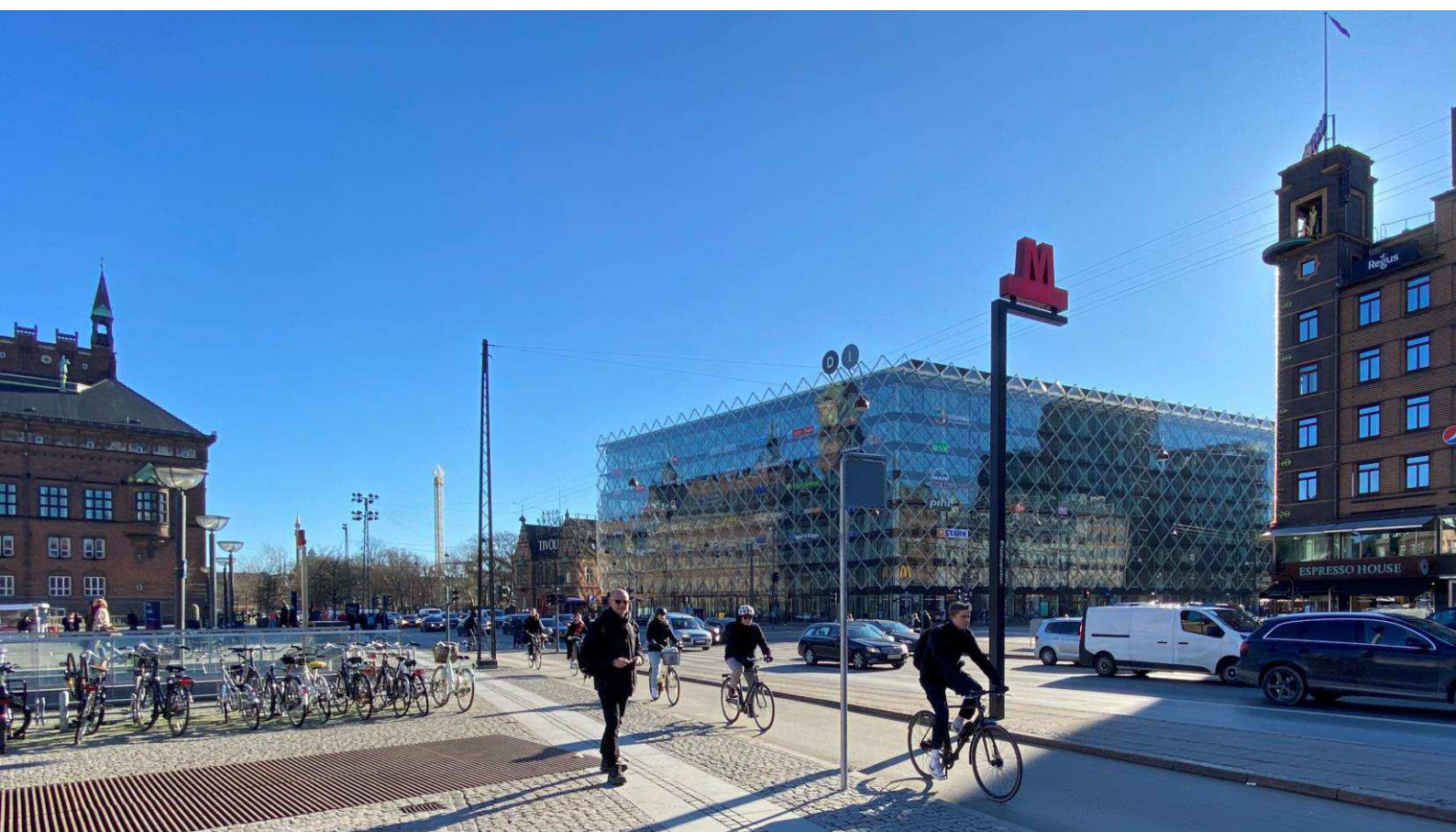


JANUAR 2023
KØBENHAVNS KOMMUNE

FORANALYSE AF DEN GRØNNE BOULEVARD

Fase 1.2 – rapport



ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

JANUAR 2023
KØBENHAVNS KOMMUNE

FORANALYSE AF DEN GRØNNE BOULEVARD

Afsluttende fase 1.2 - rapport

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.				
A234454	A234454-A001				
VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
6.0	4. januar 2023		HGR/SSO/Rasmus Stougaard		EBKN
5.0	14. december 2022		HGR/SSO/Rasmus Stougaard		EBKN
4.0	30. november 2022		HGR/SSO/Rasmus Stougaard		EBKN
3.0	28. november 2022		HGR/SSO/Rasmus Stougaard		EBKN
2.0	17. november 2022		HGR/SSO/Rasmus Stougaard		EBKN

INDHOLD

1	Indledning	8
1.1	Afgrænsning	9
1.2	Læsevejledning	9
2	Sammenfatning	11
2.1	Screening	11
2.2	Undersøgte hovedløsninger	12
3	Overordnede rammer for projektet	28
3.1	Korridoren og dens overordnede begrænsninger	28
3.2	Tekniske "hot spots"	30
3.3	Trafikale knudepunkter	38
3.4	Byrum	49
3.5	Vejtekniske forudsætninger for tunnelløsning	58
4	Løsningsrum	60
4.1	Trafikforhold	60
4.2	Anlægsteknik	61
4.3	Tilslutningsanlæg	61
4.4	Sikkerhedskoncept	62
4.5	Drift og vedligehold	62
4.6	Byrum	62
5	To hovedløsninger	68
5.1	Hovedløsning I – To korte tunneler	70
5.2	Hovedløsning II – Én lang tunnel	81
5.3	Anlægsoverslag	95
5.4	Klimabelastning – CO ₂ eq påvirkning	97
5.5	Anlægsplanlægning	98
5.6	Vurdering af de to hovedløsninger	99

6	Perspektivering af andre løsninger	104
6.1	Lang tunnel Hulgårdsvej – Ørestads Boulevard	104
6.2	Tilslutninger fra Gyldenløvesgade mod Nørre Søgade	107
6.3	Vurdering af perspektivering	110
7	Finansieringsmodeller	111
7.1	Brugerbetaling	111
7.2	Beskatning	111
7.3	Parkering	112
7.4	Totalentreprise og OPP	112
7.5	Støjreduktion og samfundsøkonomisk gevinst	113

BILAG

Bilag A Skitser i A3

- A.1 Screening af byrumsbredder
- A.2 To hovedløsninger
- A.3 Centerlinje og hovedgeometri for korridoren

Bilag B Vej- og tunneltekniske forudsætninger

- B.1 Vejtekniske forudsætninger for tunnelløsning
- B.2 Sikkerhed og tryghed
- B.3 Tunnel og tilslutningsanlæg
- B.4 Anlægslogistik

Bilag C Geologi og hydrogeologi

- C.1 Strukturelle forhold
- C.2 Geologisk model langs den eksisterende linjeføring
- C.3 Grundvandssænkning

Bilag D Anlægsteknik for tunneler

- D.1 Cut & cover og ramper
- D.2 Boret tunnel
- D.3 NATM eller SCL
- D.4 "Tunnel jacking" (tunnel pres)

Bilag E Screening af løsningsprincipper

- E.1 Trafikberegninger i screeningsfasen
- E.2 Resultater af modelberegninger

Bilag F Anlægsoverslag

- F.1 Enterprisearbejder
- F.2 Tillæg til Enterprisearbejder
- F.3 Forberedende aktiviteter
- F.4 Jordhåndtering
- F.5 Andre bygherreomkostninger (Projektering,
Tilsyn og Administration)
- F.6 Korrektionstillæg for Totalbevilling

Bilag G Anlægsplanlægning

- G.1 Arbejdstider
- G.2 Fremdriftsrater
- G.3 Cut & cover tunnel
- G.4 TBM
- G.5 Apterling og test af tunnel

Bilag H Sikkerhedskoncept

- H.1 Generelt
- H.2 Ventilation
- H.3 Nødspor / nødnicher
- H.4 Flugtveje
- H.5 Farligt gods
- H.6 Centralt galleri / service galleri

Bilag I Kilder

1 Indledning

Korridoren Åboulevard og H.C. Andersens Boulevard er én af Danmarks mest trafikerede urbane vejstrækninger med ca. 70.000 biler i døgnet og formodentlig endnu flere i fremtiden. Korridoren er et markant vej- og trafikrum, og opleves som en barriere, der deler bydelene langs strækningen. Potentialitet for Den Grønne Boulevard ligger i at reducere trafikken på overfladen og udvikle en serie grønne og rekreative byrum i tracéet og herved skabe bedre forbindelser på tværs af den store trafikåre. Den Grønne Boulevard er en mulighed for at gentænke trafikken i Indre By og foretage nye prioriteringer af byrum til at skabe en levende, grønnere by og afhjælpe nogle af de voksende udfordringer, der er med trængsel, støj, sundhed og sikkerhed.

Københavns Kommune gennemfører en foranalyse af muligheden for at etablere en grøn boulevard på strækningen fra Bispeengbuen til Amager (Åboulevard, Ågade, Gyldenløvesgade, H.C. Andersens Boulevard, Langebro), således at der gennem en reduktion af biltrafikken kan opnås muligheder for at skabe et bedre og et mere samlande (grønt) byrum på overfladen. Målet med foranalysen er¹:

*Foranalysen består af indledende **tekniske** og **trafikale** undersøgelser af en omdannelse/ mindre vej i terræn/ tunnellægning af vejstrækningen og en grøn kile fra Bispeengbuen til Amager på overfladen.*

*Foranalysen skal, som led i dette kortlægge **mulighederne** for at **reducere biltrafikken** og dermed understøtte Københavns målsætninger indenfor klima, byrum/byliv og mobilitet.*

Foranalysen skal ses i forlængelse af analyser, der i 1990'erne og i det seneste årti er gennemført for at undersøge mulighederne for en tunnelering af Åboulevard-korridoren fra Hillerødgade til Sørne, og hvor der også var fokus på at skabe byrum ved en fritlægning af Ladegårds Å.

COWI og Schönherr bistår Københavns Kommune med gennemførelse af denne foranalyse. Foranalysen gennemføres i to overordnede faser. .

- > Fase 1 Screening og indledende foranalyse
- > Fase 2 Foranalyse af hovedscenarier

Denne rapport omfatter kun den tekniske afrapportering af fase 1 – *Screening og indledende foranalyse*. Afrapporteringen dækker over analyser, der er foretaget i perioden januar – december 2022. Afrapporteringen beskriver dels den proces, der er gennemført i perioden i forhold til screening af forskellige løsningsmuligheder dels specifikke tekniske analyser vedrørende trafikale forhold, vej- og tunnelteknik og byrum samt finansieringsmuligheder.

Fokus har været på at undersøge de tekniske muligheder for etablering af en tunnel på hele eller dele af strækningen, herunder på et indledende stade, at vurdere de potentialer en tunnelering vil give for etablering af nye grønne byrum. Derudover har der i fase 1 været fokus på at undersøge de trafikale konsekvenser ved en tunnelering af biltrafikken for at kortlægge, i hvilket omfang en tunnelering vil understøtte en reduktion af trafikbelastningen og det samlede trafikarbejde.

¹ "Foranalyse af Den Grønne Boulevard" – Opgavebeskrivelse, 17. august 2021, Københavns Kommune.

I projektets fase 2, vil der blive arbejdet videre med konkretisering af mulige løsningsscenarier, jf. den politiske beslutning der vil blive taget om den videre proces for fase 2. Hvorvidt der skal ses på overfladeløsninger for Den Grønne Boulevard, hvor biltrafikken bibeholdes på terræn, men med et indsnævret vejareal til at reducere trafikken, vil afhænge af den politiske beslutning.

1.1 Afgrænsning

Foranalysen for Den Grønne Boulevard er afgrænset til at omfatte korridoren mellem *Borups Plads* i vest og *Ved Stadsgraven* i Øst.



Figur 1-1 Afgrænsning af analysekorridoren mellem Bispeengbuen og Stadsgraven.

Parallelt med nærværende opgave er der gennemført en analyse, der omhandler de byrumsmæssige potentialer, hvis Bispeengbuen helt eller delvist bliver nedrevet.

Afgrænsningen for foranalyse er, at den skal "hægte" sig på Bispeengbuens projekt ved Borups Plads, baseret på en nedrivning af den ene af Bispeengbuens to broer, således at trafikken samles på den nordlige af broerne med en 2x2 spors løsning for biltrafikken. Dog er COWI/Schönherr blevet bedt om på et helt overordnet niveau at foretage en perspektivering af, hvilke muligheder og fordele, der kan være ved en evt. forlængelse af tunnelprojektet fra Borups Plads under Bispeengbuen til Hillerødgade.

I forbindelse med projektførelsen gennemføres en parallel trafikanalyse om Vesterbro Passage, hvor konsekvenserne af en lukning af Vesterbrogade for biltrafik mellem Bernstorffsgade og Rådhuspladsen undersøges. Det er aftalt, at denne lukning ikke indgår i analysen i fase 1. Fremadrettet kan denne lukning indgå som en forudsætning for foranalysen af Den Grønne Boulevard i fase 2.

1.2 Læsevejledning

Nærværende notat indeholder en beskrivelse af den gennemført proces og de gennemførte analyser.

- > Kapitel 2 – Sammenfatning – her beskrives de væsentligste analyseemner og relevante konklusioner. Sammenfatningen dækker analysens fire "ben" – trafik, vej-/tunnelteknik, byrum og finansiering.
- > Kapitel 3 – Overordnede ramme for projektet – her beskrives kort den nuværende situation med trafikale knudepunkter, "hot-spots", hvor der kan/vil være særlige tekniske udfordringer, vejtekniske krav og forudsætninger samt byrumsmæssige potentialer og aftalte bindinger.

- > Kapitel 4 – Løsningsrum – en beskrivelse af, hvilke konkrete løsningsrum, der vurderes at være mulige for den samlede korridors løsning for Den Grønne Boulevard.
- > Kapitel 5 – To hovedløsninger – en beskrivelse af, de to hovedløsninger, foranalysen på nuværende tidspunkt indikerer som løsningsforslag. De to hovedløsninger er væsensforskellige løsningsprincipper.
- > Kapitel 6 – Perspektivering – indeholder en kort beskrivelse af, hvilke potentialer og benefits, der kan være ved at se den trafikale løsning i en større udstrækning end den vestlige afgrænsning ved Borups Plads. Der er fokus på især de anlægstekniske og de trafikale forhold.
- > Kapitel 7 – Finansieringsmodeller – en indledende beskrivelse af potentielle finansieringsprincipper.
- > Bilag – en række bilag med forudsætninger, delanalyser og tekniske beskrivelser af forhold, der vil have væsentlig betydning for etablering af en tunnel under Den Grønne Boulevard.

