



## **Trafikale muligheder**

– Kapacitet og regularitet



## Forord

Dette notat omhandler trafikale muligheder – kapacitet og regularitet. Det er udarbejdet i 2009 af Trafikstyrelsen i samarbejde med rådgivningsfirmaet Rambøll Danmark A/S som en del af Trafikstyrelsens København-Ringsted projekt.

Notatet udgør sammen med en række øvrige fagnotater det samlede, tekniske grundlag og den øvrige dokumentation for projektet, og det er samtidig udgangspunkt for indholdet i projektets Miljøredegørelse.

Jan Schneider-Tilli, projektleder.



# Indhold

<b>København-Ringsted, baggrund og formål</b>	<b>7</b>
Resumé	7
<b>Trafikale forudsætninger</b>	<b>11</b>
Trafikken 2017 uden udvidelser (Basisløsning 2017)	11
Trafikken 2017 med 5. sporsløsningen	11
Trafikken 2017 med 5. sporsløsningen, men uden vendespor i Roskilde	12
Trafikken med Nybygningsløsningen	13
Togtyper og vigtige parametre	16
Opholdstider på stationer	16
Køretidstillæg	17
<b>Kapacitet</b>	<b>19</b>
UIC kapacitetsundersøgelser	19
Simuleringer med RailSys® værktøjet	27
Sammenligning af løsninger (Basis, 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen)	32
København H og strækningen til Østerport	33
<b>Regularitet</b>	<b>39</b>
Metodebeskrivelse	39
Små hændelser	40
Store hændelser	44
Sammenligning af løsningsmuligheder	47
<b>Analyserede spor-layouts</b>	<b>49</b>
Ny Ellebjerg (Nybygningsløsningen)	49
Køge Nord-området	51
Hvidovre-Glostrup-Høje Taastrup	55
Kværkeby-Ringsted	58
<b>Referencer</b>	<b>63</b>



## København-Ringsted, baggrund og formål

Folketinget har den 13. marts 2007 vedtaget lov om projektering af jernbaneanlæg København-Ringsted. Med loven bemyndiges transport- og energiministeren til at undersøge og projektere de nødvendige anlæg. Trafikstyrelsen gennemfører på ministerens vegne undersøgelse og projektering af to løsningsforslag.

Projektet "Kapacitetsudvidelse København-Ringsted" har til formål at undersøge og projektere de nødvendige anlæg med henblik på udvidelse af jernbanekapaciteten København-Ringsted ved

- en ny dobbeltsporet elektrificeret jernbanestrækning mellem København og Ringsted over Køge med dertil hørende anlæg (Nybygningsløsningen)
- et ekstra elektrificeret jernbanespor mellem Hvidovre og Høje Taastrup med vendespor i Roskilde samt ekstra spor på dele af strækningen Roskilde-Ringsted og dertil hørende anlæg (5. sporsløsningen).

I begge delprojekter skal der udarbejdes dispositions- og projektforslag. Resultaterne fra dispositionsforslaget udgør grundlaget for en miljøredegørelse, der udarbejdes af Trafikstyrelsen.

Fagnotatet resumerer kapacitets- og regularitetsundersøgelserne af den samlede opgave med kapacitetsudvidelsen København-Ringsted. Notatet analyserer både Nybygningsløsningen og 5. sporsløsningen.

Rambøll og RMCon i konsortium er rådgiver for udførelsen af kapacitets- og regularitetsanalyser af de to løsninger for den kommende jernbanelinje mellem København og Ringsted. Disse bliver sammenlignet både med hinanden og med en basisløsning, der indebærer den nuværende infrastruktur plus KØR-forbedringerne og ETCS-niveau 2 signalanlæg med kortere linjebloksektioner mellem København (ekskl.) og Ringsted.

Fagnotatet er samtidigt en opdatering af det tidligere notat publiceret i juli 2008 [TRAFIKSTYRELSEN 08]. Der er blevet set nærmere på to vigtige punkter fra 2008 undersøgelsen. I begge tilfælde danner Nybygningsløsningen grundlag for undersøgelsen.

Første punkt er driften i København H området, som allerede har været underlagt undersøgelser i den første del af fagnotatet. Projektteamet har nu udviklet en mere detaljeret tilgang, der fører til et mere detaljeret resultat.

Det andet punkt er layout af Ringsted/Kværkeby udfletningen, hvor den ny bane forbindes til den eksisterende Roskilde – Ringsted bane. Et nyt infrastruktur layout uden overføringer undersøges, og resultatet sammenlignes med layoutet med overføring.

For begge punkter er der blevet fremstillet en helt ny køreplan for år 2025, og denne er blevet sammenlignet med 2017 køreplanen.

### Resumé

Med hensyn til kapacitetsforøgelse er hovedkonklusionerne i dette fagnotat, at

- nye signalanlæg (ikke en del af København-Ringsted projektet) giver et fald i kapacitetsudnyttelsen på 12-23% ved uændret trafikomfang inden etablering af 5. sporsløsningen eller Nybygningsløsningen

- **5. sporsløsningen** giver – inkl. effekten af nye signalanlæg – en kapacitetsforøgelse på ca. 35% svarende til ca. 5 persontog pr. retning og time, når der måles i et snit på strækningen København-Roskilde
- **5. sporsløsningen** medfører ingen eller kun marginal kapacitetsforøgelse på strækningen mellem Roskilde og Ringsted
- **Nybygningsløsningen** giver en kapacitetsforøgelse på ca. 90% inkl. effekten af nye signalanlæg svarende til ca. 12 persontog pr. retning og time, når der måles i et snit ved ring III. Ved denne måling indgår således strækningen mellem København og Roskilde på den eksisterende bane samt strækningen mellem København og Ringsted på den nye bane.
- **Nybygningsløsningen** giver en kapacitetsforøgelse på ca. 90%, inkl. effekten af nye signalanlæg, svarende til ca. 9 persontog pr. retning og time, når der måles i et snit ved Ringsted. Ved denne måling indgår således den samlede strækning mellem København og Ringsted – både på den eksisterende bane og den nye bane.

Den angivne merkapacitet er vurderet ud fra den analyserede sammenhæng mellem øget trafik og ændret kapacitetsudnyttelse i de 2 hovedalternativer. Et fald i kapacitetsudnyttelse omsættes til flere tog (skønsmæssigt) ud fra overkapacitetens størrelse i forhold til basissituationen.

Hovedkonklusionen vedrørende regularitet er, at:

- 5. sporsløsningen – med indsættelse af flere tog – giver en lille forbedring i regulariteten på strækningen København – Roskilde sammenlignet med Basis 2017.
- Nybygningsløsningen giver den bedste forbedring af regulariteten mellem København – Roskilde – Ringsted.

### UIC-kapacitet

To forskellige løsninger er taget i betragtning til kapacitetsberegningen: Basis 2012 med konventionelt signalsystem og Basis 2017 med ETCS-niveau II signalsystem, som medfører øget kapacitet. I både Basis 2012 og Basis 2017 er KØR-projektet forudsat implementeret. Analyserne har vist, at reduktionen i kapacitetsudnyttelsen med ETCS-niveau 2 signalsystemet i forhold til Basis 2012 med konventionel signaltekniksignalsystem vil blive 12 til 23 %. 5. sporsløsningen inkluderer et tredje spor på fjernbanen syd for passagertogssporene mellem Hvidovre Fjern og Høje Taastrup, som planlægges benyttet af godstog i begge retninger. De eksisterende spor anvendes herefter primært af passagertog. På sporene med godstrafik i begge retninger er kapacitetsudnyttelsen høj (68-69 %), da sporet fungerer som enkeltspor stærkt trafikeret. Kapacitetsudnyttelsen på de eksisterende spor er 8-19 % lavere end i Basis 2017, selvom der nu kører flere passagertog.

Nybygningsløsningen består af helt ny bane mellem Ny Ellebjerg og Ringsted, der forbindes til Lille Syd Banen ved Køge og Vestbanen ved Kværkeby. Hurtige og langsomme tog (fjerntog, visse regionaltog og godstog) ledes ad den nye bane, og ad den eksisterende bane via Roskilde ledes fjern- og regionaltog, som standser ved enkelte eller flere af mellemstationerne. Blandingen af hurtige og langsomme tog ad den nye bane betyder, at kapacitetsudnyttelsen her bliver på samme niveau som på banen via Roskilde. Ad eksisterende bane bliver kapacitetsudnyttelsen lavere i Nybygningsløsningen, da der her kun kører 11 passagertog pr. time i hver retning.

### Driftssimulering – Resultater pr. løsning

Et generelt resultat af løsningerne er, at der sker stigninger i forsinkelsen, hvor forlængelse af opholdstider forekommer som primære forsinkelser. Sekundære forsinkelser gennem rutekonflikter influerer hovedsageligt godstog. Disse forekommer ved knudepunkter, når godstog venter på, at prioriterede passagertog skal køre først.

I 5. sporsløsningen viser Høje Taastrup sig som en flaskehals, specielt i østgående retning, selvom et ekstra spor er skaffet som aflastning. Tog holder i kø til deres perron og deres plads på sporene mod København, hvoraf det ene bruges i begge



retninger. I Glostrup og Hvidovre Fjern hjælper det 5. spor med at give plads til det øgede antal tog, og der er ingen stigning (eller fald) i forsinkelse på disse strækninger.

Den største flaskehals for passagertog i tilknytning til Nybygningsløsningen er den enkeltsporede tilslutning ved Ølby af den nye bane til Lille Syd banen nord for Køge. Dette kan dog forbedres – ikke kun ved at ændre på infrastrukturen – men også ved at ændre på køreplanen. Et dobbeltspor hele vejen mellem Køge og Køge Nord skønnes dog ikke nødvendigt, så længe antallet af tog ikke forøges ud over de 4, som er maksimum i Nybygningsløsningen. Analysen viser også, at en dobbeltsporet tilslutning til den nye bane og et dobbeltspor nord for Køge Station frem mod Københavnsvej vil give en tilfredsstillende løsning.

### **Driftssimulering – Sammenligning af løsninger**

På den overordnede strækning København til Ringsted (alle ruter) mindskes forsinkelser på passagertog langt bedre i Nybygningsløsningen end 5. sporsløsningen.

5. sporsløsningen rummer det højeste antal tog på strækningen København til Roskilde. Med det øgede antal tog bliver resultaterne for persontogenes regularitet en smule bedre end i Basis 2017-løsningen, da kapaciteten udvides tilsvarende. Adskillelsen af gods- og passagertog er positiv for passagertog, men på enkeltsporsstrækningen øges konflikterne for godstogene. Nybygningsløsningen viser den samlet set bedste forbedring af regulariteten København H-Roskilde-Ringsted, da der her kører færre tog end i Basis 2017 og 5. sporsløsningen.

I sammenligning med Basis 2017-løsningen og 5. sporsløsningen fører det højere trafikvolumen i Nybygningsløsningen ved dens nord- og syd-knudepunkter til det eksisterende netværk kun til konflikter ved Ny Ellebjerg-knudepunkt og kun for vestgående godstrafik, idet disse skal finde en fri kanal blandt passagertogene.

### **Regularitet**

Kapitel 4 beskriver de modeller, som danner grundlag for estimering af regularitet. Den estimerede regularitet anvendes som input til de samfundsøkonomiske beregninger og til indbyrdes sammenligning af de tre løsninger.

Regulariteten måles som den gennemsnitlige forsinkelse af tog fra ankomst til én station til ankomst til en efterfølgende station.

Fagnotatet præsenterer resultater for regulariteten af passagertog, idet køreplanerne er optimeret til fordel for disse. For godstog er fremkommeligheden generelt størst, hvor kapaciteten er størst, men der er ikke foretaget en vurdering af de gennemsnitlige rejsetider gennem Danmark for godstogene løsninger imellem.

En sammenligning med Basis 2017 viser, at den samlede regularitet bedres en smule efter gennemførelse af 5. sporsløsningen, om end ikke mærkbart. Til gengæld vil der være en mærkbar forbedring af regulariteten i Nybygningsløsningen svarende til, at ca. 1/3 af de forsinkelser, der opstår mellem København og Ringsted, kan indhentes.

### **Analyserede spor lay-outs**

Kapitel 5 redegør nærmere for udformningen af de enkelte stationer og sporudfletninger, som har betydning for trafikafviklingen og kapaciteten, herunder for de undersøgte alternative udformninger. Der er undersøgt tre knudepunkter, hvor den nye bane forbindes til det eksisterende banenet: Ny Ellebjerg (nord), Køge Nord (midt) og Kværkeby (syd). Herudover er undersøgt en række forskellige stationsudformninger på strækningen København–Roskilde-Ringsted.

### **Forbedringer i København**

Der er blevet undersøgt adskillige infrastruktur- og driftsvarianter for Københavnsområdet i Nybygningsløsningen. Det bedste driftsmæssige resultat kunne opnås ved at kombinere en optimeret togvej med optimerede køretidstillæg og ekstra signaler i området. Den gennemsnitlige forsinkelse på nøglestationer kunne reduceres med 20,1 % og den gennemsnitlige tillægssinkelse gennem Københavnsområdet kunne reduceres med 46,3 % i det optimerede alternativ sammenlignet med

Nybygningsløsning 2017. De undersøgte infrastrukturtiltag viste sig ikke succesfulde på trods af den konstruktionsmæssige styrkelse, de ville foranledige.

Selvom et større antal tog er i drift i Nybygningsløsningen 2017, kunne den driftmæssige kvalitet forbedres betydeligt i den optimerede variant af Nybygningsløsning 2017 sammenlignet med Basisløsning 2017. Den gennemsnitlige forsinkelse på nøglestationer kunne reduceres med 19 % og tillæggsforsinkelsen gennem København kunne reduceres med 3 %. Desuden vil ensartede togtyper med ensartede accelerationsegenskaber og hastighed kunne bidrage til en forbedret driftskvalitet.

En yderligere køreplan for Københavnsområdet år 2025 blev undersøgt. Generelt set indeholder køreplanen flere tog i myldretiden og færre tog udenfor myldretiden i Københavnsområdet. Denne køreplan blev kun forbedret for togveje på København H. Den driftmæssige kvalitet er en anelse bedre i 2025 Nybygningsløsning varianten med forbedret togvej sammenlignet med 2017 Nybygningsløsning varianten med forbedret togvej både i løbet af hele dagen og i myldretiden. Den gennemsnitlige forsinkelse på hovedstationer kunne reduceres med 7 % og tillæggsforsinkelsen gennem Københavnsområdet kunne reduceres med 5 %.

### **Kværkeby-Ringsted layout**

Kværkeby-Ringsted udflætningen viste sig ikke som en flaskehals hverken i Basisløsning 2017, Nybygningsløsning 2017 eller 5. sporsløsningen. Mens dets funktion i Basisløsningen og 5. sporsløsningen udelukkende er at være forgreningspunkt for de to strækninger til Korsør og til Næstved, er der i Nybygningsløsningen to strækninger, der krydser hinanden på dette sted. I den indledende undersøgelse blev denne krydsning modelleret som en kompliceret udflætning med niveaufri overføringer og højhastighedstransversaler.

Det er blevet diskuteret i Trafikstyrelsen, hvorvidt der kan laves en krydsning med samme funktion, men til en betydelig lavere pris. Begge varianter, den med niveaufri overføring og den uden, er blevet modellerede med 2025 køreplanen. Til trods for det højere konfliktpotentiale i varianten uden niveaufri overføringer, visser begge varianter en samme trafikale kvalitet med den givne køreplan. I begge varianter er den gennemsnitlige tillæggsforsinkelse gennem udflætningen for passagertog 14 sek., hvilket er en stigning på 6 % baseret på den indledende forsinkelse på 3 min og 45 sek. Disse resultater er baserede på de leverede køreplaner. En anden køreplan ville måske give et andet resultat.

## Trafikale forudsætninger

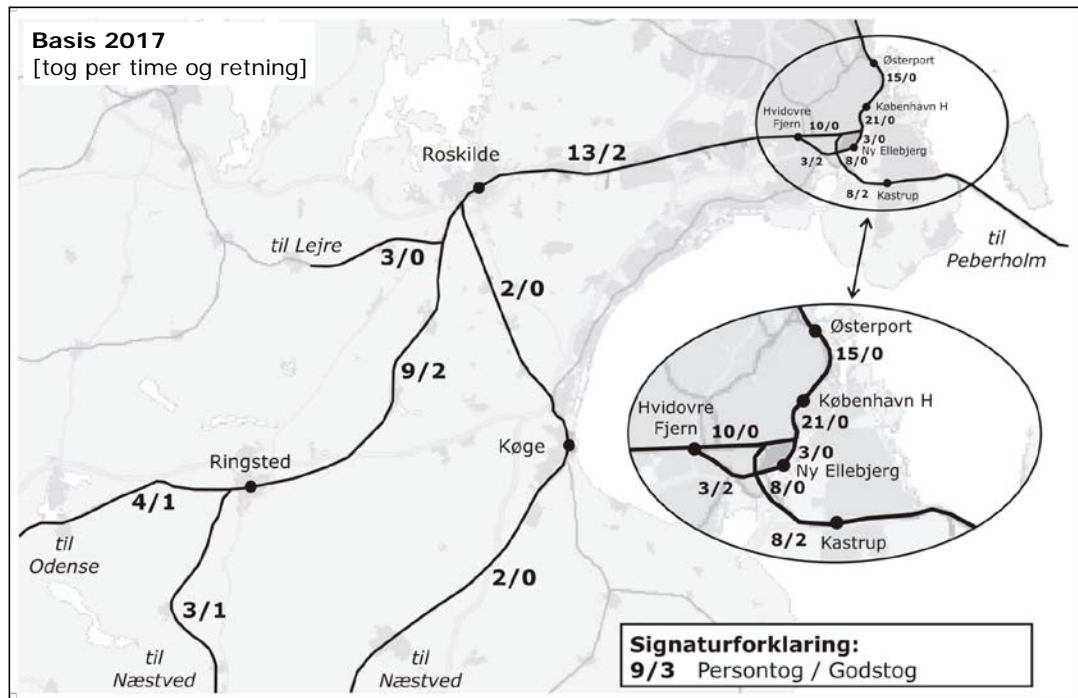
At gennemføre kapacitetsanalyser kræver et trafikalt grundlag, f.eks. i form af køreplaner og planer af spor- og signalanlæggene. I nærværende analyser er taget udgangspunkt i køreplanseksempler for trafikken i 2017 uden yderligere baneudbygninger København-Ringsted end dem, der følger af KØR-projektet. Dette er sammenligningsgrundlaget for analysen og kaldes i det følgende Basis 2017. 5. hovedsporsløsningen og Nybygningsløsningen sammenlignes således med Basis 2017.

Parallelt med kapacitets- og regularitetsanalyserne arbejdes med samfunds- og driftsøkonomisk optimering af de trafikale oplæg, og der er derfor på nuværende tidspunkt ikke nødvendigvis fuldstændig sammenhæng mellem de forudsætninger, der lægges til grund for kapacitets- og regularitetsanalyserne og de samfundsøkonomiske analyser. De eventuelle forskelle vil dog kun have marginal betydning for de resultater, der fremkommer i nærværende analyser.

### Trafikken 2017 uden udvidelser (Basisløsning 2017)

Undersøgelsen tager udgangspunkt i en Basisløsning for år 2017, som omfatter ETCS-niveau 2 signalanlæg mellem København og Ringsted (dog ECTS-niveau 1 på København H) såvel som infrastrukturændringer i medfør af det såkaldte KØR-projekt. KØR-projektet består af en række forbedringer af spor- og signalinfrastrukturen på strækningen København H-Ny Ellebjerg og ved Ringsted med det formål at fjerne en række lokale flaskehalse. Basisløsning 2017 forudsætter også, at den faste forbindelse over Femern Bælt er etableret. Antallet af tog pr. time og retning i myldretiden fremgår af nedenstående skematiske **figur**.

Figur 1. Antallet af tog pr. time og retning i myldretiden



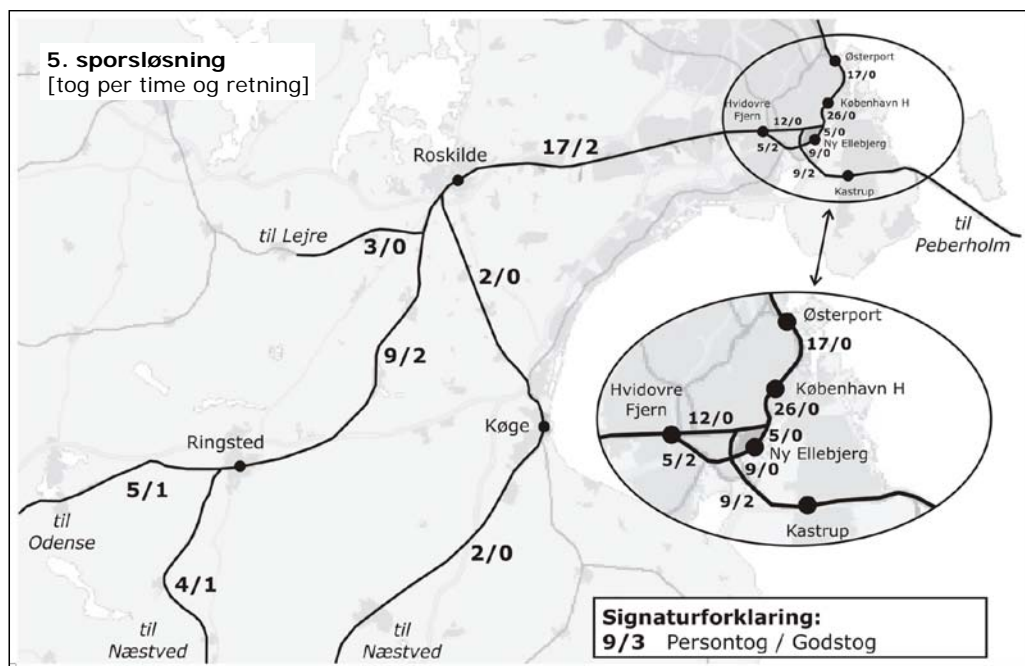
### Trafikken 2017 med 5. sporsløsningen

5. sporsløsningen er en udbygning af 2017 Basisløsningen, og alle Basis 2017-dele er således også inkluderet i denne løsning. 5. sporsløsningen inkluderer endvidere et

trede fjerntogsspor (som inkl. to S-banespor således er det 5. spor) mellem Hvidovre Fjern og Høje Taastrup og et vendespor i Roskilde. Dette 5. spor benyttes af godstog i begge retninger samt regionaltog. De andre to spor benyttes af passagertog i kun en retning hver. Senere omtales nogle alternative muligheder for en 5. sporsløsning.

Sammenlignet med Basisløsning 2017 er der et passagertog mere pr. time fra København til Kastrup og omvendt. Der er fire passagertog mere pr. time fra København til Roskilde, to via KØR-sporene og to via de eksisterende spor. Disse to tog vender i Roskilde i tillæg til et tog pr. time i Basisløsning 2017-køreplanen. Der er ingen tog, der vender i Ringsted i denne løsning; de fortsætter i stedet til Odense og Næstved.

Figur 2. 5. sporsløsning (tog per time og retning)

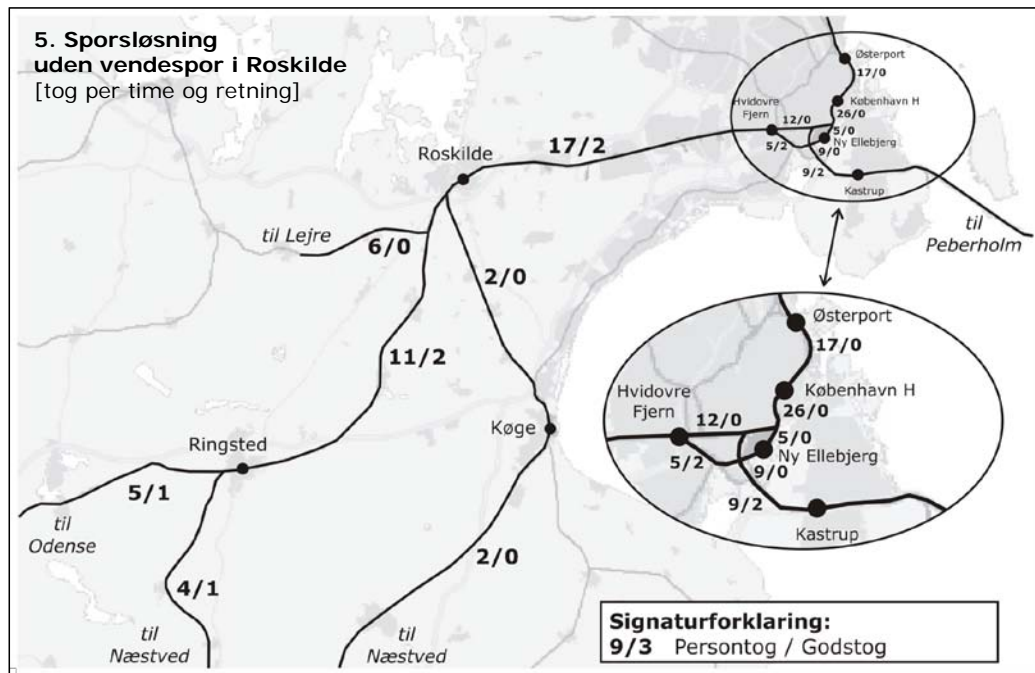


Antallet af tog mellem Østerport og København øges med to tog pr. time og retning.

