men for mange andre destinationer vil Metro-style være et bedre alternativ.

Tabel 2.2 | Køretid mellem København H og vendestationer.

Station	Klassisk køreplan		Metro-style	
	S13	Automatisering	S13	Automatisering
Køge	38½	36½	43	41½
Hundige	19½	19½	24	23½
Høje Taastrup	22½	21½	25½	23½
Frederikssund	43	40	48	47
Ballerup	22½	22	26½	26½
Farum	33½	33	36	33½
Hillerød ¹	39½	34	42½	38½
Holte	23	19½	27½	24
Klampenborg	-	-	20½	18½

1) Indregnet effekt af opgradering til 120 km/t ifm. signalprogrammet.

På Nordbanen fra København til Hillerød sker en yderligere reduktion grundet sideløbende forøgelse af stækningshastigheden. Der antages uændrede strækningshastigheder på de øvrige baner. Nyt materiel forudsættes at have samme køreegenskaber mht. acceleration og tophastighed, som det nuværende, da det ligger på det gængse niveau for metro- og S-togs-materiel.

I en køreplan med metro-style drift, hvor alle tog er stoptog, vil køretiden til Køge og Hillerød, som i S13 kun betjenes af gennemkørende tog, forlænges med 3 minutter til Køge, mens den reduceres med 1 minutter til Hillerød grundet hastighedsopgraderingen af strækningen i forbindelse med Signalprogrammet.

I forhold til S13 er de beregnede køretider til Køge yderligere tillagt henholdsvis 2 gange 1 minutter, som følge af de nye stop ved henholdsvis den nye station Køge Nord og på Vallensbæk station af hensyn til den kommende Letbane. Der er ligeledes lagt 1 minut til køretiden på Hillerød strækningen, som følge af stop ved den nye station Hillerød Syd.

Arbejdet med køreplanerne med hensyn til linjestruktur, køreplanskoncept, betjening af stationer og frekvens er foretaget på et strategisk niveau. De opstillede køreplaner og køretidsberegninger er derfor udtryk for en ideel afvikling af trafikken. Beregningen af køretider er baseret på:

- standsningsmønstre opstillet i Railsys
- minimale køretidstillæg, der er baseret på effektiv drift
- beregninger foretaget uden Køge Nord og Hillerød Syd. De stationer er efterfølgende lagt ind ved forholdsregning og et antaget tidsforbrug til nedbremsning, passagerudveksling og acceleration på i alt 1 minut.
- forventede hastigheder når signalprogrammet er implementeret

Derudover er der taget udgangspunkt i kravene til det nye signalanlæg i forhold til drift i det centrale afsnit (40 tog pr. time) og en vendetid på 2 minutter.

Der er således i et vist omfang tale om hypotetiske køreplaner der efterfølgende er arbejdet videre med for at afdække behov for infrastrukturændringer før en eventuel implementering.

3. Beskrivelse af scenarier

I det følgende beskrives de valgte scenariers køreplaner og betjeningskoncepter, som ligger til grund for beregningerne af de passagermæssige og økonomiske nøgletal. Alle scenarierne ville principielt kunne gennemføres med og uden fører, men omkostningerne ville være forskellige. Der er taget udgangspunkt i en situation, hvor alle scenarier er med førerløs drift.

Scenarierne kan opdeles i tre kategorier:

- De klassiske scenarier (0, 1 og 2)
- Det rendyrkede metro-style-scenarie (3)
- De udvidede metro-style-scenarier (4, 5 og 6)

Nedenfor gives en oversigt over de 7 scenariers frekvens på fingrene og i det centrale afsnit i myldretiden.

Tabel 3.1 | Frekvens pr. strækning i spidstimen

Tog pr. time	Strækning	Betjenings-princip	Scenarie							
			Basis 2025	0 - Klassisk, Signalprogram	1 - Klassisk, udvidet kørselsomfang	2 - Klassisk, parvis fingersammenbinding	3 - Metro-style	4 - Metro-style, shuttle Frederikssund	5 - Metro-style, shuttle Høje Taastrup	6 - Metro-style, maks. kapacitetsudnyttelse
Klampenborg - København	Hurtigtog		-	-	-	6	-	-	-	-
	Stoptog		6	6	7	6	12	12	6	-
	I alt		6	6	7	12	12	12	6	-
Hillerød - København	Hurtigtog		6	6	8	7	-	-	-	-
	Stoptog		6 ¹	6 ¹	7 ¹	8	15	15	18 ⁸	15 ¹¹
	I alt		12	12	15	15	15	15	18	15
Farum - København	Hurtigtog		3 ²	3 ²	5	6	-	-	-	-
	Stoptog		6	6	7	6	12	12	12	15 ¹²
	I alt		9	9	12	12	12	12	12	15
Frederikssund - København	Hurtigtog		3	3	5	6	-	-	-	-
	Stoptog		6 ⁴	6 ⁴	7	6	12	24 ⁷	18 ⁹	15 ¹³
	I alt		9	9	12	12	12	24	18	15
Høje Taastrup - København	Hurtigtog		3 ³	3 ³	5	6	-	-	-	-
	Stoptog		6	6	7	6	12	12	18	15 ¹⁴
	I alt		9	9	12	12	12	12	18	15

Køge - København	Hurtigtog	6	6	8	8	-	-	-	-
	Stoptog	6 ⁵	6 ⁵	7 ⁵	7	15	15	18 ¹⁷	15 ¹⁵
	I alt	12	12	15	15	15	15	18	15
Centrale afsnit	Stoptog	30 ⁶	30 ⁶	39 ⁶	39	39	39	39	40 ¹⁶
Ny Ellebjerg - Helle- rup	Stoptog	12	12	30	30	30	30	30	30 ¹⁰

Noter: 1) stoptogene starter/slutter i Holte; 2) hurtigtoget kører kun i myldretiderne; 3) hurtigtoget kører kun i morgenmyldretiden; 4) stoptogene starter/slutter i hhv. Ballerup og Frederikssund; 5) stoptogene starter/slutter hhv. på Solrød Strand og Hundige; 6) linie Bx fra Høje Taastrup vender på Østerport; 7) 12 af de 24 stoptog er shuttle tog, der vender på Enghave Station; 8) 9 af de 18 stoptog kører kun til Holte; 9) 3 af de 18 tog kører kun til Ballerup; 10) Ringbanen kører til Klampenborg; 11) 9 af 15 stoptog vender på Svanemøllen Station; 12) 9 af 15 stoptog vender på Svanemøllen Station; 13) 9 af 15 stoptog vender på København H; 14) 9 af 15 stoptog vender på København H; 15) 9 af 15 stoptog vender på København H; 16) 10 af 40 stoptog er shuttle tog mellem København H og Svanemøllen; 17) 9 af de 18 tog kører kun til Solrød Strand

I det følgende beskrives basisscenariet og de 7 scenarier med førerløs drift.

3.1. Basis 2025

Basisscenariet er en fremskrivning af den eksisterende køreplan for S-togsnettet S-13 til 2025. Køreplanen er således den samme som i dag med en klassisk heterogen S-banedrift, hvor tog med standsning ved alle stationer kombineres med gennemkørende hurtigtog. Øvrige forudsætninger, som fx økonomi, øvrig infrastruktur og befolkningstilvækst, er fremskrevet til 2025.

Nedenstående tabel viser antal afgange i myldretiden og pr. hverdagsdøgn for hver S-togslinje i basisscenariet. Tabellen viser desuden produktionen i form af antal togkilometer og togminutter.

Tabel 3.2 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Basis 2025

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myldretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
A	Solrød Strand – Farum	3/6*	38/100*	9.960	13.189
B	Høje Taastrup – Holte	6	99	7.623	10.751
Bx	Høje Taastrup – Østerport	2	4	161	214
C	Frederikssund – Klampenborg	3/6**	37/98**	7.780	10.853
E	Køge – Hillerød	6	97	14.798	16.140
H	Frederikssund – Farum	3	59/15***	6.005	6.796
F	Ringbanen	12	188	4.423	6.804
I alt				50.750	64.747

*Der køres hhv. 3 og 38 tog Solrød Strand-Hundige og hhv. 6 og 100 tog Hundige-Farum.

**Der køres hhv. 3 og 37 tog Frederikssund-Ballerup og hhv. 6 og 98 tog Ballerup-Klampenborg.

***Der køres 59 tog Frederikssund-Østerport og 15 tog Østerport-Farum.

Nedenstående figur viser linjekortet for basisscenariet, som ligeledes er gældende for Klassisk med Signalprogram (scenarie 0) og Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1).

Figur 3.1 | Linjekort for basisscenariet (samt scenarie 0 og 1):



3.2. Klassisk med Signalprogram (scenarie 0)

I alle scenarier forudsættes Signalprogrammet implementeret. Indførelsen af Signalprogrammet er eneste forskel i Klassisk med Signalprogram (scenarie 0) i forhold til basisscenariet. Køreplanen svarer således til den nuværende køreplan S13. Dermed anvendes en klassisk heterogen S-banedrift, hvor tog med standsning ved alle stationer kombineres med hurtigtog. Forskellen er, at der opgraderes til de hastigheder, der vil kunne køres med, efter indførelse af Signalprogrammet.

Fordelen ved de klassiske scenarier, hvor der køres med en kombination af stoptog og gennemkørende tog er, at dette giver mulighed for at variere betjeningen af stationerne i forhold deres respektive passagergrundlag. Ved at springe stationer med få passagerer over er det muligt at reducere rejsetiden til især de yderste stationer på fingrene.

Klassisk med Signalprogram (scenarie 0) vil eksempelvis medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Farum, falder fra 36 minutter i basisscenariet til 33 minutter og 30 sekunder – altså en rejsetidsbesparelse på 2,5 minutter.

Ulempen ved de klassiske scenarier er dog, at passagererne skal kende køreplanen for at ramme de enkelte tog. Da hurtigtoget indhenter stoptoget, må stoptog ofte afgå kort efter afgang af hurtigtoget. I yderpunkterne vil hurtigtog og stoptog derfor ligge ganske tæt på hinanden afgang- og ankomstmæssigt, hvilket medfører en ujævn frekvens. Det betyder, at passagerer må planlægge deres rejser, inklusiv mulige tilbringer-rejser med bus eller andre transportformer, for at undgå at skulle vente for længe ved S-togsstationen. Dertil kommer, at der kan være en tendens til, at belastningen af de enkelte tog bliver ujævn, da togene ikke har samme standsningsmønster/rejsetid.

I Klassisk med Signalprogram (scenarie 0) er produktionen målt i antal tog-kilometer den samme som i basisscenariet, hvilket fremgår af nedenstående tabel. Antallet af togminutter er derimod mindre end i basisscenariet, da Signalprogrammet muliggør højere kørehastigheder. Den gennemsnitlige hastighed på 49,5 km/t er en stigning fra 47,0 km/t i basisscenariet. Det nye Signalprogram forventes at reducere køretiden med ca. 5 % i gennemsnit på S-togsnettet.

Tabel 3.3 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Klassisk med Signalprogram (scenarie 0)

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myl-dretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
A	Solrød Strand – Farum	3/6*	38/100*	9.960	12.442
B	Høje Tåstrup – Holte	6	99	7.623	10.297
Bx	Høje Tåstrup – Østerport	2	4	161	203
C	Frederikssund – Klampenborg	3/6**	37/98**	7.780	10.789
E	Køge – Hillerød	6	97	14.798	14.740
H	Frederikssund – Farum	3	59/15***	6.005	6.467
F	Ringbanen	12	188	4.423	6.520
I alt				50.750	61.458

*Der køres hhv. 3 og 38 tog Solrød Strand-Hundige og hhv. 6 og 100 tog Hundige-Farum.

**Der køres hhv. 3 og 37 tog Frederikssund-Ballerup og hhv. 6 og 98 tog Ballerup-Klampenborg.

***Der køres 59 tog Frederikssund-Østerport og 15 tog Østerport-Farum.

3.3. Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1)

Dette scenarie bygger videre på Klassisk med signalprogram (scenarie 0) og udvider kørselsomfanget på de enkelte linjer. Ved at udvide kørselsomfanget øges betjeningen selvsagt og ventetiderne bliver kortere. Som for de øvrige

klassiske scenarier gælder det, at der køres med en kombination af stoptog og gennemkørende tog. Fordelene og ulemperne ved dette er de samme som i Klassisk med Signalprogram (scenarie 0).

Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1) vil medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Høje Taastrup, falder med 1 minut og 15 sekunder i forhold til basisscenariet. Den gennemsnitlige ventetid på Høje Taastrup station falder desuden med 2 minutter og 30 sekunder, hvilket betyder, at den samlede gennemsnitlige rejsetid reduceres med i alt 3 minutter og 45 sekunder fra Høje Taastrup til København H i forhold til basisscenariet.

Som det fremgår af nedenstående tabel øges betjeningen på Ringbanen eksempelvis fra 12 til 30 afgang i myldretiden. Produktionen i form af togkilometer øges til i alt 75.493 km pr. hverdagsdøgn, hvilket er en udvidelse på 49 % i forhold til basisscenariet.

Tabel 3.4 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1)

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myldretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
A	Solrød Strand – Farum	3/7*	39/115*	11.407	14.291
B	Høje Tåstrup – Holte	7	115	8.855	11.960
Bx	Høje Tåstrup – Østerport	5	81	3.661	4.544
C	Frederikssund – Klampenborg	3/7**	39/117**	9.165	12.843
E	Køge – Hillerød	8	130	19.630	19.552
H	Frederikssund – Farum	5	82	11.332	12.251
F	Ringbanen	30	489	11.443	16.871
I alt				75.493	92.312

*Der køres hhv. 3 og 39 tog Solrød Strand-Hundige og hhv. 7 og 115 tog Hundige-Farum.

**Der køres hhv. 3 og 39 tog Frederikssund-Ballerup og hhv. 7 og 117 tog Ballerup-Klampenborg.

3.4. Klassisk med parvis sammenbinding på fingrene (scenarie 2)

Der er to generelle forskelle i dette scenarie i forhold til basisscenariet og de øvrige klassiske scenarier:

- Fingrene er sammenbundet parvist
- Alle linjer starter og slutter yderst på fingrene

Fordelen ved dette scenarie er blandt andet, at sammensætningen af linjer og afgangshyppigheder giver mulighed for at køre med højere gennemsnitshastigheder, da der køres mere på de yderste dele af fingrene, hvor der er længere mellem stationerne. I øvrigt er fordelene ved den parvise sammenbinding, at togene fra forskellige fingre ikke skal flettes ind i hinanden før det centrale afsnit for at sikre den rigtige togrækkefølge på den anden side af det centrale afsnit. Herved undgås de såkaldte ”ventetidsafhængigheder”, der kan forringe regulariteten.

Dertil kommer, at kørselsomfanget øges, hvilket forbedrer betjeningen og forkorter ventetiderne. Som for de øvrige klassiske scenarier gælder det desuden, at der køres med en kombination af stoptog og gennemkørende tog. Fordelene og ulemperne ved dette er de samme som i Klassisk med Signalprogram (scenarie o).

Klassisk med parvis sammenbinding på fingrene (scenarie 2) vil eksempelvis medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Ny Ellebjerg, falder med 45 sekunder i forhold til basisscenarioet. Den gennemsnitlige ventetid på Ny Ellebjerg station falder desuden med 30 sekunder, hvilket betyder, at den samlede gennemsnitlige rejsetid reduceres med i alt 1 minut og 15 sekunder i forhold til basisscenarioet på den korte strækning fra Ny Ellebjerg til København H.

Som det fremgår af nedenstående tabel stiger antal togkilometer til 88.382, hvilket er en stigning i forhold til basis på 74%. Den gennemsnitlige hastighed som forhold mellem togkilometer og togminutter stiger til 50,9 km/t fra de 47,0 km/t, som er gældende i basisscenarioet.

Tabel 3.5 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Klassisk med parvis sammenbinding på fingrene (scenarie 2)

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myl-dretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
A	Køge – Hillerød	7	115	17.365	18.308
B	Høje Tåstrup – Farum	6	98	9.173	11.280
Bx	Høje Tåstrup – Farum	6	98	9.173	11.211
C	Frederikssund – Klampenborg	6	98	10.799	13.406
E	Køge – Hillerød	8	130	19.630	20.800
H	Frederikssund – Klampenborg	6	98	10.799	12.397
F	Ringbanen	30	489	11.443	16.871
I alt				88.382	104.273

Figur 3.2 | Linjekort for scenarie 2



3.5. Metro-style (scenarie 3)

Dette scenarie har den mest rendyrkede metro-style køreplan, og derfor også den enkleste og nok lettest forståelige køreplan. Scenariet bygger på et rendyrket metro-style princip med homogen drift, hvor alle tog stopper på alle stationer, og der er mulighed for varierende frekvens på fingrene henover driftsdøgnet.

Den primære fordel ved en metrolignende drift er, at den høje og ensartede frekvens på alle stationer medfører kortere ventetider for passagererne. Passagererne vil altid kunne tage det førstkommande tog, og alt andet lige vil belastningen af togene blive mere ensartet. Erfaringer viser, at når der køres med 5-7 minutters drift, opfatter passagererne det grundlæggende som, at togene kører "hele tiden".

Den høje frekvens med et ensartet standsningsmønster vil desuden medføre, at tilbringer-trafik bliver uafhængigt af togenes afgang- og ankomsttider. Det bliver meget lettere for passagererne at ankomme til toget, og bustrafikkens køreplanlægning vil blive løsnet op. Evt. forsinkelser vil blive opfattet helt anderledes, da der i stedet for et minuttal, vil kunne kommunikeres en frekvens.

Metro-style (scenarie 3) vil eksempelvis medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Ny Ellebjerg, falder med 45 sekunder i forhold til basisscenariet. Den gennemsnitlige ventetid på Ny Ellebjerg station falder desuden med 1 minut og 15 sekunder, hvilket betyder, at den samlede gennemsnitlige rejsetid reduceres med i alt 2 minutter i forhold til basisscenariet på den korte strækning fra Ny Ellebjerg til København H.

Ulempen ved en metrolignende drift er, at stop ved alle stationer medfører en længere rejsetid for nogle af de længste rejser i S-togsnettet.

Som det fremgår af nedenstående tabel, forudsættes der samme produktion som i det klassiske scenarie med parvis sammenbinding på fingrene. Det vil sige, at antallet af togkilometer stiger med 74 % i forhold til basisscenariet. Den gennemsnitlige hastighed som forhold mellem togkilometer og togminutter stiger fra 47,0 km/t i basisscenariet til 49,3 km/t i scenarie 3. Den gennemsnitlige hastighed er således lavere end i scenarie 2, hvilket skyldes, at der standses ved alle stationer.

Tabel 3.6 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Metro-style (scenarie 3)

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myl-dretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
A	Køge – Hillerød	15	245	36.995	40.376
B	Høje Tåstrup – Farum	12	196	18.345	23.618
C	Frederikssund – Klampenborg	12	196	21.599	26.695
F	Ringbanen	30	489	11.443	16.871
I alt				88.382	107.560

Figur 3.3 | Linjekort for scenarie 3



3.6. Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingeren (scenarie 4)

I dette scenarie suppleres Metro-style (scenarie 3) med en shuttle linie mellem Frederikssund og Enghave/Carlsberg. Formålet er, at tilbyde en udvalgt finger ekstra service, da der er ledig kapacitet ude på fingrene. Frederikssunds-fingeren vurderes i den sammenhæng at være et oplagt valg.

Fordelene og ulemperne er de samme som for Metro-style (scenarie 3). Derudover vil der være øget betjening af Frederikssunds-fingeren.

Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingeren (scenarie 4) vil medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Frederikssund, stiger med 2 minutter i forhold til basisscenariet. Den længere køretid kompenseres dog af en højere og mere jævn frekvens, der giver et fald i den gennemsnitlige ventetid på 4 minutter og 30 sekunder. Den samlede gennemsnitlige rejsetid reduceres således med i alt 2 minutter og 30 sekunder i forhold til basisscenariet fra Frederikssund til København H.

Som det fremgår af nedenstående tabel stiger produktionen målt i togkilometer til 103.631 km, hvilket er en stigning på 104 % i forhold til basiscenariet. Den gennemsnitlige hastighed stiger fra 47,0 km/t i basiscenariet til 50,1 km/t i scenarie 4. Den gennemsnitlige hastighed er større end i scenarie 3, da den gennemsnitlige kørehastighed på Frederikssundsfingeren er 55,2 km/t, hvilket er en højere hastighed end på de øvrige linjer.

Tabel 3.7 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingeren (scenarie 4)

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myl-dretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
A	Køge – Hillerød	15	245	36.995	40.376
B	Høje Tåstrup – Farum	12	196	18.345	23.618
C	Frederikssund – Klampenborg	12	196	21.599	26.695
Cx	Frederikssund – Enghave	12	196	15.249	16.621
F	Ringbanen	30	489	11.443	16.871
I alt				103.631	124.181

Figur 3.4 | Linjekort for scenarie 4



3.7. Metro-style med shuttle tog på Høje Taastrup-fingeren (scenarie 5)

I dette scenarie suppleres en metro-style køreplan med en shuttle linie mellem Høje Taastrup og København H. Dette scenarie afspejler Parsons rapportens bud på en metro-style køreplan med shuttle tog på Høje Taastrup fingeren, og linjeføringen er derfor forskellig fra de øvrige metro-style scenarier. Formålet er at tilbyde en udvalgt finger ekstra service, da der er ledig kapacitet ude på fingrene.

Fordelene og ulemperne er de samme som for Metro-style (scenarie 3). Derudover vil der være øget betjening af Høje Taastrup-fingeren.

Metro-style med shuttle tog på Høje Taastrup-fingeren (scenarie 5) vil eksempelvis medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Høje Taastrup, falder med 1 minut og 30 sekunder i for-

hold til basissceneriet. Den gennemsnitlige ventetid på Høje Taastrup station falder desuden med 2 minutter og 20 sekunder, hvilket betyder, at den samlede gennemsnitlige rejsetid reduceres med i alt 3 minutter og 50 sekunder i forhold til basissceneriet fra Høje Taastrup til København H.

Som det fremgår af nedenstående tabel, er produktionen målt i togkilometer på 101.649 km, hvilket er en stigning på 100 % i forhold til basissceneriet. Den gennemsnitlige hastighed stiger fra 47,0 km/t i basissceneriet til 48,6 km/t i scenarie 5. Den gennemsnitlige kørehastighed er lavere end i scenariet med shuttle tog på Frederikssundsfingeren, da den gennemsnitlige kørehastighed på Høje Taastrup-fingeren kun er 46,3 km/t.

Tabel 3.8 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Metro-style med shuttle tog på Høje Taastrup-fingeren (scenarie 5)

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myl-dretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
Bx1	Høje Taastrup – Østerport	18/3*	296/59*	11.910	15.431
Bx3	Høje Taastrup – Farum	0	23	2.153	2.771
C	Frederikssund – Klampenborg	3/6**	59/118**	10.183	13.688
E1	Køge – Hillerød	9	157	23.707	25.874
E3	Solrød Strand – Holte	9	157	15.166	18.557
H	Frederikssund – Farum	12	196	27.087	32.281
F	Ringbanen	30	489	11.443	16.871
I alt				101.649	125.473

*Der køres hhv. 18 og 296 tog Høje Taastrup-København H og hhv. 3 og 59 tog København H-Østerport.

**Der køres hhv. 3 og 59 tog Frederikssund-Ballerup og hhv. 6 og 118 tog Ballerup-Klampenborg.

Figur 3.5 | Linjekort for scenarie 5



3.8. Metro-style med maksimal kapacitetsudnyttelse på fingrene (scenarie 6)

Dette scenarie er en ekstrem version af shuttle-princippet, hvor Ringbanen er forlænget til Klampenborg og de øvrige linier kun føres gennem det centrale afsnit i det omfang, der er kapacitet til det, men aldrig længere end frem til den "fjerneste" ende af det centrale afsnit. Således vil f.eks. linje A fra Køge aldrig køre længere end til Svanemøllen og ofte vendes allerede ved Københavns Hovedbanegård.