2 Sammenfatning

Formålet med foranalysen af Den Grønne Boulevard er at undersøge, hvorvidt der kan gennemføres en nedgravning af trafikken fra Bispeengbuen til og med Langebro, så der kan skabes en grøn kile på overfladen, og som led i det at kortlægge mulighederne for at reducere biltrafikken og dermed understøtte Københavns målsætninger indenfor klima.

Den Grønne Boulevard, herunder eventuel etablering af en tunnel til at håndtere en del af trafikken, (især den gennemkørende trafik) er et ambitiøst projekt i København. En beslutning om et sådant projekt skal selvsagt ses i forhold til, hvor attraktiv den samlede løsning er for byens brugere og hvad løsningen kan give af forbedrede byrumskvaliteter på strækningen. Her er vejkapacitet, trafikbelastning og potentiale for nye grønne byrum samt anlægsøkonomi væsentlige elementer, der skal vurderes. I den gennemførte fase 1 af foranalysen har der været fokus på tekniske muligheder for etablering af en tunnel, hvilke byrumspotentialer en tunnel vil resultere i samt de overordnede trafikale konsekvenser.

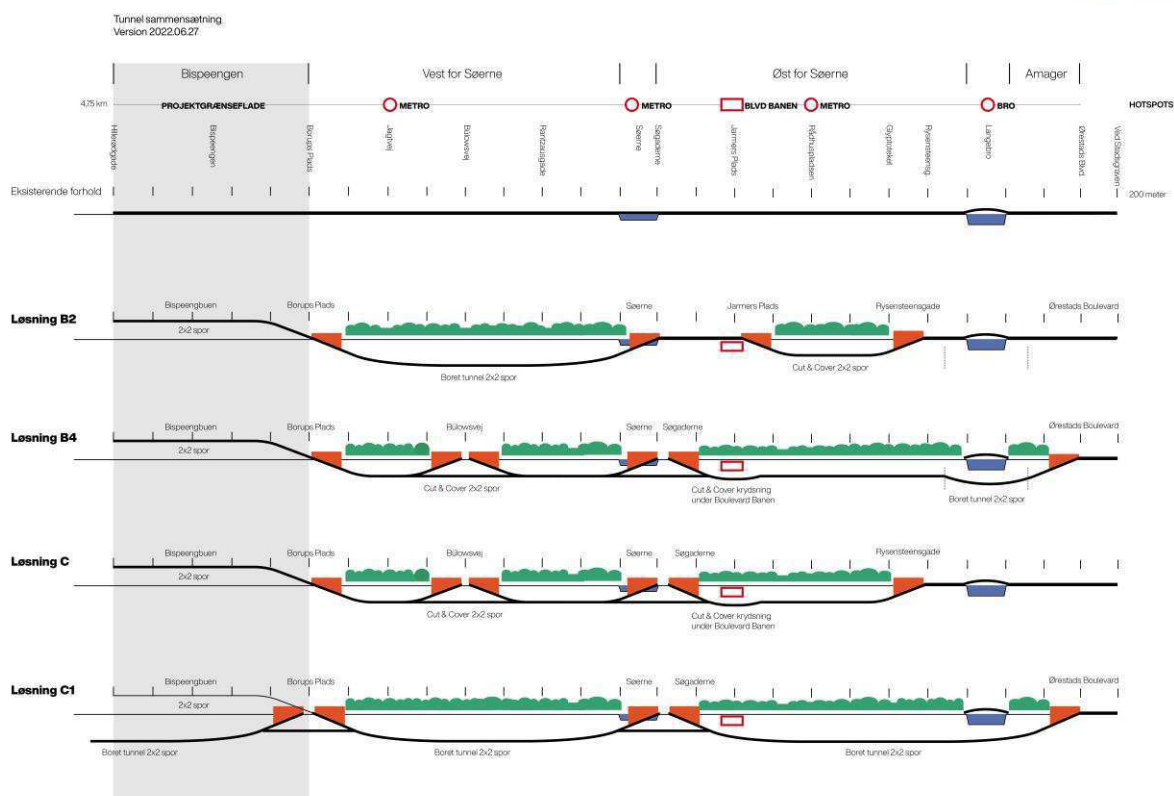
I foranalysen er det forudsat, at en evt. tunnel så vidt muligt skal følge og respektere den nuværende tracering, og at der ved vurdering af tilslutningsanlæg (TSA) og byrum er forudsat, at nuværende bygninger langs korridoren bibeholdes. Som en væsentlig grundparameter er analysen baseret på en forudsætning om en "delvis nedrivning" af Bispeengbuen, hvor antallet af kørespor på Bispeengbuen reduceres fra 2x3 til 2x2 spor frem til krydset ved Borups Plads. Foranalysen for Den Grønne Boulevard tager således udgangspunkt i, at en evt. tunnel starter/slutter ved Borups Allé og ikke føres under Bispeengbuen.

I foranalysens fase 1 har der været fokus på tre hovedparametre – anlægsteknik, inkl. anlægsøkonomi, trafikforhold og byrumspotentialer samt i mindre grad finansieringsmodeller. Dette fokus skyldes behovet for at vide, hvilke trafikale konsekvenser en tunnel vil have inden der arbejdes videre med konkrete løsninger for etablering af en grøn boulevard – med eller uden tunnel.

2.1 Screening

Ud fra analyser og vurderinger baseret på de tre hovedparametre har der været skitseret et sæt af principløsninger, der rummer mulige tunnellængder og -tilslutninger og dermed forskellige potentialer for at skabe flere grønne byrum på overfladen. Der er screenet fire mulige scenarier til at illustrere bredden af løsningsmuligheder og til at understøtte en udvælgelse af de "mest" ønskelige løsningsprincipper for det videre arbejde. De fire løsningsprincipper er:(se figur 2-1):

- > Løsning B2: En **lang** tunnel med få tilslutninger.
- > Løsning B4: En **lang** tunnel med tilslutninger undervejs.
- > Løsning C: En **kort** tunnel med få tilslutninger.
- > Løsning C1, Alt: En **kortere** tunnel med tilslutninger undervejs.



Figur 2-1 De fire screenede løsningsprincipper. Røde markeringer illustrerer de åbne rampestrækninger mellem tunnel og overflade.

I forbindelse med screeningen er der blandt flere lokaliteter peget på især to lokaliteter, som er komplicerede for Den Grønne Boulevards realisering og som kan have stor betydning for valget af løsnings-scenarie. Det drejer sig om passagen af:

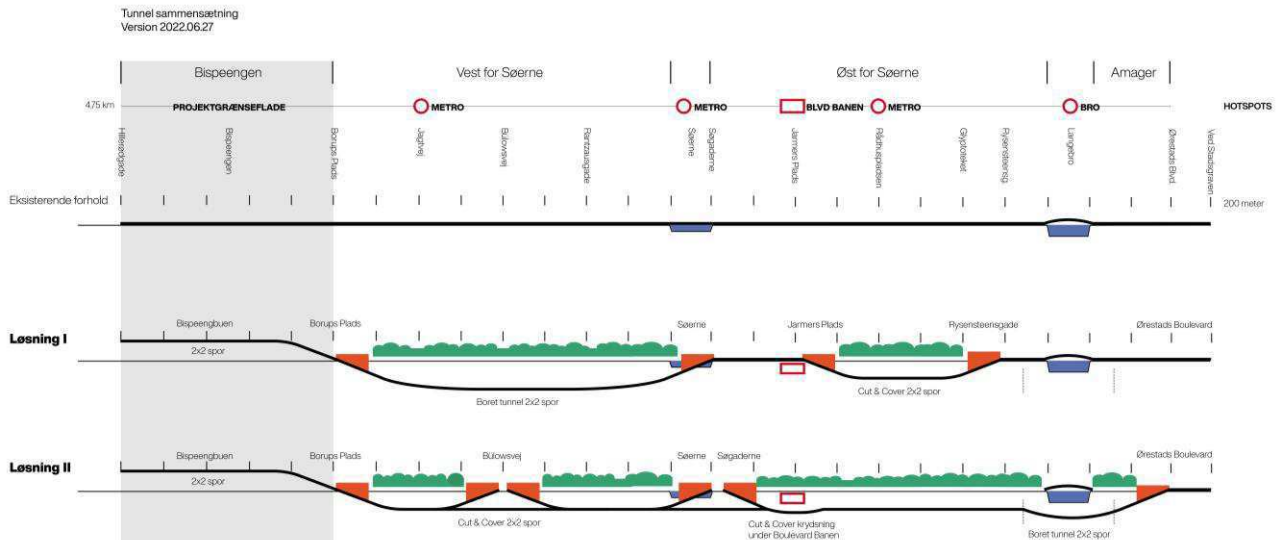
- > Boulevardtunnelen – jernbanens krydsning under Gyldenløvesgade ved Jarmes Plads.
- > Havnen under Langebro

Screeningen har vist, at det er muligt at passere Boulevardbanen i en tunnel under banen og føre tunnelen til terræn, således at der kan afvikles trafik i krydset mellem Gyldenløvesgade og Søgaderne, som er et væsentligt kryds for trafik til og fra Indre By. Det vil kræve, at Boulevardtunnelen vil være lukket for både S-togs- og fjerntogstrafik i en periode på cirka 5 måneder, med gener for pendlere og togpassagerer. På baggrund heraf er der undersøgt to hovedløsninger (én uden denne krydsning under Boulevardbanen og én med).

2.2 Undersøgte hovedløsninger

De to undersøgte hovedløsninger er:

- > Hovedløsning I – to korte tunneler uden tilslutninger undervejs og
- > Hovedløsning II – én lang tunnel med to tilslutningsanlæg undervejs, se figur 2-2.



Figur 2-2: De to undersøgte hovedløsninger

2.2.1 Anlægsteknik

Begge hovedløsninger vil kunne anlægges som enten cut & cover tunnel eller som boret tunnel. Dog skal krydsningen under Langebro etableres som boret tunnel, mens krydsning under Boulevardbanen skal etableres som cut & cover tunnel, hvis det ønskes, at trafik fra tunnelen skal kunne afvikles på terræn i krydset mellem Gyldenløvesgade og Søgaderne.

I de to hovedløsninger har der anlægstekniske været fokus på, hvor der kan etableres en cut & cover tunnel og hvor det er nødvendigt eller hensigtsmæssigt at etablere en boret tunnel, og hvor der er muligheder for at etablere tilslutningsanlæg undervejs i tunnelens udstrækning. Cut & cover tunnel vil typisk være billigere, men der kan være forhold, der ved en boret tunnel, f.eks. ved at trafikafviklingen i anlægsfasen vil være bedre.

På baggrund af analysen kan tunnelen, såfremt den skal ligge i nuværende linjeføring, kun etableres med 2x2 kørespor, da der forskellige steder på strækningen ikke er plads til flere kørespor.

2.2.2 Byrum

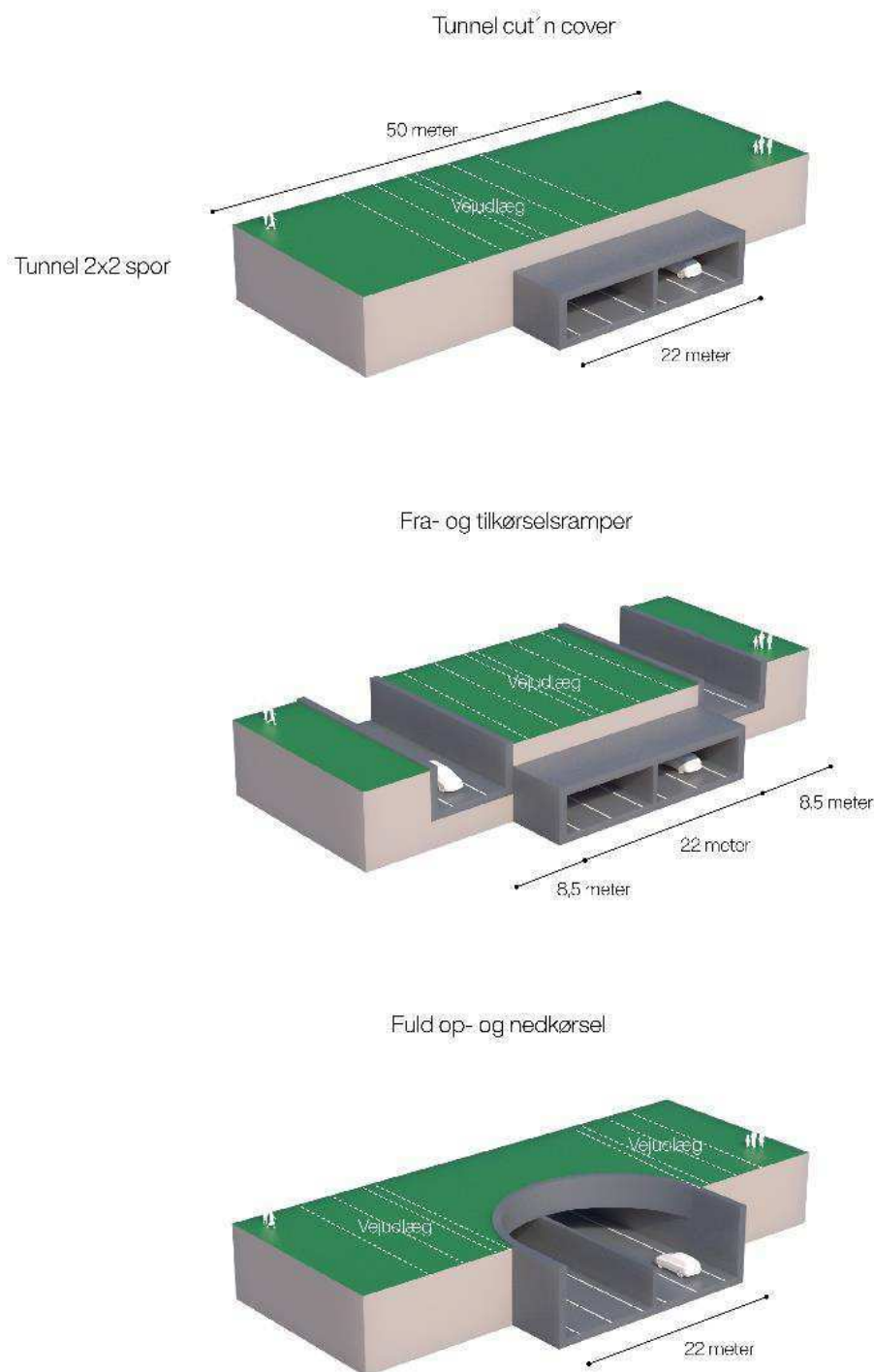
Én af intentionerne med Den Grønne Boulevard er at skabe en korridor igennem byen, der er præget mere af oplevelser og byrum end den "trafikmaskine", som korridoren i dag bærer præg af.