## Trafikken 2017 med 5. sporsløsningen, men uden vendespor i Roskilde

Infrastruktur 2017 i 5. sporsløsningen uden vendespor i Roskilde dækker en kort fire-sporsstrækning øst for Ringsted inklusiv en niveaufri skæring for tog til Næstved og fra Odense. Derudover forudsættes etableret et fuldt dobbeltspor på Nordvestbanen. I stedet for intensiv togvending i Roskilde fortsætter 3 ud af 5 tog i timen til Lejre-Holbæk, og 2 tog pr. time fortsætter til Ringsted. Togvending i Roskilde vil herefter kun ske i meget beskedent omfang (maksimalt 1 tog pr. time).

Figur 3. 5. sporsløsning uden vendespor i Roskilde (tog per time og retning)



## Trafikken med Nybygningsløsningen

Nybygningsløsningen inkluderer en ny linjeføring mellem Ny Ellebjerg/Vigerslev, Køge Nord og Ringsted som tilføjelse til Basisløsning 2017. Den nye bane benyttes af fjerntog, godstog og regionaltoget.

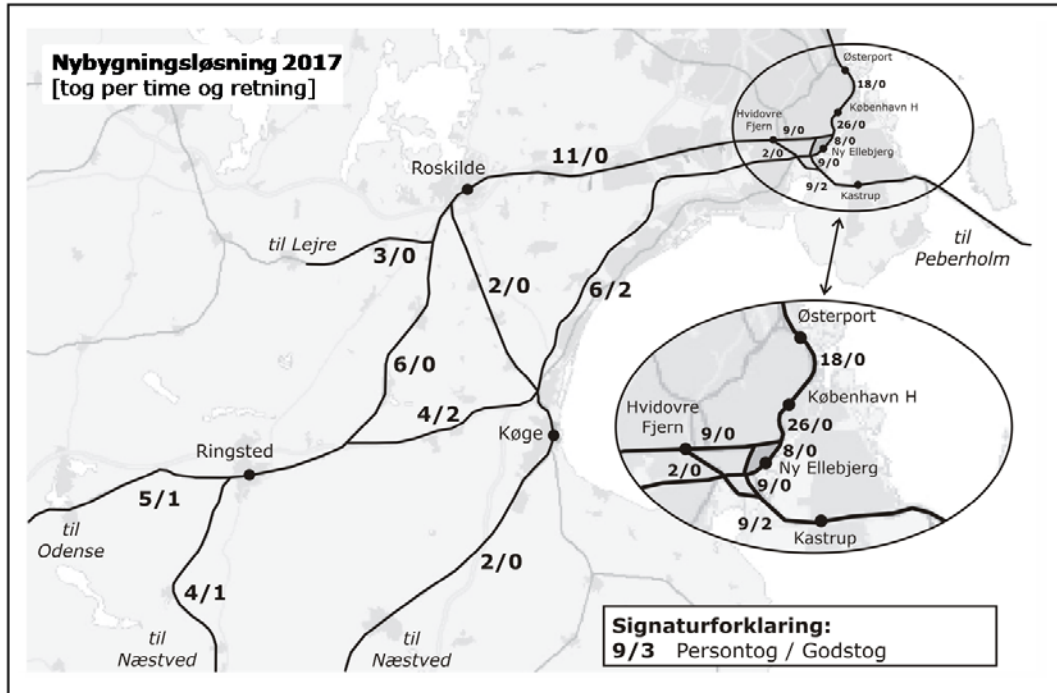
### Trafikken 2017 med Nybygningsløsningen

I 2017 køreplanen for Nybygningsløsningen er der seks passagertog og to godstog pr. time og retning. Regionaltoget stopper ved Køge Nord, men udover nogle få driftsbetingede stop ved denne station for godstog, er der ikke planlagt flere stop på denne strækning. To regionaltoget i timen kører via den nye linje fra Køge Nord via Køge-Haslev til Næstved. De øvrige tog fortsætter til Ringsted og videre til Odense og Næstved.

Banen mellem København og Ringsted via Roskilde benyttes udelukkende af regionaltoget og intercitytoget, elleve pr. time i myldretiden. To af dem vender i Roskilde, mens seks fortsætter til Ringsted og tre mod Holbæk.

Antallet af tog mellem Østerport og København er 18 tog pr. time og retning.

Figur 4. Nybygningsløsning 2017 (tog per time og retning)

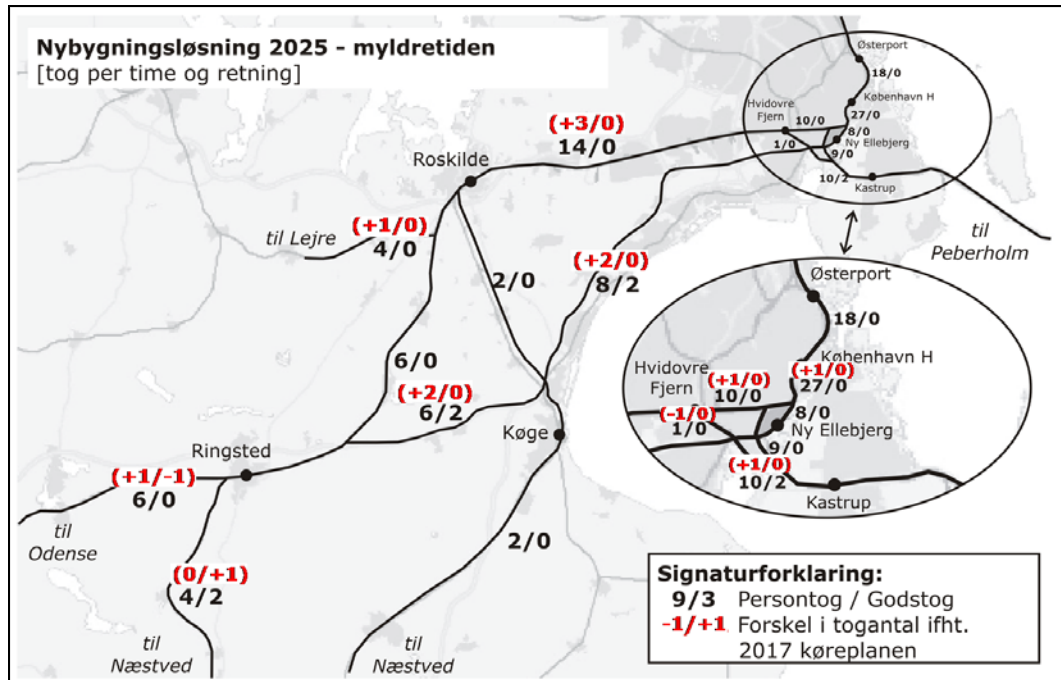


Antallet af tog mellem Østerport og København er 18 tog pr. time og retning.

### Trafikken 2025 med Nybygningsløsningen

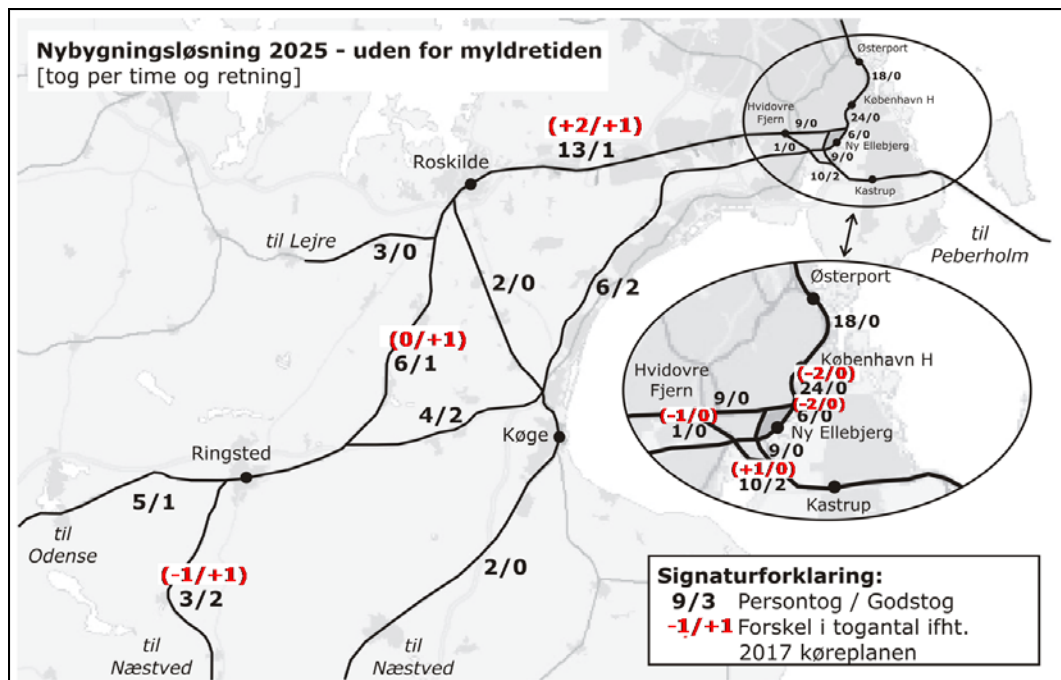
Der er blevet udarbejdet en anden helt ny køreplan for år 2025 i Nybygningsløsningen. Den generelle anvendelse af den nye og den eksisterende strækning via Roskilde er lig med anvendelsen i 2017 køreplanen. Men sammenlignet med 2017 køreplanen har 2025 køreplanen et større antal tog på de centrale strækninger mellem København og Ringsted: 5 ekstra passagertog i myldretiden og 2 ekstra tog samt et ekstra godstog uden for myldretiden. Nedenstående figurer viser det nye togantal (sorte tal) samt indikerer ændringerne overfor 2017 køreplanen (røde tal) i og udenfor myldretiden.

Figur 5. Nybygningsløsning 2025 – myldretiden (tog per time og retning)



I selve Københavnsområdet (afgang/ankomst på København H til/fra syd) er der et tog mere i myldretiden i 2025 køreplanen end i 2017 køreplanen, mens der udenfor myldretiden er to tog mindre. antallet af tog mellem København H og Østerport forbliver det samme i 2017 og 2025.

Figur 6. Nybygningsløsning 2025 – uden for myldretiden (tog per time og retning)



## Togtyper og vigtige parametre

Der arbejdes med tre typer af tog i denne undersøgelse. Fjerntog regnes at være af typen ICE 3-tog, og regionale passagertog er modelleret som IC3-sæt (de almindeligt anvendte danske InterCity tog). Alle godstog antages at være EG-lokomotiv trukket tog med 2000 t togvægt. Parametrene for de anvendte togtyper findes i nedenstående tabel 1.

Tabel 1. Togtyperne

Togtype	Togtype	Maksimal hastighed km/t	Længde m	Togvægt t	Prioritet
Standard togsæt med lignende egenskaber som det tyske ICE 3	Fjerntog	200	200	448	Højest
IC3 togsæt	Regionaltog	180	176	308	Middel
EG lokomotiv	Godstog	100	731	2000	Lavest

Prioriteringen af togtyperne anvendes, når der skal løses konflikter imellem togene under driftssimuleringen. Når passagertog er mere end fem minutter forsinket vil de få højere prioritet end de andre tog af samme togtype, men beholder samme prioritet i forhold til de andre togtyper. For godstog er tærsklen ti minutter.

En ensartet passagertogtyper med ensartede accelerationsegenskaber og hastighed vil kunne bidrage til færre konflikter.

## Opholdstider på stationer

I simuleringen anvendes der opholdstider og vendetider. *Minimum opholdstider* defineres af minimum drifts- og/eller trafikrelaterede opholdstider. I driftssimuleringen vil alle tog altid stoppe i mindst deres minimum opholdstid ved de planlagte stop, også selvom de er forsinkede. Minimum opholdstiden for godstog ved driftsmæssige stop er to minutter. For passagertog er det 30 sekunder ved alle stationer undtagen dem, der er listet i nedenstående tabel 2.

Tabel 2. Minimum opholdstider på mere end 30 sekunder for passagertog

Station	Minimum Opholdstider [min]
København H	2,0
Odense	2,0
Høje Taastrup	1,0
Kastrup	1,0
Køge	1,0
Køge-Nord	1,0
Næstved	1,0
Ny Elleberg	1,0
Nyborg	1,0
Østerport	1,0
Ringsted	1,0
Roskilde	1,0
Slagelse	1,0

En anden driftsmæssig tid er *minimum vendetid*. På de steder, hvor tog starter og ender, er en minimumstid til at ændre køreretning nødvendig. Vendetiden afhænger



både af driftsproceduren med skift af kørselsretning og af toglængden (føreren skal gå til den anden ende) og varierer fra 4 til 7 min. med toglængder på 50-200 m. Minimum vendetid er sat til fem minutter for alle passagertog i dette projekt. Der er ingen godstog, der vender i det undersøgte område.

I nogle tilfælde er de *planlagte tider* længere end minimumtiderne. Dette sker enten af driftsmæssige årsager (f.eks. overhaling, krydsning på enkeltspor) eller trafikrelaterede årsager (f.eks. togforbindelser). I driftssimuleringen kan disse ekstra tider anvendes som køretidstillæg for at reducere forsinkelsen på forsinkede tog, se næste kapitel.

## Køretidstillæg

Køretidstillæg er både forskellen mellem de pågældende planlagte køretider (beregnet som differencen mellem ankomst og afgangstider) og minimum køretider beregnet af RailSys med de pågældende togtyper, såvel som forskellen mellem planlagte og minimum opholdstider for hver station.

Køretidstillæg er indbygget i køreplanen for at dække forstyrrelser i driften. En analyse af køretidstillæggene viste, at køretidstillægget i de kommende køreplaner gennemsnitligt er 4,5 minutter per passagertog, mens det var 7,3 minutter i 2007 køreplanen. Forskellen skyldes primært anvendelse af togtyper, som er mere 'homogene', dvs. ensartede i køreplansmæssig henseende.



# Kapacitet

## UIC kapacitetsundersøgelser

Kapacitetsberegning i henhold til UIC fiche 406 baseres på sammenpresning af planlagte grafiske køreplaner, togveje, uden at ændre rækkefølgen [UIC 04]. Med denne metode flyttes togene så tæt sammen som muligt ift. til den plads, signalanlæggene tillader (se nedenstående figur). En ændring i togsammensætningen ved tog, der overhaler, starter eller ender, er ikke taget med i betragtning. De sammenpressede tog skal alle bruge det samme spor. Tog, der benytter andre spor på stationer, kan ikke medtages (og undersøgelsen omfatter dermed ikke en analyse af stationskapaciteten). Metoden er udviklet til at vurdere banekapaciteten snarere end en station/et knudepunkts kapacitet, og derfor anvendes UIC-metoden her alene til delstrækninger.

Metoden til beregning af UIC kapaciteten blev revideret af projektteamet fra Trafikstyrelsen, Rambøll og RMCon og er beskrevet i det følgende. Metoden anvender simulationsværktøjet RailSys<sup>®</sup>. RailSys anvender den modellerede køreplan og beregner kapacitetsudnyttelsen i forhold til en stationssekvens og et tidsinterval. Opholdstider på mere end to minutter medregnes ikke, og overhalinger af tog er tilladt.

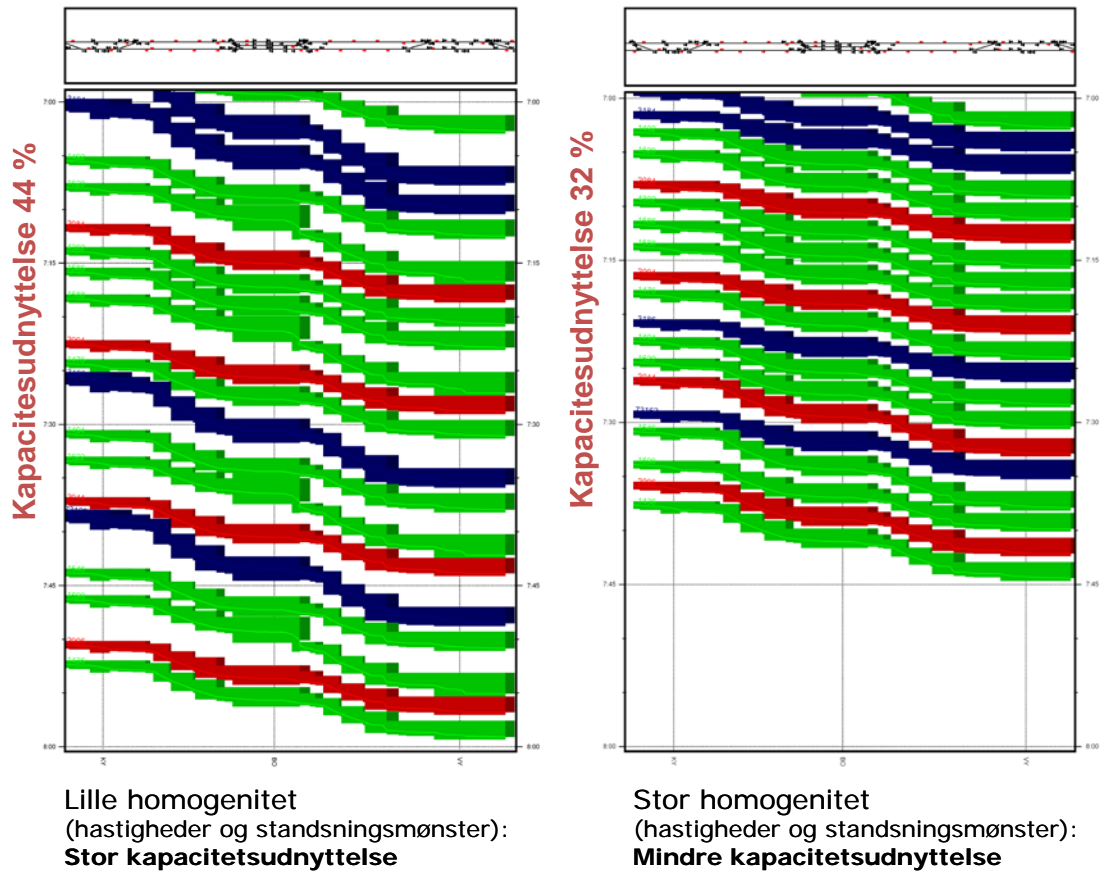
### Faktorer med indflydelse på kapaciteten

Graden af køreplanssammenpresning afhænger i høj grad af længden på den sporstrækning, der evalueres [LANDEX 06]. Afhængigt af strækningens længde er der to hovedfaktorer, der afgør graden af sammenpresning:

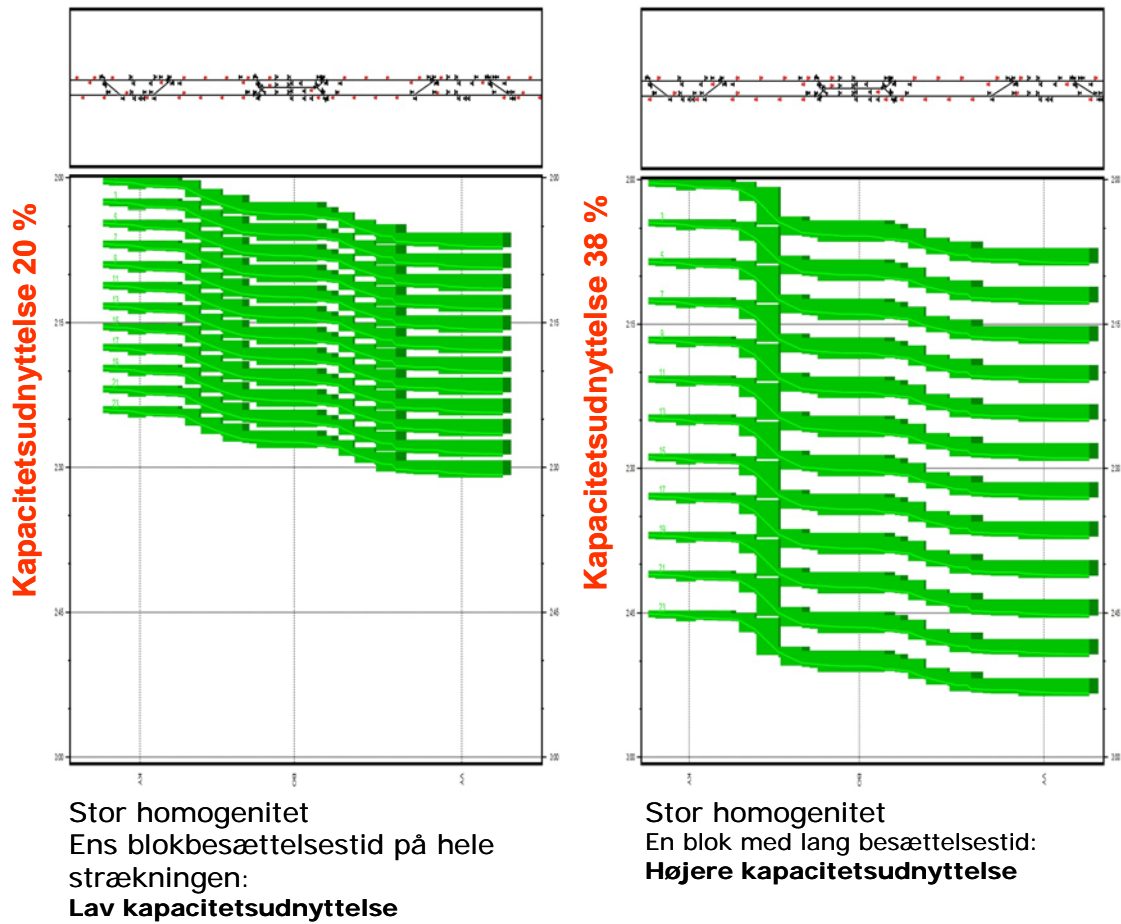
- Køreplanens homogenitet
- Tiden for blokafsnittenes besættelse

Betydningen af køreplanens homogenitet stiger med længden på den evaluerede strækning (se efterfølgende figur 7). Hvis der kun evalueres en meget kort sporstrækning, bliver linjeblok besættelsestiden vigtigere (se figur 8). Dette gælder ikke linjeblok besættelsestiden på den første og sidste station, der evalueres. Disse vil næsten altid påvirke kapaciteten, specielt hvis der er opholdstider, der skal tages i betragtning.

Figur 7. Indflydelse af køreplanens homogenitet på kapacitetsudnyttelsen (med samme antal tog)

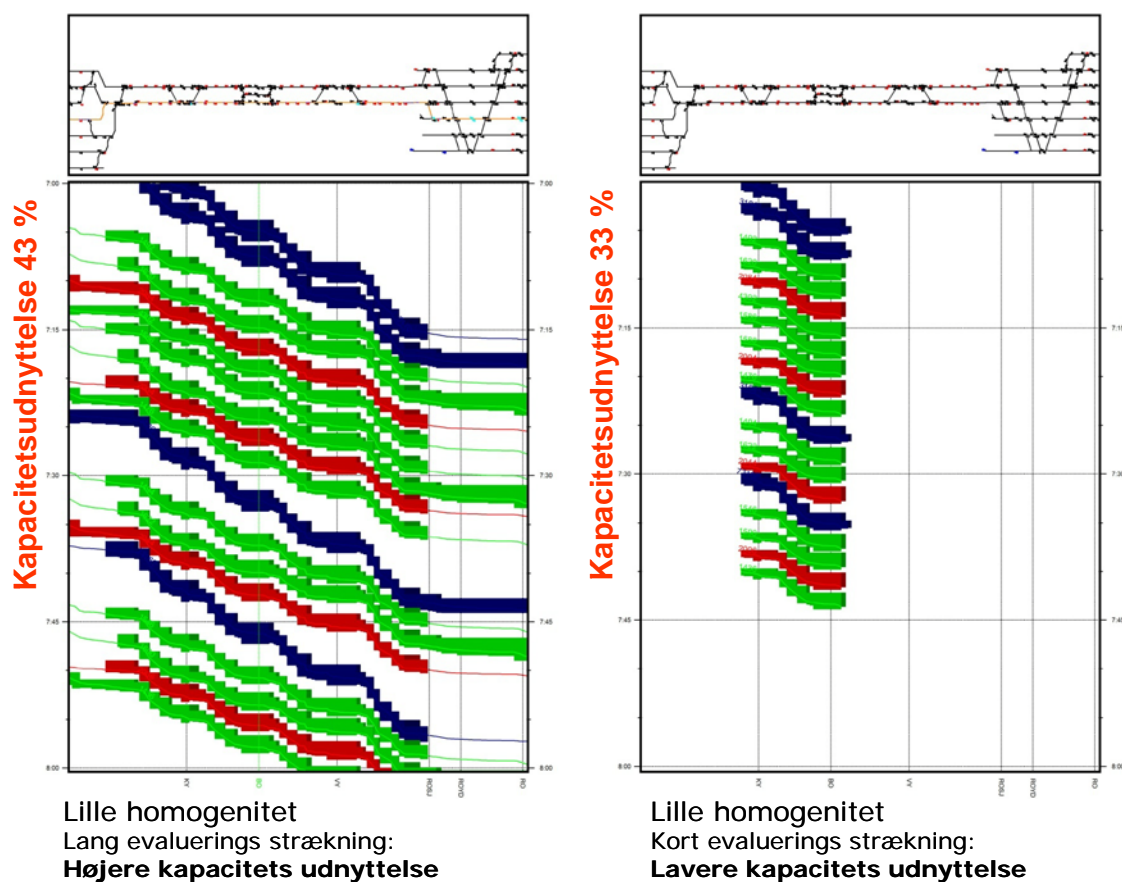


Figur 8. Indflydelse af en lang blok besættelsestid på kapacitetsudnyttelsen med en homogen køreplan



Da de strækninger, der kan evalueres i denne undersøgelse, alle har flere linjebloksektioner, er køreplanens homogenitet den største påvirkningsfaktor. På de fleste baner er langsomme godstog blandet med passagertog med høj hastighed. Hvis disse to togtyper kører efter hinanden bliver afstanden og dermed kapacitetsforbruget meget højt. I dette tilfælde stiger kapacitetsforbruget i takt med længden af analysestrækningen (se følgende figur 9).