Fordelene er maksimal service både på fingrene og i det centrale afsnit. Scenariet indebærer dog formentlig en relativt dårlig rettidighed grundet de mange vendinger ved det centrale afsnit og de mange nødvendige skift for passagerne.

Scenariet indeholder følgende:

- 15 tog pr time (4 minutters frekvens) ude på fingrene i myldretiden
- 15 tog pr time (4 minutters drift) på Ringbanen i myldretiden
- 40 tog pr time (90 sekunders drift) i det centrale afsnit i myldretiden
- Klampenborg-fingern har ikke direkte forbindelse til København H.

Metro-style med maksimal kapacitetsudnyttelse på fingrene (scenarie 6) vil eksempelvis medføre, at rejsetiden i dagtimerne (6-19) til København H for en passager, der står i Ny Ellebjerg, falder med 45 sekunder i forhold til basisscenariet. Den gennemsnitlige ventetid på Ny Ellebjerg station falder desuden med 1 minut og 15 sekunder, hvilket betyder, at den samlede gennemsnitlige rejsetid reduceres med i alt 2 minutter i forhold til basisscenariet på den korte strækning fra Ny Ellebjerg til København H.

Som det fremgår af nedenstående tabel stiger produktion målt i togkilometer til 99.050 km, hvilket er en stigning på 95 % i forhold til basisscenariet. Den gennemsnitlige hastighed som forholdet mellem togkilometer og togminutter er 49,0 km/t.

Tabel 3.9 | Kørselsomfang pr. hverdagsdøgn på S-togsnettet i Metro-style med maksimal kapacitetsudnyttelse på fingrene (scenarie 6)

Linje	Linjeføring	Afgange		Togkm	Togminutter
		Myldretid (pr. time)	Hverdagsdøgn (i alt)		
AS	Køge – Svanemøllen	6	98	8.781	10.261
AK	Køge – København H	9	146	11.622	12.398
BS	Høje Tåstrup – Svanemøllen	6	98	4.959	6.968
BK	Høje Tåstrup – København H	9	146	5.694	7.242
CS	Frederikssund – Svanemøllen	6	98	9.330	11.300
CK	Frederikssund – København H	9	146	12.205	13.696
ES	Hillerød – Svanemøllen	9	146	8.964	9.023
EK	Hillerød – København H	6	98	7.154	8.164
HS	Farum – Svanemøllen	9	146	6.278	7.213
HK	Farum – København H	6	98	5.351	6.949
M	København – Svanemøllen	10	163	1.891	3.505
F	Ringbanen til Klampenborg	30	489	16.821	24.499
I alt				99.050	121.218

Figur 3.6 | Linjekort for scenarie 6



3.9. Nøgletal

I nedenstående tabel ses døgnprofilen for scenarierne 1-6. Døgnprofil for togbetjeningen i de forskellige scenarier afspejler kørselsprofilen i dagens køreplan S13.

Tabel 3.10 | Døgnprofil for frekvensen i scenarierne 1-6.

	Tidsrum		
	05:00-06:00	06:00-19:00	19:00-00:40
Frekvensniveau ift. spidstimen	50 %	100 %	50

Nedenstående tabel viser for alle scenarier de beregnede produktionstal samt resultatet af OTM kørslerne i forhold til forventet antal rejser, personkm, gennemsnitlig rejselængde samt tidsgevinster pr. hverdagsdøgn. En rejse er en samlet rejse fra A til B og kan således godt indeholde flere omstigninger/påstigninger.

Tabel 3.11 | Nøgletal og resultater for de beregnede scenarier i OTM.

Driftstype		STO		UTO					
							Scenarie		
pr. hverdagsdøgn		Basis 2025	0 - Klassisk, Signalprogram	1 - Klassisk, udvidet kørselsomfang	2 - Klassisk, parvis fingersammenbinding	3 - Metro-style	4 - Metro-style, shuttle Frederikssund	5 - Metro-style, shuttle Høje Taastrup	6 - Metro-style, maks. kapacitetsudnyttelse
Togkm	km	50.761	50.761	75.438	88.382	88.373	103.631	101.834	98.816
Litrakm** i alt	km	56.637	55.968	73.434	89.138	94.004	108.181	102.635	99.153
-korte togsæt	km	7.772	7.111	14.470	13.708	15.659	52.066	13.049	18.274
-lange togsæt	km	49.931	49.719	61.107	76.940	76.939	55.341	90.387	81.995
Driftsminutter	min.	64.747	61.638	92.352	104.334	107.165	123.696	125.233	120.451
Gns. Hastighed	km/t	47	49	49	51	49	50	49	49
<i>Resultater fra OTM</i>									
Rejser i S-togsnettet	antal	354.586	363.902	415.415	422.380	464.974	473.900	480.824	445.106
Vækst i rejser i den kollektive trafik i hovedstadsområdet	antal (procent)		3.994 (0,4%)	22.673 (2,0%)	25.587 (2,3%)	50.243 (4,5%)	54.033 (4,8%)	55.123 (4,9%)	38.987 (3,5%)
Personkm	mio.	4	5	5	5	6	6	6	5
Rejselængde (gns.)	km	12	13	12	12	12	12	12	11
Tidsgevinst (oplevet tid)*	timer	0	5.168	18.221	20.705	30.608	33.702	30.695	24.325
S-togsrejser pr. togkm	antal	7,0	7,2	5,5	4,8	5,3	4,6	4,7	4,5
Nye S-togsrejser pr. udvidet togkm	antal			2,5	1,8	2,9	2,3	2,5	1,9

*Oplevet tid tager højde for, at nogle former af den samlede transporttid opleves mere ubelejligt end andre former. Det opleves eksempelvis mere ubelejligt at vente på toget end at sidde i et kørende tog.

**Litrakm er vognkm. Hvis et tog består af to togsæt, vil det efter 1 km have kørt 1 togkm og 2 literakm.

Det fremgår af ovenstående tabel, at samtlige scenarier vil medføre en vækst i antallet af rejser i S-togsnettet og en vækst i antallet af rejser i den kollektive trafik i hovedstadsområdet. Vi ser desuden, at væksten i antal rejser i S-togsnettet er større end væksten i antal rejser i den kollektive trafik for alle scenarier. Det skyldes blandt andet, at der sker en stigning i antallet af kombinationsrejser, da S-toget i højere grad vælges i kombination med andre kollektive transportformer. En anden årsag er, at der i scenarierne både genereres helt nye kollektive rejser og flyttes eksisterende rejser fra de øvrige dele af den kollektive trafik. Der sker således et fald i rejser med bus, metro, regionaltoget og fjerntoget.

Det fremgår af beskrivelsen af de enkelte scenarier samt ovenstående tabel, at scenarierne 1-6 udvider produktionen målt i togkm med 42-104 procent,

mens antallet af S-togsrejser stiger med mellem 3 og 36 procent for alle scenarier. Udvidelse i produktionen målt i togkilometer genererer således ikke en tilsvarende vækst i antal S-togsrejser for nogen af scenarierne. Den forholdsmæssigt større udvidelse i produktionen set i forhold til antallet af genererede S-togsrejser medfører, at antal S-togsrejser pr. togkm falder fra 7,0 i basisscenariet til mellem 4,5 og 5,5 i scenarierne 1-6. Ændringen i antal S-togsrejser pr. udvidet togkilometer ligger mellem 1,8 og 2,9, hvilket illustrerer effekten af at udvide produktionen i de enkelte scenarier.

De klassiske scenarier har den mindste effekt på passagertallet. De klassiske scenarier vil øge antallet af rejser i den kollektive trafik med mellem 0,4 og 2,3 procent. Vi ser desuden, at Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1) generer flest S-togsrejser pr. udvidet togkm af de tre klassiske scenarier med 2,5 nye S-togsrejser pr. udvidet togkm.

Metro-style (scenarie 3) har en væsentlig større effekt på passagertallet end de klassiske scenarier. Vi ser en vækst i antal rejser i den kollektive trafik med 50.243, hvilket er en stigning på 4,5 procent. Samtidig generer Metro-style (scenarie 3) 2,9 nye S-togsrejser pr. udvidet togkm, hvilket er den største vækst i antal S-togsrejser pr. udvidet togkm for de forskellige scenarier.

De udvidede metro-style scenarier med shuttle-tog på én af fingrene øger passagertallet yderligere i forhold til det "rene" Metro-style scenarie. Antallet af rejser i den kollektive trafik stiger således med 4,8 % i Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingren (scenarie 4) og 4,9 % i Metro-style med shuttle tog på Høje Taastrup-fingren (scenarie 5). Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingren (scenarie 4) genererer 2,3 nye S-togsrejser pr. udvidet togkm, mens Metro-style med shuttle tog på Høje Taastrup-fingren (scenarie 5) genererer 2,5 nye S-togsrejser pr. udvidet togkm.

Det sidste af de udvide metro-style scenarier - Metro-style med maksimal kapacitetsudnyttelse på fingrene (scenarie 6) – vil dog medføre et fald i passagertallet set i forhold til Metro-style (scenarie 3) på trods af en udvidelse i produktionen. Dette skyldes primært, at scenariet vil medføre et stort antal omstigninger, hvilket gør S-togsløsningen mindre attraktiv for passagererne.

I forlængelse af ovenstående er der udvalgt 3 scenarier til videre analyser og udarbejdelse af business cases. Der er valgt et scenarie fra hvert af de tre "arketyper" af scenarier. Dette gøres for at have hele spændet af muligheder med videre.

- Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1) er valgt, da den følger den kendte struktur, men udvider produktionen målt i togkilometer med 49 % i forhold til basisscenariet. Scenariet har en væsentlig effekt på passagertallet og skaber flest nye rejser pr. udvidet togkilometer for de tre klassiske scenarier.
- Metro-style (scenarie 3) er valgt til at repræsentere den rene form for "metro-style", da det udvider produktionen målt i togkilometer med 74 %, har en væsentlig effekt på passagertallet og generer flest nye S-togsrejser pr. udvidet togkilometer for alle scenarier.

- Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingeren (scenarie 4) er valgt til at repræsentere de udvidere metro-style scenarier. Scenariet giver et billede af, hvad det betyder for driftsøkonomien at kombinere metro-style drift, hvor kapaciteten udnyttes maksimalt i det centrale afsnit, med et shuttle tog på Frederikssunds-fingeren. Scenariet udvider produktionen målt i togkilometer med 104 % og medfører en meget høj gennemsnitshastighed samt den største oplevede rejsetidsgevinst af alle scenarier.

Valget af Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingeren (scenarie 4) fremfor Metro-style med shuttle tog på Høje Taastrup-fingeren (scenarie 5) skyldes desuden, at det vurderes at være mest relevant at vurdere effekten af shuttle tog på Frederikssunds-fingeren, hvor ca. 40 % af kunderne skifter til Ringbanen eller Metro på Vanløse eller Flintholm. Det er relativt få passagerer, der rejser fra en finger gennem det centrale afsnit og videre ud på en anden finger.

Fælles for de tre valgte scenarier er desuden, at OTM-beregningerne viser, at de har relativt høje oplevede rejsetidsgevinster.

4. Business case for valgte scenarier

Dette kapitel beskriver driftsøkonomien samt de nødvendige investeringer i materiel og infrastruktur for at realisere de tre udvalgte scenarier:

- Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1)
- Metro-style (scenarie 3)
- Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingeren (scenarie 4)

Som en grundlæggende antagelse gælder, at kontraktbetaling fra staten til DSB fortsætter på det nuværende niveau, og der ses kun på omkostningerne ved den direkte afvikling af S-togtrafikken. For alle undersøgte scenarier gælder desuden, at der køres førerløst på alle strækninger. I beregningen af driftsomkostningerne er der taget udgangspunkt i 2012 nøgletal fra DSB S-tog baseret på realiserede data samt 2013 prognose tal. Resultaterne fra OTM beskriver en hverdag. Ved omregning til års-værdier er der brugt en omregningsfaktor på 312 beregnet ud fra 2012 S-togs hverdags/års-passagertal. Beregning af udgifterne er baseret på togkm på hverdage ifht. weekender.