En reduktion af trafikken i byrummene i Den Grønne Boulevard vil give gode muligheder for at ændre oplevelsen og anvendelsen af Københavns væsentlige historiske byrum og korridorer gennem byen. Det er dog vigtigt at understrege, at Den Grønne Boulevard kan fjerne en del trafik fra overfladen,

men ikke al trafik, da der fortsat vil være behov for trafikarealer på terræn for at sikre vejadgang til bebyggelser langs strækningen, vejareal til busbetjening, lette trafikanter og evt. parkering.²

I analysen er illustreret forskellige principper for, hvordan en tunnel og de tilhørende tekniske anlæg vil påvirke udtrykket i et byrum med en samlet bredde på ca. 48-50 meter, svarende til bredden fra facade til facade i korridorens bredeste passager – se figur 2-3. Figuren illustrerer det løsningsrum, der kan være for byrummet afhængig af den tekniske løsning, og der gives et visuelt indblik i, hvilke (be-grønnede) arealer der kan tilvejebringes i det nuværende byrum, under forudsætning af, at der etableres en tunnel med 2x2 kørespor.

² Som minimum forudsættes det, at fortovsareal og cykelstier i en ny indretning af gaderummet skal opretholdes. Da der ikke er tegnet på vejrummets potentielle indretning, vides det endnu ikke, hvordan de frigjorte arealer i byrummet kan disponeres.



Figur 2-3 *Principiell illustration af, hvor meget byrum, der kan tilvejebringes ved forskellige steder på en tunnelstrækning. Øverst vises princip på en strækning med en tunnel under Boulevarden, i midten vises et princip for en lokalitet, hvor der skal føres sideramper til og fra tunnelen og nederst vises et princip hvor tunnel føres op i sin fulde udstrækning.*

Til at illustrere ovenstående i et konkret byrum er H.C. Andersens Boulevard, set fra Langebro, illustreret med **principper** for anlæggenes skala i den bymæssige kontekst. Principillustrationerne sammenligner nuværende forhold, med en H.C. Andersens Boulevard med et byrum med reduceret trafikbelastning og illustration af, hvad forskelle former for rampeanlæg betyder for byrummet og det areal, der kan anvendes til anden funktion end vej og trafik.



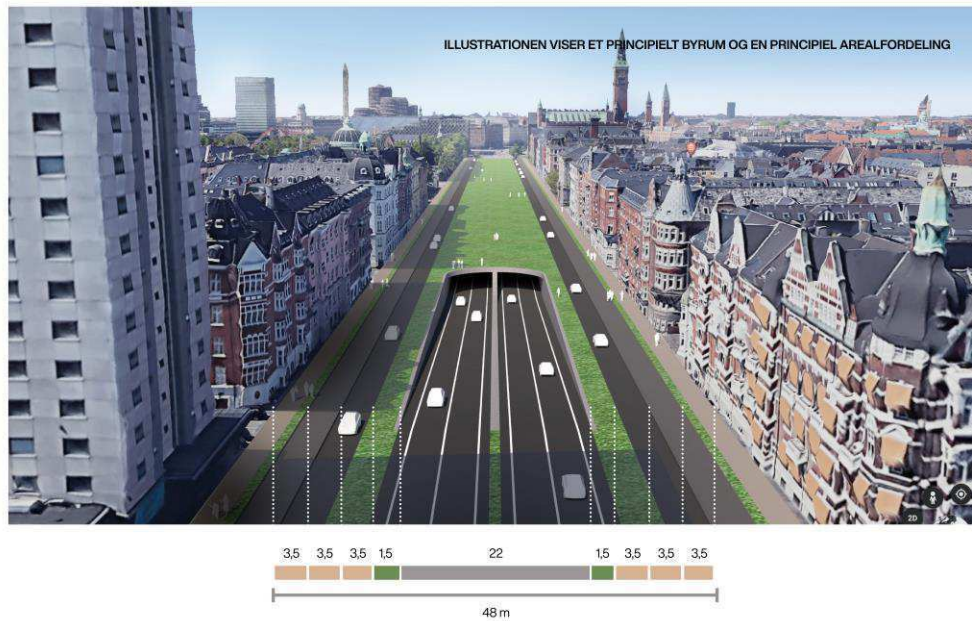
Figur 2-4 Nuværende situation på H.C. Andersens Boulevard.

COWI schönerr



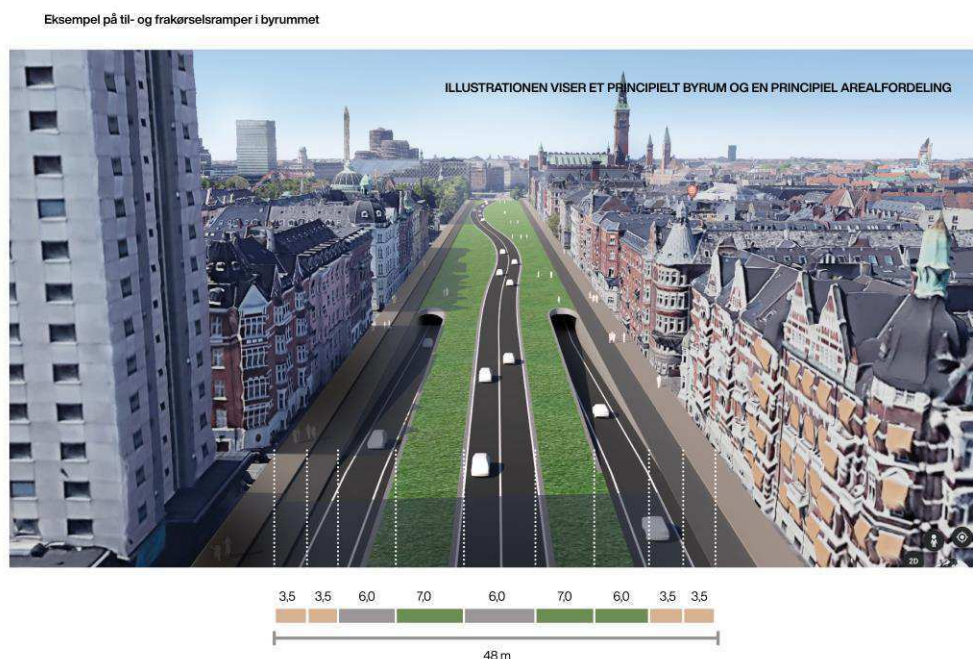
Figur 2-5 Princip der viser byrummet med en tunnel under Den Grønne Boulevard, og hvor der ikke er ramper på strækningen. Den Grønne Boulevard er placeret som en rambla med biltrafik på ydersiderne. Illustrationen er principiel og der er eksempelvis ikke indtegnet vejareal til tværgående veje, ligesom fortov, cykelstier og veje er vist som principper.

Eksempel på fuld op- og nedkørsel i byrummet



Figur 2-6

Princip der viser byrummet med en tunnel under Den Grønne Boulevard, og ramper på strækningen mellem Langebro og Rysestengade. Den tilbageværende trafik på terræn afvikles i midten af Den Grønne Boulevard. Illustrationen er principiel og der er eksempelvis ikke indtegnet vejareal til tværgående veje, ligesom fortov, cykelstier og veje er vist som principper.



Figur 2-7 Princip der viser byrummet med en situation, hvor der er etableret tunnel under Den Grønne Boulevard, og hvor hovedtunnelen føres op til terrænniveau lige før Langebro. Trafikken på terræn over Den Grønne Boulevard afvikles i ydersiderne som i princippet med rambløsningen. Illustrationen er principiel og der er eksempelvis ikke indtegnet vejareal til tværgående veje, ligesom fortov, cykelstier og veje er vist som principper.

Principperne illustrerer det umiddelbare potentiale og bindinger ved etablering af Den Grønne Boulevard med en tunnel til biltrafikken, og det er synligt, at der kan tilvejebringes mere areal til byrum, men også, at der fortsat vil være en del areal på terræn, der er dedikeret til trafikarealer. Som minimum opretholdes nuværende areal til fortov og cykelstier. Da der ikke er tegnet på by- og vejrummets potentielle indretning, vides det endnu ikke hvordan de frigjorte arealer disponeres.

2.2.3 Trafik

De forventede trafikale effekter er beregnet med kommunens COMPASS trafikmodel. Den forventede trafik i de to hovedløsninger er sammenlignet med et forventet basisscenarie for år 2035, Basis 2035, uden en tunnel på strækningen. Basis 2035 beskriver en fremtidig situation med den af kommunen forventede byudvikling og med realisering af besluttet transportinfrastruktur, f.eks. delvis nedrivning af Bispeengbuen og anlæg af 1. etape af Østlig Ringvej.

Hovedløsning I - Trafikmængder på strækningen

Hovedløsning I aflaster vejen på overfladen på de to dele af strækningen, hvor der etableres tunneller.

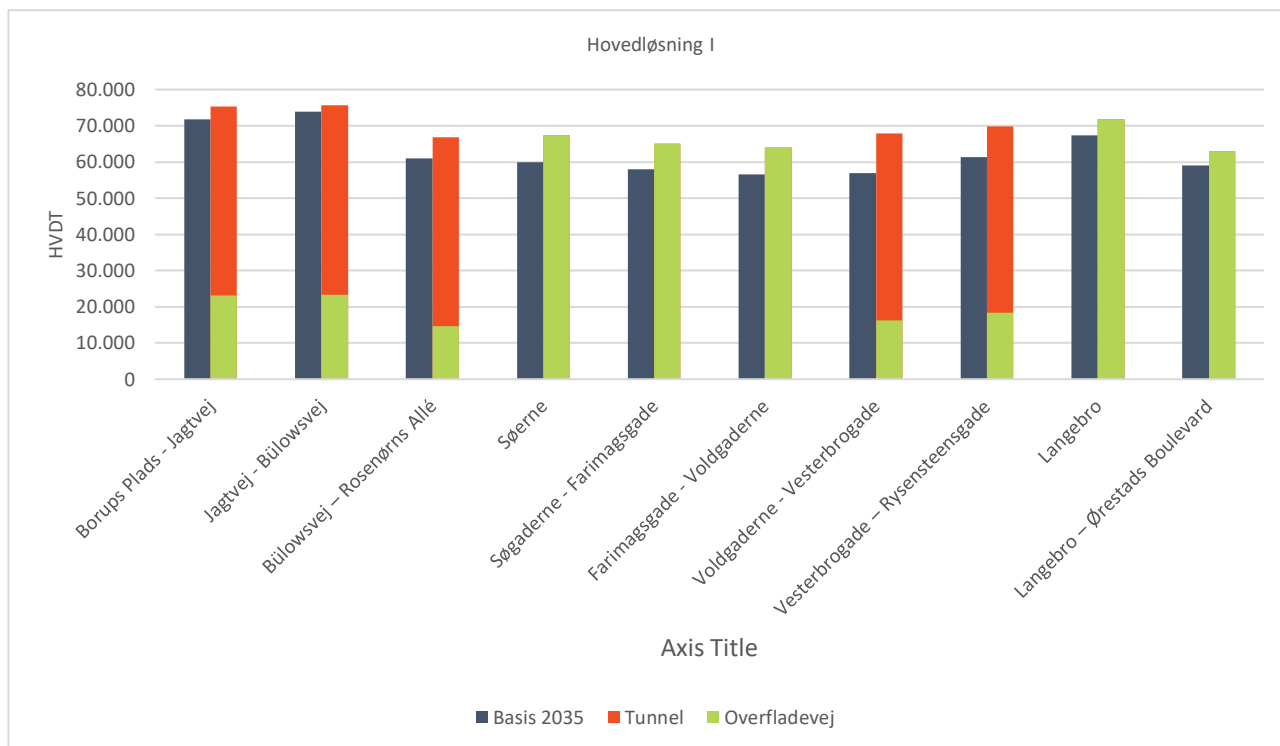
- > Den ene af tunnellerne - gennem Frederiksberg-Nørrebro - aflaster vejen fra en trafikmængde på 61.000 - 74.000 til 15.000 - 23.000 køretøjer på et gennemsnitligt hverdagsdøgn. Det svarer til, at ca. 2 ud af 3 køretøjer (ca. 70 procent) forsvinder fra overfladen gennem Frederiksberg - Nørrebro.
- > Det samme gælder tunnelen i Indre By, hvor trafikmængden beregnes til 16.000 - 18.000 køretøjer.
- > Den tilbageværende trafik på overfladen på de to strækninger med tunnel vil være af samme størrelsesorden, som trafiktællinger viser for nuværende trafik på f.eks. Jagtvej og Øster Søgade.
- > På delstrækninger uden tunnel vil trafikken stige med 7 - 19 procent.

Samlet er summen af trafik i tunnel og trafik på overfladen op til ca. 19 procent større end trafikken på strækningen uden en tunnel i Basis 2035, hvilket betyder at strækningen tiltrækker trafik, som ikke ville være der uden tunnel. Den største stigning beregnes i Indre By mellem Voldgaderne og Vesterbrogade, hvor forventningen er en stigning fra ca. 57.000 til knap 68.000 køretøjer.