Figur 9. Længden af analysestrækningens indflydelse på kapacitetsudnyttelsen med inhomogen køreplan (med samme antal tog)



Analysestrækningerne til sammenpresningsmetoden skal derfor udvælges med hensyntagen til disse forhold. En tilgang kunne være at vælge analysestrækninger af samme længde på alle baner for at sikre, at køreplanens inhomogenitet har samme effekt på alle løsninger. På den anden side er kapaciteten på rigtige banestrækninger defineret af deres muligheder for overhaling, så der bør ikke ses bort fra deres faktiske længde.

#### Udvælgelse af strækninger til analyse

Med teorien og tidligere beregninger (Strategianalysen) taget i betragtning har projektteamet valgt følgende strækninger til analyse (inklusive stationer):

- Valby - Høje Taastrup (ca. 16.5 km) alle løsninger
- Ny Ellebjerg - Høje Taastrup (ca. 16.5 km) alle løsninger
- Roskilde – Ringsted (ca. 33 km) alle løsninger
- Ny Ellebjerg – Køge Nord (ca. 30.5 km) Nybygningsløsningen
- Køge Nord – Ringsted (ca. 28.5 km) Nybygningsløsningen.

Strækningerne blev valgt således for at kunne sammenligne 5. sporsløsningen med Nybygningsløsningen og i øvrigt med resultaterne af den tidligere strategianalyse. Kapacitetsudnyttelsen pr. spor blev analyseret for hver af disse strækninger.

Udover forskellige strækningsslængder må også andre forskelle tages i betragtning, når resultaterne af de forskellige alternativer gennemgås. Der er en betydelig forskel i togsammensætningen på den ny bane og de øvrige løsninger. Generelt er homogeniteten i toghastigheder og dermed køreplanen langt højere på de eksisterende spor. Den ny bane tillader en meget høj hastighed (op til 250 km/t) for passagertog som samtidigt ikke stopper på denne bane. Således er hastighedsforskellen på passagertog og godstog langt højere end på den eksisterende bane.

Derudover forøger en inhomogen køreplan den indflydelse første og sidste linjebloksektions på analysestrækningen har, som beskrevet ovenfor. Afhængig af det specifikke alternativ stopper mellem 63 % og 100 % af togene ved den første/sidste station på den eksisterende bane (Ringsted, Roskilde, Høje Taastrup og Valby). På den nye bane stopper 62 % af togene ved Ny Ellebjerg, men der er kun et godstog, der stopper ved Køge Nord (for overhaling), og kun 25 % af togene stopper i Ringsted. Selve den planlagte opholdstid er den samme ved disse stationer (et minut) undtagen Valby (30 sekunder) og Køge Nord.

Da de afgørende strækninger for kapacitetsudnyttelsen er dobbeltsporsstrækninger, blev kapaciteten for fire-sporsstrækningen mellem Roskilde og Høje Taastrup ikke analyseret.

### Udvælgelse af tidsinterval

UIC fiche 406 foreslår mindst to timers drift for at opnå en repræsentativ værdi for kapacitetsforbruget. Da de modellerede køreplaner i dette projekt indeholder det samme antal tog pr. time og i samme køreplan for hver time i det betragtede tidsinterval, kunne analyseintervallet sættes til en time.

Hverdagskøreplanen kan inddeles i forskellige tidsintervaller: *myldretid*, *normaltimer*, *nat*. Følgende analysetider blev valgt til at repræsentere disse tidsintervaller:

- **Myldretid:** 7.00-8.00
- **Normaltimer:** 12.00-13.00
- **Aften:** 22.00-23.00.

Til modellering af disse tidsintervaller i køreplanen er København og Kastrup Station blevet valgt som referencepunkter. Dvs. tog, der er i drift mellem f.eks. 7.00 og 8.00 ved København, ikke nødvendigvis er i drift mellem 7.00 og 8.00 ved Ringsted. Derfor kan antallet af tog i modsat retning afvige i analysen.

Da vejledningen i UIC fichen efterlader plads til nogen fortolkning, angiver den ikke, hvordan tog, der kun er i delvis drift i det analyserede tidsinterval, skal håndteres. Selv om det virker indlysende at medtage tog, der starter, men ikke ender inden for tidsintervallet, kan det føre til forvirrende resultater, hvis tog der ender, men ikke starter i intervallet også medtages. Derfor medtages i denne undersøgelse kun tog, der starter i angivne tidsinterval. I dette tilfælde vil antallet af de tog, der tages i betragtning, ikke influere kapacitetsforbruget.

### Resultater

UIC kapaciteten blev analyseret for hver af de tre løsninger, Basis, 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen. De forskellige stationsløsninger (se kapitel 5) påvirker ikke UIC kapacitetsforbruget i væsentlig grad. For at muliggøre sammenligning med resultaterne i Strategianalysen [TRAFIKSTYRELSEN 05] blev Basisløsningen analyseret med både de i 2012 og 2017 forudsatte signalsystemer. Det blev antaget, at det nuværende signalsystem stadig vil være i drift i 2012 i modsætning til 2017, hvor ETCS (niveau 2) signalsystem antages at være installeret. De to køreplaner, der blev modelleret på de to forskellige signalanlæg, er nøjagtig de samme.

Resultaterne for kapacitetsforbrug stemmer grundlæggende overens med resultaterne fra Strategianalysen.

### Planlagt trafikering

I følgende tabeller opsummeres, hvordan den udbyggede infrastruktur i 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen i 2017 planlægges udnyttet til en øget trafikering. Resultaterne af UIC kapacitetsanalysen viser, hvor stor en kapacitetsudnyttelse det fører til for hvert af løsningerne sammenlignet med Basisløsningen.

Tabel 3. Samlet trafikering på eksisterende bane og nyt 5. spor/ny bane i et Ring III-snit ved Glostrup-Brøndby. Et ekstra godstog kan afvikles mod en reduktion af 2 persontog.

Strækning	Basis 2017	5. sporsløsningen	Nybygningsløsningen
Eksisterende bane	12P+2G	17P	17P
Ny bane/nyt spor	-	2G	6P+2G
Kapacitet Ring 3-snit	12P+2G	17P+2G	23P+2G
Stigning i %	-	25%	70%

Tabel 4. Samlet trafikering på eksisterende bane og ny bane i et Ringsted-snit. Et ekstra godstog kan afvikles mod en reduktion af 1 persontog.

Strækning	Basis 2017	5. sporsløsningen	Nybygningsløsningen
Eksisterende bane	8P+2G	8P+2G	8P
Ny bane/nyt spor	-	-	6P+2G
Kapacitet Ringsted-snit	8P+2G	8P+2G	14P+2G
Stigning i %	-	0%	70%

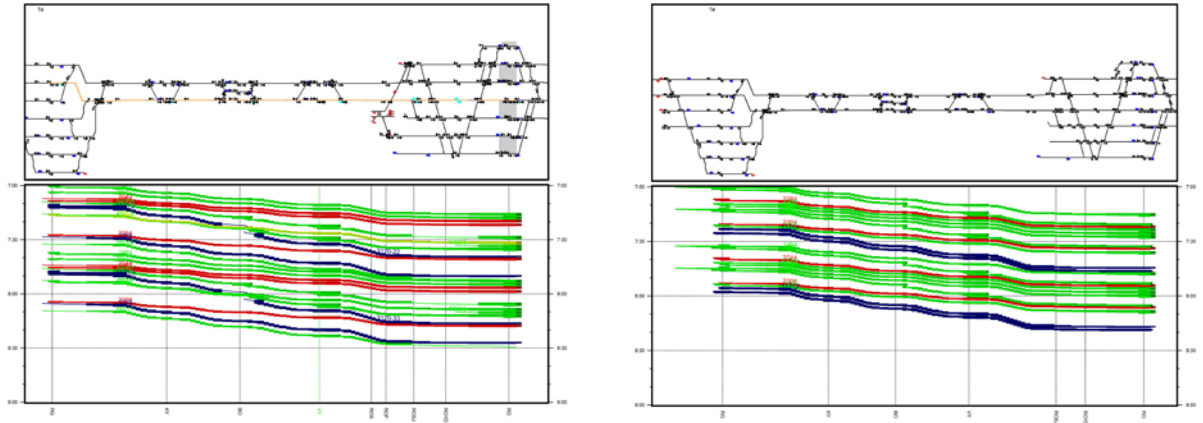
#### Generelle resultater

Et bemærkelsesværdigt resultat af analysen af kapacitetsforbruget var, at det samme tider er højere i normaltimerne end i myldretiden. Dette sker selvom færre eller det samme antal tog er i drift. Det viser, hvordan togsammensætningen påvirker kapacitetsudnyttelsen i væsentlig grad. Den samme effekt kan ses, når de forskellige løsninger sammenlignes. Selvom infrastrukturen og antallet af tog er det samme i 2017 og 5. sporsløsningen mellem Ringsted og Roskilde, er kapacitetsudnyttelsen i 5. sporsløsningen væsentlig højere (se figur 11).

Nedenstående figur 10 viser et eksempel. I begge de viste køreplaner er antallet af tog i drift det samme. På køreplanen til højre er 2 fjerntog med høj hastighed erstattet med 2 regionaltog i forhold til køreplanen til venstre. Ligeledes kører godstogene lige efter hinanden (i bundter), og togene med den højeste hastighedsforskel (højhastighed og gods) kører ikke lige efter hinanden. Det modificerede togsammensætning reducerer kapacitetsudnyttelsen med mere end 10%.



Figur 10. Eksempel på effekten af togsammensætning på kapacitetsudnyttelsen



En anden årsag til den lavere kapacitetsudnyttelse på trods af flere tog er tiden for besættelse af linjeblok afsnittene. Grundet et større antal tog i myldretiden måtte nogle køretider afkortes for at passe ind i køreplanen. Det skete ved, at køretidstillæg om nødvendigt blev reduceret i områder med høj trafiktæthed. De deraf følgende togekørsler er hurtigere, og derfor er deres besættelsestid lavere en i myldretiden, og således følger en lavere kapacitetsudnyttelse.

#### Effekten af nye signalanlæg alene

Kapacitetsudnyttelsen i Basis 2017 falder i forhold til 2012, hvilket er forventeligt, da der med nye signalanlæg (ETCS 2, som er forudsætningen) etableres kortere bloksektioner; altså at togene kan køre tættere. Udnyttelsen spænder fra mellem 54,4 og 69,9% i 2012 alternativet og 47,3 og 54,1% i 2017 alternativet på de analyserede strækninger. Dette betyder, at på trods af det forbedrede signalsystem (ETCS-niveau 2 med 500 m linjebloksektioner) kan kapacitetsforbruget reduceres med 23% mellem Valby/Ny Ellebjerg og Høje Taastrup og med 19 % mellem Høje Taastrup og Valby/Ny Ellebjerg svarende til 2-3 persontogskanaler pr. retning og time. Mellem Roskilde og Ringsted (ETCS niveau 2 med 1000 m linjebloksektioner) er kapacitetsudnyttelsen 15 % lavere i 2017 alternativet end i 2012 og 12% i den modsatte retning svarende til 1-2 persontogskanaler pr. retning og time.

#### Resultater for delstrækninger mv.

Kapacitetsudnyttelsen i Basis 2012 (inkl. KØR-projektet) anvendes som sammenligningsgrundlag for Basis 2017, som i forhold til Basis 2012 omfatter nyt ECTS signalsystem. Basis 2017 anvendes som sammenligningsgrundlag for de øvrige trafikscenarier og infrastrukturløsninger.

5. sporsløsningens alternativ med nyt midtliggende spor blev anvendt i UIC kapacitetsundersøgelserne, fordi dette alternativ var først tilgængeligt. Eftersom antallet af spor er det samme som i alternativet med sydliggende spor, vil resultatet være gældende for begge alternativer.

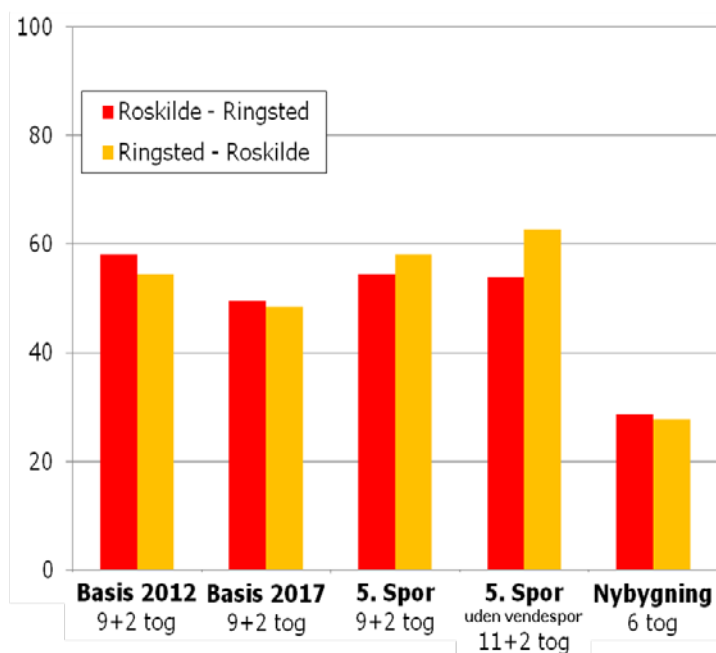
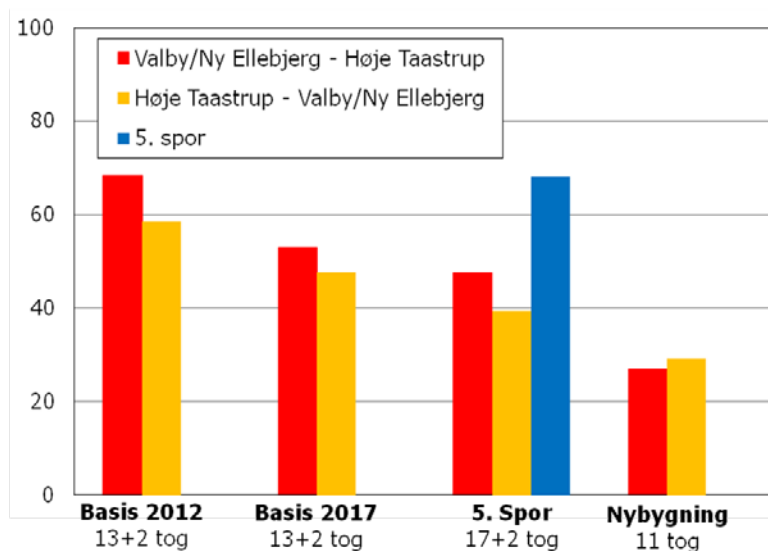
I 5. sporsløsningen med 2017 køreplanen spænder kapacitetsudnyttelsen mellem 39,1 og 58,2% på spor, der er dedikeret til kørsel udelukkende i en retning. På strækningen med det parallelle 5. spor betyder dette en reduktion på 10,5% mellem Valby/Ny Ellebjerg og Høje Taastrup og 17,5% mellem Høje Taastrup og Valby/Ny Ellebjerg i gennemsnit sammenlignet med Basis 2017 løsningen. Grundet det øgede antal tog og en ufavorable togsammensætning er kapacitetsudnyttelsen 13% højere i 5. sporsløsningen end i Basis 2017 på Roskilde-Ringsted.

Selvom der er to tog mere mellem Roskilde og Ringsted i løsningsmuligheden uden vendespor i Roskilde, er kapacitetsudnyttelsen ikke højere fra Roskilde til Ringsted og

kun lidt højere fra Ringsted til Roskilde end i 2017 køreplanen. Grunden til dette er fire-sporstrækningen øst for Ringsted.

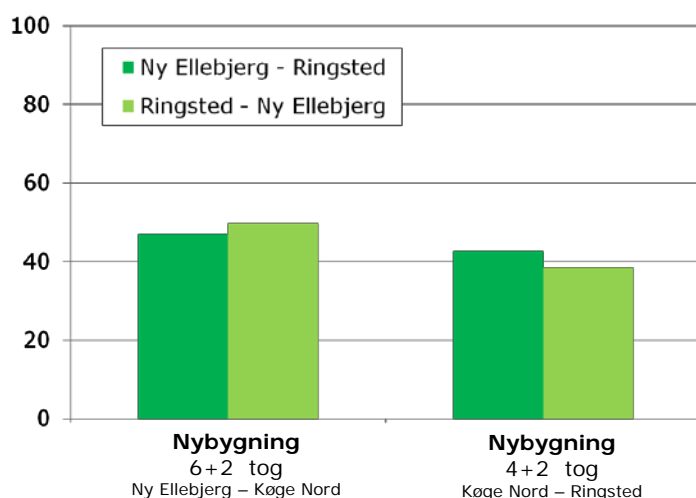
På selve 5. sporet er kapacitetsforbruget meget højt med et gennemsnit på 68 %, dog er der kun 5 tog i timen på dette spor. Grunden er tovejsdriften (1P+4G) på denne bane.

Figur 11. UIC kapacitets udnyttelse i % på eksisterende bane og for alle løsninger



I Nybygningsløsningen er alle gods- og højhastighedstog flyttet fra den eksisterende bane til den nye bane via Køge. Selvom næsten 80 % af togene stadig kører ad eksisterende bane, spænder kapacitetsudnyttelsen kun mellem 26,3 og 29,5 %. Årsagen er en næsten totalt homogen køreplan udelukkende med regionaltog og fjerntog i ret ens standsningsmønster. På den nye bane med en sammensætning af gods, regional og fjerntog er det et andet billede. Med Nybygningsløsningen bliver der således meget større kapacitet for regionaltog på de eksisterende spor via Roskilde. Med 8 tog pr. time og retning mellem København og Køge Nord og 6 tog pr. time og retning mellem Køge Nord og Ringsted er kapacitetsudnyttelsen på 47,0 til 49,7 % (Ny Ellebjerg til Jersie Mose begge retninger) og 38,4 til 42,7 % (Jersie Mose til Ringsted begge retninger).

Figur 12. UIC kapacitets udnyttelse i % for delstrækninger på Nybygningsløsningen, begge køreretninger



## Simuleringer med RailSys® værktøjet

Der er gennemført simuleringer af togtrafikken for at underbygge resultaterne i ovenstående UIC-baserede kapacitetsanalyser at undersøge konfliktforhold i knudepunkter og at bestemme regulariteten (punktligheden, middelforsinkelserne) i Basis 2017, 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen. I nærværende afsnit belyses de strækningsvise resultater, som anvendes til underbygning af resultaterne fra UIC-metoden.

Simuleringerne er gennemført i et område afgrænset af Østerport, Peberholm, Næstved, Odense og Lejre og omfatter alle regional-, fjern- og godstog, som kører på strækningerne. Simuleringen blev udført for Basis 2017 løsningen inklusiv ETCS niveau 2 og simulering af 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen sammenlignes hermed.

### Basisløsningen

Køreplanen for Basis 2017 er konfliktfri, når alle tog kører rettidigt. Imidlertid indtræffer spredte forsinkelser, som flytter tog fra deres planlagte kanaler ("slots"), og dermed påvirkes andre tog af de forsinkede tog. For at simulere en realistisk trafiksituation, påtrykkes togene forsinkelser ved ankomst til det simulerede område såvel som ved stationsophold inden for området. Disse forsinkelser er hentet fra statistiske opgørelser over regularitet (RDS), og det er ved kalibrering sikret, at simuleringssmodellen afvikler dagens togtrafik realistisk.

De følgende stationer har mange passagerer og togene har derfor længere ophold end forventet: Høje Taastrup, Roskilde og Ringsted. Endvidere påvirkes persontogene ofte af meget forsinkede godstog. Det gennemsnitlige forsinkelsesniveau for godstog er omkring 27 minutter. Ikke alle stationer har spor til overhaling af godstog. I sådanne tilfælde må passagertog køre med reduceret hastighed bag et godstog og dermed også blive forsinket.

Sekundære forsinkelser – når tog forsinkes andre tog, f.eks. gennem konfliktende togveje – påvirker godstog mere end passagertog. Disse forsinkelser sker ved knudepunkter eller overhalingsspor, når godstog venter på, at prioriterede passagertog skal køre først.

### 5. sporsløsningen

5. sporsløsningen består i at udvide dobbeltsporet mellem Hvidovre Fjern og Høje Taastrup med et ekstra spor. To hovedalternativer blev undersøgt for trafikafviklingen mellem Hvidovre Fjern og Høje Taastrup: Et alternativ med drift i begge retninger på et midterspor og retningsdrift på ydersporene og et andet alternativ med drift i begge

retninger på et nyt sydligst beliggende spor. Midterspor henholdsvis det sydlige spor anvendes fortrinsvis til at afvikle godstrafikken. Simuleringerne har vist, at det mest fordelagtige med hensyn til trafik kvaliteten er isolering af godstrafikken på det sydligst beliggende hovedspor mellem Hvidovre og Høje Taastrup, hvormed persontrafikken "får sine egne spor".

I Høje Taastrup (se layout i kapitel 5) benyttes spor 0 af godstog i begge retninger samt af rangerende godstog, inden de vestgående godstog benytter overføringen til spor 3 og 4 mod Hedehusene. I tilfælde af forstyrrelser kan de østgående godstog også benytte spor 1 eller 2, forudsat de ikke forsinkes nogen passagertog. Spor 1 og 2 er planlagt til østgående passagertog og 3 og 4 til vestgående passagertog.

En analyse af de uplanlagte stop i Høje Taastrup for alle tog viser, at de fleste af dem sker, når tog nærmer sig Høje Taastrup og må vente på, at deres planlagte spor bliver ledigt. Høje Taastrup viser sig som en flaskehals, specielt i østgående retning, selvom et ekstra spor er skaffet som aflastning. Tog holder i kø til deres spor og deres kanal på de to spor mod København, hvoraf det ene bruges i begge retninger. I 5. sporsløsningen og ved udbygninger af strækninger i det hele taget er det normalt, at stationer vil optræde som flaskehalse på det samlede net.

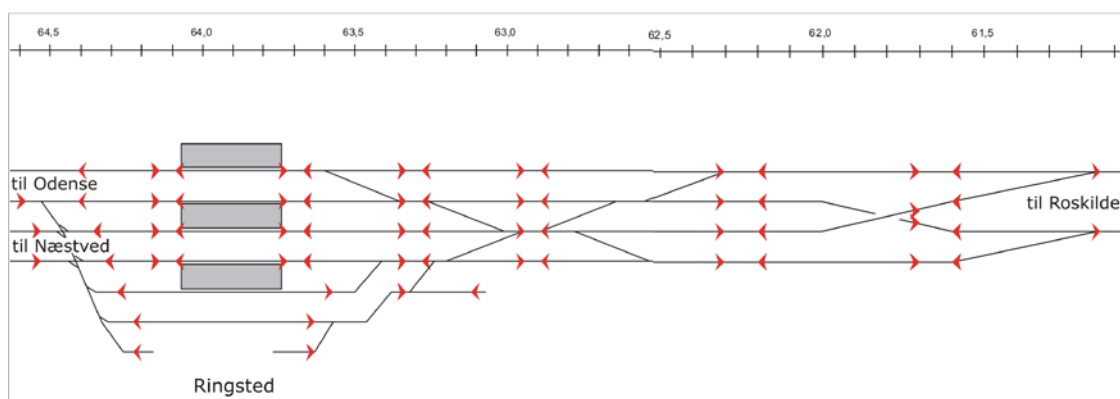
Det er muligt at opstille en køreplan med det maksimalt mulige togantal, som er fri for større konflikter, men lige som i basissituationen viser simuleringen en række konflikter, når togene påtrykkes forsinkelser ved ankomst til simuleringsområdet.

#### Uden vendespor i Roskilde – forlagt vending af tog

For denne køreplan er der kun undersøgt et layout, som er baseret på 5. sporsløsningen for 2017. Infrastrukturen er ændret mellem Ringsted og Kværkeby som vist i nedenstående figur, og det indeholder ikke vendefaciliteterne i Roskilde, som er en del af 5. sporsløsningens grundløsning. Endvidere er forudsat en fuld udbygning af Nordvestbanen Lejre-Vipperød (naboprojekt til København-Ringsted projektet).

Mellem Kværkeby og Ringsted bevirker en niveaufri udfletning, at tog fra Odense og mod Næstved ikke som i basissituationen skal krydse hinanden i niveau. Endvidere er strækningen med kun to spor blevet forkortet fra ca. 31,0 km til 28,7 km. Da vendefaciliteterne i Roskilde ikke er med i dette alternativ, skal ét tog pr. time i vestgående retning krydse sporene i modsat retning for at vende ved perronen i Roskilde uden for myldretiden.