Produktionen i form af togsætkilometer er den væsentligste cost driver i beregning af driftsudgifterne. Togsætkilometer er beregnet med udgangspunkt i, at der køres med 1 stort togsæt (SA) på alle afgangene. Førerløse togsæt svarende i størrelse og antal siddepladser til de nuværende SA'er på fingrene og togsæt svarende til SE'er på Ringbanen. I scenariet, hvor der køres højfrekvent på Frederikssundsfingeren, er der forudsat, at der benyttes små togsæt (SE) på denne finger. I morgenmyldretiden, opformeres de kritiske tog med SE på fingrene, således at der køres med lange tog bestående af SA+SE. Det antages, at det vil være muligt med automatisk op og nedformering.

I det følgende gennemgås hvert af de udvalgte scenarier. Til sidst gennemgås de nødvendige investeringer i materiel og infrastruktur ved overgang til UTO drift på S-banen.

Det skal bemærkes, at beregningerne i dette kapitel er baseret på en fuld implementering af førerløs drift på alle strækninger på S-banen. Der vil dog være overgangsfaser, inden den fulde implementering har fundet sted. De nærmere detaljer for en udrulningsplan ses der nærmere på i kapitel 5.

Nedenstående tabel beskriver alle poster, cost drivere og forudsætninger, der er gjort i beregningerne af de enkelte poster, samt det samlede beløb for hver post ved fuld automatisering af S-banen med førerløs drift.

Tabel 4.1 | Poster i de økonomiske konsekvensberegninger

Post	Cost driver	Beskrivelse	Beløb [mio. kr]			
			Scenarie			
			Basis	1 - Klassisk, udvidet kørselsomfang	3 - Metro-style	4 - Metro-style, shuttle Frederikssund
Indtægter						
Billetindtægter	Rejser	Billetindtægterne er beregnet ud fra gennemsnitsprisen pr. rejse inkl. ikke betalende rejsende. *	1.284	1.504	1.683	1.716
Udgifter						
Energi	Togsætkm	Udgifter til kørestrøm inklusive energiafgifter varierer med antal togsætkm. Det antages de nye førerløse togsæt vil have samme energiforbrug som de eksisterende.	-110	-136	-161	-166
Aktivitetsafgift	Togkm	Infrastrukturafgift til Banedanmark ligger på 2,57 DKK pr. togkm i 2013. Denne afgift afløses af en Aktivitetsafgift fra 2014, som ligger på DKK 0,06 pr. togkm. Der er fremskrevet med dette niveau.	-1	-1	-2	-2
Vedligehold A/S	Togsætkm	Dækker løbende vedligehold af SA og SE beregnet ud fra togsætkm samt periodiske eftersyn beregnet efter togsætkm.	-268	-425	-504	-533
Løn – Lokomotivfører	Køreplan/ Betyningsprincip	Ved overgang til automatisk drift (UTO) bliver lokofører-funktionen overflødig og erstattes af et mobilt personale, der opererer både i og uden for togene og kan træde til ved driftsforstyrrelser.	-262	0	0	0
Løn – Togrevisor	Køreplan/ Betyningsprincip	Det mobile personale overtager både lokofører- og togrevisor-funktionerne. Antallet nedskrives i takt med indførelsen af automatisk drift i forhold til de pågældende baners andel af det samlede net.	-86	0	0	0
Løn – Mobilt personale	Køreplan/ Betyningsprincip	Der er som i Parsons rapport regnet med et behov svarende til 4 mand pr. 5 tog i drift. Dette forhold er omregnet til antal fuldtidsstillinger ud fra antallet af driftstimer.	0	-169	-188	-218
Løn – Køremænd	Antal tog i drift	Da det nye signalsystem ikke inkluderer depotområder evd værkstedet i Taastrup og klargøringscentret i Hundige vil der stadig være et behov for køremænd, afhængig af antal tog i drift.	-43	-8	-9	-11
Løn – Rengøringsmedarbejdere	Togkm	Lønudgifter til rengøringsmedarbejdere relaterer sig til antallet af togkm.	-17	-25	-30	-35
Løn - Informationsassistenter		Lønudgifter til informations-assistenter er baseret på Parsons estimat for et øget behov, som følge af lokoføren ikke længere kan give direkte information i toget.	-8	-15	-15	-15

*I beregning af indtægter er der forudsat uændret indtægtsdeling. Der er derfor ikke taget højde for ændringer i rejsemønstre og beregning af billetprisen som følge af bl.a. Rejsekortet.

4.1. Klassisk med udvidet køreplan (scenarie 1)

Samme grundkøreplan som i S13, hvor reducerede rejsetider og udvidet frekvens giver en vækst i rejser og dermed i passagerindtægter på 17 procent i forhold til basisscenariet. De beregnede udgifter falder med 6 procent, som følge af det reducerede personalebehov. Det samlede driftsoverskud* forbedres med 63 procent i forhold til basisscenariet.

Tabel 4.2 | Driftsøkonomi i Klassisk med udvidet køreplan (scenarie 1)

Driftsomkostninger	Basis 2025	Scenarie 1 mio. kr	Ændring ift. Basis 2025 Procent
Indtægter pr. år			
- Billetindtægter	1.284	1.504	17%
Udgifter pr. år			
- Energi	-120	-161	34%
- Aktivitetsafgift	-1	-1	46%
- Vedligehold	-314	-421	34%
- Personale	-416	-218	-48%
Udgifter i alt	-851	-801	-6%
Driftsoverskud *	432	703	63%

* I driftsoverskuddet er der ikke indregnet udgifter til administration, ikke afløftningsberettiget moms, afskrivninger, salg og markedsføring samt en række øvrige indtægter og udgifter vedrørende S-togsdriften.

4.2. Metro-style (scenarie 3)

Indførelse af automatisk drift på S-banen som i Metro-style (scenarie 3) vil, i forhold til en fortsættelse af den nuværende køreplan i basisscenariet, med uændret bemanning og omkostningsniveau, øge passagerindtægterne med 31 procent, mens driftsudgifterne vil stige med 10 procent. Samlet vil scenarie 3 øge driftsoverskuddet* med 73 procent.

Tabel 4.3 | Driftsøkonomi i Metro-style (scenarie 3)

Driftsomkostninger	Basis 2025	Scenarie 3 mio. kr	Ændring ift. Basis 2025 Procent
Indtægter pr. år			
- Billetindtægter	1.284	1.683	31%
Udgifter pr. år			
- Energi	-120	-191	58%
- Aktivitetsafgift	-1	-2	71%
- Vedligehold	-314	-499	59%
- Personale	-416	-242	-42%
Udgifter i alt	-851	-934	10%
Driftsoverskud *	432	750	73%

* I driftsoverskuddet er der ikke indregnet udgifter til administration, ikke afløftningsberettiget moms, afskrivninger, salg og markedsføring samt en række øvrige indtægter og udgifter vedrørende S-togsdriften.

4.3. Udvidet metro-style med shuttle på Frederikssundsfingeren (Scenarie 4)

Scenariet svarer til Metro-style (scenarie 3) men med højfrekvent kørsel på Frederikssundsfingeren med SE materiel. Dette scenarie giver en vækst i passagerindtægterne med 34 % i forhold til basisscenariet, men kun 3 procent flere rejser end i Metro-style (scenarie 3). De samlede udgifter stiger med 19 procent. Det større antal tog gør, at reduktionen i personaleomkostninger ikke bliver så markant som i scenarie 3. Det samlede driftsoverskud* stiger med 63 procent.

Tabel 4.4 | Driftsøkonomi i Udvidet metro-style med shuttle på Frederikssundsfingeren (scenarie 4)

Driftsomkostninger	Basis 2025	Scenarie 4	Ændring ift. Basis 2025
Indtægter pr. år			
- Billetindtægter	1.284	1.716	34%
Udgifter pr. år			
- Energi	-120	-198	64%
- Aktivitetsafgift	-1	-2	100%
- Vedligehold	-314	-534	70%
- Personale	-416	-279	-33%
Udgifter i alt	-851	-1.012	19%
Driftsoverskud*	432	703	63%

* I driftsoverskuddet er der ikke indregnet udgifter til administration, ikke afløftnings-berettiget moms, afskrivninger, salg og markedsføring samt en række øvrige indtægter og udgifter vedrørende S-togsdriften.

Som det fremgår af tabellerne er "driftsoverskuddene" ikke udtryk for DSB's samlede S-togsregnskab, da udgifter udover den konkrete driftsopgave ikke er medregnet. Disse øvrige udgifter må i store træk antages at være uændrede i forhold til dagens situation. Scenariernes "driftsoverskud" skal således læses i forhold til basissceniariets "driftsoverskud". Når man sammenligner med basissceniariet, fremgår det, at alle de tre valgte scenarier vil medføre store forbedringer af driftsøkonomien. De tre scenarier forbedrer det driftsøkonomiske resultat med mellem 271 og 318 mio. kr. årligt i forhold til basissceniariet.

4.4. Investeringer i materiel og infrastruktur ved UTO

Udskiftning af det rullende materiel er aktuelt i alle scenarier såvel som i basissceniariet, da det nuværende materiel (også kaldet "4G"), som er leveret 1996-2006, forudsættes af have en levetid på 25-30 år. Der skal derfor under alle omstændigheder foretages en reinvestering i rullende materiel uanset om driftsformen ændres til STO eller UTO drift på S-banen.

I basissceniariet regnes med en 1:1 udskiftning af det nuværende materiel. Dvs. nyindkøb af 104 SA og 31 SE når levetiden udløber. I de valgte scenarier indkøbt førerløse tog. Tabellen nedenfor viser behovet for antal nye litra, når der forudsættes, at der udskiftes til materiel af samme type og længde, men hvor antal siddepladser er justeret således at områderne, der optages af

fører kabiner i det nuværende materiel, erstattes af sæder, og hvor der er taget udgangspunkt i det oprindelige antal siddepladser i SA og SE før indbygning af cykelrum.

Tabel 4.5 | Litrabehov

Stammer	Scenarie			
	Basis 2025	1 - Klassisk, udvidet kørselsomfang	3 - Metro-style	4 - Metro-style, shuttle Frederikssund
SA (lange tog)	104	96	110	78
SE (korte tog)	31	29	45	120
I alt	135	125	155	198

Som udgangspunkt kører alle tog i alle scenarier med et togsæt. Beregninger ud fra OTM prognosen viser dog et behov for opformering i morgenmyldretiden i alle scenarier. Grænsen for opformering er sat ved en belægning på 120 procent, da der må forventes en stigende accept af, at der ikke vil være siddepladser til alle.

I denne sammenhæng er det relevant at se på, hvorledes de tre scenarier vil påvirke belægningen i S-togene. Nedenstående tabel viser blandt andet det relative antal tog, der vil have en belægningsprocent på mere end 100, for de tre scenarier.

Tabel 4.6 | Andel af samlede antal tog på en hverdag med given belægning

Driftstype	STO	UTO		
		Scenarie		
Belægning	Basis 2025	1 - Klassisk, udvidet kørselsomfang	3 - Metro-style	4 - Metro-style, shuttle Frederikssund
		1	3	4
Tog med >100 % belægning	2,0%	1,1%	1,8%	2,5%
Tog med >120 % belægning	1,5%	0,2%	0,8%	1,5%
Tog med 100-120 % belægning	0,5%	0,9%	1,0%	1,0%

Det fremgår af tabellen, at antallet af tog med en belægningsprocent på mere end 100 vil falde fra 2 pct. af togene i Basis 2025 til 1,1 pct. i Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1) og 1,8 pct. i Metro-style (scenarie 3), mens det vil stige til 2,5 pct. i Metro-style med shuttle på Frederikssundfingeren (scenarie 4). Vi ser desuden, at den relative andel af tog med en belægningsprocent på over 100, der har en belægningsprocent på over 120,

falder i alle tre scenarier i forhold til Basis 2025. Alt i alt viser tabellen således, at automatisering umiddelbart vil reducere overbelægningen i S-togene. Der er dog tale om relativt få tog med en belægningsprocent på over 100 for alle scenarier inklusiv basisscenariet.