Snit	Basis 2035	Hovedløsning I					
		Tunnel		Overfladevej		Sum	
		HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis
Borups Plads - Jagtvej	71.700	52.200	73%	23.100	32%	75.300	105%
Jagtvej - Bülowvej	73.800	52.200	71%	23.400	32%	75.600	102%
Bülowvej - Rosenørns Allé	61.000	52.200	86%	14.600	24%	66.800	110%
Sørerne	60.000	-	-	67.300	112%	67.300	112%
Søgaderne - Farimagsgade	58.000	-	-	65.100	112%	65.100	112%
Farimagsgade - Voldgaderne	56.500	-	-	63.900	113%	63.900	113%
Voldgaderne - Vesterbrogade	56.900	51.600	91%	16.200	28%	67.800	119%
Vesterbrogade - Rysensteensgade	61.300	51.600	84%	18.300	30%	69.900	114%
Langebrogade	67.400	-	-	71.800	107%	71.800	107%
Langebrogade - Ørestads Boulevard	59.100	-	-	63.000	107%	63.000	107%

Figur 2-8 Beregnet hverdagsdøgntrafik (HVDT) i 2035 i et basisscenarie og i hovedløsning I på udvalgte snit på strækningen (afrundende tal).

Trafiktallene i figur 2-8 er illustreret diagrammatisk i figur 2-9.



Figur 2-9 Beregnet hverdagsdøgntrafik (HVDt) i 2035 i et basisscenarie og i hovedløsning I på udvalgte snit på strækningen (afrundende tal). Samme tal som anvendt i figur 2-8.

Modelberegninger viser desuden, at 30-35 procent af trafikken med hovedløsning I vil være gennemkørende uden ærinde mellem Bispeengbuen og den østlige side af tunnelen i Indre by.

Hovedløsning II - Trafikmængder på strækningen

Hovedløsning II aflaster vejen på overfladen i hele tunnelens længde.

- > Aflastningen er størst på den yderste del ved Frederiksberg og Nørrebro fra en trafikmængde på 61.000 – 74.000 til ca. 8.000 – 13.000 køretøjer på et gennemsnitligt hverdagsdøgn. Her forsvinder ca. 8 ud af 10 køretøjer (ca. 80 procent) fra overfladen. Den tilbageværende trafik på overfladen vil her ca. være af samme størrelsesorden, som trafiktællinger viser for nuværende trafik på f.eks. Vesterbrogade og den inderste del af Frederikssundsvej.
- > I Indre By er aflastningen knap så stor, hvor trafikmængden beregnes til ca. 21.000 – 26.000 køretøjer, hvilket svarer til en reduktion på 55 - 65 procent.

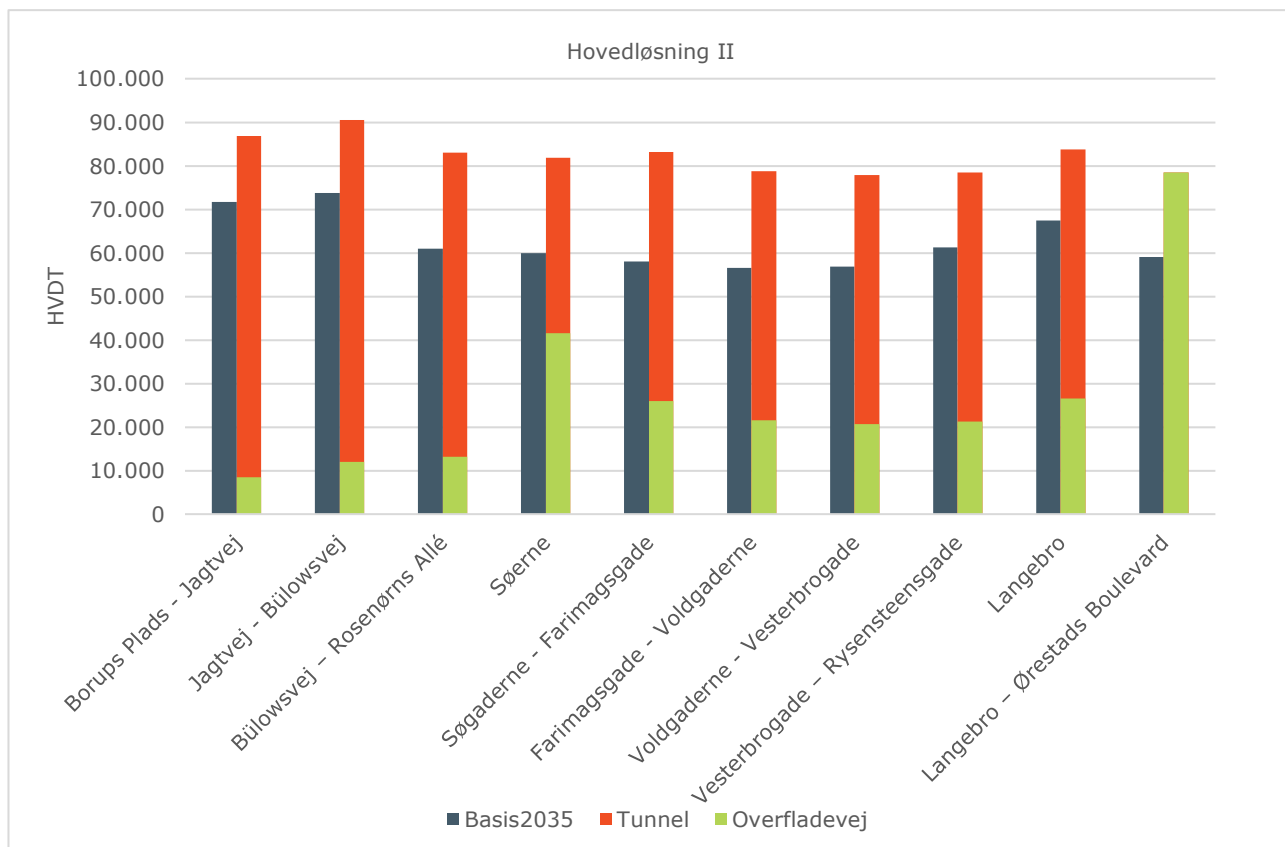
Tunnelen tiltrækker en trafikmængde, der på flere dele af strækningen er på niveau eller over trafikken i Basis 2035. Undtagelsen er ved søerne, hvor vejen på overfladen har en større andel. Det skyldes tilslutningen mellem tunnel og søgaderne, hvor bilister kører både til og fra tunnelen og derfor giver relativt mere trafik hen over søerne.

Summen af trafik i tunnel og vej på overfladen er større end på strækningen i Basis 2035 og også større end med hovedløsning I. På strækninger i Indre By er summen af trafikken op til 40 procent højere end i situationen i Basis 2035 uden tunnel. Hovedløsning II tiltrækker dermed mere ny trafik end Hovedløsning I.

Snit	Basis 2035	Hovedløsning II					
		Tunnel		Overfladevej		Sum	
		HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis
Borups Plads - Jagtvej	71.700	78.400	109%	8.400	12%	86.800	121%
Jagtvej - Bülowvej	73.800	78.400	106%	12.000	16%	90.500	123%
Bülowvej - Rosenørns Allé	61.000	69.900	115%	13.200	22%	83.000	136%
Sørne	60.000	40.300	67%	41.500	69%	81.800	136%
Søgaderne - Farimagsgade	58.000	57.200	99%	25.900	45%	83.100	143%
Farimagsgade - Voldgaderne	56.500	57.200	101%	21.600	38%	78.700	139%
Voldgaderne - Vesterbrogade	56.900	57.200	101%	20.700	36%	77.800	137%
Vesterbrogade - Rysenstensgade	61.300	57.200	93%	21.300	35%	78.500	128%
Langebro	67.400	57.200	85%	26.500	39%	83.700	124%
Langebro - Ørestads Boulevard	59.100	-	-	78.500	133%	78.500	133%

Figur 2-10 Beregnet hverdagsdøgntrafik (HVDT) i 2035 i et basisscenarie og i hovedløsning II på udvalgte snit på strækningen (afrundende tal).

Trafiktallene i figur 2-10 er illustreret diagrammatisk i figur 2-11.



Figur 2-11 Beregnet hverdagsdøgntrafik (HVDT) i 2035 i et basisscenarie og i hovedløsning II på udvalgte snit på strækningen (afrundende tal). Samme tal som anvendt i figur 2-10.

Med hovedløsning II vil trafikken i udvalgte snit i tunnelen være tæt på den trafik, der kan forventes på den nuværende vej i en basissituation 2035, men det er kun 35 % af trafikken, der er gennemkørende på hele strækningen mellem Bispeengbuen og Langebro.

2.2.4 Anlægestimat

Der er udarbejdet et anlægestimat for hver af de to hovedløsninger. Anlægsoverslaget for de to hovedløsninger ligger på 5.5 mia. DKK for hovedløsning I og 10.5 mia. DKK for hovedløsning II. Anlægestimatet omfatter entreprisarbejder, forberedende aktiviteter, retablering af overflade og et korrektionstillæg for usikkerheder og uforudseelige udgifter samt projektering. Estimatet indeholder f.eks. ikke arealerhvervelse, byrumsløsninger etc. (Se afsnit 5.3).

2.2.5 Klimabelastning - CO₂eq påvirkning

Klimabelastningen er udregnet overordnet ved brug af Vejdirektoratets værktøj InfraLCA. Beregningen er baseret på overordnede mængder og nutidens emissionskoefficienter. Resultatet er i nedenstående tabel angivet som et interval i og med det præcise tal er forbundet med store usikkerheder. Usikkerhederne er dog sammenlignelige mellem de to hovedløsninger, og de kan altså sammenlignes forholdsmæssigt.

Tabel 2-1 Groft estimat på klimabelastning via CO₂-eq. Baseret på nutidens emissionsfaktorer og transportformer

	Hovedløsning I	Hovedløsning II
	[tons CO ₂ -eq]	[tons CO ₂ -eq]
Materielfremstilling og transport	175 000 – 290 000	410 000 – 685 000

Materielfremstilling udgør i ovenstående beregning cirka 75% af belastningen, mens transporten udgør den resterende del. Drift og vedligehold, herunder udskiftning af asfalt og installationer er ikke medregnet.

Det skal bemærkes at den borede tunnel har et mindre materielforbrug pr. løbende meter end Cut & Cover. Hovedløsning IIs højere belastning i forhold til Hovedløsning I skyldes den øgede længde på strækninger med tunnel, samt de komplekse tilslutningsanlæg vest for søerne som kræver meget armeret beton.

2.2.6 Finansiering

I denne screening er der set på mulige finansieringskilder til anlæg af Den Grønne Boulevard. Screeningen betragtes ikke som udtømmende, men har omfattet følgende finansieringsmodeller:

- > Brugerbetaling
- > Beskatning gennem øget beskatningsgrundlag fra ejendomme der stiger i værdi som følge af f.eks. reduceret trafikbelastning, reduceret støjbelastning, nærhed til friarealer etc,
- > Indtægter fra parkering i det omfang frilagte arealer anvendes til parkering, salg af byggeretter i det omfang, der tilvejebringes nye byggemuligheder
- > Realisering af projektet gennem OPP

Der er i fase 1 ikke arbejdet videre med finansiering/finansieringsmodeller, da det forventes at foregå i fase 2 i forbindelse med en konkretisering af projektet.

2.2.7 Vurdering af hovedløsninger i fase 1

Fase 1 af foranalysen indeholder alene en vurdering og **ikke** en anbefaling af én løsning. En direkte anbefaling vil afhænge væsentligt af det præcise formål med projektet og den indbyrdes vægtning mellem de pågældende faktorer – denne vægtning foretages af Københavns Kommune. Vurdering af de to hovedløsninger er illustreret i oversigten i tabel 2-2.

Tabel 2-2: Sammenfattende oversigt over udvalgte emner for de to hovedløsninger

	Hovedløsning I (to korte tunneler)	Hovedløsning II (én lang tunnel)
Tunnelteknik		
Længde	Samlet længde: 2600 m 2 korte tunneler og 4 tunnelender	Samlet længde: 4000 m 1 lang tunnel og 2 tunnelender

		Krydsning under Boulevardbanen
Tilslutninger undervejs	Ingen tilslutninger undervejs i de to deltunneler	2 tilslutninger undervejs ved Sørerne og ved Bülowsvej
Anlægsteknik	De to delstrækninger (vest hhv. øst for sørerne) af tunnelen kan enten etableres som cut & cover tunnel eller som boret tunnel. Begge løsninger er teknisk mulige. Vest for sørerne er en boret tunnel vurderet som den bedste løsning, om end dyrest. Derved undgås store og langvarige anlægsarbejder på overfladen langs hele strækningen. Øst for sørerne er en cut & cover tunnel vurderet som den bedste løsning, grundet tunnel start øst for Boulevardtunnelen, krydsningen af metroCityringen ved Rådhuspladsen og den korte tunnelstrækning. En boret tunnel vil først kunne påbegyndes øst for Rådhuspladsen grundet metroCityringen. Strækningen der kan bores, vil være meget kort – ca. 300 m (langs Tivoli) - og mobiliseringsomkostningerne uforholdsmæssigt store så man ikke får den reelle effekt af at reducere arbejderne på overfladen som man får ved en længere tunnel.	Tunnelen etableres i en kombination af Cut & Cover og Boret tunnel. Vest for sørerne som cut & cover da et tilslutningsanlæg ved Bülowsvej vil gøre de borede tunnel strækninger for korte. Øst for sørerne som cut & cover frem til Langebro. Krydsning under Boulevardbanen forudsætter cut & cover i to etager Krydsningen under havnen er antaget i boret tunnel. Den borede tunnel kan evt. forlænges således at strækningen fra Rådhuset til Rysensteensgade også er anlagt i boret tunnel.
Vejgeometri	Ingen tunnel under Boulevardbanen	Passerer under Boulevardbanen som cut & cover Tunnel under Boulevardbanen og tilslutning til kryds ved Søgaderne
Kompleksitet	Begrænset plads Mange ledningsomlægninger	Stor kompleksitet grundet Cut & Cover i snævert tracé vest for Sørerne herunder specielt 2 etages TSA ved Bülowsvej, Krydsning under Boulevardtunnelen i 2 etages Cut & Cover og Krydsning under Langebro i Boret tunnel.
Anlægsøkonomi	Overslag: 5,5 mia. kr.	Overslag: 10,5 mia. kr.
Byrum		
Byrumspotentiale	Tredeling af strækningen > strækningerne fra Borups Pl-Sørerne og fra Jarmers Plads til Langebro, hvor trafikken kan reduceres > området ved Sørerne, hvor der vil være rampeanlæg og megen trafik	Mulig reduktion af biltrafik på hele strækningen, men strækningen vest for sørerne vil være påvirket af 1 tilslutningsanlæg.