Figur 13. Niveaufri udfletning Kværkeby-Ringsted



Simuleringen viser, at togene med samme køreplan som i Basis 2017 kun i ringe grad bliver påvirket af de to ekstra tog Roskilde-Ringsted. Den gennemsnitlige ekstra middelforsinkelse på Roskilde-Ringsted strækningen bliver mellem 0 og 30 sekunder større afhængigt af togtype og kørselsretning. De forlængede tog får de højeste ekstra forsinkelser. Der er to grunde hertil: 1) Togene skal stadigt krydse tog i modsat retning (fra Næstved) for at komme til spor 5 og 6 i Ringsted, og 2) der er en kort vendetid i Ringsted for et af togene, som vil kunne forbedres ved en optimering af køreplanen.

### Nybygningsløsningen

Ved Ny Ellebjerg er trafikken i Nybygningsløsningen væsentlig større på grund af togene, som benytter den ny bane. Godstogene fra Kastrup skal krydse sporene for passagertogene mod København for at komme til den ny bane. Godstogene skal derfor ofte vente på, at passagertog, som har højere prioritet, skal passere i samme og modsat retning, hvilket giver godstogene øgede forsinkelser her.

Nybygningsløsningen består af samme infrastruktur som Basisløsningen 2017 plus en ny dobbeltsporet bane, som forbinder den eksisterende bane ved Ny Ellebjerg og ved Kværkeby, og som også har en afgang til den eksisterende bane Roskilde – Køge ved Køge Nord. Ved Kværkeby og Køge Nord er der planlagt sammenfletninger med niveaufri skæringer, mens sammenfletningen ved Ny Ellebjerg er i niveau på grund af pladsforholdene. Disse sammenfletninger er potentielle flaskehalse for trafikafviklingen. Udformningen af disse stationer og sammenfletninger er nærmere beskrevet i kapitel 5.

Afgreningen fra Køge Nord til Køge omfatter en ca. 1,2 km enkeltsporet strækning ved Ølby og en dobbeltsporet forbindelse nord for Ølby til Køge Nord. Tilslutningen til den nye bane sker via stationsspor med perron.

To passagertog pr. time fra Østerport til Næstved kører fra Køge Nord ad afgreningen til Køge tillige med to tilsvarende tog i modsat retning. Desuden kører to tog Roskilde-Køge pr. time i hver retning ad den samme enkeltsporede strækning ved Ølby med stop i Ølby. Det betyder, at der samlet er 8 tog i begge retninger, som passerer den enkeltsporede strækning, hvoraf halvdelen standser i Ølby. Denne situation kompliceres yderligere ved, at fire ud af de otte tog kører inden for 7 minutter efterfulgt af en 23 minutters pause. Denne enkeltsporede strækning ved Ølby udgør en væsentlig flaskehals for passagertog for Nybygningsløsningen. Forholdene kan forbedres både ved en ændret køreplan og ved forbedringer af infrastrukturen.

Herudover er et godstog pr. time planlagt overhalet i Køge Nord af et passagertog mod København. Godstoget anvender her afgreningsspor med perron som overhalingsspor. Dette kan være et problem for standsende passagertog, idet de ofte må vente bag et godstog, som bliver overhalet.

For sammenfletningen ved Kværkeby viser simuleringen, at den ikke skaber større konflikter, og at det omfattende og gennemtænkte layout fører til en gnidningsfri trafik.

#### Resultater

Basisløsningerne i denne undersøgelse er beskrevet i Miljødegrundelse 1. De specifikke infrastruktur-alternativer, der er blevet valgt til sammenligning, er:

**Basisløsning:** 2017 design med KØR og ETCS niveau 2 signalanlæg.

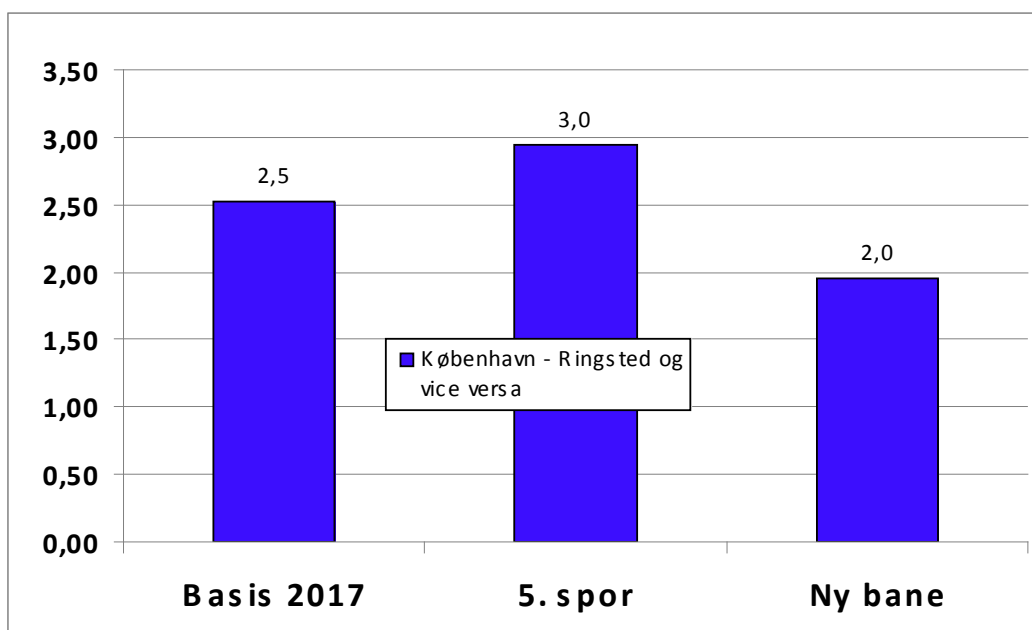
**5. sporsløsningen:** Alternativ med 5. spor i syd og kun anvendt i begge retninger af godstog.

**Nybygningsløsningen:** Dobbeltsporet hhv enkeltsporet tilslutning af forbindelsen til Lille Syd banen ved Ølby.

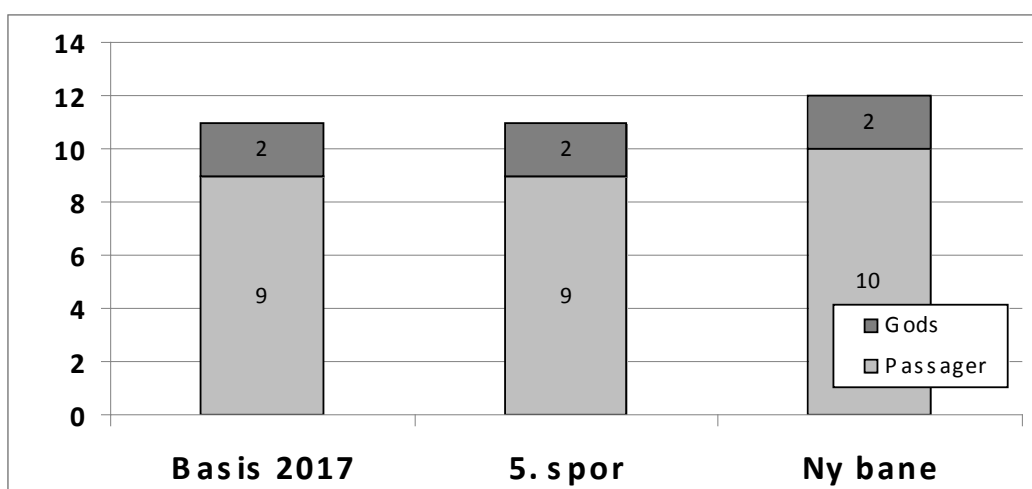
#### Overordnet resultat mellem København og Ringsted

De forskellige udformninger af infrastrukturen og antallet af tog er forskellige i alle varianter. For at muliggøre en overordnet sammenligning indeholder nedenstående figur forsinkelsen på alle passagertog hhv. godstog, der kører på hele strækningen mellem København og Ringsted hhv. Peberholm og Ringsted enten ad den eksisterende bane via Roskilde eller den nye bane via Jersie Mose. Tog, der ender på eller forlader banerne her imellem, er ikke taget i betragtning i sammenligningen.

Figur 14. Gennemsnitlig sammenlagt forsinkelse i minutter for alle passagertog, der kører fra Ringsted til København og omvendt



Figur 15. Antal tog pr. retning der kører fra København til Ringsted (Peberholm til gods)

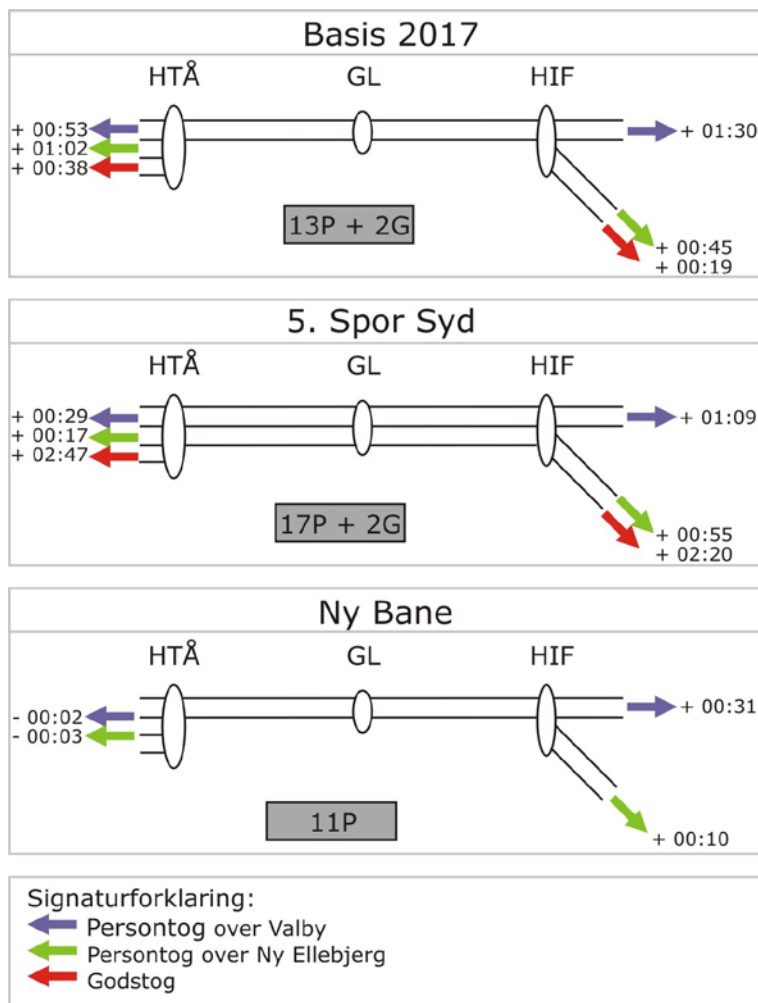


Nybygningsløsningen har de fleste tog kørende mellem København og Ringsted, se figur 15. Men da togene fordeler sig på to baner, er opsamlingen af forsinkelser på passagertog på den overordnede strækning København til Ringsted (alle ruter) klart bedre for Nybygningsløsningen end på 5. spors- og Basisløsningen (se figur 14). Resultater er tilsvarende for godstog, men med større forsinkelsesniveauer.

#### Hvidovre Fjern-Høje Taastrup

Strækningen København-Valby/Ny Ellebjerg-Roskilde rummer det højeste antal tog i 5. sporsløsningen, men resultaterne for passagertog er bedre end i Basis 2017-løsningen, se figur 16. Adskillelsen af godstog og passagertog er gunstig for passagertogene, men på enkeltsporsstrækningen stiger forsinkelsen på godstogene. Nybygningsløsningen giver det bedste resultat på denne strækning med det laveste antal tog.

Figur 16. Udvikling af forsinkelse (i min. og sek.) mellem Valby/Vigerslev og Hvidovre Fjern



Der er også analyseret forskellige muligheder for at anvende 5. sporsløsningen fleksibelt mellem Hvidovre Fjern og Høje Taastrup, således at trafikken sorteres anderledes end med godstogene isoleret på det sydlige spor. Alle alternative trafikeringer viser sig at give større forsinkelser end ovenfor angivet.

#### Ny Ellebjerg–Køge–Ringsted

De tre knudepunkter, hvor den ny bane forbindes til det eksisterende bane-net er Ny Ellebjerg (nord), Jersie Mose/Køge Nord (midt) og Kværkeby (syd). Udformningen af de tre knudepunktområder er for Nybygningsløsningen beskrevet i Miljøredegørelse 1.

Ny Ellebjerg knudepunktet i Basis 2017-designet omfatter ikke udfletningen til Ringsted. Forbindelsen mod Hvidovre Fjern er dobbeltsporet hele vejen i stedet for en kort enkeltsporet strækning som i Nybygningsløsningen. Derudover er trafikvolumen ved Ny Ellebjerg knudepunkt højere i Nybygningsløsningen (se tabel 5). Da passagertogene er prioriteret i forhold til godstog, er deres forsinkelsesstigning lav i alle løsninger. Øget trafikvolumen har derfor kun en effekt på godstogene, som har de ringeste resultater i Nybygningsløsningen.

Tabel 5. Gennemsnitlig sammenlagt forsinkelse for passagertog ved Ny Ellebjerg, Ølby og Kværkeby knudepunkt

Location	Togart	Basis 2017		5. sporsløsningen		Nybygningsløsningen	
		Passagertog	Antal tog	Sammenlagt forsinkelse	Antal tog	Sammenlagt forsinkelse	Antal tog
Ny Ellebjerg knudepunkt	via Roskilde	3/t	- 00:01	5/t	+ 00:02	8/t	- 00:01
	via Ny bane						+ 00:07
Ølby knudepunkt	via Roskilde	2/t	- 00:19	2/t	- 00:09	4/t	+ 00:05
	via Ny bane						+ 00:16
Kværkeby knudepunkt	via Roskilde	9/t	- 00:14	9/t	+ 00:04	10/t	- 00:15
	via Ny bane						+ 00:03

I Køge-området er trafikken fordoblet på enkeltsporsstrækningen omkring Ølby Station i Nybygningsløsningen i forhold til Basis 2017 og 5. sporsløsningen. Der er ingen godstog at tage hensyn til i dette område. Tabel 5 viser forsinkelsesudviklingen ved Ølby, som er værst Nybygningsløsningen med det højeste antal tog. I begge de andre løsninger kan togene endda sænke deres forsinkelse.

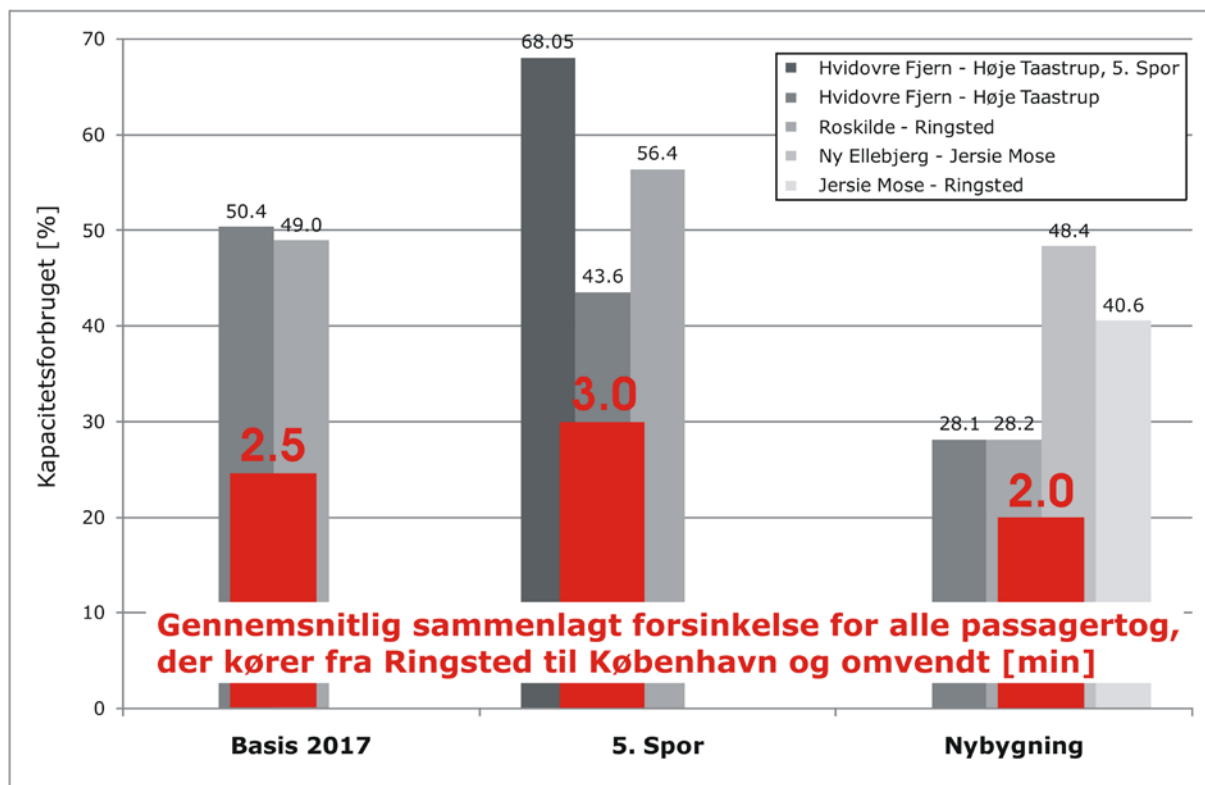
Forsinkelsesudviklingen ved Kværkeby knudepunktområdet viser lave yderligere forsinkelser på alle løsninger til trods for det høje antal af krydsninger i området, se tabel 5. Selvom Nybygningsløsningen indeholder flest tog er forsinkelsesstigningen lavest for tog, der benytter den eksisterende bane via Roskilde. Tog via den ny bane viser en let stigning. Godstog får højere yderligere forsinkelser i alle løsninger på grund af prioriterede passagertog.

### Sammenligning af løsninger (Basis, 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen)

Simuleringsresultaterne afspejler også resultatet af analysen af kapacitetsudnyttelsen. Denne viser den højeste udnyttelse for 5. sporsløsningen og den laveste for Nybygningsløsningen. Figur 17 nedenfor summerer tallene for udnyttelsen for alle løsninger og delstrækninger. Samtidigt viser figuren, at passagertog får den højeste gennemsnitlige tillægsforsinkelse på den analyserede strækning af 5. sporsløsningen og den laveste på Nybygningsløsningen (se figur 17), selvom Nybygningsløsningen har et tog mere end de andre løsninger, se figur 15).



Figur 17. Kapacitetsudnyttelse og gennemsnitlig tillægssforsinkelse



## København H og strækningen til Østerport

### Resumé

Afviklingen af trafikken på København H og de nærmeste strækninger i Nybygningsløsningen har været genstand for særlige analyser med alternative køreplaner og en sammenligning med Basisløsningen 2017. De første af disse analyser er refereret med resultater i sidste års version af fagnotatet [TRAFIKSTYRELSEN 08].

Analyserne er fortsat og de nye resultater er resumeret herunder og nærmere udredt i de følgende afsnit.

Analyserne har omfattet adskillige infrastruktur- og driftsvarianter for Københavnsområdet i Nybygningsløsningen. Det bedste driftsmæssige resultat opnås ved at kombinere en optimeret togvej med optimerede køretidstillæg og ekstra signaler i området. Den gennemsnitlige forsinkelse på nøglestationer kunne reduceres med 20,1 % og den gennemsnitlige tillægssforsinkelse gennem Københavnsområdet kan reduceres med 46,3 % i det optimerede alternativ sammenlignet med Nybygningsløsning 2017. De undersøgte infrastrukturtiltag viste sig ikke gunstige på trods af deres tilsyneladende forbedring af infrastrukturen.

Selvom et større antal tog er i drift i Nybygningsløsningen 2017, kunne den driftsmæssige kvalitet forbedres betydeligt i den optimerede variant af Nybygningsløsning 2017 sammenlignet med Basisløsning 2017. Den gennemsnitlige forsinkelse på nøglestationer kunne reduceres med 19 % og tillægssforsinkelsen gennem Københavns området kunne reduceres med 3 %.

En yderligere køreplan for år 2025 blev også undersøgt. Generelt set indeholder køreplanen flere tog i myldretiden og færre tog uden for myldretiden i Københavnsområdet i forhold til 2017 køreplanen. 2025 køreplanen blev kun forbedret for togveje på København H. Den driftsmæssige kvalitet er en anelse bedre i 2025 Nybygningsløsning varianten med forbedrede togveje sammenlignet med 2017 Nybygningsløsning varianten med forbedret togvej både i løbet af hele dagen og i

myldretiden. Den gennemsnitlige forsinkelse på hovedstationer kunne reduceres med 7 % og tillægssforsinkelsen gennem Københavnsområdet kunne reduceres med 5 % i forhold til 2017 køreplanen.

## Metode

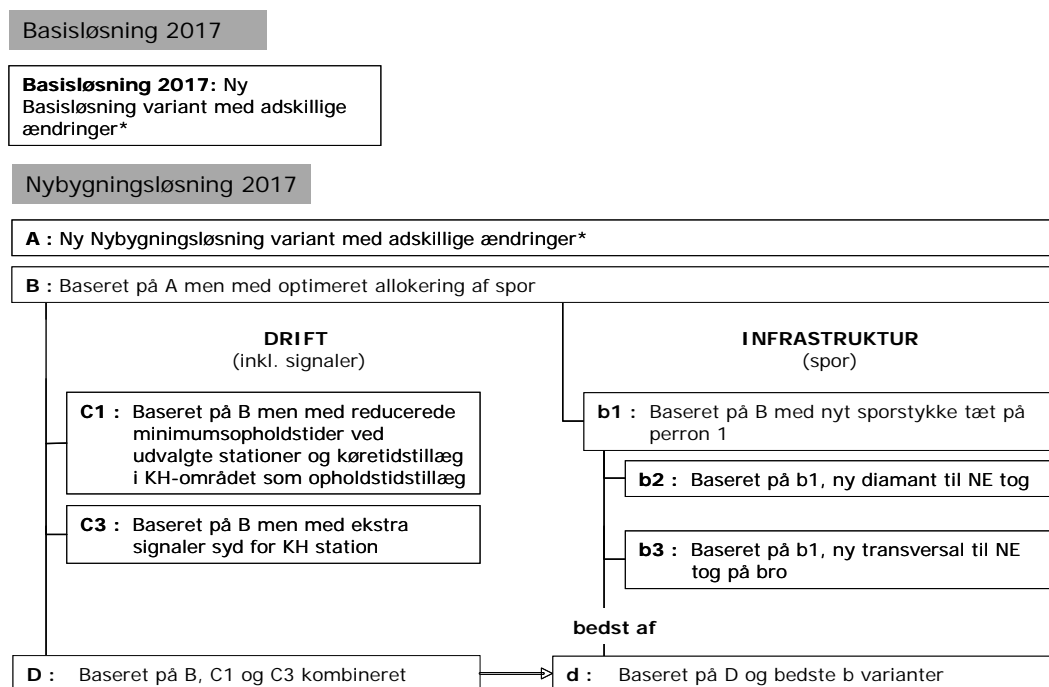
Basissituationen omfatter:

- Inddragelse af Københavns Klargøringscenter (KGC) i modellen; alle rangeringer til/fra KGC,
- Indførelse af ETCS, niveau II mellem Østerport og København (ekskl.),
- Anvendelse af KØR spor som forudsat,
- Reduktion af tillæg til opholdstid
- Anvendelse af alternative spor på Østerport (hvis planlagt spor er optaget).

Visse af disse elementer var ikke med i tidligere analyser af Basissituationen, og sammenligning med resultater fra tidligere notater skal derfor ske med forsigtighed,

Følgende figur giver et generelt overblik over de modellerede varianter.

Figur 18. Oversigt over varianter



Baseret på variant A blev en variant med alternativ allokering af spor og togvej (variant B) undersøgt. For at optimere allokeringen af spor blev adskillige ændringer vurderet. Efterfølgende dannede den optimale variant B grundlag for alle yderligere varianter.

Varianterne blev herefter inddelt i varianter af driftsprocedurer (varianter C1, C3 og D) og varianter af spor layout (variant b1, b2 og b3). Alle varianter med små bogstaver indeholder ændringer i infrastrukturen i form af nye spor. Endelig er alle muligheder for at forbedre trafikafviklingen slået sammen i variant d, som sammenlignes med variant D, som indeholder alle ændringer minus den nye infrastruktur.

## Resultater

For at illustrere simuleringsresultaterne blev den gennemsnitlige tillægssforsinkelse gennem Københavnsområdet (mellem Ny Ellebjerg, Ørestad og Valby til Østerport) og den absolutte forsinkelse ved nøglestationer (Østerport, København H, Ny Ellebjerg, Ørestad og Valby) evalueret.

Basisløsning 2017 repræsenterer det fremtidige infrastruktur layout uden store ændringer så som en ny bane. I dette studie tjener den til at evaluere det egentlige udbytte, som en rådighed over den nye bane måtte give. Den gennemsnitlige forsinkelse i afgang fra København H for alle tog og retninger er 5:19 min. Den gennemsnitlige tillægssforsinkelse i Københavnsområdet er 1:07 min.