Som det fremgår af tabel 4.5, falder materielbehovet i Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1) i forhold til basisscenariet som følge af den højere accepterede belægningsprocent og den øgede gennemsnitshastighed. Den længere omløbstid ved metro-style drift øger materielbehovet i scenarie 3 til 110 SA'er og 45 SE'er. I Udvidet metro-style med shuttle på Frederikssunds-fingeren (Scenarie 4) betyder den højfrekvente kørsel på Frederikssunds-fingeren med SE'er og det øgede behov for opformeringer, at behovet for SE'er stiger til 120, mens der kun skal benyttes 78 SA'er til den øvrige drift. Der er regnet med en driftsreserve på 3 procent og en værkstedsreserve på 11 procent, som svarer til det nuværende niveau.

Prisen pr. togsæt antages at ligge 10 procent højere for et førerløst tog i forhold til et konventionelt togsæt på grund af merudgifter til bl.a.: togstyrings-system, dørkontrol detektionssystem, tog-skinne kommunikation og større krav til pålidelighed. Der er derfor lagt 10 procent til standardprisen for et STO-tog, som forudsættes benyttet i basisscenariet, for at ramme niveauet for et førerløst tog. Dette skøn er forbundet med en del usikkerhed, og er nærmere beskrevet i kapitel 6 om det videre arbejde.

Merudgiften til førerløse tog medfører, at Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1) alligevel kræver en øget investering i rullende materiel på 142 mio. kr. på trods af, at der i dette scenarie er behov for mindre rullende materiel end i basisscenariet. Metro-style (scenarie 3) øger den samlede investering i rullende materiel fra godt 8 mia. kr. i basisscenariet til knap 10 mia. kr. Idet et SE-tog koster mere end halvdelen af et SA-tog, selvom det i realiteten er halv størrelse, vil Metro-style med shuttle tog på Frederikssunds-fingeren (scenarie 4), med det store behov for SE-togsæt, derfor medføre en samlet investering på knap 11,3 mia. kr. i rullende materiel.

Tabel 4.7 | Investeringsbehov i rullende materiel

Driftstype	STO	UTO		
		Scenarie		
Belægning	Basis 2025	1 - Klassisk, udvidet kørselsomfang	3 - Metro-style	4 - Metro-style, shuttle Frederiks-sund
- Reinvestering i nyt materiel	-8.064	-8.064	-8.064	-8.064
- Ekstra omkostning til førerløst materiel		-806	-806	-806
- Øget materielbehov		664	-1.093	-2.384
I alt ekstra investering ift. Basis 2025		-142	-1.899	-3.190

Der er desuden en række anlægsomkostninger forbundet med at realisere de tre scenarier. Anlægsinvesteringerne angivet i nedenstående tabel er nødvendige forudsætninger for at konvertere driften til UTO-drift på hele S-banen. Der er i det følgende primært taget udgangspunkt i estimater og antagelser fra Parsons rapport, og beløbene er inkl. 50 pct. tillæg. Den eneste undtagelse er dobbeltspor over Fiskebæk, som fornyligt af Banedanmark er vurderet til 250 mio. kr. (2014-priser inkl. 50 pct. tillæg).

Tabel 4.8 | Poster i beregning af investeringsbehov ved UTO

Investeringer	Afskrivning	Beskrivelse	Beløb [mio. kr.]
Centralt kontrolsystem	15 år	Behov for nyt centralt kontrolsystem til håndtering af alarmer, system overvågning og passagerinformationssystemer. Parsons estimat er benyttet.	110
Kommunikation	15 år	Nyt forbedret kommunikations-system med CCTV i realtid på alle togsæt samt realtids overvågning og diagnose af tog. Parsons antager 48 mio. kr. plus 1,7 mio. pr. strækning-kilometer.	335
Stationer	30 år	Ombygning og sikring af de ca. 200 perronsider og spor med overvågning. Parsons estimat på 5,4 mio. kr. pr. perronside er benyttet.	1.071
Baneafskærmning	35 år	Øget afskærmning af skinner mod indtrængning af uvedkomne. Det antages, at alle strækninger inkl. allerede afskærmende strækninger får nyt hegn. I alt ca. 170 km. Parsons estimat på 2,8 mio. kr. pr. strækning-kilometer er benyttet.	479
Ekstra vendespor	30 år	Etablering af ekstra vendespor i Køge, Frederikssund, Farum og Hillerød for at håndtere den øgede frekvens i myldretiderne. Skøn.	120
Dobbeltspor mellem Fiskebæk og Farum	50 år	Denne investering er nødvendig for at kunne øge frekvensen til 12 tog i timen på Farumbanen. Allerede i dag udgør den enkeltsporede strækning ved indkørslen til Farum Station en af de væsentligste flaskehalse på S-banen. Prisen er et skøn. Der skal blandt andet bygges en ny bro, etableres nye sporskifter og transversaler, etableres køreledningsanlæg og flyttes opstillingsspor.	250
Kørestrøm	50 år	Banedanmark har identificeret 3 steder på S-banen, hvor kørestrømsforsyningen ikke er tilstrækkelig ved mange samtidige accelerationer. Det drejer sig om strækninger på Køgebugt, Farumbanen og i det centrale afsnit. Prisen er et skøn foretaget i et internt arbejdsnotat mellem DSB og Banedanmark.	45
I alt	15-50 år		2.410

Som det fremgår af ovenstående tabel er der behov for anlægsinvesteringer på 2,4 mia. kr. for at overgå til UTO-drift på hele S-banen. De største poster er ombygning, afskærmning og sikring af perroner og spor, som tilsammen udgør ca. 75 pct. af det samlede investeringsbehov.

I nedenstående tabel gives en samlet oversigt over nøgletallene for de tre scenarier.

Tabel 4.9 | Nøgletal for valgte scenarier

Driftstype pr. hverdagsdøgn		STO	UTO		
		Basis 2025	1 - Klassisk, udvidet kørselsomfang	3 - Metro-style	4 - Metro-style, shuttle Frederikssund
Togkm	km	50.761	75.438	88.226	103.631
Litrakm i alt	km	56.637	73.434	94.004	108.181
-korte togsæt	km	6.918	12.025	14.074	52.840
-lange togsæt	km	49.719	61.409	79.930	55.341
Driftsminutter	min.	64.747	92.352	107.559	123.696
Gennemsnitshastighed	km/t	47,0	49,0	49,2	50,3
Resultater fra OTM-beregningerne					
Rejser i S-togsnettet	antal	354.586	415.415	464.974	473.900
Vækst i rejser i den kollektive trafik i hovedstadsområdet	antal (pct.)		22.673 (2,0%)	50.243 (4,5%)	54.033 (4,8%)
Personkm	mio.	4.355	4,987	5,676	5,733
Rejselængde (gnms.)	km	12,3	12,0	12,2	12,1
Tidsgevinst (oplevet tid)	timer		18.221	30.608	33.702
S-togsrejser pr. togkm	antal	7,0	5,5	5,3	4,6
Nye S-togsrejser pr. udvidet togkm	antal		2,5	2,9	2,3
Belægning					
tog med >100 % belægning	antal	26	25	41	65
tog med >120 % belægning	antal	20	5	19	39
Tog med 100-120 % belægning	antal	6	20	22	26
Indtægter pr. år					
- Billetindtægter	mio. kr.	1.284	1.504	1.683	1.716
Udgifter pr. år 313,8					
- Energi	mio. kr.	-120	-161	-191	-198
- Aktivitetsafgift	mio. kr.	-1,0	-1,4	-1,7	-2,0
- Vedligehold	mio. kr.	-314	-421	-499	-534
- Personale	mio. kr.	-416	-218	-242	-279
Udgifter i alt		-851	-801	-934	-1.012
Driftsoverskud *	mio. kr.	432	703	750	703

* I driftsoverskuddet er der ikke indregnet udgifter til administration, ikke afløftnings-berettiget moms, afskrivninger, salg og markedsføring samt en række øvrige indtægter og udgifter vedrørende S-togsdriften.

Som det fremgår af ovenstående tabel vil den driftsøkonomiske gevinst ved at realisere Metro-style (scenarie 3) på S-banen være 318 mio. kr. årligt i forhold til Basis 2025. Dette er således det driftsøkonomisk mest attraktive scenarie. Det fremgår ligeledes, at dette scenarie skaber flest nye S-togsrejser pr. udvidet togkilometer med 2,9 S-togsrejser pr. udvidet togkilometer.

Driftsøkonomien for Klassisk med udvidet kørselsomfang (scenarie 1) er ligeledes ganske positiv med en årlig gevinst på 271 mio. kr. Gevinsten er den laveste for de tre scenarier, men der er samtidig de laveste omkostninger forbundet med at realisere dette scenarie. Metro-style (scenarie 3) udvider dog kørselsomfanget væsentligt mere og tiltrækker markant flere passagerer til S-toget end dette scenarie. Da en del af formålet med denne analyse er at se på mulighederne for at udvide S-togsbetjeningen, og da scenariet vil medføre den laveste driftsøkonomiske gevinst af de tre scenarier, vurderes det ikke at være lige så attraktivt som Metro-style (scenarie 3).

Driftsøkonomien for Metro-style med shuttle tog på Frederikssundsfingeren (scenarie 4) er ligeledes ganske pæn med en gevinst på 271 mio. kr. årligt. Gevinsten er dog lavere end for Metro-style (scenarie 3), og der er tilmed større omkostninger forbundet med at realisere dette scenarie. På denne baggrund vurderes dette scenarie ikke at være lige så attraktivt som Metro-style (scenarie 3) på trods af, at det udvider S-togsbetjeningen mere og har den største positive effekt på passagertallet af de tre scenarier.

Da Metro-style (scenarie 3) vurderes at være det mest attraktive af de tre scenarier, er det relevant at se på scenariets finansieringsevne, hvilket vil sige i hvor høj grad den driftsøkonomiske gevinst vil kunne finansiere en investering på 4,3 mia. kr., som er nødvendig for at realisere scenariet.

For førerløst materiel regnes med en levetid på 25-30 år, og som det fremgår af tabellen "Poster i beregning af investeringsbehov ved UTO", har de nødvendige anlæg en levetid på mellem 15 og 50 år. Med en rente på 4 pct. vil den driftsøkonomiske gevinst på 318 mio. kr. for Metro-style (scenarie 3) kunne forrente en investering på 4,3 mia. kr. over 19 år. Dette er en meget robust udregning af finansieringsevnen, da de nødvendige anlægs gennemsnitlige levetid vil være væsentligt længere end 19 år. Dertil kommer, at 4 pct. rente er forholdsvis højt sat. Det vil således være muligt at forrente de nødvendige investeringer i Metro-style (scenarie 3) med den årlige driftsøkonomiske gevinst på 318 mio. kr., og der vil tilmed være god luft i budgettet.

5. Mulig udrulningsplan

I sidste afsnit så vi, at Metro-style (scenarie 3) er et meget økonomisk attraktivt og rentabelt scenarie. I dette afsnit kigges der derfor nærmere på mulige modeller for udrulning af dette scenarie.

Udrulningen af den køreplan, der ligger bag Metro-style (scenarie 3) kan principielt ske uafhængigt af, om infrastrukturen og togene kan håndtere førerløs drift. Da man jo også med manuelt fremførte tog kan køre en højfrekvent køreplan under forudsætning af, at man råder over tilstrækkeligt mange førere, f.eks. ved at bruge mere end 1 lokomotivfører ved hurtige vendinger af togene ude på endestationerne. En anden overvejelse man bør gøre er, om introduktionen af en højfrekvent køreplan på S-banen skal ske ad en gang eller gradvist. Der er således principielt mindst de 4 muligheder, der er angivet i nedenstående tabel.