"Reduceret byrumspotentiale"	Strækningen mellem Søerne og Jarmers Plads bibeholdes	Ved Bülowvej og ved Søerne
"Frigjort" areal på overflade	Fordelingen mellem arealer udlagt til vej (tung trafik) og arealer til lette trafikanter (fortov og cykelstier), parkering og grønt er i dag 70/30. Altså 30% til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønne og rekreative arealer. Hovedløsning I ændres denne fordeling til 60/40 og således forskubbes balancen, til 40% areal til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønt og rekreative arealer, svarende til en ændring på 10%	Fordelingen mellem arealer udlagt til vej (tung trafik) og arealer til lette trafikanter (fortov og cykelstier), parkering og grønt er i dag 70/30. Altså 30% til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønne og rekreative arealer. Hovedløsning II ændres denne fordeling til 40/60 og således forskubbes balancen, til 60% areal til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønt og rekreative arealer, svarende til en ændring på 30 %
Trafik		
Samlet trafikbelastning i udvalgte snit	Mellem 100 og 120 % af trafikbelastning i Basis 2035	Mellem 120 og 145 % af trafikbelastning i Basis 2035
Trafik i tunnel	Mellem 70 og 90 % af trafikbelastning i basis 2035	Mellem 90 og 115 % af trafikbelastning i basis 2035
Trafik på overflade	1/3 af trafikbelastning i Basis 2035. Mellem Søerne og Voldgade dog ca. 110 %	Mellem 10 og 40 % af trafikbelastning i Basis 2035, dog 70 % ved Søerne
Biltrafikarbejde (København og Frederiksberg) inkl. tunnel	Stiger 0,7%, + ca. 42.000 personkm pr. hverdagsdøgn	Stiger ca. 2 %, + ca. 119.000 personkm pr. hverdagsdøgn
Biltrafikarbejde (København og Frederiksberg) på overfladen – ekskl. trafik i tunnel	Falder ca. 1%, - ca. 70.000 personkm pr. hverdagsdøgn	Falder ca. 2 %, - ca. 112.000 personkm pr. hverdagsdøgn
Biltrafikarbejde i tunnel	+ 112.000 personkm/hverdagsdøgn	+ 231.000 personkm/hverdagsdøgn
Bilture på modellens vejnet i hele hovedstadsområdet	Stigning på ca. 2.200 (0,0%) antal bilture pr dag.	Stigning på ca. 12.600 (0,3%) antal bilture pr dag.
Trafikafvikling	Trafikafvikling forringes i flere kryds og strækninger end i Basis 2035	Trafikafvikling forringes i flere kryds og strækninger end i Basis 2035, men færre kryds end i hovedløsning I
Kollektiv trafik i hele hovedstadsområdet	En stigning på ca. 75 ture (0,0%) i antallet af kollektive ture pr. hverdagsdøgn.	Et fald på ca. 1.200 ture (0,1%) i antallet af kollektive ture pr. hverdagsdøgn.

Lette trafikanter i hele hovedstadsområdet	Et fald i cykeltrafik på ca. 540 ture (0,0%) pr. hverdagsdøgn og i gang et fald på ca. 3.700 ture (- 0,1%) pr. hverdagsdøgn. De lette trafikanter kan få bedre forhold til ophold og færdsel, da der i det samlede byrum er mindre areal til biltrafik, og da biltrafikken på overfladen reduceres.	Et fald i cykeltrafik på ca. 3.700 ture (- 0,2%) pr. hverdagsdøgn og i gang en stigning på ca. 2.300 ture (+0,1%) pr. hverdagsdøgn. De lette trafikanter kan få bedre forhold til ophold og færdsel, da der i det samlede byrum er mindre areal til biltrafik, og da biltrafikken på overfladen reduceres.
	Hovedløsning I (to korte tunneler)	Hovedløsning II (én lang tunnel)

For vurderingen "Frigjort areal på overfladen" er arealer opgjort forholdsvist mellem den nuværende situation og de to hovedløsninger. Opgørelsen er baseret på en overordnet projektgeometri og skal kvalificeres i Fase 2. Den væsentlige forskel mellem de to hovedløsninger ligger i Hovedløsning I, strækningen mellem Søerne og Jarmers Plads, der i Hovedløsningen fastholdes som i dag.

Sammenfattende vurderes det, at hovedløsning I er væsentligt **mindre komplekst** anlægsmæssigt, fordi der ikke er nogen tilslutningsanlæg midt på tunnelstrækningerne. Hovedløsning II giver til gengæld potentiale for flere og større sammenhængende byrum på overfladen, ligesom den trafikale **aflastning på overfladen** vil være **større**.

Hovedløsning II resulterer i et samlet større trafikarbejde med bil (fordi den samlede kapacitet i infrastrukturen øges) og løsningen er dyrere. Hovedløsning I har også et større trafikarbejde, men det er så lidt, at det vurderes til at være på niveau med trafikarbejdet i Basis 2035.

Det kan være en overvejelse evt. at se på et alternativ til hovedløsning II uden krydsning under Langebro. Dette vil bl.a. betyde, at tunnelen bliver kortere og billigere og samtidig vurderes det, at en tunnelering under Langebro ikke giver nogen væsentlig benefit for byrummene – medmindre det vurderes at være en stor kvalitet med et byrum på Langebro med væsentligt mindre biltrafik. I det følgende en kort opsamling i stikord af konsekvenser ved de to hovedløsninger.

Trafikafviklingen på overfladen vil være stort set den samme i begge løsninger, men lidt ringere i hovedløsning I fordi, der er mere trafik på overfladen end i hovedløsning II, men hovedløsning II har flere lokaliteter, hvor trafik mellem tunnel og overflade skal udveksles. I modsætning hertil vurderes området mellem Søerne og Jarmes Plads at kunne få en dårligere trafikafvikling, da trafik i tunnel og trafik på overflade skal håndteres i dette område.

Hovedløsning I:

- > Er billigere end hovedløsning II. Hovedløsning er kun ca. ½ så dyr
- > Resultterer i to separate tunneler, hvor trafikbelastningen på overfladen vil være større end i hovedløsning II.
- > Resultterer i et trafikarbejde, der stort set er status quo i forhold til Basis 2025

- > Resulterer (indikativt) i en løsning, hvor der muligvis er flere lokaliteter, hvor trafikafviklingen forringes end i hovedløsning II, men det skal vurderes nærmere i fase 2
- > Giver god mulighed for sammenhængende byrum mellem Nørrebro og Frederiksberg, fordi der ikke er ramper til tilslutningsanlæg ud over enderamperne.
- > Skal etableres som cut & cover på hele strækningen og resulterer i større anlægsgener end hovedløsning II, men tunnelen skal ikke under boulevardbanen.
- > Vil resultere i megen trafik på området mellem Søerne og Jarmes Plads. Ved valg af denne løsning skal der fokuseres på, hvordan det område kan designes.
- > Løsningen har ikke nogen tilslutningsanlæg undervejs, hvilket vil være en ulempe for at tiltrække trafik til tunnelen, men en fordel for byrummene.

Hovedløsning II:

- > Er ca. dobbelt så dyr som hovedløsning I, men løsningen har også ca. 1400 m mere tunnel.
- > Resulterer i en lang tunnel, hvor trafikbelastningen på overfladen bliver mindre end i hovedløsning I
- > Resulterer i en løsning, hvor den samlede trafikbelastning vil være større end i hovedløsning I og i basis 2035
- > Resulterer i en løsning, hvor det samlede biltrafikarbejde i København og Frederiksberg stiger med ca. 2 % som følge af flere (nye) ture og sandsynligvis også en overflytning fra cykelture
- > Resulterer (indikativt) i en løsning, hvor der muligvis er færre lokaliteter, hvor trafikafviklingen forringes end i hovedløsning I, men det skal vurderes nærmere i fase 2
- > Rampeanlæg på den vestlige delstrækning vil påvirke byrummet negativt
- > Resulterer i en løsning, hvor tunnelen krydser under Boulevardbanen, hvilket frigiver areal til byrum på overfladen mellem Søerne og Jarmers Plads. Etablering af krydsningen vil dog kræve lukning af Boulevardbanen i cirka 5 måneder f.eks. over en sommerferie.
- > Større trafikbelastning i tunnelen end i hovedløsning I
- > Giver mulighed for at skabe længere sammenhængende byrum på overfladen med reduceret trafik end hovedløsning I – især for hele strækningen mellem Søerne og havnen forbi Rådhuspladsen
- > Resulterer i at hele området ved Søerne og søgaderne vil være påvirket af rampeanlæg
- > En dyr løsning for at komme under Langebro, hvor byrumspotentialet er marginalt.

Perspektivering

I tillæg til arbejdet med de to analyserede hovedløsninger er der gennemført en perspektivering på et principielt niveau af at andre løsningsprincipper. Det drejer sig om:

- > Lang tunnel mellem Hulgårdsvej(O2) og Ørestads Boulevard
- > Tilslutninger fra Gyldenløvesgade mod Nørre Søgade

Det er vurderet, at det i fase 2 vil være relevant at se på muligheden for at etablere en lang tunnel til Hulgårdsvej. Det vil være en mulighed at udnytte tunnelboremaskiner på en længere strækning, og dermed dels at minimere gener i anlægsfasen dels at opnå større fleksibilitet for tunnelloøsningen.

Ligeledes vil det være hensigtsmæssigt at se på en anderledes løsning ved krydset mellem Gyldenløvesgade og Søgaderne, der uanset valg af løsninger fra analysen vil være stærkt trafikbelastet.

3 Overordnede rammer for projektet

Foranalysen er gennemført på basis af og under hensyntagen til nuværende forhold. Det betyder f.eks., at der i denne indledende fase er forudsat, at en evt. tunnel så vidt muligt skal følge og respektere den nuværende tracering, og at der i forbindelse med vurdering af såvel placering af tilslutningsanlæg (TSA) som byrum er forudsat, at nuværende bygninger langs korridoren bibeholdes.

I nærværende kapitel vil væsentlige rammer som afgrænser løsningsrummet for Den Grønne Boulevard projektet blive beskrevet. Som led i denne proces er der sammen med Københavns Kommunes projektgruppe blevet defineret udvalgte centrale forhold langs strækningen, som kan påvirke løsningsrummet i forhold til et fremtidigt tunnelprojekt. Det drejer sig bl.a. om følgende: (Det bemærkes at nedenstående opstilling ikke betragtes som udtømmende):

- > **Bispeengbueprojektet** baseret på løsningen "delvis nedrivning" af Bispeengbuen. I projektet er det foreslået, at den ene af broerne nedtages for at skabe byrum/areal til byudvikling. Det betyder, at al trafik skal afvikles på én bro, og antallet af kørespor på Bispeengbuen reduceres fra 2x3 til 2x2 spor frem til krydset ved Borups Plads
- > **Bypark ved Vesterbro Passage**. Københavns Kommune har igangsat en analyse af konsekvenserne af at lukke Vesterbrogade mellem H.C. Anders Boulevard og Bernstorffsgade for biltrafik. Det er aftalt med Københavns Kommune, at lukning af Vesterbro Passage **ikke** indgår som en forudsætning i foranalysens fase 1.
- > **Trafikplan Indre Nørrebro**, som forventes implementeret i 2023. Trafikplanen vil således indgå i forbindelse med foranalysens fase 2, hvor de valgte løsningsscenarier skal konkretiseres. er behandlet politisk i Københavns Kommune i foråret 2022.
- > Der er andre mulige projekter, som kan påvirke løsningsrummet for en tunnel under Den Grønne Boulevard - for eksempel en kommende **Metro M5** eller **Eksprestunnel**,³ der begge vil have betydning for de anlægstekniske muligheder. Disse **ikke besluttede** projekter indgår ikke som en del af foranalysen.

3.1 Korridoren og dens overordnede begrænsninger

Indledningsvis er en række af de fysiske forhold, der har betydning for løsningsrummet identificeret. Det drejer sig om vejtekniske forhold, herunder pladskrav til rampelængder og tværprofiler. På baggrund heraf kan følgende krav og begrænsninger umiddelbart identificeres i forhold til anlæg af tunnel under Den Grønne Boulevard:

- > Afstanden mellem facaderne langs strækningen begrænser, hvor der er plads til mere end 2 x 2 spor i tunnelen, og hvor der er plads til til- og frakørselsrampes langs tunnelen. Figur 3-1 illustrerer bredden af frirum langs korridoren. For at få plads til 2 x 2 kørespor i tunnelen og til- og frakørselsrampe ført direkte til overfladen kræves minimum en frirumsbredde på cirka 35 m plus hvad der måtte kræves på ydersiden af ramperne.

³ Eksprestunnelen er en mulig paralleltunnel til Boulevardbanen til S-togs drift via Forum og Rigshospitalet. Den undersøges p.t. af bl.a. DSB og DTU.



Figur 3-1 Bredde af frirum langs korridoren. (Illustrationen er medtaget i A.1 i større format)

- > Strækningen indeholder en række skarpe kurver, som ligeledes har betydning for, hvor der er plads til mere end 2 x 2 spor i tunnel, samt til- og frakørselsramper. Det har især betydning ved en cut & cover tunnel, når en tunnel følger nuværende tracé.
 - > Modsat en åben vej på overfladen vil skarpe kurver resultere i reducerede oversigtforhold, hvilket betyder, at kurverne reelt bør etableres med en større radius end det nuværende forløb. I disse områder vil der således være endnu mindre plads til ramper ved siden af en 2 x 2 spors tunnelkasse. En evt. rampe på en sådan lokation kan medføre, at hovedtunnelen skal føres ned i en dyb cut & cover (etage -2), således at ramperne kan føres ind over inden man når området med begrænset plads. Dette vil forlænge strækningen inden til- og frakørslerne er fuldt indflettet. Dette er primært et problem ved to lokationer:
 - > Åboulevard mellem Julius Thomsensgade og Worsaaesvej
 - > Åboulevard-Ågade ved Bülowsgade
- > Kurverne vil begrænse, hvor der er plads til op- og nedkørsler ved siden af hovedtunnelen. Ramperne vil strække sig ca. 400 m fra et kryds i terræn. Hvis der ikke er plads hertil:
 - > Føres hovedtunnelen til overfladen, med deraf følgende ekstra belastning af krydset.
 - > Placeres hovedtunnelen dybere, således at der er plads til ramperne. Den sidste vil kræve, at der er plads til den 400 m lange strækning lidt længere væk fra rampetoppen.
- > Den nødvendige afstand mellem til- og frakørsler i terræn skal være minimum cirka 800 m, og mere optimalt omkring 1000 m.
 - > I tilfælde som nævnt ovenfor, hvor det kan være nødvendigt at lægge hovedtunnelen dybere, kan afstanden fra kryds til fuldt indflettet tilkørsel dog blive væsentligt længere.