#### **Nybygningsløsning 2017, basisvariant (Variant A)**

Variant A er dannet i overensstemmelse med den infrastruktur og køreplan, der oprindeligt blev leveret af TS. Denne udgør grundlaget for alle følgende København varianter. Den gennemsnitlige forsinkelse i afgang fra København H for alle tog og retninger er 5:31 min. Den gennemsnitlige tillægssforsinkelse i Københavnsområdet er 2:01 min.

Således vil Nybygningsløsningen uden yderligere tiltag give en ringere ydelse i Københavnsområdet end Basisløsningen, idet sidstnævnte har betydeligt færre tog.

#### **Allokering af spor varianter (Variant B)**

Baseret på input fra TS blev anvendelsen af spor på København H station optimeret i B varianterne. 13 forskellige varianter blev sammenlignet for at finde den optimale løsning. Hovedelementerne i den optimerede variant er tog, der kun vender ved perron 2, 26 og 5, og at samle tog, der bruger det samme sporstykke, så tidligt som muligt.

I en sådan variant (kaldet variant B) er gennemsnitsforsinkelsen i afgang fra København H for alle tog og retninger 5:20 min, en anelse bedre end variant A. Den gennemsnitlige tillægssforsinkelse i Københavnsområdet er 1:47 min.

#### **Driftsvarianter (Varianter C1, C3 og D)**

Variant C1 er udformet på grundlag af variant B. Minimumsopholdstider på Østerport, København og Ny Ellebjerg er reducerede med 30 sek. Den resterende opholdstid kan anvendes som opholdstidstillæg. Alle køretidstillæg i Københavnsområdet blev reviderede til opholdstidstillæg.

Den gennemsnitlige forsinkelse i afgang fra København H for alle tog og retninger er 4:29 min. Den gennemsnitlige tillægssforsinkelse i Københavnsområdet er 1:14 min. Forbedringen i rettidig kørsel er betydeligt større end den forbedring, der blev opnået med B varianterne (allokering af spor varianter).

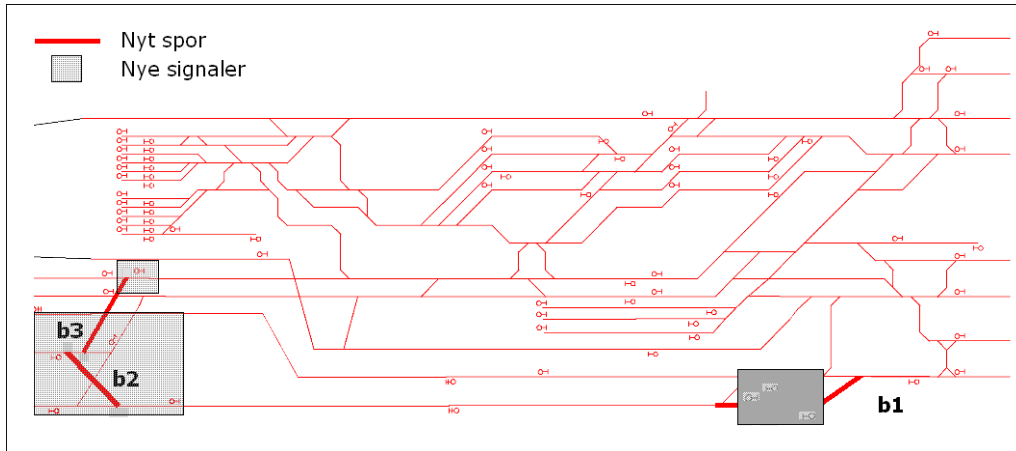
I variant C3 blev der indført nye signaler syd for København H for at muliggøre, at togene fra syd kunne komme tættere på optagene perronspor. I denne variant er gennemsnitsforsinkelsen i afgang fra København H for alle tog og retninger 5:03 min. Den gennemsnitlige tillægssforsinkelse i Københavnsområdet er 1:38 min.

Variant D er en kombination af de tiltagene i variant C1 og C3. Følgelig kunne de betydelige forbedringer i rettidig kørsel i variant C1 blive forbedret yderligere. Den gennemsnitlige forsinkelse i afgang fra København H for alle tog og retninger er 4:14 min. Den gennemsnitlige tillægssforsinkelse i Københavnsområdet er 1:05 min.

#### **Infrastrukturvarianter (Varianter b1, b2, b3 og d)**

Variant b1 indeholder et nyt spor syd for spor 1 for tog fra Ny Ellebjerg og var det bedste af de tre undersøgte infrastrukturvarianter (se følgende Figur 19). Infrastrukturændringerne i variant b2 (diamantkrydsning for at tillade tog på Ny Ellebjerg udkørsel via indkørselssporet) og b3 (ekstra transversal mellem sporene til Kastrup og til Ny Ellebjerg) reducerede ikke forsinkelserne i området.

Figur 19. Ekstra infrastruktur i Københavnsområdet, varianter b1, b2 og b3



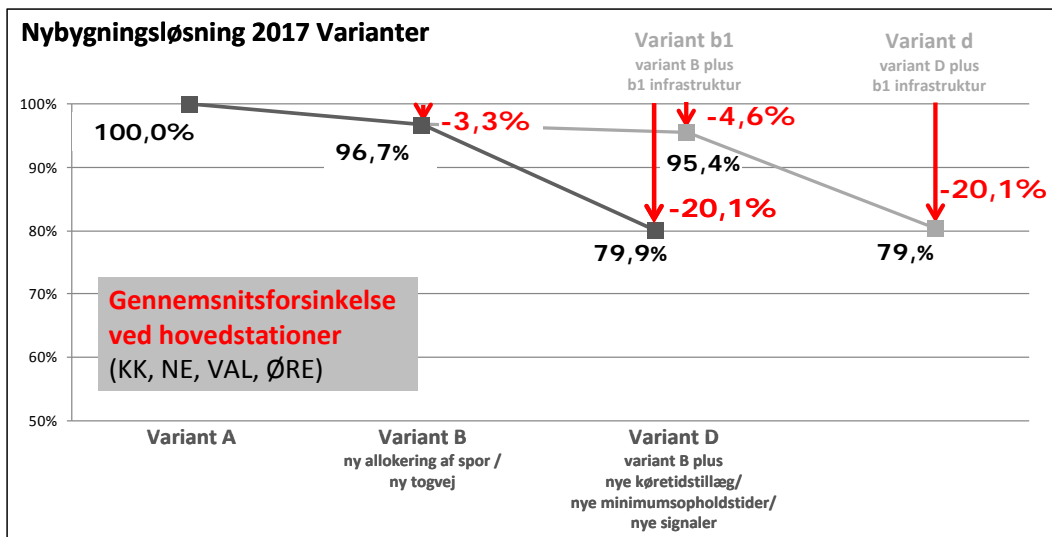
Sammenlignet med variant B uden infrastrukturændringer er der en lille forbedring: den gennemsnitlige forsinkelse i afgang fra København H for alle tog og retninger er 5:12 min, (- 2.5 % sammenlignet med variant B: 5:20 min). Den gennemsnitlige tillægsforsinkelse i Københavnsområdet er med 1:58 min 4 % bedre end B (2:03 min).

Variant d er en kombination af alle drifts- og infrastrukturtiltag, der blev realiseret i varianter D og b1. Gennemsnitsforsinkelsen i afgang fra København H for alle tog og retninger er 4:15 min. Den gennemsnitlige tillægsforsinkelse i Københavnsområdet er 1:07 min.

### Generelle resultater for Nybygningsløsning varianter (Alle Nybygningsløsning varianter A, B, C og D)

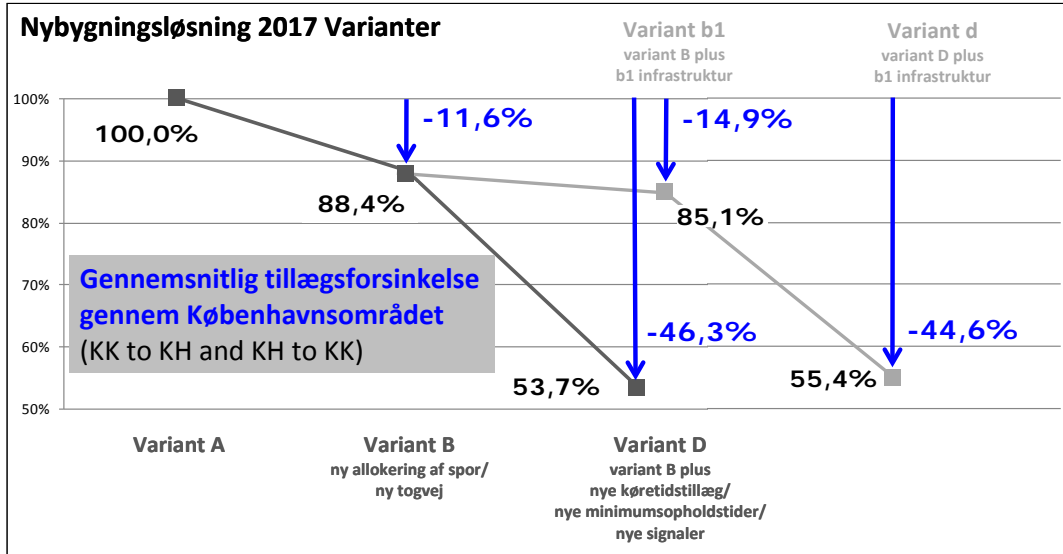
Ved at ændre allokeringen af spor og togveje i området omkring København H, placeringen af køretidstillæg og minimumopholdstider (ved Østerport, København og Ny Ellebjerg) kan forsinkelsen på hovedstationerne Østerport, København, Ny Ellebjerg, Ørestad og Valby reduceres med 0:51 min (20,1%) i gennemsnit.

Figur 20. Gennemsnitlig forsinkelse ved hovedstationer (KK, NE, VAL, ØRE)



Derudover kan tillægsforsinkelsen i Københavnsområdet reduceres med 0:56 min (46.3%) i gennemsnit ved at kombinere ændringerne.

Figur 21. Gennemsnitlig tillægsforsinkelse gennem Københavnsområdet

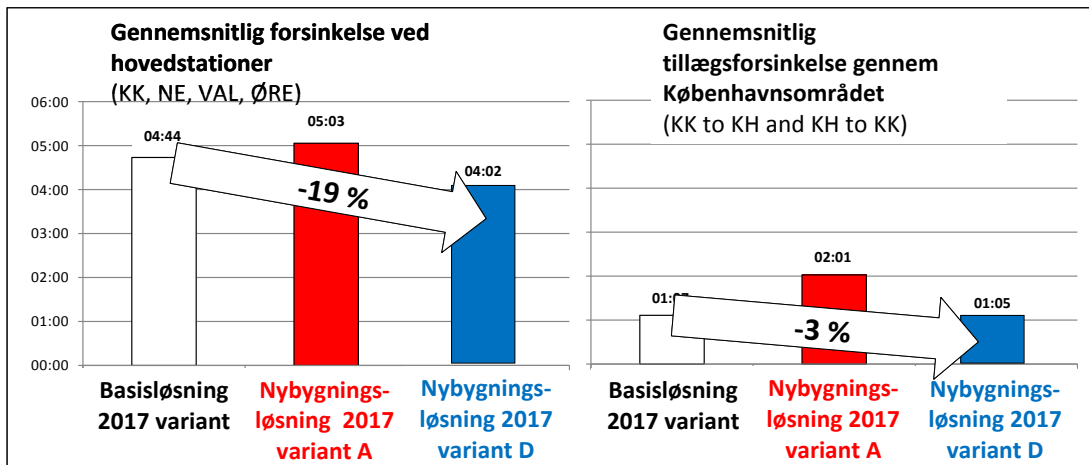


### Den bedste Nybygningsløsning variant sammenlignet med Basisløsning 2017 (Variant D og Basisløsning 2017)

Det viste sig at Nybygningsløsningen med 24% flere tog end i Basisløsning 2017 kan levere en bedre ydelse i Københavnsområdet på trods af det højere togantal gennem adskillige optimeringstiltag. Den ekstra infrastruktur førte ikke til en bedre ydelse i denne proces, hvorimod nye signaler, re-allokering af spor og togveje såvel som omplacerede køretidstillæg forbedrede resultatet betydeligt.

I første omgang har Basisløsning 2017 en bedre ydelse, hvad angår rettidig kørsel end Nybygningsløsningen (variant A) på grund af det højere antal tog i Nybygningsløsningen. Ved at optimere allokeringen af spor og togveje i Københavnsområdet samt ved at reducere minimumsopholdstider og omplacere køretidstillæggene vil den rettidige kørsel for Nybygningsløsningen kunne forbedres. Gennemsnitsforsinkelsen i afgang fra hovedstationerne Østerport, København, Ny Ellebjerg, Ørestad og Valby for alle tog og retninger er 19% mindre i Nybygningsløsningen end i Basisløsning 2017. Tillægsforsinkelsen i Københavnsområdet er også en anelse, 3% mindre. Det er illustreret på figur 22 nedenfor med de skrå pile.

Figur 22. Sammenligning af Basisløsning 2017 variant med Nybygningsløsning varianter A og D



## 2025 Køreplan

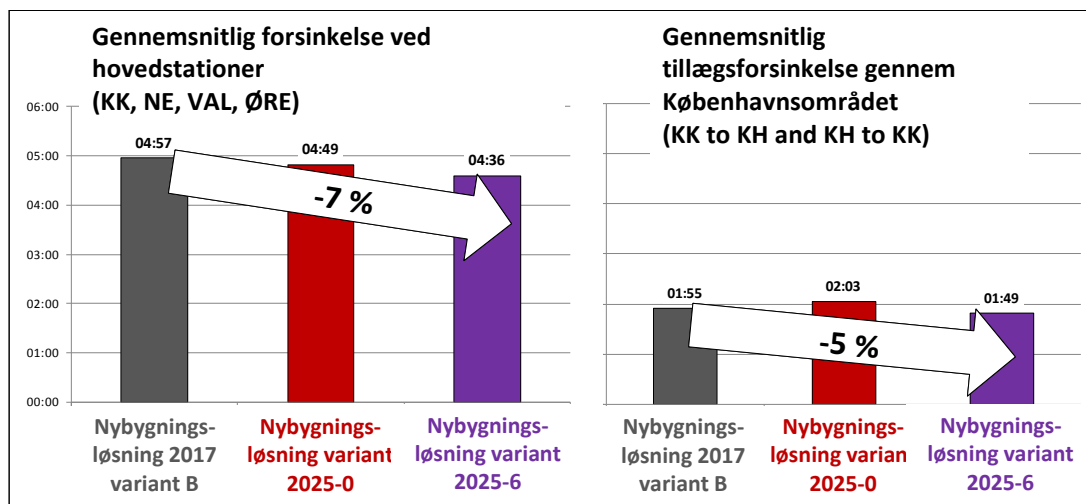
Der er blevet modelleret en anden køreplan for år 2025. Sammenlignet med 2017 køreplanen beskrevet ovenfor har 2025 køreplanen et højere antal tog på de centrale strækninger mellem København og Ringsted i myldretiden (se Miljøreddegørelse 1).

De tre varianter, der er sammenlignet i det følgende, er 2017 køreplanen med optimeret togvej/allokering af spor i København (variant B) og 2025 køreplanen som leveret af TS (2025-0) samt med den optimerede togvej/allokering af spor i København (2025-6), hovedsageligt i myldretiden. 2025 varianterne sammenlignes med variant B, fordi togvejsforbedringen var det eneste styrkende tiltag, der blev afprøvet på 2025 køreplanen for Københavnsområdet. De største tiltag var sporændringer og ekstra depot kørsel for at reducere det høje antal af optagede spor i København.

I myldretiden er antallet af optagede spor på København H langt højere i 2025-0 varianten (58,2%) end i 2017 varianten (49,4%). Ved at optimere allokeringen af spor kan den reduceres til 51,3% i variant 2025-6. Uden for myldretiden er antallet af optagede spor på København H langt lavere i 2025-0 varianten (41,5%) end i 2017 varianten (49,4 %). Dette forbliver det samme i 2025-6 (41,6%).

På trods af de højere antal tog i myldretiden i 2025 varianten kan driftskvaliteten forbedres lidt sammenlignet med 2017 køreplanen. Den gennemsnitlige forsinkelse på hovedstationerne for hele dagen falder med 7% fra Nybygnings løsning 2017 variant B til variant 2025-6, og den gennemsnitlige tillæggsforsinkelse for hele dagen falder med 5 % fra Nybygnings løsning 2017 variant B til variant 2025-6. Det er illustreret på figur 23 nedenfor med de skrå pile.

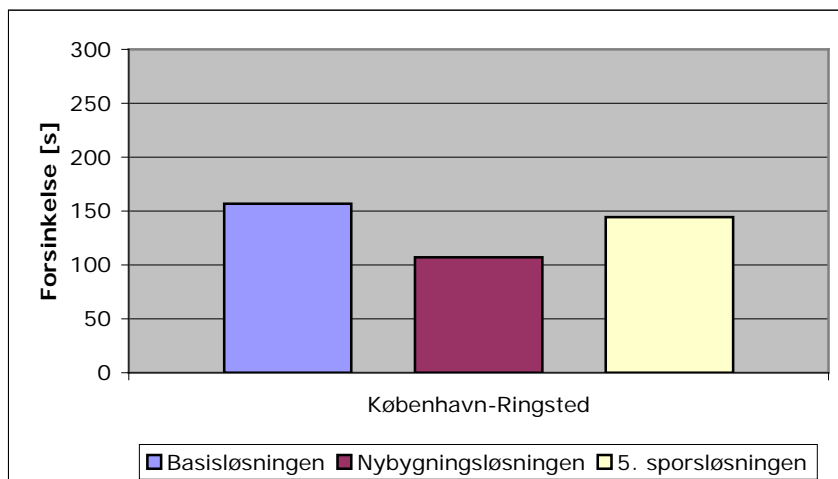
Figur 23. Sammenligning af Nybygningsløsning 2017 variant B med Nybygningsløsning 2025 varianter 2025-0 og 2025-6



Da der er betydelig forskel på myldretiden og ikke-myldretid i 2025 køreplanen, er morgen- og eftermiddagsmyldretiden også blevet vurderet hver for sig. Dette viste resultater, der kvalitativt var ens.

## Regularitet

Dette kapitel viser, hvordan regulariteten for alle tog i de tre løsninger er estimeret. Resultatet, angivet som gennemsnitlig forsinkelse pr. passagertog, er vist i nedenstående figur.



En sammenligning af resultaterne viser, at den samlede regularitet bedres en smule efter gennemførelse af 5. sporsløsningen, om end ikke mærkbart. Til gengæld vil der være en mærkbar forbedring af regulariteten i Nybygningsløsningen svarende til, at ca. 1/3 af de forsinkelser, der opstår mellem København og Ringsted, kan indhentes her.

Kapitlet beskriver de modeller, som danner grundlag for estimering af regularitet. Den estimerede regularitet anvendes som input til de socio-økonomiske beregninger og til indbyrdes sammenligning af de tre løsninger.

Regulariteten måles som den gennemsnitlige forsinkelse af tog fra ankomst til én station til ankomst til en efterfølgende station.

Fagnotatet præsenterer resultater for regulariteten af passagertog, idet køreplanerne er optimeret til fordel for disse. For godstog er fremkommeligheden generelt størst, hvor kapaciteten er størst, men der er ikke foretaget en vurdering af de gennemsnitlige rejsetider gennem Danmark for disse.

### Metodebeskrivelse

Regularitetsanalyserne er delt, så der først ses på påvirkningen af trafikken fra mindre hændelser og derefter på påvirkningen af trafikken fra større hændelser.

Estimering af påvirkning af trafikken fra små hændelser tager udgangspunkt i resultater fra simuleringer. Estimering af påvirkning af trafikken fra store hændelser tager udgangspunkt i en analyse af data fra Banedanmarks regularitets- og driftsstatistik database (RDS).

**Små hændelser** defineres som en infrastruktur med "normal tilgængelighed", altså ingen køreledningsfejl, sporskiftefejl, signalfejl, tognedbrud mv. som bør give en væsentlig nedsat kapacitet.

Indtræffer en **stor hændelse**, vil hele eller dele af et banestykke være i reduceret drift, hvormed trafikken må disponeres anderledes end i normalsituationen. Over det ramte stykke vil det sædvanligvis være nødvendigt at reducere togdriften markant, hvilket en simuleringsmodel ikke uden manuelle indgreb vil være i stand til at håndtere.

I løbet af kapitlet estimeres indflydelsen på regulariteten fra små og store hændelser for hver af de tre løsninger, og i slutningen af kapitlet foretages en sammenligning af regulariteten totalt set for de tre løsninger.

## Små hændelser

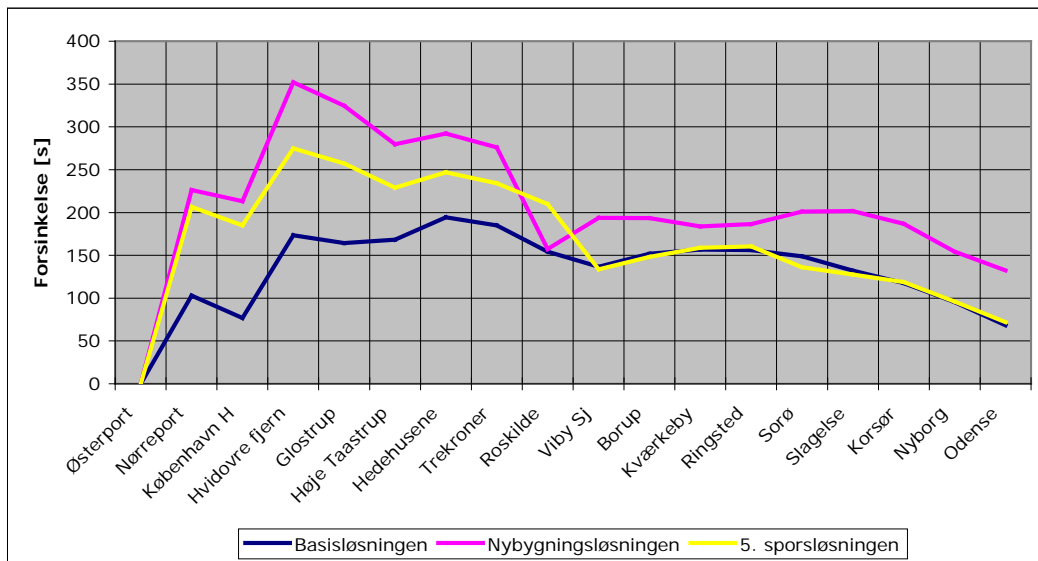
Estimering af påvirkningen af trafikken fra små hændelser tager udgangspunkt i resultaterne fra simuleringerne. Kalibreringen af simuleringsmodellen er foretaget ud fra et kendt forsinkelsesmønster, og som det bedst egnede er valgt det forsinkelsesmønster, der kunne observeres på jernbanen i perioden fra 1. juli 2007 til 18. maj 2007, og som er registreret i Banedanmarks RDS-system. Efter kalibrering tilrettes simuleringsmodellen, så jernbanenet og køreplaner i modellen stemmer med forudsætningerne i de tre hovedløsninger (Basis, 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen). Herefter anvendes simuleringsmodellens resultater som grundlag for estimering af regulariteten fra små hændelser. De for 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen opstillede køreplaner, der anvendes som grundlag i nærværende analyser, er optimeret for så vidt angår strækningkapaciteten København-Ringsted, men ikke for København og strækningen til Østerport. Betydningen heraf fremgår af nedenstående.

Påvirkningen af regulariteten for passagertog fra små hændelser på strækningen Østerport-Roskilde-Odense er vist i figur 24.

Figuren viser, hvordan den gennemsnitlige forsinkelse af togene udvikler sig langs rejsen på strækningen Østerport-Roskilde-Odense for hver af de tre løsninger. For at kurverne kan gøres indbyrdes sammenlignelige, er forsinkelsen på Østerport sat til 0 sekunder i hver af de tre løsninger.