Tabel 5.1 | Overordnede modeller for udrulning

		Materiel sammensætning	
		Kun nyt førerløst materiel	Blandet nyt førerløst og eksisterende S-tog
Implementering af højfrekvent køreplan	På en gang	Er formentligt urealistisk, idet det vil kræve, at man "over night" kan sætte 156 nye førerløse tog i drift og samtidigt udfase hele den eksisterende S-togsflåde før den måske er helt afskrevet.	Er bestemt muligt, men kræver dels, at et relativt stort antal førerløse tog kan indsættes i drift samtidigt "over night" dels, at der på de linjer, der betjenes med manuelt fremført tog rådes over flere lokomotivførere end i dagens drift.
	Gradvist	Denne mulighed vil åbne for på en gang at gøre hele S-banen førerløs. Når der så her vælges en gradvis overgang til en højfrekvent køreplan vil det være begrundet i, at man ikke fra "dag 1" råder over tilstrækkeligt med førerløst materiel til at kunne implementere den højfrekvente køreplan i fuldt omfang.	Er måske den mest realistiske mulighed, idet det giver mulighed for dels at få erfaringer med førerløs drift og højfrekvent køreplan på en begrænset del af S-banen, før det implementeres i "full scale". Herudover kan man ved den rette tilrettelæggelse undgå at skulle ansætte ekstra lokomotivførere, der ikke vil være behov for, når eksisterende togmateriel (4G) løbende erstattes af førerløst materiel.

Det vurderes, at den mest realistiske udrulning af førerløs drift på S-banen vil være en gradvis implementering af en højfrekvent køreplan, hvor der i den første periode køres med blandet nyt og gammelt materiel. Det vurderes endvidere, at det mest oplagte vil være at introducere førerløs drift af en højfrekvent køreplan i følgende trin.

Tabel 5.2 | Tidsplan for mulig udrulning

År	Køreplansændring
2026-2027	Førerløs drift på Ringbanen med uændret frekvent ifht dagens køreplan
2028	Førerløs drift mellem Høje Taastrup og Farum og "parvis sammenbinding" af alle fingrene på S-banen
2029	Førerløs drift mellem Frederikssund og Klampenborg
2030	Førerløs drift mellem Køge og Hillerød
2031	Metro-style drift på hele S-banen med en "middel frekvens" på eksempelvis 5 minutter
2032	Øget frekvens på Ringbanen
2033-2035	Gradvis øgning af frekvensen på resten af S-banen

Den fulde udrulning af Metro-style (scenarie 3) vil i dette eksempel således først være en realitet i 2035, mens OTM-beregningerne, der er anvendt i denne analyse, er foretaget for 2025. En simpel fremskrivning til 2035 viser dog, at en fuld udrulning i 2035 ikke vil ændre mærkbart på de beregnede nøgletal.

Fordelen ved først at introducere førerløs drift på Ringbanen er dels, at det kræver relativt få førerløse togsæt dels, at man kan høste de nødvendige erfaringer med førerløs drift inden den førerløse drift udbredes til resten af nettet. I forbindelse introduktionen af førerløs drift på den resterende del af S-banen skal der ske en "parvis sammenbinding" af fingrene, således at linjeføringerne bliver

- Høje Taastrup – Farum
- Frederikssund – Klampenborg
- Køge – Hillerød

Herudover foretages der ikke ændringer i standsningsmønstrene. Det betyder, at der i trin 2028-2030 formentligt vil køre en blanding af hurtige tog og stoptog, da det vurderes, at det vil give anledning til de færreste negative kundereaktioner.

I 2031 introduceres "metro style" køreplanen på hele S-banen, når man råder over tilstrækkeligt mange togsæt til at kunne tilbyde en så høj frekvens, at negative kundereaktioner kan imødegås med en forbedret frekvens over langt det meste af nettet.

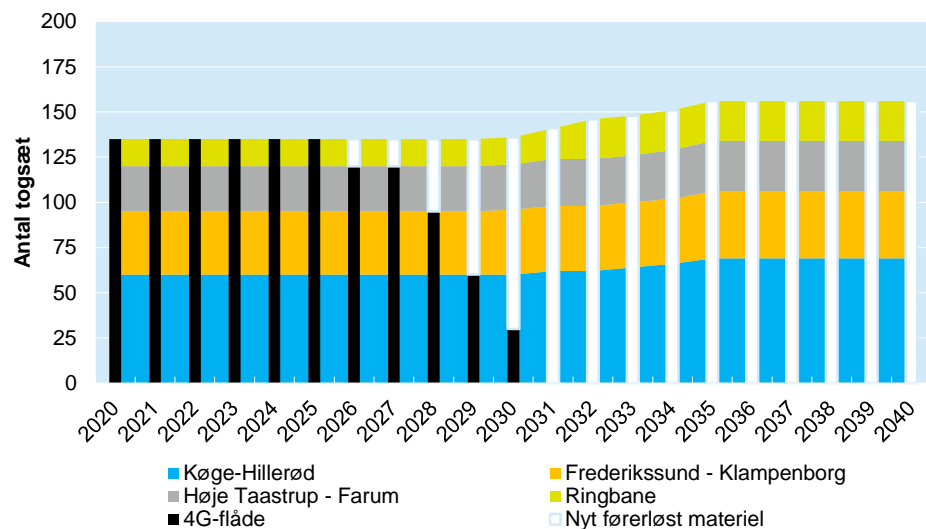
Dernæst bliver Ringbanen i 2032 igen forsøgsbane, idet det er her man høster erfaringer med en højfrekvent førerløs drift.

Endeligt øges frekvensen i perioden 2033-2035 gradvist på den resterende del af S-banen, indtil man når det ønskede serviceniveau. Det kan dog, som det fremgår af de følgende figurer, overvejes om den gradvise øgning af frekvensen skal ske over blot et enkelt år, idet der ikke mangler særligt mange ekstra togsæt for at nå det endelige niveau sammenlignet med 2032-niveauet.

5.1. Indfasning af førerløst materiel og udrangering af nuværende S-togsflåde

Den følgende figur giver et eksempel på, hvorledes materielbehovet for Metro-style (scenarie 3) i henhold til ovenstående trinvis overgang til højfrekvent førerløs drift på S-banen kan udvikle sig over tid. Det bemærkes, at det er valgt, at man i 2030 kører med en blandet drift af eksisterende S-tog (4G-flåden) og førerløse tog på strækningen Køge-Hillerød, da det anses for urealistisk, at det nødvendige antal førerløse tog kan leveres allerede i 2030. På de øvrige linjer er der ikke lagt op til, at man kører med blandet materiel, men i det centrale afsnit vil man i sagens natur køre med blandet materiel. Det vil i en evt. næste fase skulle undersøges, hvordan dette kan gøres i praksis jf. afsnit 6.5.4.

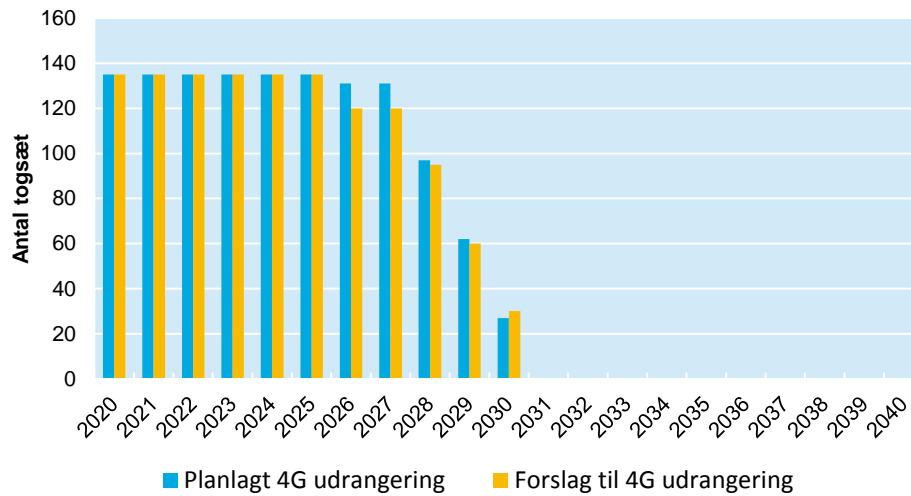
Figur 5.1 | Mulig udrulningsplan for førerløs drift på S-banen



Det bemærkes dels, at overgangen til den førerløse drift er tilpasset en relativt langsom udrangering af det eksisterende materiel dels, at det førerløse materiel sættes i drift i 10-års perioden 2026-2035. Starttidspunktet for introduktion af nyt materiel er således betinget af fuld afskrivningsperiode for eksisterende materiel.

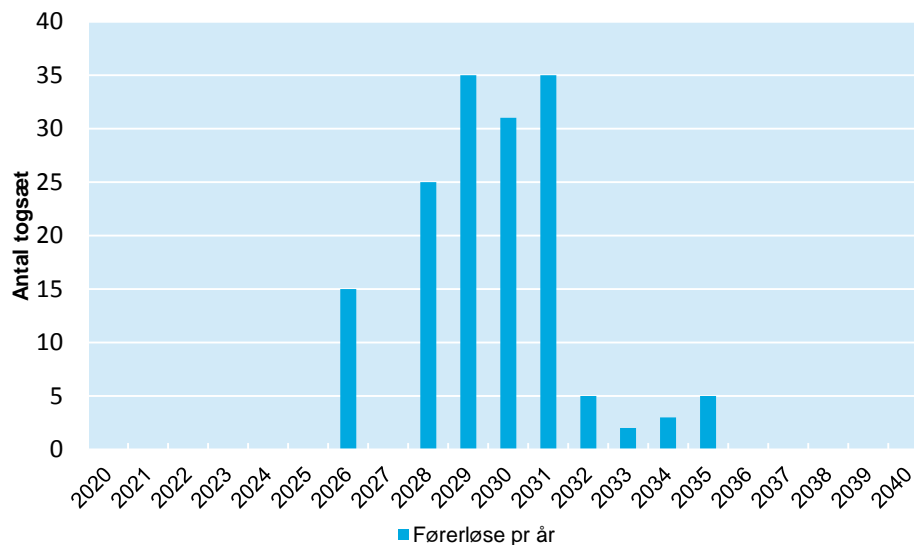
Den næste figur illustrerer, hvorledes det ovenfor viste forløb er søgt tilpasset den pt. planlagte udrangering af 4G-flåden, som dog ikke er besluttet.

Figur 5.2 | Forslag til udrangeringsplan for eksisterende materiel (4G)



Den foreslåede implementering af førerløs drift på S-banen resulterer endvidere i, at der i 2029-2031 tages ca. 30-35 nye togsæt i brug pr år. Det kan vise sig, at være for ambitiøst, idet man som en tommelfingerregel siger, at man maksimalt kan forvente at modtage 2 togsæt pr måned. Det kan derfor være nødvendigt at udjævne leveringen over flere år ved at udvide perioden med 1 år i hver ende af perioden, således at hovedparten af de i alt 155 førerløse togene leveres i årene 2028-2032.

Figur 5.3 | Forslag til ibrugtagelse af førerløse tog



Det skal til ovenstående betragtninger generelt bemærkes, at der er regnet med en kombination af lange og korte togsæt med en størrelse der svarer til hhv. de lange og korte togsæt S-tog i dag råder over. Der er endvidere tilladt en overbelægning på op til 20 % i myldretiderne.

5.2. Alternativ udrulningsplan

Såfremt introduktionen af førerløs drift på Ringbanen ønskes fremrykket, kan Ringbanen gøres førerløs allerede fra 2021, idet det antages, at det tager 7 år at specificere, udbyde og anskaffe nyt materiel. Ved uændret frekvens på Ringbanen skal der bruges 15 korte førerløse togsæt inkl. drifts- og værktødsreserve. De frigjorte 4G-tog fra Ringbanen kan herefter overføres til den øvrige del af S-banen og eventuelt bruges til opformering af kritiske tog i myldretiden eller til at øge frekvensen på en udvalgt linje, hvis der sker en tilstrækkelig efterspørgselsstigning.

Det er vigtigt at bemærke, at man ved en forceret implementering af førerløs drift på Ringbanen vil få frigjort 4G-materiel tidligere end antaget i S-togs nuværende udrangeringsplaner for 4G, hvilket medvirker til at øge materielomkostningerne i S-tog, hvis de ikke anvendes på øvrige strækninger i et vist omfang. Dette er et forhold, der ikke er indarbejdet i nogen af de foretagne analyser.