- > I situationer hvor til- og frakørsler ligger med mindre end ca. 1500 m afstand vurderes cut & cover tunneler at være mere optimale end borede tunneler.
 - > De borede tunneler kræver et væsentligt jorddække før den egentlige boring kan påbegyndes, og derfor er de ikke optimale til kortere tunnelstrækninger. Samtidigt er sidetilslutninger til de borede tunneler overordentligt komplicerede og kostbare.
- > Tværgående veje vil påvirke, hvor det er relevant/muligt at etablere op- og nedkørsler. Der er ikke nødvendigvis behov for fulde rampeanlæg med til-frakørsel mod øst og vest ved hvert kryds.

3.2 Tekniske "hot spots"

I det følgende gennemgås tekniske hot spots, som afgrænser løsningsrummet. "Hot spots" er defineret som punkter langs linjeføringen, der kan have særlig anlægsteknisk betydning for løsningsrum og detailløsninger. (Beskrivelsen er foretaget fra vest mod øst).

3.2.1 Bispeengbuen

Det separate projekt om Bispeengbuen er i juni 2022 konkretiseret ved, at Frederiksberg og Københavns Kommuner har valgt at gå videre med løsningen med nedrivning af den sydlige bue og flytning af al trafik til den nordlige bue med 2x2 spor i hver retning. Løsningen er dog ikke endeligt besluttet, idet Vejdirektoratet som vejmyndighed for Bispeengbuen også skal godkende forslaget.

Det er aftalt med Københavns Kommune, at løsningen med nedrivning af den sydlige bue indgår som forudsætning for foranalysen af Den Grønne Boulevard, og at en evt. tunnel til Den Grønne Boulevard starter/slutter ved Borups Plads. Dog er det aftalt, at foranalysen indeholder en perspektivering af mulighederne for en længere tunnel i nordvestlig retning mod Bellahøj.

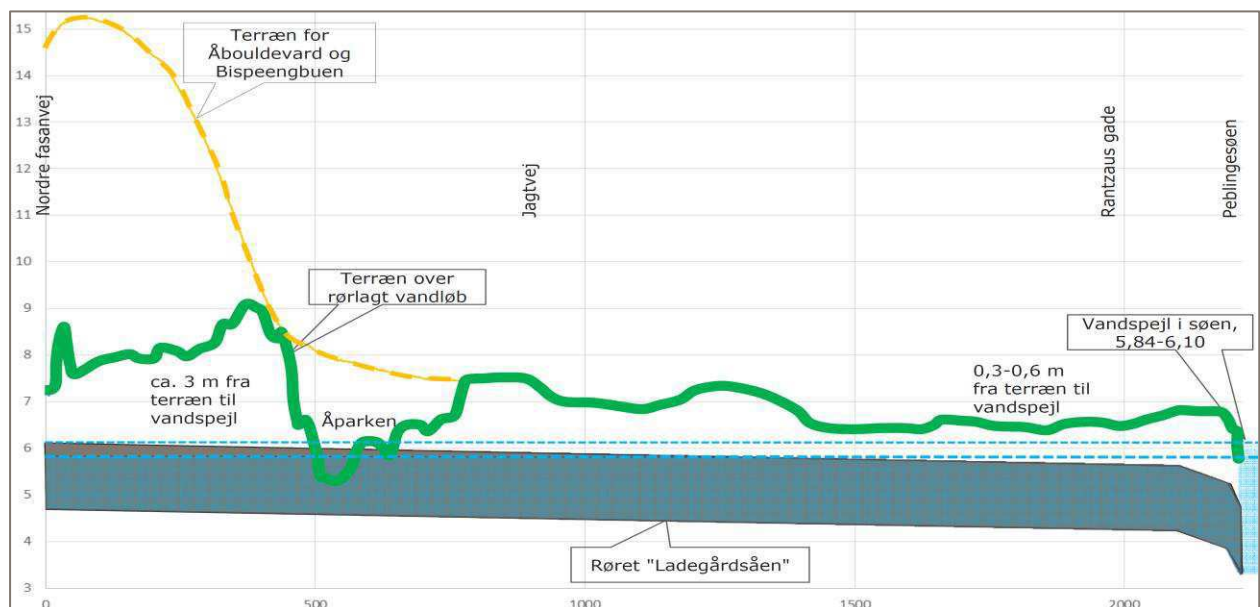
Skulle man passere denne strækning i tunnel vil en boret tunnel klart være at foretrække. Strækningen kan afkortes ved en boret tunnel, mens en cut & cover langs den skarpe kurve af Bispeengbuen kan give problemer med stopsigt, som gør at bredden på tunnelen skulle øges, og/eller hastigheden sænkes markant.



Figur 3-2 Bispeengbuen

3.2.2 Ladegårdsåen

Ladegårdsåen er i dag en rørføring af den gamle å. Til dagligt fører røret ca. 100 l/s, som er ca. 10% af rørets kapacitet. Røret vil skulle omlægges ved en nedgravet tunnel på hele eller dele af strækningen. Umiddelbart vurderes den ikke at kunne blive erstattet af skybrudstunnelen Bispeengen-Skt. Jørgens sø, i og med man ønsker at opretholde vandkvaliteten af den nuværende vandtransport ud i søerne, som derfor skal adskilles fra skybrudsvand.



Figur 3-3 Koter og faldforhold i det nuværende afvandningssystem samt længdeprofil i/langs Åboulevard fra Nordre Fasanvej til Peblingesøen. Fra [1].

Til erstatning af den nuværende rørføring vil en minimumsløsning være, at der i forbindelse med etablering af en tunnel under Ågade/Åboulevard etableres et nyt rør.

En tidligere undersøgelse⁴ har redegjort for, at en egentlig retablering af et åbent å-forløb langs korridoren ikke vil kunne etableres med den nuværende vandtilførsel til røret. Det har ikke været en del af kommissoriet for nærværende undersøgelse at genbesøge denne konklusion.

Dette påvirker ikke umiddelbart løsningsrummet mellem boret tunnel og cut & cover.

3.2.3 Metro Cityring ved Jagtvej/Nuucs plads

Metroen passerer under Ågade syd for stationen på Nuucs plads. Sporniveauet er cirka i kote -12.8 (ca. 21 m under terræn). Toppen af den borede tunnel er således ca. 17 m under terræn. Stationskassen er ikke i nærheden af Ågade og vil dermed ikke påvirke anlæg af en cut & cover, men det vil metroens tunnelrør.



Figur 3-4 Udgravning til metrostation ved Nuucs Plads

Umiddelbart vil en passage i cut & cover være at foretrække. En boret tunnel skal sandsynligvis meget dybt for at passere under, og det vil umuliggøre tilslutninger inden for den nærmeste kilometer til begge sider.

3.2.4 Åbuen / Den Grønne cykelrute

Åbuen cykelbro over Ågade er en del af Den Grønne cykelrute mellem Nørrebro og Frederiksberg. Broen er funderet i de bagved liggende skråninger som er trukket tilbage ca. 1 m bag nuværende fortovs bagkant. (Se figur 3-5).

I visse cut & cover tunnelloøsninger kan det blive nødvendigt at fjerne og efterfølgende retablere broen. En sådan operation vurderes at koste ca. 10 mio. kr. En erstatningsbro ville koste 40-50 mio. kr. Varigheden af en lukning vil afhænge af bredden og konstruktionsmetoderne for tunnelen i og med visse maskiner til etablering af indfatningsvægge svært kan arbejde under den begrænsede højde. En lukning kunne være 12 mdr. Man kunne dog overveje at lave nogle midlertidige brovederlag ved siden

⁴ "Omdannelse af Åboulevard", Forundersøgelse, maj 2016, udført af COWI og Tredje Natur for Københavns og Frederiksberg kommuner.

af og "parkere" broen der, så der vil være åbent for trafik i den mellemliggende periode. Så ville lukningen af broen blive reduceret til få dage hver gang. En boret tunnel vil kunne passere området uhindret.



Figur 3-5 Åbuen over Ågade

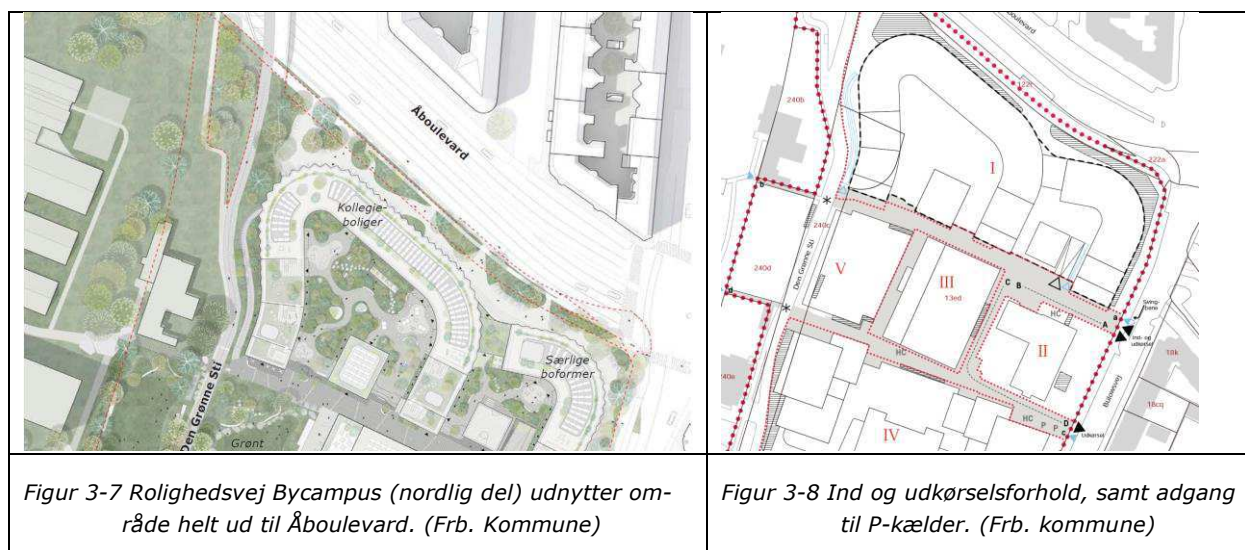
Den Grønne cykelrute og Åbuen grænser op til fremtidig Bycampus på Rolighedsvej. (se afsnit 3.2.5).

3.2.5 Rolighedsvej Bycampus / Bülowvej

Afgrænset af Bülowvej, Åboulevard, Den Grønne cykelrute og Rolighedsvej er opførelsen af Rolighedsvej Bycampus i fuld gang – se figur 3-6. Byggeriet lægger begrænsninger på pladsen for etablering af en cut & cover tunnel forbi Bülowvej pga. de snævre pladsforhold kombineret med det relativt skarpe sving – se figur 3-7. Under bygningerne er der P-kælder med ind- og udkørsel via Bülowvej, hvor p-kælderen grænser op til grænsen for Åboulevard, hvorved der er en fysisk binding for en tunnel. (Se figur 3-8).



Figur 3-6 Visualisering af Rolighedsvej Campus set fra Åboulevard/Ingemannsvej set mod vest. (Frb. Kommune)



Figur 3-7 Rolighedsvej Bycampus (nordlig del) udnytter område helt ud til Åboulevard. (Frb. Kommune)

Figur 3-8 Ind og udkørselsforhold, samt adgang til P-kælder. (Frb. kommune)

For cut & cover med tilslutning vil det kræve at tilkørsler hhv hovedtunnel anlægges i to etager på strækningen som beskrevet senere.

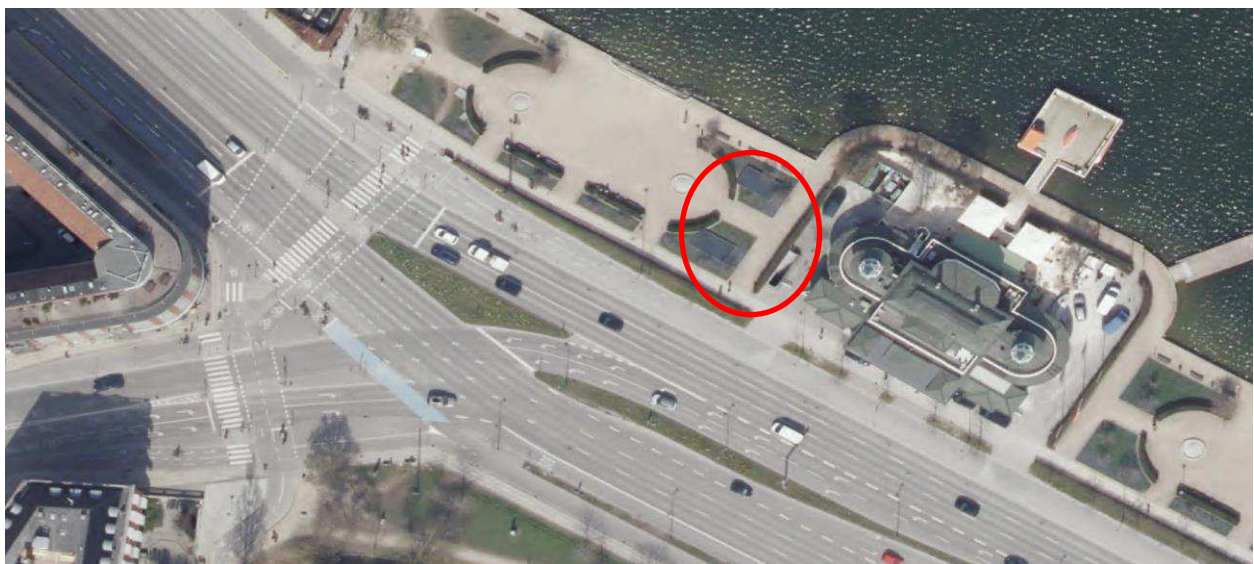
3.2.6 Metro M1/M2 ved Søerne

Metro M1/M2 mellem Forum og Nørreport passerer Åboulevard-Gyldenløvesgade lige vest for Søvavillonen. Nødsakten er etableret relativt tæt på Gyldenløvesgade, og der vil skulle tages hensyn ved evt. anlæg af cut & cover her.