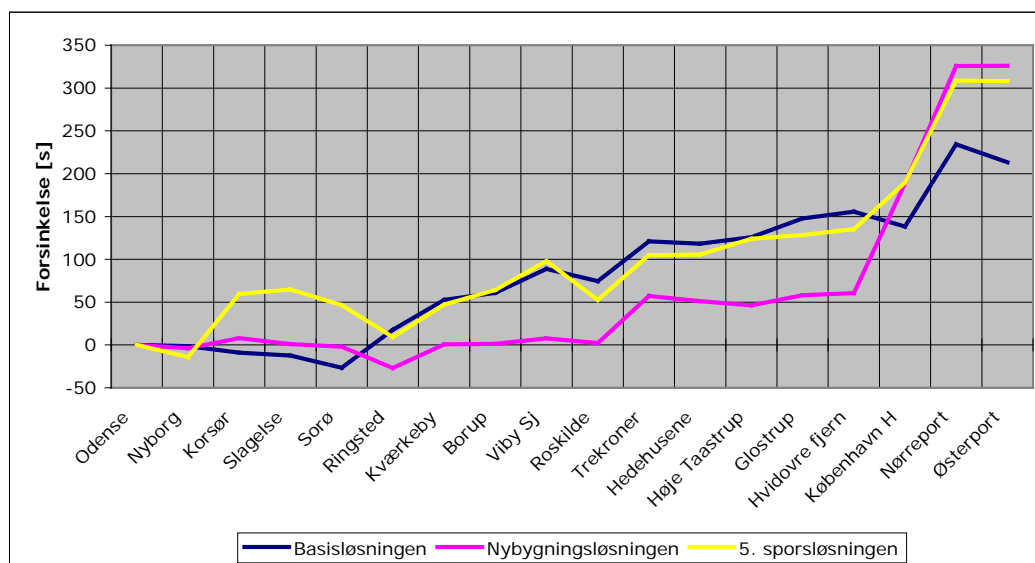
Figur 24. Forsinkelse af passagertog fra små hændelser på strækningen Østerport-Roskilde-Odense



Af figuren ses det, at forsinkelsen i alle løsninger, men særligt i 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen, stiger meget i løbet af rejsen fra ankomst Østerport til ankomst Hvidovre Fjern, hvilket netop skyldes den manglende optimering af køreplanerne her. Konsekvensen heraf er, at stort set alle tog vil afgå forsinket fra København, men som kurverne også viser, vil der ske en kraftig regenerering (indhentning af forsinkelserne) især i 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningerne.

Påvirkningen af regulariteten for passagertog fra små hændelser på strækningen Odense-Roskilde-Østerport er vist i figur 25. For at gøre kurverne indbyrdes sammenlignelige er forsinkelsen på Odense sat til 0 sekunder i hver af de tre løsninger. En positiv værdi af forsinkelsen betyder, at forsinkelsen ved ankomst til den pågældende station er større end forsinkelsen ved Odense. En negativ værdi af forsinkelsen betyder, at forsinkelsen ved ankomst til den pågældende station er mindre end forsinkelsen ved Odense.

Figur 25. Påvirkningen af regulariteten for passagertog fra små hændelser på strækningen Odense-Roskilde-Østerport



Der ses den samme tendens som for den modsatte kørselsretning (Østerport-Roskilde-Odense). Forsinkelsen stiger meget mellem ankomst Hvidovre Fjern og ankomst Østerport. Mellem Hvidovre Fjern og ankomst Østerport stiger den gennemsnitlige forsinkelse med et minut i basisløsningen, 4,5 minutter i Nybygningsløsningen og 3 minutter i 5. sporsløsningen. Til gengæld ses et retvisende forløb af regularitetskurverne frem mod Hvidovre Fjern, som ligger lidt vest for København.

En tilsvarende udvikling i forsinkelsen ses for trafik på Nybygningsløsningen København-Køge Nord-Ringsted i begge retninger.

Som tidligere nævnt skyldes de relativt dårlige resultater for København og omegn den manglende påvisning af en konfliktfri køreplan, hvor togdriften er afpasset med de faktiske kapacitetsforhold. Derfor anvendes i første omgang alene resultaterne for strækningerne via Roskilde og Køge Nord til beskrivelse af regulariteterne.

Der gennemføres således en supplerende analyse af København og strækningen til Østerport. Det forventes, at de simulerede udgangsforsinkelser fra København vil blive betydeligt mindre.

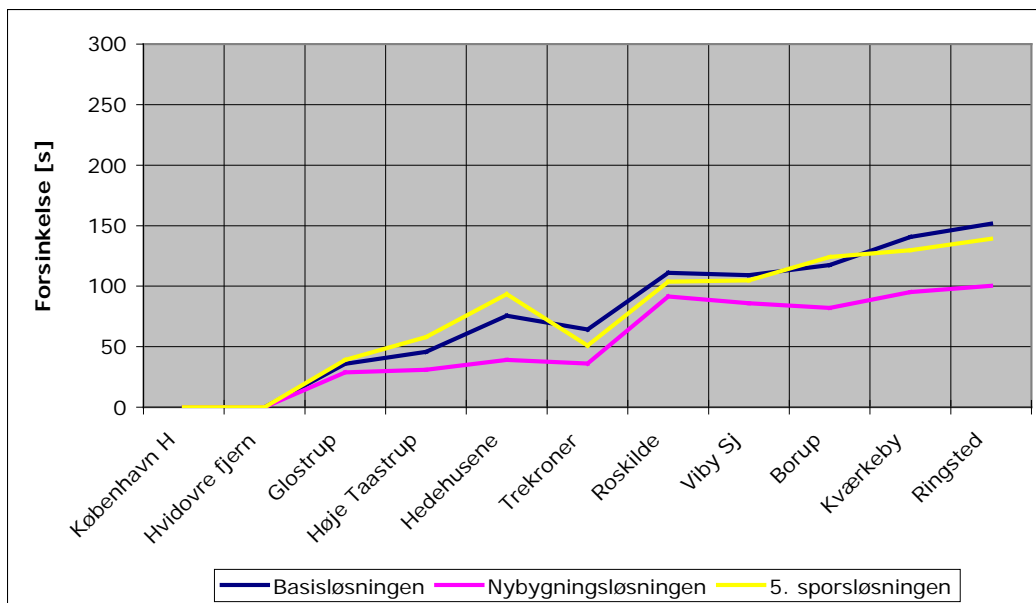
Ved mindre udgangsforsinkelse er der ikke behov for at køre hurtigere end planlagt, og derfor vil togene ikke indhente så meget tid mellem Hvidovre Fjern og Odense som vist i figur 24. Resultaterne i figur 24 kan således ikke direkte anvendes til kvantificering og værdisætning af regularitetsforbedringerne.

Med henblik på at kunne sammenligne de tre løsninger og levere data for rettidighed til de socio-økonomiske beregninger er der truffet følgende beslutninger om analysen:

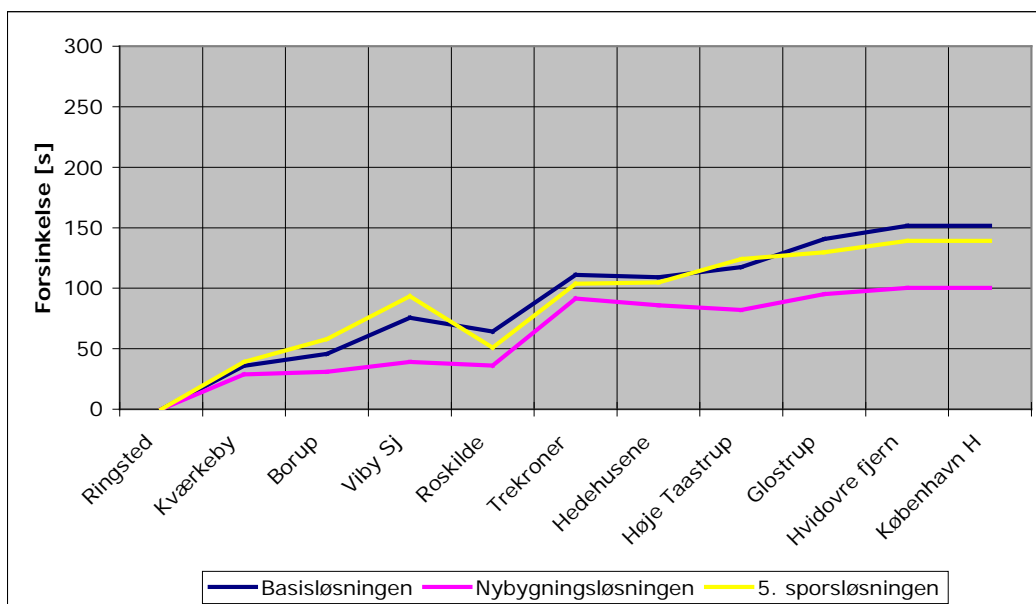
- Den afgrænses til strækningerne mellem Ringsted og Hvidovre Fjern/Ny Ellebjerg.
- Forsinkelserne i retning ind mod København anvendes som simuleret.
- Forsinkelserne i retning fra København skal være en spejling af forsinkelserne i modsat retning. Med andre ord skal den første station i retning fra København, dvs. Hvidovre Fjern eller Ny Ellebjerg, have den samme indgangsforsinkelse som Ringsted. Herefter spejles forsinkelserne, så den sidste strækning, dvs. Kværkeby-Ringsted, får den samme akkumulerede forsinkelse som den sidste strækning ind mod København.
- På strækningerne herimellem skal forsinkelserne fordeles på en sådan måde, at det i princippet svarer til en spejling af forsinkelserne.

Med disse justeringer findes forsinkelsesmønstre som vist i figur 26 og 27.

Figur 26. Justeret forsinkelsesmønster København-Ringsted – morgen-myldretid.

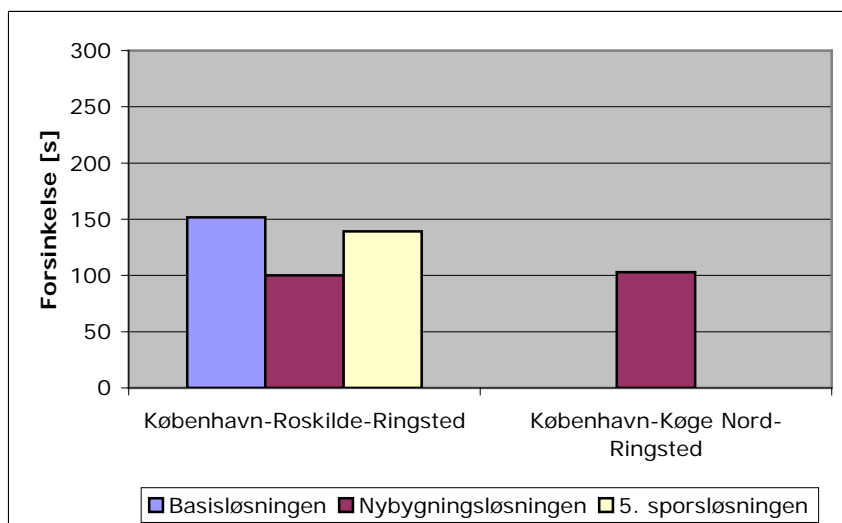


Figur 27. Justeret forsinkelsesmønster Ringsted-København – morgen-myldretid



En sammenligning af forsinkelsen mellem København og Ringsted for de tre løsninger er vist i figur 28.

Figur 28. Gennemsnitlig forsinkelse af passagertog mellem København og Ringsted



Sammenligning af de tre løsninger med hensyn til påvirkning af regularitet fra små hændelser. Gennemsnitlig forsinkelse af passagertog mellem København og Ringsted (begge retninger).

## Store hændelser

I dette afsnit er påvirkningen af regulariteten fra store hændelser estimeret.

Indledningsvis er det defineret, hvilke strækninger der analyseres på. Herefter identificeres de store hændelser, der i 2007 er indtruffet på de udvalgte strækninger. Dette gøres på baggrund af RDS-data. De fundne store hændelser analyseres for at finde varighed af store hændelser og perioder, hvor strækningerne er belastet med store hændelser. Når perioder med store hændelser er fastlagt, analyseres trafikken på strækningerne for at finde ud af, hvilken forsinkelse tog udsættes for, når de passerer strækningerne, mens disse er belastet af store hændelser.

På baggrund af disse undersøgelser opstilles en metode for estimering af regularitet for de tre hovedløsninger (Basis, 5. sporsløsningen og Nybygningsløsningen), idet disse på forskellig vis kan afhjælpe konsekvenserne ved indtræffelse af en stor hændelse. Konsekvensen af en stor hændelse er afhængig af jernbanenettets udformning (antallet af spor på strækningen), signalanlæg osv.

Metoden baserer sig på en antagelse om, at påvirkningen af det enkelte tog fra store hændelser især afhænger af jernbanenettets robusthed i forhold til afvikling af en nødplan, hvor en del af jernbanenettet er blokeret, mens påvirkningen af det enkelte tog i mindre grad afhænger af togtype og tid på dagen/ugen.

I analysen anvendes fire lokale delstrækninger, som tilsammen dækker strækningen København-Ringsted samt den ny bane i Nybygningsløsningen:

1. (København)-(Høje Taastrup)
2. Høje Taastrup-Roskilde
3. (Roskilde)-(Ringsted)
4. Ny bane

Når stationer er angivet i parentes, indikerer det, at data for stationsophold ikke er inkluderet i analysen.

Den forsinkelse, der anvendes for den nye bane baserer sig på RDS-data fra strækningen for Ringsted-Korsør. Strækningen Ringsted-Korsør er valgt, fordi den er sammenlignelig med den nye bane, hvad angår længde og standsningsmønster.

RDS-data for 2007 for strækningen Høje Taastrup-Roskilde er undersøgt i to tilfælde: "Høje Taastrup-Roskilde", hvor stationsophold på både Høje Taastrup og Roskilde inkluderes i analysen og "(Høje Taastrup)-(Roskilde)", hvor analysen begrænser sig til forsinkelser på strækningen mellem Høje Taastrup og Roskilde.

Strækningen (Høje Taastrup)-(Roskilde) analyseres for at undersøge, hvordan forskelle i jernbanenettets udformning påvirker forsinkelser fra store hændelser. På strækningen mellem Høje Taastrup og Roskilde er der fire spor, og på strækningerne København til Høje Taastrup og Roskilde til Ringsted er der to spor (RDS data fra 2007). Følgende tre strækninger analyseres påvirkningen fra store hændelser:

- (København)-(Høje Taastrup) – 2 spor
- (Roskilde)-(Ringsted) – 2 spor
- (Høje Taastrup)-(Roskilde) – 4 spor.

På disse strækninger undersøges det, hvilken effekt den større robusthed ved at have fire spor i stedet for to spor har i forhold til at begrænse de regularitetsmæssige konsekvenser fra store hændelser.

Ud fra RDS-data for 2007 er de tog, der passerer den enkelte strækning i perioder, hvor strækningen er belastet af en stor hændelse, analyseret. Resultatet af denne analyse er vist i tabel 6.

Tabel 6. Resultater fra analyse af tog, der passerer store hændelser, RDS data 2007.

Delstrækning	Varighed [min]	Antal tog	Forsinkelsesminutter	Antal aflyste tog
(København)-(Høje Taastrup)	24035	2521	8302	50
Høje Taastrup-Roskilde	9896	1760	4528	105
(Roskilde)-(Ringsted)	17921	1814	6843	41
(Ringsted)-(Korsør)	12308	639	3135	0
(Høje Taastrup)-(Roskilde)	9896	1740	1732	105

I tabel 6 dækker "antal tog" over antallet af tog, der har passeret delstrækningen i en periode, hvor strækningen er belastet af en stor hændelse. "Forsinkelsesminutter" er de forsinkelsesminutter, der er registreret for togene nævnt i kolonnen "antal tog". "Antal aflyste tog" er tog, som er aflyst på grund af en stor hændelse på delstrækningen.

Som eksempel ses det, at store hændelser mellem København og Høje Taastrup har en varighed på 24.035 minutter. I løbet af perioder, hvor strækningen København-Høje Taastrup var belastet af en stor hændelse, passerede 2.521 tog strækningen. Disse tog blev tilsammen belastet med 8.302 forsinkelsesminutter i løbet af passage af strækningen København-Høje Taastrup, og de store hændelser betød 50 aflyste tog.

Ved beregning af den gennemsnitlige påvirkning af tog, som passerer store hændelser, tæller hvert aflyst tog med som et tog, der er forsinket i 20 minutter (skønnet værdi).

Det antages, at forsinkelsen af det enkelte tog ved passage af en stor hændelse primært afhænger af jernbanenettets robusthed i forhold til afvikling af en nødplan, når en del af jernbanenettet er blokeret. Der er i tabel 7 givet en oversigt over, hvordan forsinkelsen af tog varierer, når jernbanenettets udformning varierer. Indholdet af tabellen er baseret på observationer præsenteret i tabel 6.

Tabel 7. Anvendt sammenhæng mellem forsinkelse af tog fra store hændelser og jernbanenettets udformning (RDS-data 2007)

Jernbanenettets udformning			Forsinkelses- minutter pr. tog	Data fra strækning
Antal spor	Fleksibilitet	Ophold på endestationer inkluderet		
2 spor	Lille	Nej	4.9 (5,2)	(Ringsted)- (Korsør)
2 spor	Mellem	Nej	4.0 (4,2)	(København)- (Høje Taastrup) (Roskilde)- (Ringsted)
3 spor	Stor	Nej	3.1 (2,9)	Estimeret
4 spor	Stor	Nej	2.2 (1,6)	(Høje Taastrup)- (Roskilde)
4 spor	Stor	Ja	3.8 (3,0)	Høje Taastrup- Roskilde

Tallene, angivet i parentes i kolonnen "Forsinkelsesminutter pr. tog" er resultater fra den tidligere analyse baseret på RDS-data fra 2003 og 2004. I denne rapport anvendes tallene uden parentes estimeret på baggrund af RDS-data fra 2007.

De første fire linjer i tabel 7 omhandler forsinkelser på strækninger, hvor ophold på endestationer ikke medregnes. Når disse fire linjer betragtes, ses det, hvordan antal forsinkelsesminutter pr. tog reduceres, når jernbanenettets udformning ændres fra to spor med lille fleksibilitet til fire spor med stor fleksibilitet. Endelig ses det, af de to nederste linjer, hvordan inkludering af stationsophold påvirker antal forsinkelsesminutter pr. tog for strækningen Høje Taastrup-Roskilde.

Tallene i tabel 7 er anvendt for at estimere forsinkelsen af tog, der passerer den enkelte strækning i perioder, hvor strækningen er belastet af en stor hændelse. I tabel 8 er tallene fra tabel 7 anvendt, hvor der er bedst overensstemmelse mellem på den ene side jernbanenettets udformning i den enkelte løsning og på den anden side jernbanenettets udformning, som beskrevet i tabel 6.

Tabel 8. Antal forsinkelsesminutter pr. tog for tog forsinket af store hændelser givet for hver delstrækning og hver alternativ.

Delstrækning	Forsinkelsesminutter pr. tog		
	Basis	Nybygningsløsningen	5. sporsløsningen
(København)-(Høje Taastrup)	4,0	4,0	3,1
Høje Taastrup-Roskilde	3,8	3,8	3,8
(Roskilde)-(Ringsted)	4,0	4,0	4,0
Ny bane (København)-Kj	-	4,9	-
Ny bane (Kj)-(Ringsted)	-	4,9	-

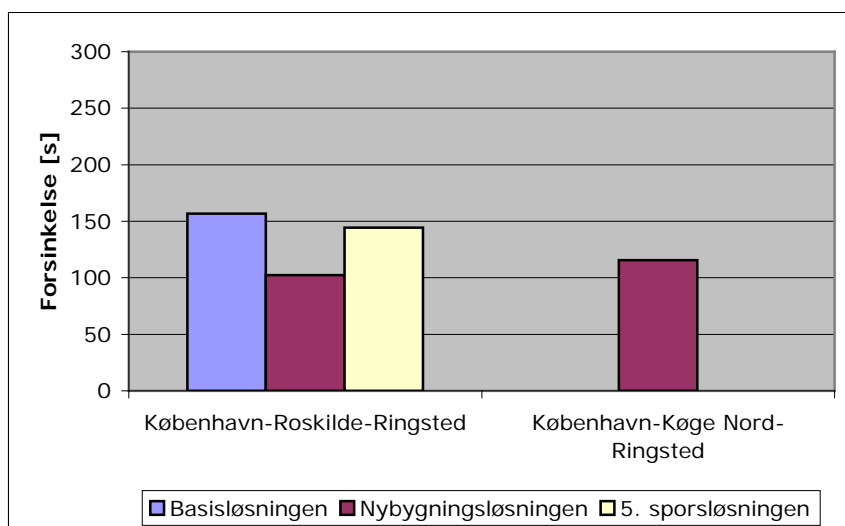
Når den samlede vurdering af regularitet skal foretages anvendes andelen af tid, hvor store hændelser belaster de fem delstrækninger (mellem 1,7 procent og 3,5 procent af tiden) og antal forsinkelsesminutter pr. tog, givet i tabel 7.

## Sammenligning af løsningsmuligheder

I dette afsnit er der foretaget en sammenligning af regulariteten (målt som gennemsnitlig forsinkelse pr. tog) i de tre løsninger.

Sammenligningen er vist i figur 29 og figur 30. For hver løsning findes den samlede gennemsnitlige forsinkelse som summen af forsinkelsen fra små hændelser og forsinkelsen fra store hændelser.

Figur 29. Gennemsnitlig forsinkelse af passagertog mellem København og Ringsted (begge retninger)

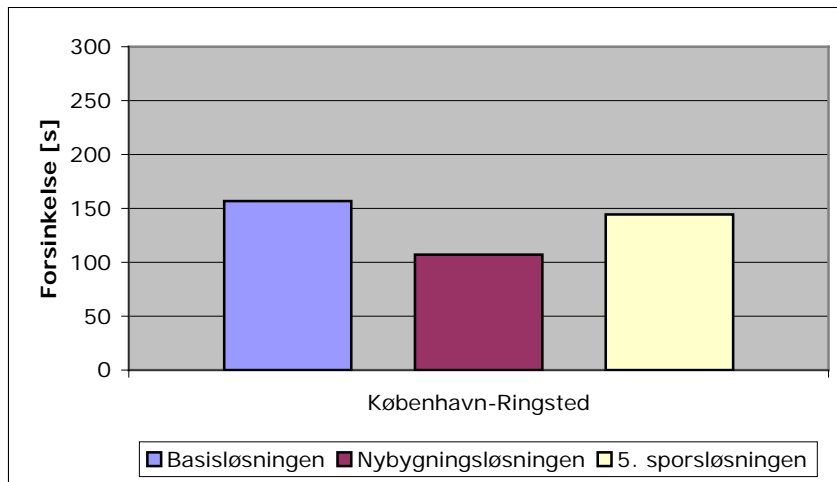


Figur 29 viser forsinkelsen (gennemsnit for begge retninger) for strækningen over Roskilde. For den nye bane i Nybygningsløsningen vises også strækningen over Køge.

For at kunne sammenligne de tre løsninger anvendes en vægtet værdi for den gennemsnitlige forsinkelse mellem København og Ringsted i Nybygningsløsningen. Strækningen over Roskilde vægtes med elleve (elleve tog pr. time), og ruten over Køge vægtes med seks (seks tog pr. time). Antallet af tog er taget fra den køreplan, der anvendes i 2017-situationen for Nybygningsløsningen.

På denne baggrund er regulariteten i de tre løsninger sammenlignet i figur 30.

Figur 30. Sammenligning af regularitet af passagertog for de tre løsninger (gennemsnitlig forsinkelse mellem København og Roskilde, begge retninger).



Af sammenligningen ses det, at den samlede regularitet bedres en smule efter gennemførelse af 5. sporsløsningen. Til gengæld vil der være en mærkbar forbedring af regulariteten i Nybygningsløsningen svarende til, at ca. 1/3 af de forsinkelser, der opstår mellem København og Ringsted, kan indhentes her.



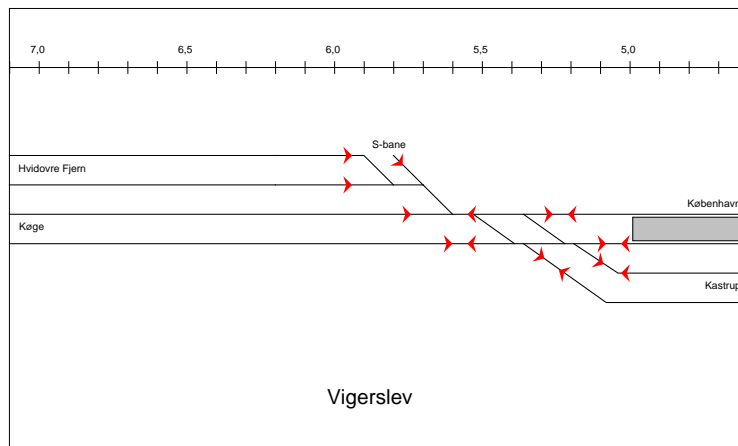
## Analyserede spor-layouts

I dette kapitel gennemgås de enkelte stationer og udfletninger for Nybygningsløsningen og for 5. sporsløsningen, som har været medtaget i analyserne. For nogle stationer findes der flere alternative udformninger.