6. Det videre arbejde

Denne rapport peger på, at en automatisering af S-banen med førerløs betjening og metro-style drift vil medføre en markant stigning i antallet af S-togspassagerer og en forbedret driftsøkonomi for DSB S-tog. Der er formentlig tale om et omkostningsneutralt projekt.

Det næste skridt i at realisere projektet er at komme mere i dybden med en række hardwaremæssige og organisatoriske forhold. I det følgende præsenteres nogle af de emner, som der vil skulle undersøges nærmere i en mulig næste fase af arbejdet med automatisering af S-banen.

6.1. Depot- og værkstedsstruktur

Indførelse af højfrekvent førerløs drift på S-banen og særligt ved en tidlig introduktion på Ringbanen øger behovet for depotspor generelt og særligt i tilknytning til Ringbanen. Ved en udrulning af førerløs drift på S-banen, hvor der i første fase kun vil blive kørt førerløst på Ringbanen, vil der være et særligt behov for at have et depot adskilt fra den øvrige drift til at varetage denne drift.

Etablering af depot på Lersøen ved Ryparken Station er tidligere blevet opgivet som muligheder for placering et nyt depot. Herved er et depot ved Hellerup Station den sidste reelle mulighed for at etablere et større depot i tilknytning til Ringbanen og samtidig tæt på det centrale afsnit. Placeringen ved Hellerup Station synes samtidig hensigtsmæssig i forhold til S-banens driftsmønster samt i situationer ved driftsorden og har derfor også i andre sammenhænge været diskuteret.

På lang sigt er ønsket om et depot nord for Hellerup Station begrundet i et ønske om at skabe øget symmetri i driftsafviklingen ved at få en mere jævn fordeling af depotkapacitet nord og syd for det centrale afsnit. I dag er S-togs depotspor fordelt på 9 forskellige depoter af meget varierende størrelse. Cirka 80 procent af depotkapaciteten ligger syd for det centrale afsnit og kun 20 procent nord for det centrale afsnit. Ud fra en symmetribetragtning vil en placering ved Hellerup Station derfor også være ideel, særligt ved højfrekvent drift på S-banen.

Der foreligger ikke på nuværende tidspunkt en endelig analyse af fordelene og ulemperne ved etablering af et depot i Hellerup.

6.2. Detekteringssystem vs. perrondøre

Med det nye signalsystem på S-banen overgår S-banen til hvad der, i henhold til internationale normer, betegnes som Semiautomatic Train Operation (STO), hvilket vil sige, at togene under normale driftsforhold kører automatisk fra station til station, men fortsat har et bemandedt førerrum. I STO-drift overvåger føreren stadig ind- og udstigningen af togene og sætter

toget i gang, og ved indkørslen på næste station overvåger føreren perronkanten, da han har (en begrænset) mulighed for at bremse, såfremt en passager skulle komme for tæt på eller falde ud over kanten.

Ved overgangen fra STO-drift til UTO-drift har man ikke længere føreren til at overvåge, hvad der under ét kan betegnes som ”perronkantsikkerheden”. Praksis og de internationale normer åbner to muligheder for at varetage ”perronkantsikkerheden” ved UTO-drift:

1. Installation af et detektorsystem, der detekterer ”fremmedelemerter” i sporet ud for perronen + en zone før og efter perronen og som ved detektion udløser nødbremsning af et ankommende tog
2. Opsætning af en skærmvæg langs perronkanten med ”perrondøre” ud for hver dør i toget

Herudover vil der i forhold til STO-drift være nogle krav til mulighed for passagererne i toget og på perronen at kunne udløse et nødstop og foretage direkte opkald til kontrolcentret. Der vil ligeledes være nogle skærpede krav til tog- og perrondørenes sikre funktion, herunder krav til såkaldt sikring mod, at passagerer kommer i klemme i dørene.

Med hensyn til valget mellem detektorsystem og perrondøre er der nedenfor givet en kort oversigt over fordele og ulemper ved de to systemer:

Tabel 6.1 | Detektorsystem vs. perrondøre

	Fordele	Ulemper
Detektorsystem	Relativt billigt Tolerant over for ændrede dørplaceringer i nye generationer af rullende materiel	Kan kun redde en passager fra påkørsel, såfremt faldet sker tidligt nok til at toget kan nå at bremse svarende til situationen ved STO-drift
Perrondøre	Forhindrer fuldstændigt fald ud over perronkant, herunder også selvmordsforsøg fra perron.	Relativt dyrt Forudsætter uændrede dørplaceringer i nye generationer af rullende materiel

Som det fremgår af ovenstående må et detektionssystem antages at være signifikant billigere end perrondøre - især ved omstilling til automatisk togdrift. Ydermere vil perrondøre formentlig lægge svære bindinger på dørplaceringer for fremtidigt rullende materiel. Nutidige detektionssystemer har dog den alvorlige bagdel, at antallet af falske alarmer er så højt, at det rammer driftspålideligheden. Derfor udskiftes Metroens nuværende detektionssystem på de overjordiske stationer med perrondøre.

Det anses dog for ganske sandsynligt, at fremtidige detektionssystemer ved brug af computerbaseret billedanalyse vil kunne nedbringe antallet af falske alarmer til et rimeligt niveau.

Der foregår en stor udvikling inden for billedanalyse og industrielle applikationer heraf, og det vurderes, at det vil være muligt at udvikle et pålideligt, brugbart detektionssystem til automatisk togdrift inden for 10-15 år, som er analysens tidshorisont.

DTU Compute, som er Danmarks største miljø for matematik og computer-science, har vurderet, at en mulig opbygning af et detektionssystem kunne være i tre lag:

1. Det første lag detekterer alle objekter af en vis størrelse (à la Metroens nuværende detektionssystem) ved hjælp af infrarøde stråler eller radarstråler.
2. Det andet lag frafiltrerer unødvendige detektioner ved hjælp kameraer og computeralgoritmer til billedgenkendelse.
3. Som et tredje lag kan kontrolrummet via kameraer inspicere det detekterede objekt i det tilfælde, hvor computeralgoritmerne ikke med sikkerhed kan genkende objektet.

Udviklingen af et sådant system vil være et industrielt udviklingsprojekt snarere end et rent forskningsprojekt, idet de anvendte teknologier allerede eksisterer. Det handler om at sætte dem sammen på den rigtige måde.

6.3. Meromkostninger ved rullende materiel

Den relative prisforskel mellem et STO-tog og et UTO-tog er estimeret ud fra input fra forskellige kilder. Set i forhold til et STO-tog har et UTO-tog følgende yderligere udstyr:

- CCTV
- Intercom
- Røgdetektor
- Afsporingsdetektor
- Forhindrengsdetektor

Derudover er ATC-onboard-enheden mere avanceret på et UTO-tog end på et STO-tog.

Den relative forskel i anskaffelsespris mellem et STO-tog og UTO-tog er estimeret af tre kilder: Parsons og to leverandører af rullende materiel. Det skal understreges, at udregningen af et sådant estimat er behæftet med stor usikkerhed. Når ATC-onboard-enheden medregnes som en del af toget, giver de tre kilder følgende estimater:

- Parsons: UTO-tog er ca. 20 % dyrere end STO-tog
- Leverandør 1: UTO-tog er ca. 2 % dyrere end STO-tog
- Leverandør 2: UTO-tog er 4-6 % dyrere end STO-tog

Med et oprundet gennemsnit kan man regne med at et UTO-tog er ca. 10 % dyrere i anskaffelsespris end et STO-tog, hvilket er anvendt i beregningerne i denne rapport. Omkostningerne til rullende materiel er dog forbundet med en vis usikkerhed, og vil skulle undersøges nærmere i en evt. næste fase.

6.4. Strækningshastigheder på S-banen

Banedanmark undersøger i øjeblikket mulighederne og økonomi i at opgradere til 120 km/t på alle strækninger på S-banen.

En køreplan med kompleks drift med gennemgående tog giver bedst mulighed for at udnytte en opgraderet infrastruktur til 120 km/t på alle strækninger.

En køreplan med homogen/metrolignende drift vil ikke i helt samme grad kunne drage nytte af hastighedsopgraderingerne grundet den kortere afstand mellem stationerne. Rejsetiden fra de yderste dele af fingrene til centrum ventes at kunne reduceres med op til 7 minutter for de gennemgående tog. Det vil sige, der kan reduceres med yderligere 1/2 - 2 minutter i køretiderne i forhold til de tider, der er anvendt i screeningen.

Tabellen herunder viser procentdelen af de enkelte strækninger med given hastighedsbegrænsning. Farum- og Klampenborg-banen skiller sig ud ved kun at have 100 km/t som maksimumshastighed på strækningen. For de øvrige baner mangler der 17-32 procent af strækningerne for fuld opgradering til 120 km/t.

Tabel 6.2 | Procentdel af strækninger med given hastighedsbegrænsning

Strækning	Strækningshastighed [Km/t]								
	40	50	60	70	75	80	90	100	120
Køgebugt	0%	0%	6%	5%	0%	4%	0%	3%	83%
Høje Taastrup	1%	0%	2%	0%	0%	6%	5%	19%	68%
Frederikssund	0%	0%	9%	1%	0%	1%	8%	5%	76%
Farum	0%	0%	0%	7%	0%	5%	40%	48%	0%
Hillerød*	0%	0%	1%	1%	3%	1%	9%	1%	82%
Klampenborg	1%	10%	25%	0%	0%	11%	1%	52%	0%

*Efter hastighedsopgradering til 120 km/t Lyngby-Hillerød

Forbedringer i strækningshastighederne vil skulle indgå i et evt. videre arbejde.

6.5. Øvrige forhold

Der er desuden en række øvrige forhold, der skal undersøges nærmere i en evt. næste fase. Et par af dem er nævnt nedenfor.

6.5.1. Automatisk op- og nedformering af tog

Det antages i denne rapport, at nyt førerløst materiel automatisk kan til- og frakobling, således at der nedformeres ved førstkomende vendestation og

ikke køres unødvendige togsætkilometre. Automatisk op- og nedformering af tog forekommer i dag ikke på førerløse metrosystemer, og det må undersøges hvor langt udviklingen er på dette område. Muligheden for automatisk op- og nedformering af tog eksisterer på nogle nuværende systemer, men det udnyttes så vidt vides kun i begrænset omfang på depoter.

6.5.2. Reduktion i køretidstillæg

Det skal undersøges, om man ved brug af frekvenskøreplaner kan reducere køretidstillægget yderligere, da man i så fald ikke skal indlægge buffertid for at kunne ramme et bestemt minuttal.

6.5.3. Organisatoriske/personalemæssige forhold

Der skal ses nærmere på spørgsmålet om, hvem der har ansvaret for drift/passagerer. Mulige ansvarsfordelinger mellem operatør og infrastrukturforvalter bør undersøges, herunder de personalemæssige forhold. Der vil skulle ses nærmere på mulighederne for en evt. omstilling eller omplacering af nuværende S-bane lokomotivførere.

6.5.4. Omkostninger ved nyt driftskoncept

Ved overgang fra STO-drift til UTO-drift skal Signalprogrammet opgraderes og videreudvikles. Der er nødvendigt med en nøjere analyse af behovet for opgradering og videreudvikling, herunder skal omkostningerne ved udvikling af et driftskoncept (Operational Rules) undersøges nærmere. Dertil kommer, at mulighederne for at køre UTO-tog samtidig med, at der køres STO-tog, skal undersøges nærmere. Der vil sandsynligvis være omkostninger forbundet med dette.

6.5.5. Passagerflow på København H

OTM-beregningerne viser, at væksten i antal passagerer som følge af en automatisering af S-banen formentlig vil medføre kapacitetsudfordringer – særligt på København H. Omfanget af disse kapacitetsudfordringer vil skulle undersøges nærmere.

7. Appendiks

7.1. Forudsætninger for OTM-beregningerne

I det følgende er de væsentligste forudsætninger for OTM-beregningerne givet.

Trafikprognoseberegningerne gennemføres med OTM vers. 5.4. Modellen dækker geografisk det tidligere Hovedstadsområde (København og Frederiksberg kommuner samt de tidligere København, Frederiksborg og Roskilde amter).