Figur 3-9 Metro M1/M2 passerer lige vest om Søvavillonen under Gyldenløvesgade (vejen forbi Søvavillonen), men i relativ stor dybde.

Umiddelbart vil en passage i cut & cover være at foretrække. En boret tunnel skal sandsynligvis meget dybt for at passere under, og det vil umuliggøre tilslutninger inden for den nærmeste kilometer til begge sider.



Figur 3-10 På vestsiden af Søvavillonen ses nødtrappe og ventilation fra Metro skakt. (rød cirkel)

Sporniveauet er cirka i kote -20 (ca. 27 m under terræn). Toppen af den borede tunnel er således ca. 23 m under terræn.

3.2.7 Boulevardtunnelen

Boulevardtunnelen er åbnet i 1917 og krydser under Gyldenløvesgade ved Jarmers Plads. Tunnelen har topkote i +8 og er vurderet til at ligge med en bundkote i ca. -1.



Figur 3-11 Plantegning af Boulevardtunnelens indlagt over 2021 Ortofoto. (Københavns Stadsarkiv og Maps by COWI).

Krydsning under Boulevardbanen er en væsentlig barriere for, hvordan en evt. tunnel under Den Grønne Boulevard kan etableres. Den tekniske løsning for en krydsning under Boulevardbanen har stor betydning for, hvilke muligheder, der vil være for at trafikken kan ledes op til terræn ved krydset med Nørre Søgade.

Denne problemstilling er undersøgt og afrapporteret i et selvstændigt notat, se [14]. Konklusionen af denne analyse er, at en tunnel anlagt ved siden af Boulevardtunnelen og efterfølgende skubbet på plads vil give mindst gene for Boulevardtunnelen. Der må dog forventes en lukning for al togtrafik i cirka 5 mdr. Det vil skulle planlægges omkring en sommerferie eller sammen med andre større arbejder som Banedanmark / DSB måtte have under overvejelse. Alternative anlægsmetoder forventes at kræve væsentligt længere lukninger.

3.2.8 Metro Cityring ved Rådhuspladsen

Metroen passerer under H.C. Andersens Boulevard syd for stationen på Rådhuspladsen. Sporniveauet er cirka i kote -13.7 (ca. 21 m under terræn). Toppen af den borede tunnel er således ca. 17 m under terræn.

På figur 3-9 ses udstrækningen af metroens stationskasse. Den strækker sig fra starten af Strøget og til en afstand på ca. 45 m fra facaden til Rådhuspladsen 14-16. En eventuel udgravning til en cut & cover vil skulle koordineres med Metroselskabet. Det gør sig også gældende i relation til udgravning og etablering af indfatningsvægge for passagen over Metros tunnelrør. Det vurderes umiddelbart godt at kunne lade sig gøre, men kan kræve ekstra foranstaltninger / afstivninger af vægge.



Figur 3-12 Udgravning til metrostation ved Rådhuspladsen

Umiddelbart vil en passage i cut & cover være at foretrække. En boret tunnel skal sandsynligvis meget dybt for at passere under, og det vil umuliggøre tilslutninger inden for den nærmeste kilometer til begge sider.

3.2.9 Langebro

Langebro fra 1950 med dens ramperum som er funderet på pæle. Nabobygningen som i dag huser Danhostel Copenhagen City er ligeledes funderet på pæle. På Sjællandssiden fortsætter Ramperum-mene til den vestlige ende af Christiansborggade. Pælefunderingen gør, at en boret tunnel⁵ skal i væsentlig dybde når den passerer under Langebro for at undgå at beskadige funderingen og derfor skal påbegyndes i betydelig afstand fra broen. Funderingsforholdene er blevet undersøgt og det kan konkluderes [3], at ramperum på både Amager og Sjællandssiden er pælefunderet.

⁵ Tunnelering under Langebro kan kun udføres som en boret tunnel.



Figur 3-13 Anlæg af ny Langebro i 1953 set fra vest mod øst. Her ses Interimsbro, ny Hovedbro og jernbanebro. [4]

Den maksimale længde på pælene er 8.5 m og maksimal dybde er estimeret til kote -7.5 med undtagelse af Sydlig side af Amager Ramperum, hvor pælene estimeres til at nå en maksimal dybde på -8.5 m for de første 8 m fra husfacaden. Under gennemgangen af det historiske materiale fra anlæg omkring 1950 er genfundet rammejournaler for Amagersiden, men ikke Sjællandssiden. På Sjællandssiden er dybden dermed behæftet med en vis usikkerhed.

3.3 Trafikale knudepunkter

Strækningen løber i Københavns og i Frederiksberg Kommuner og krydses af andre overordnede veje. I dette afsnit beskrives summarisk hvert af strækningens trafikale knudepunkter. De er her defineret som steder langs strækningen, hvor der er krydsende trafikveje. Beskrivelsen omfatter hver trafikvejs nuværende rolle i det overordnede vejnet, foreløbig vurdering af den krydsende vejs udveksling med korridoren og krydsets udformning. Disse elementer er vigtige input, som er anvendt i overvejelser om placering af tunnel og tilslutninger ved valg af løsningsscenarier og vurdering af scenariernes effekter. (Beskrivelsen er foretaget fra vest mod øst). Udover trafikvejene giver strækningen også adgang til lokalveje. Disse beskrives ikke i det følgende, da de er uden væsentlig betydning for det trafikale billede. En beskrivelse af de enkelte vejklassers funktion i de to kommuner vist i figur 3-14 .

Vejklasser i Københavns Kommune:

Regionale veje

De regionale veje skal forbinde København og den øvrige region. Der skal her sikres en hensigtsmæssig og glidende afvikling af biltrafikken. Gennemkørende biltrafik, herunder en stor del af den tunge trafik, søges samlet på de regionale veje under størst mulig hensyntagen til miljø og trafiksikkerhed. Ved kommunegrænsen søges kapaciteten tilpasset den trafikmængde, som i praksis kan afvikles på byens gader. Hvor det er muligt, skal busfremkommeligheden forbedres for de store buslinjer (A-busser og S-busser). Hvor de regionale veje er vigtige cykelforbindelser, skal cykeltrafikkens fremkommelighed og sikkerhed også tilgodeses.

Fordelingsgader

Fordelingsgaderne skal sikre forbindelsen mellem bydelene. De skal indrettes under hensyntagen til såvel biltrafik som kollektiv trafik og cykeltrafik. Flere fordelingsgader løber gennem følsomme bymiljøer f.eks. ved skoler eller koncentrationer af butikker. På sådanne delstrækninger skal trafikken i højere grad afvikles på bymiljøets og fodgængernes præmisser. I gader med stor bustrafik (A- og S-busser) skal bustrafikken generelt prioriteres højere end biltrafikken.

Bydelsgader

Bydelsgaderne skal sikre fordelingen og afviklingen af trafikken inden for de enkelte bydele. Gennemkørende biltrafik skal søges minimeret gennem trafiksaneringer i form af f.eks. busprioritering og busgader. Bustrafikkens og cykeltrafikkens fremkommelighed skal prioriteres højere end biltrafikkens.

Strøggader

Strøggaderne er handelsmæssige samlingspunkter med en stor koncentration af butikker samt café- og restaurationsmiljøer, så her skal gode muligheder for ophold langs gaden samt for krydsning af gaden have høj prioritet, således at strøggadefunktionerne på begge sider af gaden kan benyttes. Cyklister og fodgængere skal kunne færdes trygt og sikkert på strøggaderne. Biltrafikken skal foregå med lav hastighed under hensyntagen til strøggademiljøet. Bustrafikkens fremkommelighed skal generelt prioriteres højere end biltrafikkens.

Lokalgader

Byens øvrige gader er lokal-/boliggader, der sikrer adgang til de funktioner, som er beliggende i de enkelte lokalområder. Biltrafikken skal foregå på lokalmiljøets præmisser med størst mulig hensyntagen til fodgængere og cyklister. Den skal foregå ved lav hastighed (max. 40 km/t), og gennemkørende biltrafik skal undgås ved hjælp af fartdæmpende foranstaltninger m.v. Zonerne med en maksimal hastighed på 40 km/t er vist på kortet.

Trafikzone Indre By

Indre By har en særlig karakter med sine butikker, café- og restaurationsmiljøer, kulturinstitutioner og turistattraktioner og samtidig med trange pladsforhold, især i middelalderbyen. I trafikzonen skal ophold, byliv og de bløde trafikanter have høj prioritet, mens biltrafikken skal foregå med lavere hastighed under hensyntagen til bymiljø og byliv. Den kollektiv trafiks fremkommelighed skal generelt prioriteres højere end biltrafikkens.

Vejklasser i Frederiksberg Kommune

Regionale veje, der udgør det overordnede vejnet rundt om byen, er primært fødeveje for trafikken til og fra hovedstadsregionen.

De primære trafikveje er de vejnet i kommunen, hvor trafikken gennem kommunen og til, fra og mellem de frederiksbergske kvarterer afvikles. Tung trafik gennem kommunen afvikles primært på de primære trafikveje.

De sekundære trafikveje supplerer de primære trafikveje. På disse veje afvikles trafik til og fra samt mellem de frederiksbergske kvarterer.

På trafikveje bør der som udgangspunkt ikke etableres hastighedsdæmpende foranstaltninger.

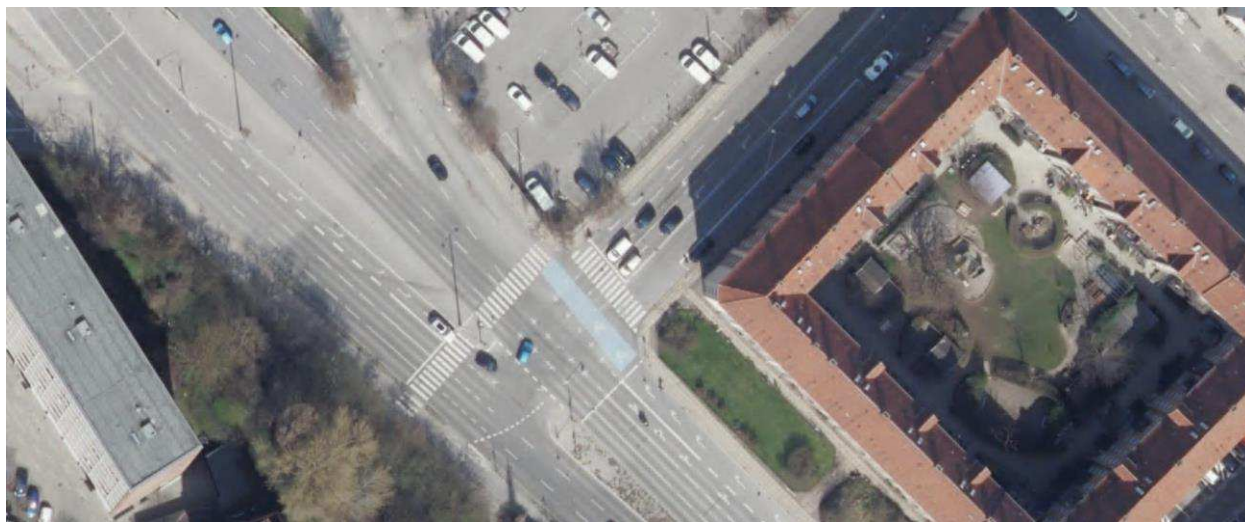
De primære lokalveje udgør, sammen med de sekundære lokalveje, det øvrige vejnet i kommunen, og afvikler trafikken fra trafikvejene til selve turmålet/boligen.

Figur 3-14 Definition af vejklasser i Københavns og Frederiksberg Kommune.

3.3.1 Borups Plads

Borups Plads er tilsluttet strækningen i et T-kryds, og er fra vest den første krydsning efter Bispeengbuen. Vejen er i København en bydelsgade, der giver forbindelse til en del af Ydre Nørrebro. Krydset er signalreguleret og har venstresvingsbane fra vest (Bispeengbuen), højresvingsbane fra øst og både højre- og venstresvingsbaner fra Borups Plads.

Borups Plads har tæt på krydset en hverdagsdøgntrafik (HVDT) på ca. 10.000 køretøjer, hvor hovedparten kører til eller fra strækningen.



Figur 3-15 Krydset med Borups Plads

3.3.2 Falkoner Allé – Jagtvej

Falkoner Allé – Jagtvej er tilsluttet strækningen i et firbenet kryds. Falkoner Allé (Frederiksberg Kommune) er en primær trafikvej og Jagtvej (Københavns kommune) er fordelingsgade – dvs. en vej, som skal bære trafik mellem bydele og i Frederiksberg Kommune også gennem kommunen. Krydset er signalreguleret og har højre- og venstresvingsbaner i begge retninger på strækningen. På Jagtvej er der venstresvingsbane og på Falkoner Allé højresvingsbane mod Indre By. Det betyder, at man i dag ikke har adgang via Jagtvej – Falkoner Allé til at køre ud af byen via strækningen.

Jagtvej og Falkoner Allé har en HVDT på ca. 22.000 køretøjer tæt på krydset, hvor hovedparten er liggeudkørende trafik, der ikke svinger til eller fra projektstrækningen.



Figur 3-16 Krydset med Falkoner Allé – Jagtvej.

3.3.3 Bülowsvej – Brohusgade

Bülowsvej – Brohusgade er tilsluttet strækningen i et firbenet kryds. Bülowsvej (Frederiksberg Kommune) er en sekundær trafikvej, mens Brohusgade (Københavns Kommune) er lokalgade. Krydset er signalreguleret og projektstrækningen har både en venstresvings- og højresvingsbane mod hver af de to krydsende veje. Bülowsvej har to venstresvings-, en ligeud- og en højresvingsbane mod krydset. Brohusgade har to tilfartsspor mod krydset.