### Ny Ellebjerg (Nybygningsløsningen)

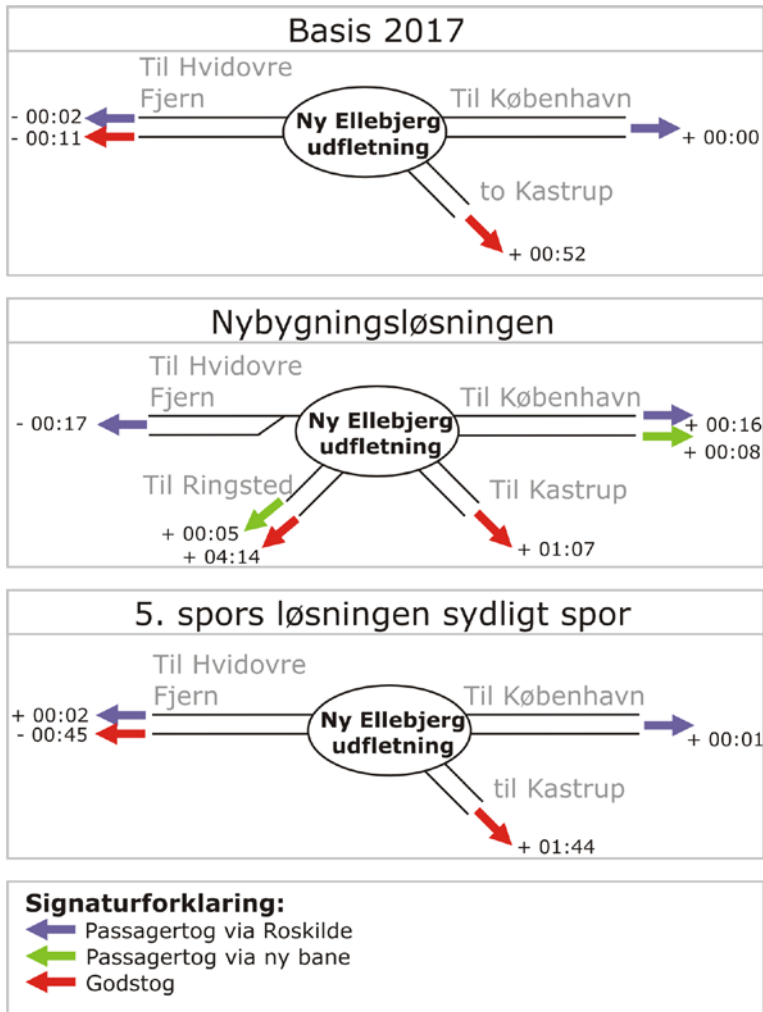
Sammenfletningen ved Ny Ellebjerg fletter godstrafikken fra Sverige ind på den nye strækning. På grund af de lokale forhold er det ikke realistisk at udforme denne indfletning niveaufrit, og der vil således være en potentiel konflikt mellem godstog mod Ringsted og passagertog mod København H, idet godstogene skal afvente dels deres plads i trafikken mod Ringsted, dels plads i modkørende trafik mod København H, se figur 31.

Figur 31. Grundløsning for Ny Ellebjerg



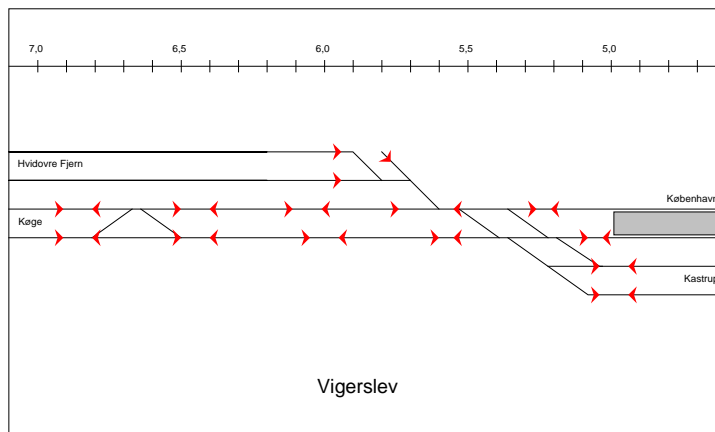
På figur 32 er udviklingen af forsinkelser vist i minutter og sekunder ved Ny Ellebjerg for hver løsning. Passagertog har prioritet i forhold til godstog, og deres tillægsforsinkelser er derfor lave. Selvom antal tog er størst i Nybygningsløsningen, har godstogene mod Kastrup den største tillægsforsinkelse i 5. sporsløsningen. I modsat retning har godstogene den største tillægsforsinkelse i Nybygningsløsningen. Det skyldes, at de skal vente på passagertog for at komme ud på den nye bane, og at antal passagertog er meget højere i Nybygningsløsningen.

Figur 32. Udviklingen i forsinkelser ved Ny Ellebjerg udfletning



Det har været undersøgt, hvorvidt et sæt transversaler vest for Ny Ellebjerg ville øge fleksibiliteten ved at tillade at vestgående godstog og østgående passagertog at krydse "venstre om", figur 33.

Figur 33. Ny Ellebjerg med transversaler mod vest



Løsningen er i skrivende stund ikke færdiganalyseret, men en tilsvarende problematik findes vest for Kastrup Station. Her er udfletningen enkeltsporet og trafikken noget

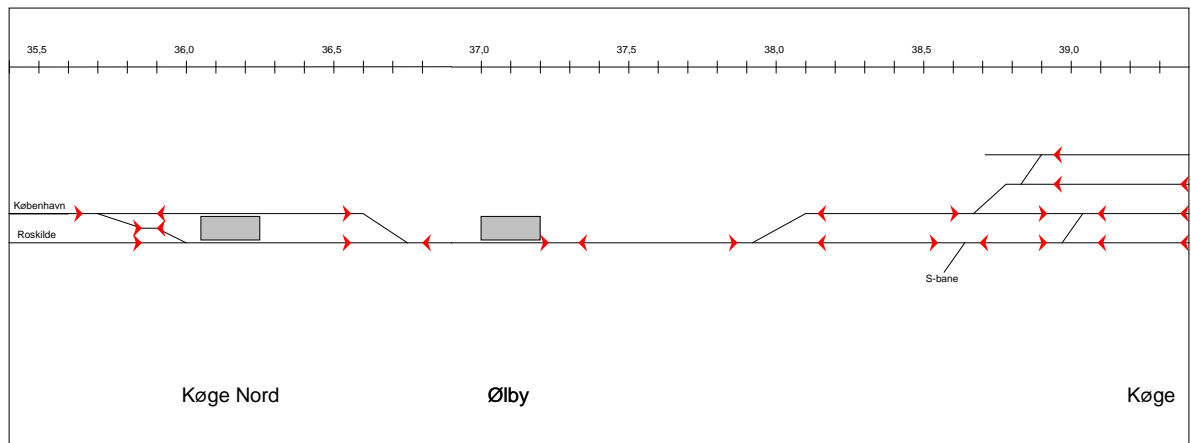
større, og derfor vil grundløsningen i sagens natur være tilstrækkelig. Med en øget trafik ad den nye bane øges behovet for en fleksibel løsning dog.

## Køge Nord-området

Som grundløsning for den nye bane blev undersøgt en stationsudformning ved Jersie Mose – kaldet Køge Nord – som dels bestod af overhalingsspor til godstog, dels af en enkeltsporet forgrening mod Køge. Køge Nord er i grundløsningen udformet som en station på den ny bane, men med forgrening til eksisterende Lille Syd. Grundløsningen omfattede ikke oprindeligt ændringer ved Køge Station. Der var således enkeltspor fra Køge Nord til et punkt tæt ved perronerne i Køge og med sporskifterne i Køge kun tilladende moderat hastighed. Enkeltsporet mellem Køge Nord og Køge viste sig i særdeleshed at være en flaskehals, og derfor er anbefalingen om et stykke dobbeltspor nord ud af Køge Station indarbejdet i Grundløsningen.

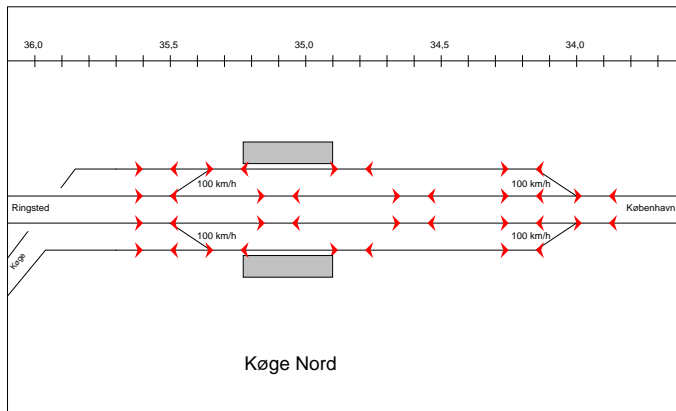
Det er undersøgt, hvorledes en mindre udbygning af dobbeltspor fra Køge mod nord kunne forbedre trafikken. Dobbeltsporet starter syd for Københavnsvejbrossen med et forgreningssporskifte tilladende strækningshastighed. Hermed kan den enkeltsporede sektion fra Køge Nord til Køge reduceres til godt 1 km (figur 34). Denne løsning reducerer belægningen af enkeltsporet væsentligt.

Figur 34. Køge Nord til Køge, forlænget dobbeltspor ved Køge.

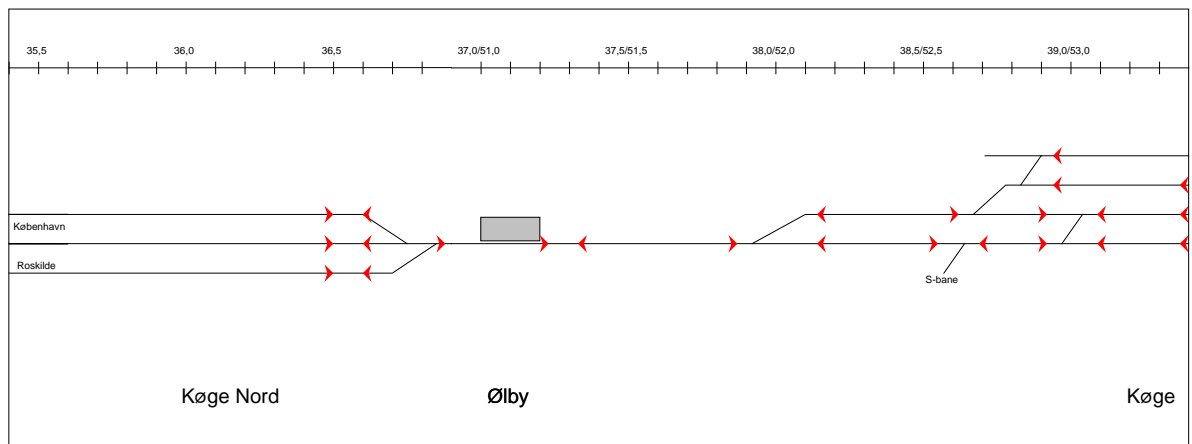


Den enkeltsporede forbindelse fra Køge Nord "binder" i nogen grad trafikken på hovedstrækningen. Et tog mod Køge kan komme til at vente på et tog fra Køge og i ventetiden spærre hovedsporet. En dobbeltsporet tilslutning fra Køge Nord til Roskilde-Køge-banen mod Køge har derfor været undersøgt. Samtidig flyttedes Køge Nord-perronen op på hovedstrækningen, og stedet ved Jersie Mose bliver således også beliggenheden for Køge Nord passagerstation. Den første variant havde overhalingssporene til godstog beliggende på ydersiden (figur 35), og disse spor fortsættende mod Køge. På grund af den høje hastighed i hovedsporene er det også et krav, at perronerne er beliggende i overhalingssporet. Den tilsvarende udformning af strækningen mod Køge er vist på figur 36.

Figur 35. Køge Nord (beliggende ved Jersie Mose) med sideliggende overhalingsspor og perroner.

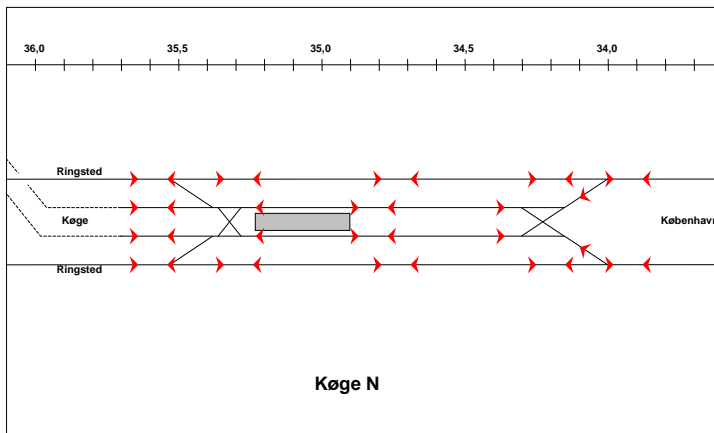


Figur 36. Køge Nord til Køge, dobbeltsporet tilslutning ved Køge Nord og udbygget dobbeltspor nord for Køge.



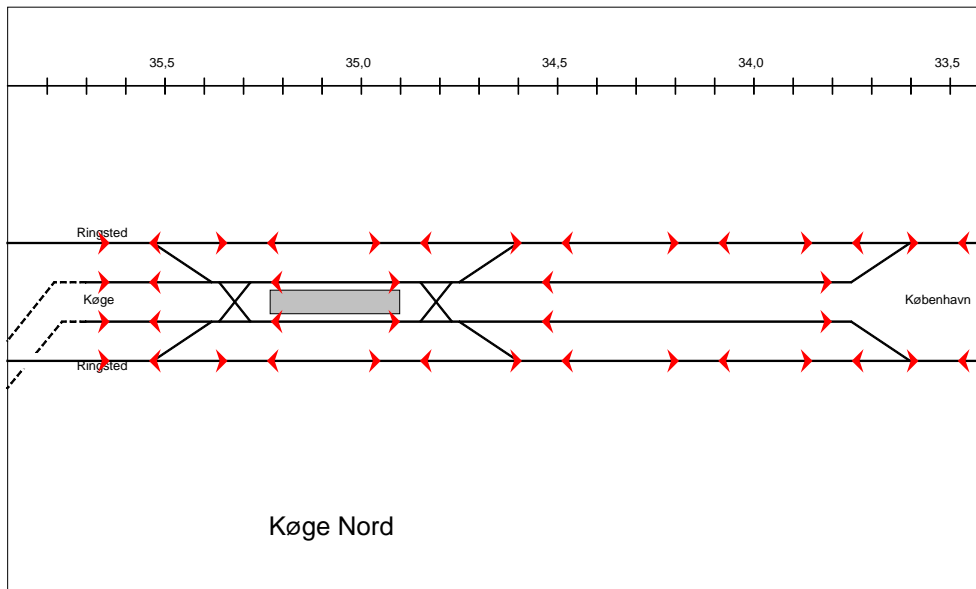
Der er også undersøgt en variant af Køge Nord, hvor overhalingssporene er beliggende imellem hovedsporene. Umiddelbart er denne løsning trafikalt ækvivalent til den foregående, men giver dog mulighed for at der kan ilægges transversaler mellem de to overhalingsspor, som derved kan benyttes fleksibelt. Med en ø-perron mellem overhalingssporene kan dette muliggøre mere fleksibel trafikafvikling (figur 37).

Figur 37. Køge Nord med midtliggende overhalingspor og perroner.



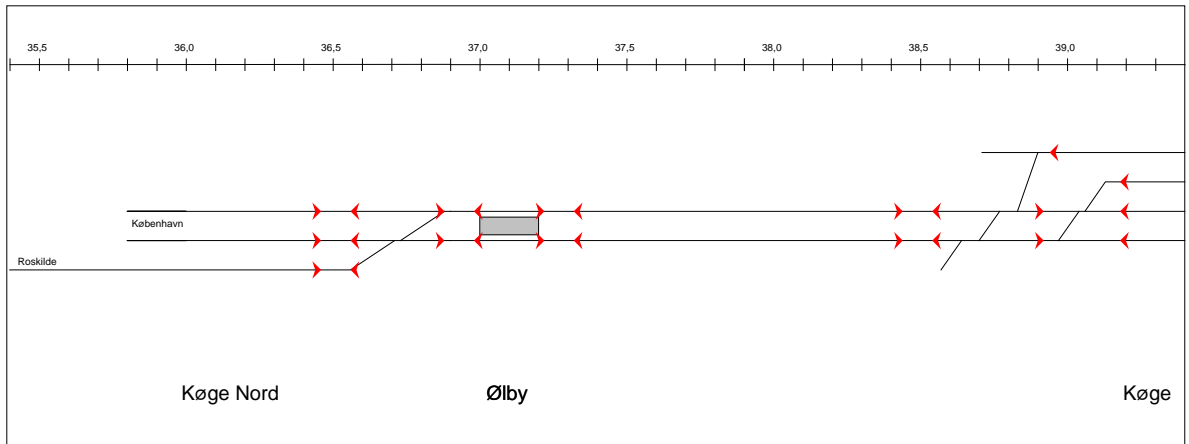
For at gøre overhaling af godstog uafhængig af standsende persontog kunne overhalingssporene forlænges mod København, således at godstog under overhaling holder på den forlængede del. Det vil så kræve et ekstra sæt transversaler, så standsende passagertog kan komme ud på hovedsporene før godstoget (figur 38).

Figur 38. Køge Nord med transversaler der tillader passager- og godstog samtidig brug af overhalingssporene.



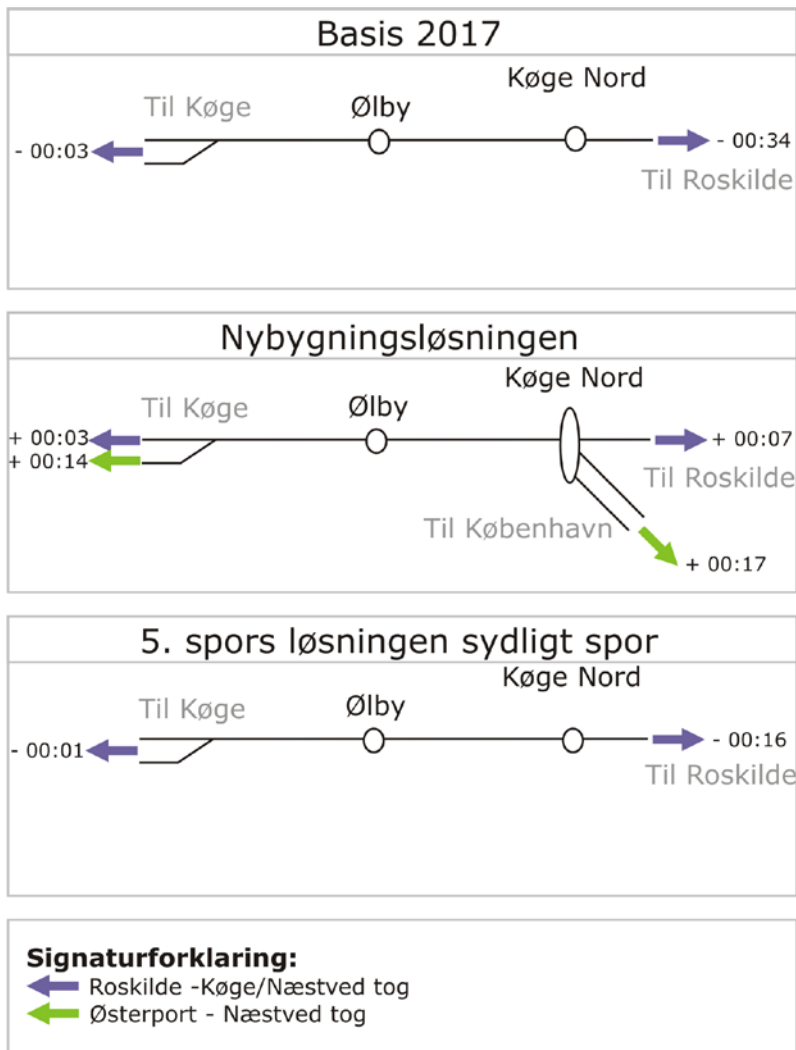
Endelig blev undersøgt en løsning med fuldt dobbeltspor fra Køge Nord til Køge. Ved Ølby bliver der et forgreningspunkt for Lille Syd mod Roskilde. Denne forgrening sker i niveau (figur 39). Løsningen fjerner de fleste bindinger, som enkeltsporet giver, men efterlader dog enkelte konflikter ved Køge Nord-udfletningen for tog mod Roskilde.

Figur 39. Køge Nord til Køge, fuldt dobbeltspor.



Trafikken på Lille Syd banen i Køge-området er fordoblet på i Nybygningsløsningen i forhold til Basis- og 5. sporsløsningen, men der er ingen godstog. Udviklingen i forsinkelse ved Ølby på Lille Syd er vist på følgende figur 40. Selvom der er en enkeltsporet delstrækning, er der kun en tillæggsforsinkelse i Nybygningsløsningen i forhold til de andre løsninger.

Figur 40. Udviklingen i forsinkelser ved Ølby og Køge Nord



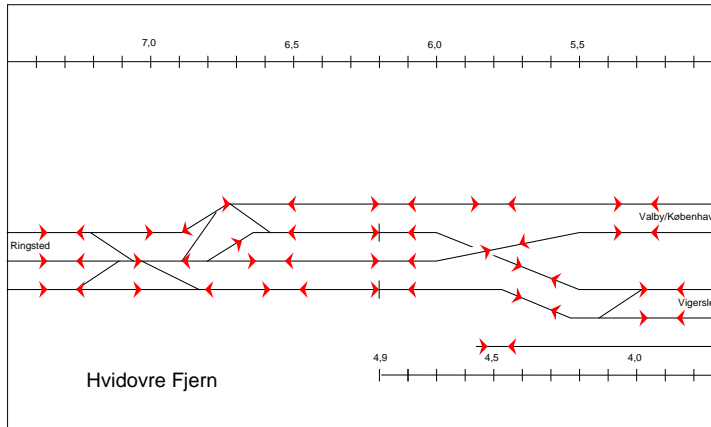
## Hvidovre-Glostrup-Høje Taastrup

Som tidligere nævnt blev der undersøgt to varianter af 5. sporsløsningen, nemlig med godstogene på det sydlige hovedspor og med godstogene på det midterste hovedspor.

### Godstog i det sydlige spor

I området omkring Vigerslev og Hvidovre Fjern udbygges den eksisterende forgreningsstation med det sydlige spor samt med et antal transversaler, figur 41.

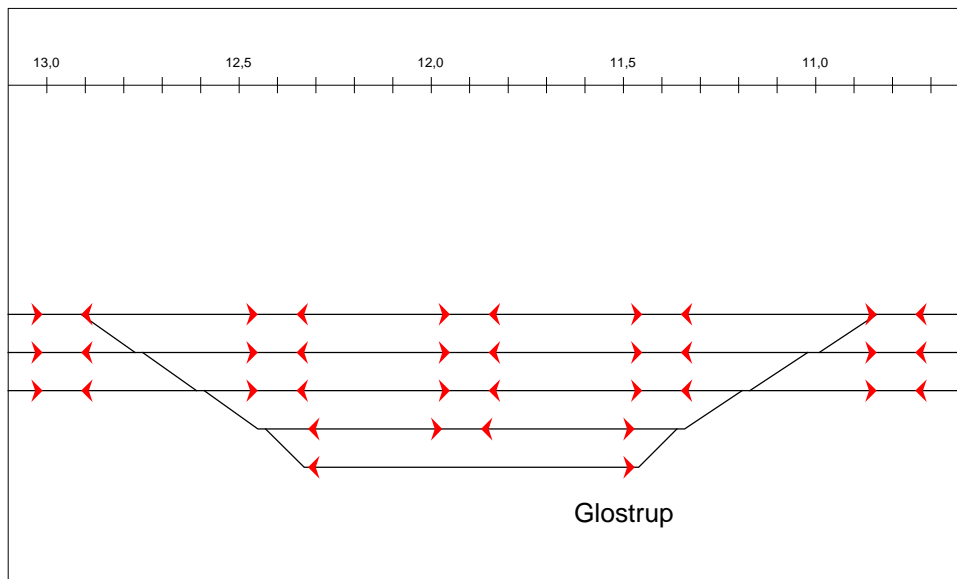
Figur 41. Vigerslev/Hvidovre Fjern med godstog på sydlige hovedspor.



Godstog fra Høje Taastrup kan i denne variant køre direkte mod Vigerslev uden andre konflikter end et eventuelt passagertog, der skal samme vej. Godstog mod Høje Taastrup derimod, oplever en konflikt ved indfletning. Enten skal godstoget følge det vestgående spor fra Vigerslev til Hvidovre Fjern og dér krydse de østgående passagertog mod København H, eller godstogene skal køre "venstre om" fra Vigerslev til Hvidovre Fjern og dermed potentielt skabe en konflikt med østgående tog mod Vigerslev. Begge løsninger er simuleret, og førstnævnte, måske lidt overraskende, skabte færrest forsinkelser.

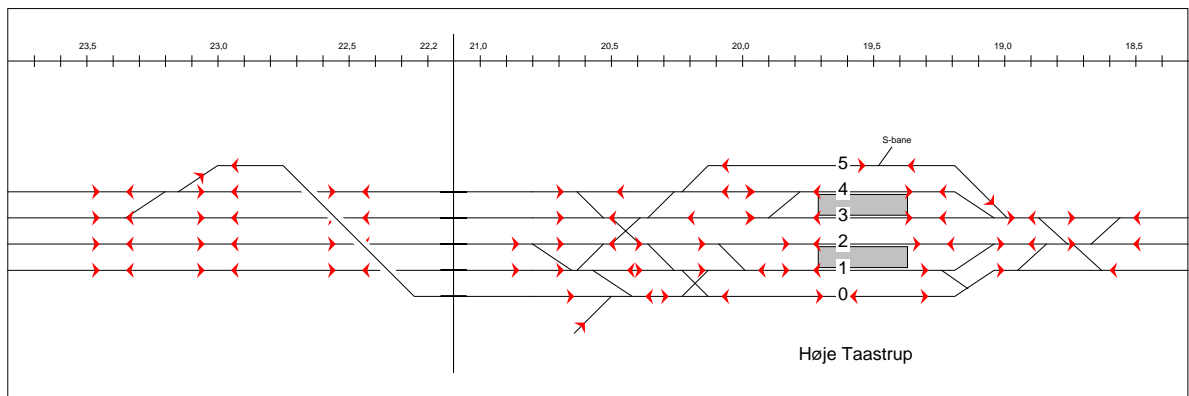
Glostrup-området er kendetegnet ved snævre pladsforhold, især i den østlige ende. Der er undersøgt en løsning, hvor der er krydsningsmulighed for godstog i Glostrup uden konflikter med passagertog. Foruden krydsningssporet har stationen et ankomst- og afgangsspor til lokale godstog (se figur 42). Det vil dog være muligt at undvære ankomst- og afgangsspor uden større trafikale ulemper, såfremt der i stationens rangerareal etableres plads til at oprangere og klargøre godstog.