Forudsætningerne i Basisalternativet (Basis 2025) svarer på nær to ændringer til beregning af "Ny Ellebjerg og Glostrup som trafikale knudepunkter - Sammenhængende kollektivt net" gennemført for Transportministeriet i 2013. For det første forudsættes her etablering af nye hospitaler ved Hillerød og Køge. For det andet opdateres forudsætninger for S-tog med udgangspunkt i den eksisterende køreplan plus nye standsninger ved Hillerød Syd og Køge Nord.

OTM's basisår er 2004. Der er imidlertid foretaget en verificering af modellen for 2009, hvor trafikberegninger er sammenlignet med statistik. Der foreligger derfor et fuldstændigt sæt af forudsætninger for 2009, så der kan tages udgangspunkt i dem.

7.1.1. Økonomiske forudsætninger og bilejerskab mv.

Udviklingen i BNP er baseret på Danmarks Konvergensprogram 2012 (Finansministeriet, Adam-fremskrivning).

Konvergensprogrammet forventer en real vækst i BNP på 28,3% fra 2009 til 2025 og 54,8% fra 2009 til 2040. Da udviklingen i BNP ikke kan regionaliseres på basis af Konvergensprogrammet, antages det at gælde for OTM-området svarende til landet som helhed.

Der anvendes i OTM en kørselsomkostning ved brug af bil. Den er i 2004-priser 0,77 kr. pr. km ved privatkørsel og 2,98 kr. pr. km ved erhvervskørsel. Udgift til benzin udgør derfor langt den væsentligste post i modellens omkostninger ved brug af bil til private formål. Forbrugerprisen på 95 oktan blyfri benzin er i real pris steget 8,9% fra 2004 til 2009 (kilde: Oliebranchen i Danmark). En fremskrivning på basis heraf medfører 0,84 kr. pr. km ved privatkørsel og 3,25 kr. pr. km ved erhvervskørsel.

Omkostningerne til parkering er i OTM en funktion af parkeringstakst og gennemsnitlig opholdstid. I forbindelse med den seneste revision af OTM blev gennemsnitlige opholdstider beregnet på basis af parkeringsanalyser i Københavns kommune. Opholdstiderne beregnet for 2004 forudsættes også at gælde for fremtidige år, så ændring i parkeringsomkostninger alene er en funktion af parkeringstaksten.

Fremskrivningen af bilejerskabet er baseret på, at udviklingen i bilejerskabet følger den økonomiske udvikling i samfundet opgjort som den forventede udvikling i BNP.

Dette giver en generel stigning i bilejerskab på 12,2 pct. i perioden fra 2009 til 2025 og 23,6 pct. fra 2009 til 2040. For Københavns Kommune er den forventede vækst i bilejerskab imidlertid beregningsmæssigt reduceret med 20 pct. for at korrigerer for, at de københavnske bilejere i et vist omfang fravælger bil til den daglige rejse til arbejde og uddannelsessted og i stedet benytter cykel eller kollektiv trafik.

7.1.2. Kollektiv trafiktakst

OTM anvender gennemsnitlig takst i kollektiv trafik opdelt på antal zonepassager. Det er for 2004 opstillet på basis af statistiske oplysninger fra MOVIA. MOVIA har beregnet den vægtede takststigning, som takststigning for den enkelte billettype vægtes i forhold til antallet af rejser foretaget på den pågældende billettype. Den viser en stigning i real pris på 6% fra 2004 til 2009.

Takststigningsloftet betyder, at de kollektive takster kun kan stige afhængig af udvikling i løn, rente og brændstof (diesel). Her vægtes løn med 60% og brændstof 10%. Transportministeriet har gennemført en beregning baseret på forudsætninger i Trafikøkonomiske Enhedspriser (august 2012), hvor takstloftet udnyttes fuldt ud. Idet renten antages at være uændret på længere sigt og takstnedsættelse på 4,6% i 2013 indregnes, fås en real stigning på 14% fra 2009 til 2025. Transportministeriet beregner for perioden 2009-2040 en real stigning på 28,5%.

7.1.3. Fremskrivning af indkomstgrupper, arbejdspladser og studiepladser

Befolkningstallet i de enkelte zoner er fremskrevet på basis af Danmarks Statistiks kommune og aldersopdelte befolkningsfremskrivning fra 2011. I Københavns kommune er befolkningen 2025 fordelt på modellens zoner på basis af forventet byudvikling, mens det for de øvrige kommuner er fordelt på zoner svarende til 2009.

Befolkningens fordeling over indkomstgrupperne fremskrives på basis af forventet udvikling i BNP. Udviklingen i BNP omregnes til en tilsvarende real stigning i indkomst, idet indkomsten forudsættes at stige med elasticiteten 1 i forhold til BNP.

Arbejdspladser opdelt på zoner og branche er etableret og beskrevet for 2009 i forbindelse med opgave om opdatering af trafikprognose for Cityring. I forhold til undersøgelse af Ny Ellebjerg og Glostrup som trafikknudepunkter - Sammenhængende kollektivt net, forudsættes her nye hospitaler ved Køge og Hillerød jf. ovenfor.

Der er anvendt fremskrivning af arbejdspladser og deres fordeling på brancher, som DTU Transport har foretaget i 2011. Væksten i arbejdspladser i

Københavns kommune er udelukkende forudsat i kommunens byudviklingsområder efter rummelighed, mens de for øvrige kommune er fordelt relativt som i 2009. Derudover er der forudsat en 50% større vækst i de to centrale kommuner og Ringbykommunerne beliggende i Ring-3-korridoren, da arbejdspladsprognosen fra DTU Transport ikke tager hensyn til byudvikling, hvor vækst koncentrerer sig i stationsnære områder. Denne vækst er lagt oveni prognosen fra DTU Transport.

Derudover er der forudsat en udbygning af Nørre Campus i Københavns kommune og sammenlægning af Frederiksberg og Bispebjerg hospitaler, således at der forudsættes etableret nye boliger og arbejdspladser på Frederiksberg hospitals område.

Studiepladser for personer på højst 15 år er fremskrevet på basis af befolkningen i aldersgruppen 8-14 år indenfor den enkelte kommune. Studiepladser på ungdoms- og videregående uddannelser (uddannelser for personer over 15 år) er fremskrevet baseret på vækst i det samlede antal 15-24 årige i OTM-området. Ørestad og Frederiksberg gymnasium er indlagt med 500 henholdsvis 600 studiepladser. De øvrige zoner er efter fremskrivning tilsvarende nedjusteret.

7.1.4. Hospitaler ved Køge og Hillerød

Den nye hospital i Køge forventes placeret i området ved det nuværende hospital, som ligger nær Ølby station. Region Sjælland forventer 4.130 ansatte på det nye hospital i 2025, som kommer fra det eksisterende hospital i Køge og øvrige hospitaler i Region Sjælland (Roskilde, Holbæk, Ringsted, Slagelse og Næstved). Overflytningen af ansatte skønnes ligeligt fordelt mellem de 5 hospitaler. Da alene Roskilde ligger indenfor OTM-området, reduceres alene antallet af ansatte på Roskilde hospital.

Det nye hospital Nordsjælland forventes placeret i området ved Overdrevsvejen og Salpetermosevej syd for Hillerød. Da der ikke foreligger noget skøn over antallet af ansatte ved det nye hospital, skønnes det også at få 4.130 ansatte i 2025. De kommer som overflytninger fra de nuværende hospitaler i Hillerød, Frederikssund og Helsingør. Der forudsættes overflyttet 500 ansatte fra hvert af hospitalerne i Frederikssund og Helsingør samt resten fra det nuværende hospital i Hillerød.

Det er nødvendigt at foretage en eksogen justering for besøgsture til hospitalerne, da modellen ikke umiddelbart kan beregne det. Der foreligger imidlertid ikke oplysninger om antal senge til brug for vurdering af antal besøgende til de nye hospitaler. En beregning med OTM antyder, at der er omkring 1 besøgstur pr. ansat ved Rigshospital og Bispebjerg Hospital. Hvis modelberegninger med og uden de nye hospitaler ved Køge og Hillerød sammenholdes, kan der beregnes 2,4-2,7 nye ture pr. ny arbejdsplads i zonerne med de nye hospitaler. Da der er omkring 1,7 boligarbejdsstedsture pr. arbejdsplads, medfører det 0,7-1,0 besøgsture pr. arbejdsplads.

7.1.5. Portzonetrafik

Ture til og fra OTM-området og transitture igennem området, de såkaldte portzoneture, beregnes ikke af OTM og skal derfor angives som input til prognoseberegningerne.

I forbindelse med opdatering og revision af OTM i 2005-07 blev der opstillet portzone-filer for basis året 2004 afstemt efter aktuelle tællinger. Det er fremskrevet til 2009 baseret på til gængelig trafikstatistik.

OTM fordeler portzoneturene geografisk på basis af modelberegning og observeret trafik i basisåret 2004. Da der ikke er nogen observeret trafik via den nye bane over Køge Nord, resulterer det i en ren syntetisk fordeling af ture på zoner. Da modellen ikke kan identificere, at det typisk er fjernrejser med mål i de centrale bydele, bliver beregningen forkert.

Trafikstyrelsen har i forbindelse med forundersøgelser af den nye bane gennemført trafikprognoser, hvor der er beregnet en fordeling af passagerer på stationer. Turene er forsøgt fordelt på zoner ved tilknytning af zoner til de enkelte stationer. Det er især vanskeligt for de store stationer som f.eks. København H, da oplandet ikke entydigt kan defineres. Det er efterfølgende vurderet og skønnet plausibelt, hvorfor det anvendes som nuværende bedste skøn for fordeling af turene i Hovedstadsområdet samt til Sverige og udenrigslufthavnen. Og trafikprognoseberegningerne foretages relativt i forhold til det.

7.1.6. Infrastruktur

De forudsatte ændringer i infrastrukturen frem til 2025 er stort set udelukkende baseret på de projekter og forbedringer, som er planlagt og vedtaget.

På vejsiden er der af større projekter primært tale om en udbygning af motorvejsnettet med flere spor. Heriblandt en udvidelse af Holbækmotorvejen på visse strækninger til op mod 8 spor, Frederikssundsmotorvejen udvides på visse strækningen til op mod 6 spor, Køge Bugt Motorvejen udbygges til 8 spor, mens Helsingørmotorvejen, Motorring 3 og Motorring 4 udbygges til 6 spor.

Metroselskabet har i forbindelse med undersøgelse af letbane i Ring 3 gennemført detaljerede analyser af konsekvenser for vejtrafikken og skitseret tilpasninger af vejnettet. Det omfatter flere steder reduceret kapacitet, færre spor og reduceret hastighed. Dette er bedst muligt inkluderet i forudsætningerne, som skitserne forelå i efteråret 2012.

Som i ”Ny Ellebjerg og Glostrup som trafikale knudepunkter” indeholder basisscenariet allerede vedtagne forbedringer af infrastrukturen samt kapacitetsudvidelser på Glostrup Station og på Øresundsbanen ved Københavns Lufthavn, Kastrup. Nedenfor er gengivet, hvilke forbedringer, der er regnet med.

Tabel 7.1 | Oversigt over inkluderede infrastrukturforbedringer

Navn	Beskrivelse
<i>Basis 2025</i>	Ny bane København-Køge-Ringsted, Signalprogrammet, Metrocityringen, metroafgrening til Nordhavnen, øget kapacitet på Øresundsbanen ved Københavns Lufthavn, Kastrup og Letbanen i Ring 3 m.v. Der tages i øvrigt udgangspunkt i samme forudsætninger som anvendt i udredningen om Letbane i Ring 3.

7.1.7. Kollektiv trafikbetjening

For den kollektive banetrafik består de største ændringer i, at Metrocityringen med afgreningen til Nordhavnen, letbanen i ring 3 og den nye bane mellem København og Ringsted forudsættes ibrugtaget i 2025.

Busnet er tilpasset de forventede ændringer i banebetjening igennem projekter udført for Metroselskabet og Københavns kommune.