Figur 42. Glostrup, godstog på det sydlige hovedspor.



Ved Høje Taastrup er undersøgt en løsning, hvor vestgående godstog benytter spor 0 og vest for Høje Taastrup føres niveaufrit over de 4 strækningsspor og fletter ind umiddelbart øst for Hedehusene Station i begge retninger. Østgående godstog benytter fortrinsvis spor 0, men kan også afvente vestgående trafik i det sydlige strækningsspor i spor 1. Sporanlægget er skitseret i figur 43.

Figur 43. Høje Taastrup med godstog på sydlige hovedspor.

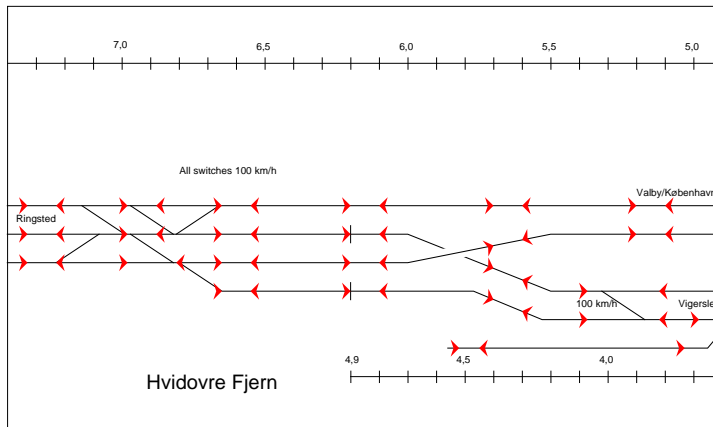


### Godstog i midtersporet

I området omkring Vigerslev og Hvidovre Fjern udbygges den eksisterende forgretningsstation med det sydlige spor samt med et antal transversaler, figur 44. Det sydlige spor føres igennem mod København H via Valby, mens godstogene fortrinsvis benytter midtersporet.



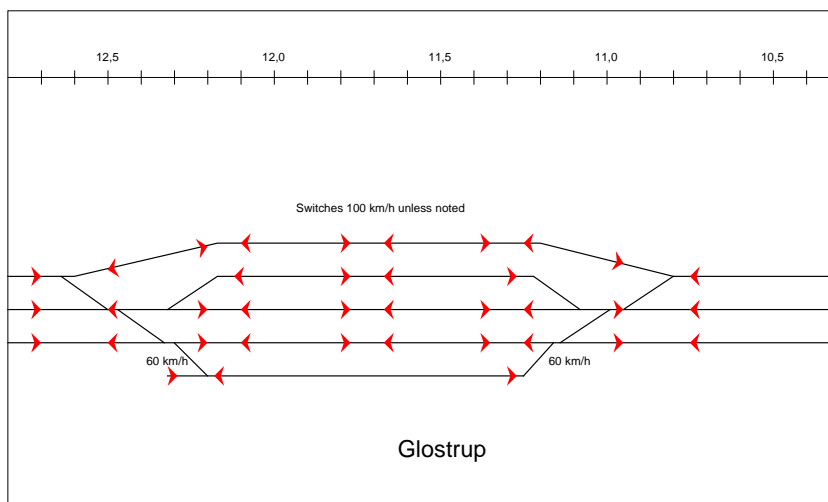
Figur 44. Vigerslev/Hvidovre Fjern med godstog på midterste hovedspor.



Godstog fra Høje Taastrup kan i denne variant køre mod Vigerslev ad to veje. Normalt vil godstogene krydse det sydligste hovedspor med potentiel konflikt til et passagertog mod fra Høje Taastrup. Alternativt kan de fortsætte ad "venstre" hovedspor mod Vigerslev i potentiel konflikt med vestgående tog fra Vigerslev. Begge situationer kan give afsmittende virkninger på godstog mod Høje Taastrup, som så igen kan forsinke bagved kørende passagertog.

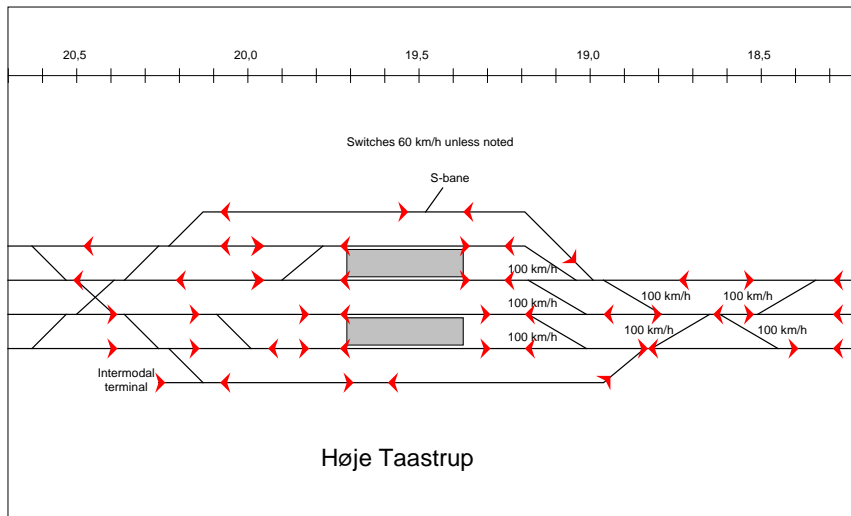
I Glostrup er påregnet en krydsningsmulighed for godstog i stil med løsningen for godstog på det sydligste spor. Dog bliver krydsningsporet placeret mellem de to spor for passagertog. Foruden krydsningssporet har stationen et ankomst- og afgangsspor til lokale godstog (se figur 45), hvortil adgang sker over det sydligste hovedspor og dermed i potentiel konflikt med passagertog mod København.

Figur 45. Glostrup, godstog på det midterste hovedspor.



I Høje Taastrup ender godstogenes separate spor umiddelbart øst for perronerne. Godstogene er derfor i praksis bundet til at benytte spor 2 og 3. I modsætning til løsningen med godstog på det sydligste spor spares den niveaufri udfletning vest for Høje Taastrup, men til gengæld bliver ombygningsarbejdet i øst-enden af Høje Taastrup Station mere kompliceret. Endvidere er der ikke ved denne løsning mulighed for at "parkere" et godstog der afventer plads på midtersporet uden at skabe en konflikt med passagertogene. Sporanlægget er skitseret i figur 46.

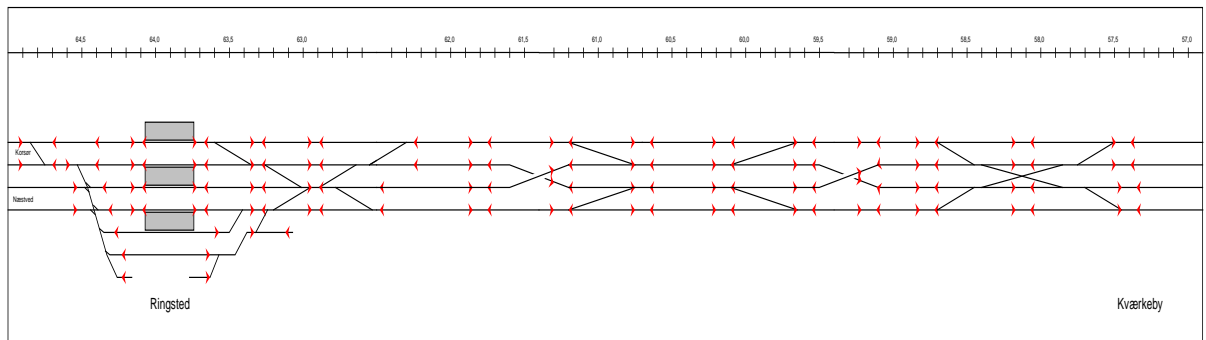
Figur 46. Taastrup med godstog på midterste hovedspor.



## Kværkeby-Ringsted

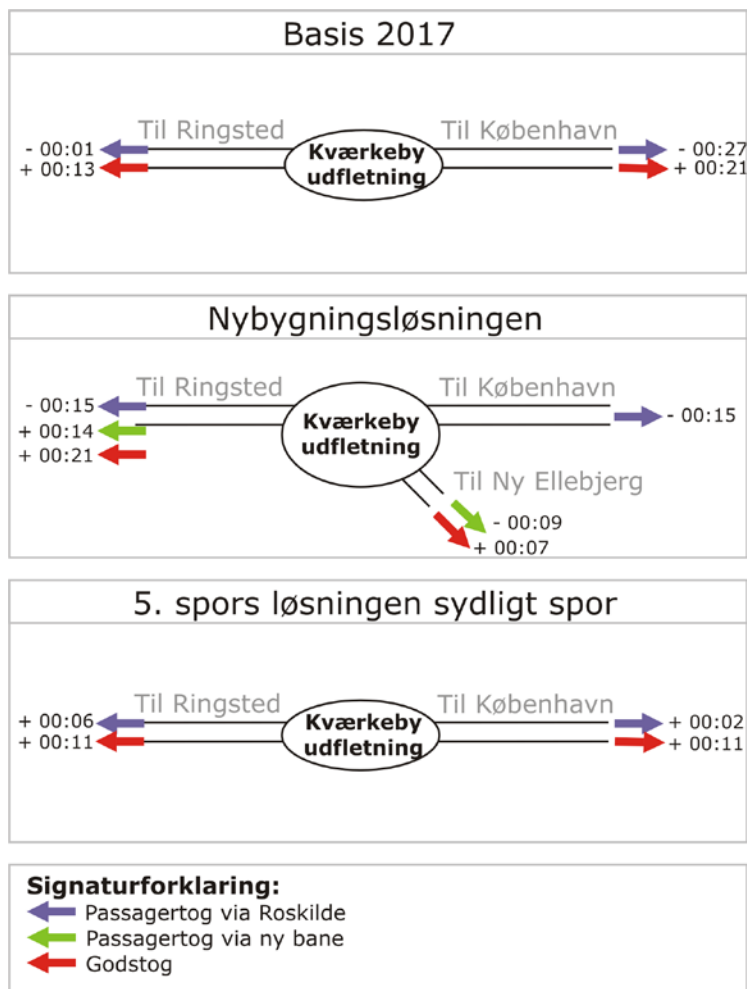
For strækningen Kværkeby – Ringsted, hvor den nye og den eksisterende strækning fletter sammen, er der blevet undersøgt en udformning, hvor den normale overgang mellem de to strækninger sker niveaufrit og gennem højhastighedstransversaler (200 km/h) mellem Kværkeby og Ringsted. I såvel Kværkeby som Ringsted ilægges 120 km/h transversaler til optimering af fleksibiliteten ved spærrede spor, figur 47.

Figur 47. Variant 3 layout Kværkeby-Ringsted. Kværkeby udfletning



Denne løsning er kapacitetsmæssigt god. På følgende figur 48 er udviklingen i forsinkelser (tillægfsforsinkelser) vist for Kværkeby udfletningen. For alle løsninger viser en lav tillægfsforsinkelse på trods af de mange krydsninger på stedet. Selv om Nybygningsløsningen har det største antal tog, er tillægfsforsinkelsen kun højere for de vestgående tog fra den nye bane og kun i mindre omfang. Godstog får en større tillægfsforsinkelse, da de har laveste prioritet. Grundlaget for tallene vist i figur 48 er 2017 køreplanen.

Figur 48. Udviklingen i forsinkelser ved Kværkeby-udfletning.

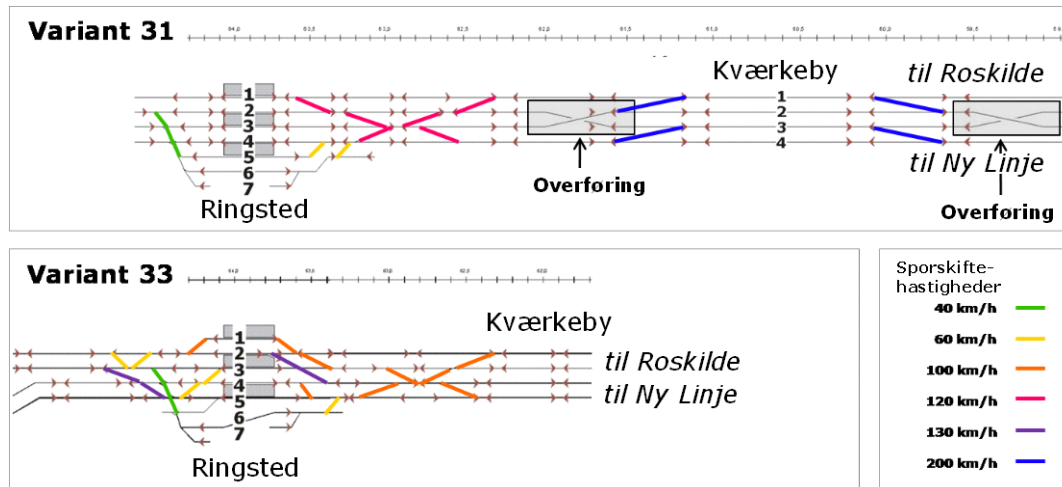


Ikke desto mindre er et andet lignende layout for Kværkeby-Ringsted udfletningen blevet undersøgt i 2008 [RAMBØLL 08/5] for at muliggøre at godstog bliver overhalet udenfor Ringsted station i udfletningsområdet (se variant 31, følgende figur 49). Da denne løsning viste sig en anelse bedre, blev den valgt som grundlaget for yderligere undersøgelser.

Simuleringen viste, at Kværkeby-Ringsted udfletningen med disse to layout ikke skaber større konflikter. Men samtidigt er denne infrastrukturløsning meget dyr i anlægsomkostninger og beslaglægger et betydeligt område, som nu er landbrugsjord.

Det er blevet debatteret i Trafikstyrelsen, om man kunne lave en udfletning med den samme, eller næsten samme funktion som ovenstående, men til en betydeligt lavere pris. Der blev igen undersøgt forskellige alternativer. Følgende figur viser det endeligt foretrukne layout (variant 33), som er uden niveaufri overføringer.

Figur 49. Variant 31 og variant 33 Kværkeby-Ringsted layout og transversalhastighed



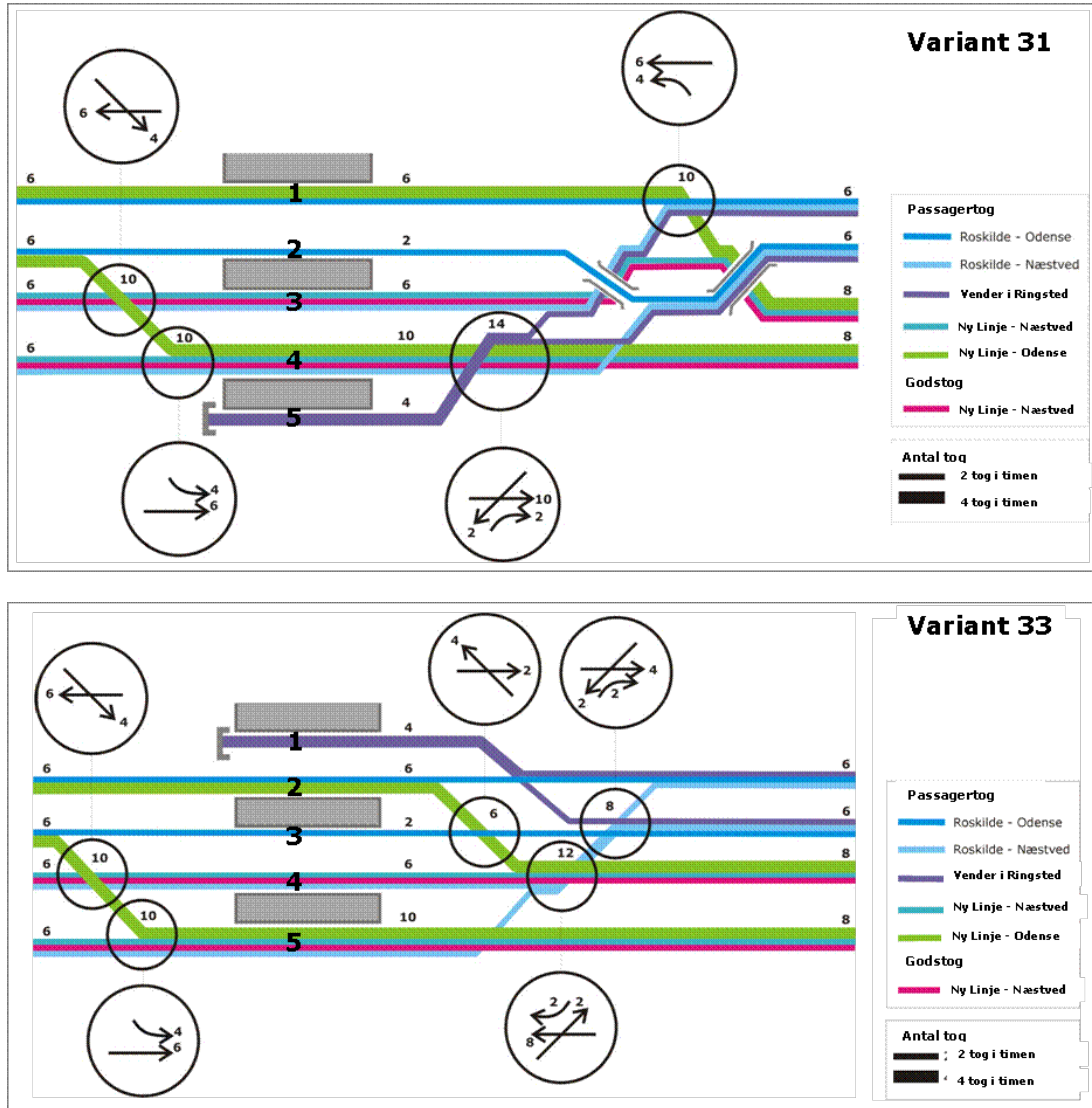
Udover, at de niveaufri overføringer er udeladt, er der yderligere to store forskelle i variant 33 sammenlignet med variant 31: For det første anvender togene, der vender i Ringsted og anvender spor 5 i variant 31, nu spor 1, hvorved en mængde krydsningskonflikter undgås (se følgende figur 50). For det andet stopper godstogene nu i Ringsted for at blive overhalet.

Blandt andre positive faktorer ved dette stationslayout, sammenlignet med de tidligere forslag, kan nævnes:

- Lavere investeringsbehov
- Mindre område anvendt
- Der skal kun etableres nye sporskifter indenfor Ringsted stations grænser
- Ingen påvirkning af signalprojekt ATC- ETCS, idet Ringsted kan fungere som en midlertidig "ø" med ATC
- Ingen behov for hastighedsbegrænsninger på strækningerne.

De to varianter blev sammenlignet på grundlag af 2025 køreplanen (se Miljøredegørelse 1). Nedenstående figur 50 viser de potentielle konflikter (med mere end 6 tog involveret) i Kværkeby-Ringsted udletningsområdet per time i myldretiden for begge varianter. Sporbenyttelsen, som den er specificeret i 2025 køreplanen, resulterer i en uensartet sporbesættelse med kun to tog i timen i spor 2 (Variant 33: perron 3) og ti tog i timen i spor 3 (Variant 33: spor 5).

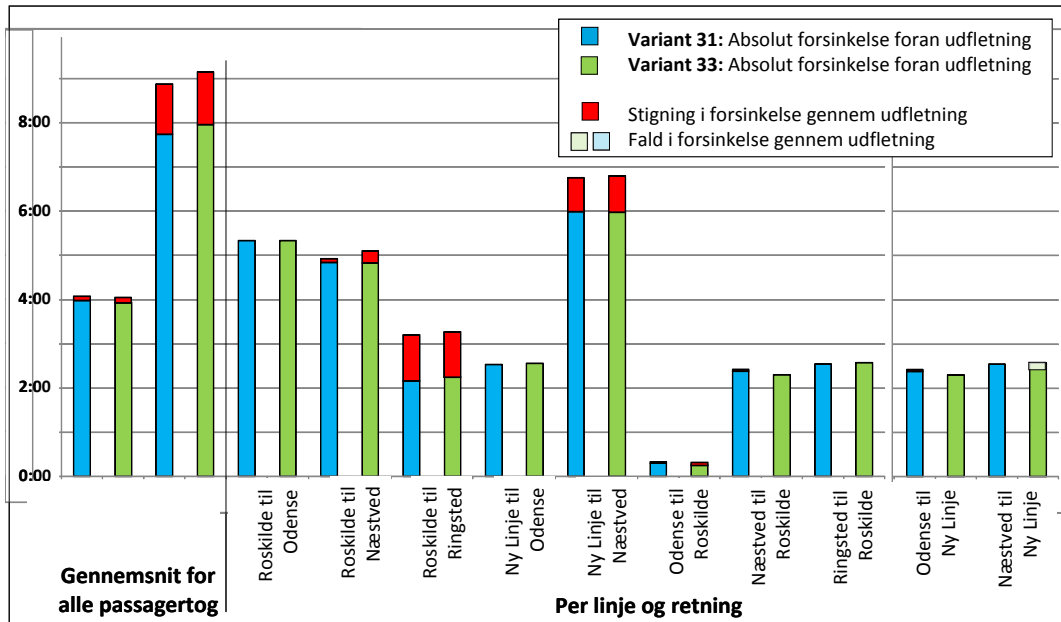
Figur 50. Variant 31 og variant 33 udfletning togvej/besættelse (per time i myldretiden)



På trods af et højere konfliktpotentiale i variant 33, viser variant 31 og variant 33 en tilsvarende driftsydelse i Ringsted med den givne køreplan. Nedenstående figur 51 viser den absolutte forsinkelse foran Kværkeby-Ringsted udfletningen plus den forsinkelsesstigning/fald, som passagertogene bliver pådraget i begge varianter, når de kører gennem udfletningsområdet. Bemærk, at tallene vist i figur 51 er resultatet af evaluering af 2025 køreplanen, mens figur 48 viser resultaterne for 2017 køreplanen.

Mens stigningen i forsinkelser er en anelse højere i variant 33 for nogle tog (f.eks. tog på den nye linje til Odense) er den lavere i variant 31 for andre tog (f.eks. tog fra Roskilde, der vender i Ringsted). Gennemsnitsforsinkelsen for alle tog stiger 14 sekunder fra 3 min 45 sek. i variant 31 og med det samme tal i variant 33. I begge tilfælde betyder dette en stigning i gennemsnitsforsinkelsen på 6% gennem udfletningen.

Figur 51. Variant 31 og variant 33 forsinkelse foran udfletning og stigning gennem udfletning



Disse resultater er baserede på den leverede køreplan. En anden køreplan kunne måske give et andet resultat. Et alternativ kunne være en køreplan med en anden sporbenyttelse i Ringsted. En anden benyttelse af spor vil ikke alene forbedre ensartetheden af spor anvendelsen i Ringsted, men vil også forbedre omstigningen i Ringsted for passager fra Odense til Næstved og omvendt.

## Referencer

### **LANDEX 06**

Landex, A.; Kaas, A.H.; Schittenhelm, B.; Schneider-Tilli, Jan

*Evaluation of railway capacity*

Trafikdage på Aalborg Universitet 2006

### **RAMBØLL 08**

RAMBØLL DANMARK A/S

*Railway capacity extension København – Ringsted: Analysis of capacity and punctuality, Activity Report 2: Analysis of station and junction layouts*

Virum, February 2008

### **TRAFIKSTYRELSEN 05**

Trafikstyrelsen. København – Ringsted Strategianalyse

*Estimering af regularitet for infrastrukturalternativer*

Juli 2005

### **UIC 04**

UIC Union internationale des chemins de fer

*UIC leaflet 406, Capacity*

UIC, France 2004

### **RUDOLPH 04**

Rudolph, R.

*/Entwicklung von Strategien zur optimierten Anordnung und Dimensionierung von Zeitzuschlägen im Eisenbahnbetrieb/*

Eurailpress Hamburg 2004

### **TRAFIKSTYRELSEN 08**

Trafikstyrelsen. Fagnotat *Trafikale muligheder*

<http://www.trafikstyrelsen.dk/.....>

Juli 2008

**RAMBØLL 08/5**

RAMBØLL DANMARK A/S

*Railway capacity extension København – Ringsted: Analysis of capacity and punctuality, Activity Report 6 version C: Analysis of additional alternative station solutions incl. Ny Ellebjerg Bridge*

Virum, August 2008



Trafikale muligheder  
Udgiver: Trafikstyrelsen

*Trafikstyrelsen  
Gammel Mønt 4  
DK-1117 København K.*

*info@trafikstyrelsen.dk  
www.trafikstyrelsen.dk*

**Kapacitetsudvidelse  
København-Ringsted**