Bülowsvej har en HVDT på ca. 11.000 køretøjer tæt på krydset og Brohusgade ca. 1.600 køretøjer. Der er en væsentlig trafik mellem Bülowsvej og den vestlige del af projektstrækningen.



Figur 3-17 Krydset med Bülowsvej – Brohusgade

3.3.4 H.C. Ørsteds Vej - Griffenfeldsgade

H.C. Ørsteds Vej – Griffenfeldsgade er tilsluttet strækningen i et firbenet kryds. H.C. Ørsteds Vej (Frederiksberg Kommune) er en primær trafikvej. Mod nord er det fjerde ben i krydset bydelsgaden Griffenfeldsgade, som giver adgang til Indre Nørrebro. Krydset er signalreguleret og strækningen har i begge retninger både venstre- og højresvingsbane. H.C. Ørsteds Vej har en venstresvings-, en ligeud- og en højresvingsbane. Griffenfeldsgade har ét tilfartsspor med ligeudkørsel og højresving.

H.C. Ørsteds Vej har en HVDT på ca. 9.000 køretøjer tæt på krydset og Griffenfeldsgade ca. 1.400 køretøjer. H.C. Ørsteds Vej har ligesom Bülowvej en væsentlig trafik mod den vestlige del af projekts-trækningen, men mindre end Bülowvej.



Figur 3-18 Krydset med H.C. Ørsteds Vej - Griffenfeldsgade

3.3.5 Rantzausgade

Rantzausgade (Københavns Kommune) er tilsluttet strækningen i et T-kryds og er en bydelsgade, der giver adgang til Indre Nørrebro. Fra øst kører man fra strækningen (Åboulevard) og møder Rantzausgade i en signalregulering med to kørespor mod krydset. Fra Rantzausgade er der to tilfartsspor og man kan svinge både til højre og venstre.

Rantzausgade har en HVDT på ca. 2.000 køretøjer tæt på krydset.

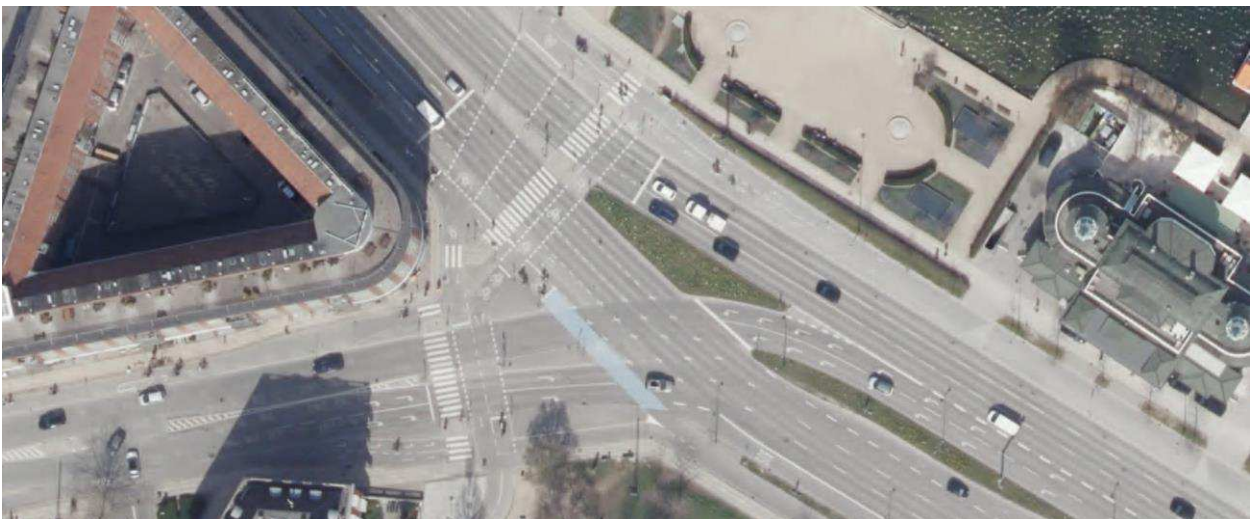


Figur 3-19 Krydset med Rantzausgade

3.3.6 Rosenørns Allé

Rosenørns Allé er tilsluttet strækningen i et T-kryds og er i København en bydelsgade, mens den i Frederiksberg Kommune er primær trafikvej. Krydset er signalreguleret i et relativt stort kryds, og man kan kun køre til og fra strækningens østlige del mod søerne. Der er to kørespor i hver retning.

Rosenørns Allé har en HVDT på ca. 9.000 køretøjer tæt på krydset og leverer dermed en væsentlig del af trafikken på strækningen øst herfor.



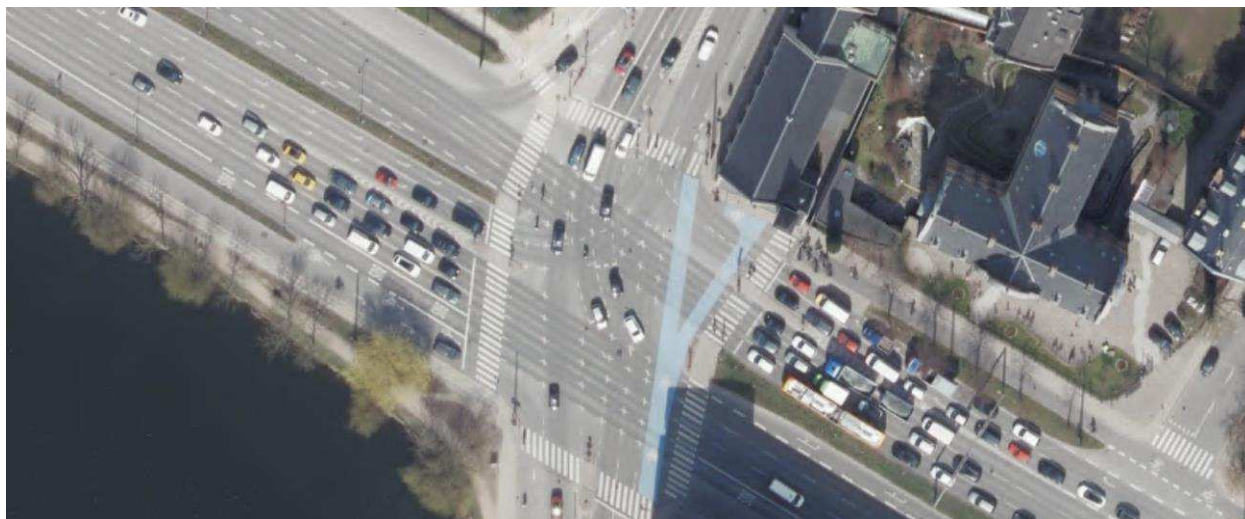
Figur 3-20 Krydset med Rosenørns Allé

3.3.7 Nørre Søgade – Vester Søgade

De to søgader er tilsluttet strækningen i et stort firbenet kryds (Gyldenløvesgadekrydset). Nørre Søgade er regional vej i kommuneplanen og indgår som en af de vigtigste forbindelser mellem områder nord for København og København – Amager. Vester Søgade er bydelsgade. Krydset er signalreguleret og et af de mest trafikerede på hele strækningen. Der er to svingbaner mod Nørre Søgade både fra Indre By og fra Søerne samt busbane mod øst i retning mod Indre By. Der er kun adgang mod Vester

Søgade fra vest. Nørre Søgade er ligesom strækningen selv en regional vej og har to venstresvingsbaner mod Indre By, en ligeud- og en højresvingsbane.

Nørre Søgade har en HVDT på ca. 31.000 køretøjer og Vester Søgade ca. 8.500 køretøjer tæt på krydset. Nørre Søgade er den gade, som giver det største enkeltbidrag til trafik på strækningen. I forbindelse med foranalysen er det blevet fastlagt af Københavns Kommune, at der forventes at skulle være fuld udveksling for biltrafik mellem dette kryds og en evt. tunnel under Den Grønne Boulevard.



Figur 3-21 Krydset med Nørre Søgade – Vester Søgade

3.3.8 Nørre Farimagsgade – Vester Farimagsgade

Nørre Farimagsgade og Vester Farimagsgade er tilsluttet strækningen i et stort firbenet kryds. Begge veje er fordelingsgader og er vigtige forbindelser mellem bydele i kommunen. Krydset er signalreguleret og strækningen har en højre- og en venstresvingsbane i begge retninger samt busbaner. Nørre Farimagsgade har en højre- og en venstresvingsbane, mens Vester Farimagsgade har to venstresvingsbaner (ud af byen) og ikke tilladt højresving.

Både Vester og Nørre Farimagsgade har en HVDT på ca. 15.000 køretøjer tæt på krydset. Begge gader bidrager til en væsentlig trafik på strækningen, især Nørre Farimagsgade.

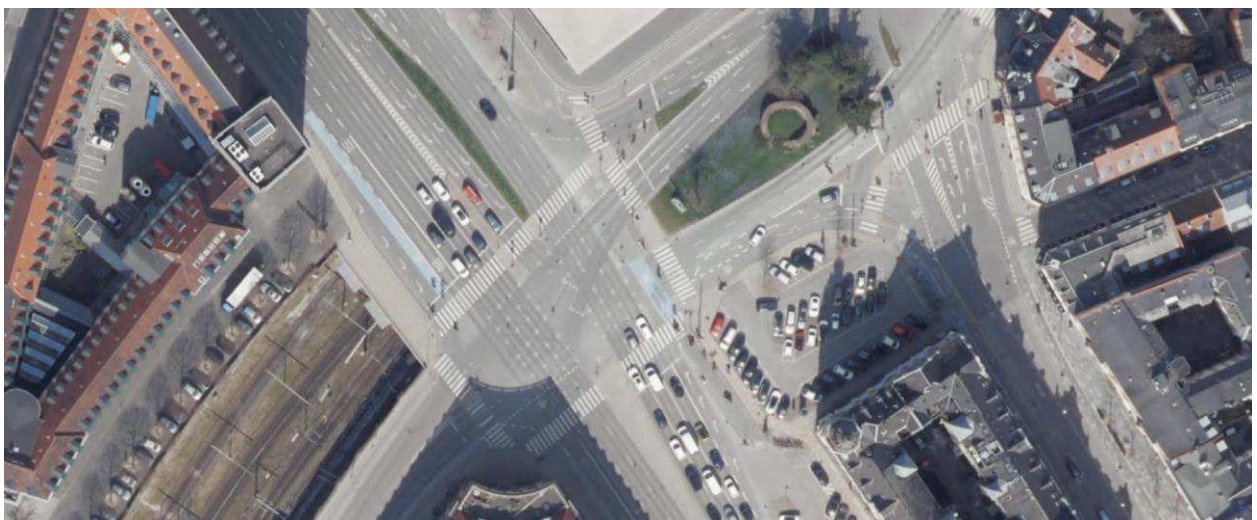


Figur 3-22 Krydset med Nørre Farimagsgade – Vester Farimagsgade

3.3.9 Hammerichsgade – Nørre Voldgade

Hammerichsgade og Nørre Voldgade (Jarmers Plads) er tilsluttet strækningen i et stort firbenet kryds og er begge regionale veje. Ligesom søgaderne fungerer strækningerne både som vigtige forbindelser til og fra kommunen samt mellem bydelene. Krydset er signalreguleret med to venstresvingsbaner, en højresvingsbane og en busbane fra søerne samt en højresvingsbane i modsat retning. Nørre Voldgade (Jarmers Plads) har to højresvingsbaner og to ligeudbaner (heraf en med kombineret ligeud/højre) mod krydset. Hammerichsgade har to kørespor frem mod krydset med mulighed for venstresving, ligeudkørsel og højresving.

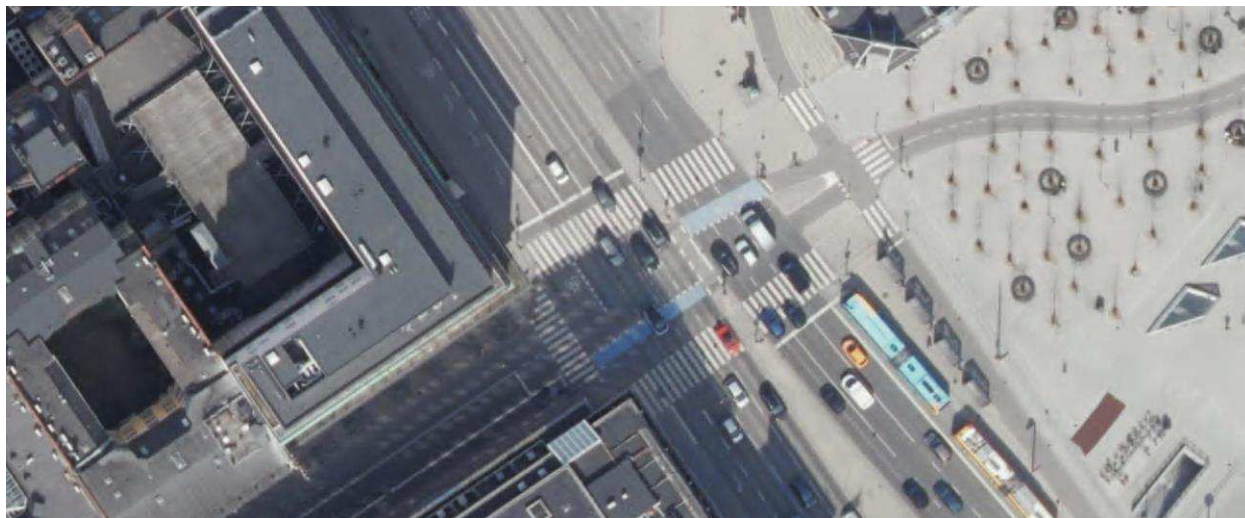
Hammerichsgade har en HVDT på ca. 11.600 og Nørre Voldgade (Jarmes Plads) ca. 17.000 køretøjer. Især Nørre Voldgade bidrager med en væsentlig trafik på strækningen.



Figur 3-23 Krydset med Hammerichsgade – Nørre Voldgade

3.3.10 Vesterbrogade/ Bypark Vesterbro Passage

Vesterbrogade er i dag tilsluttet i et T-kryds og er fordelingsgade.



Figur 3-24 Krydset med Vesterbrogade

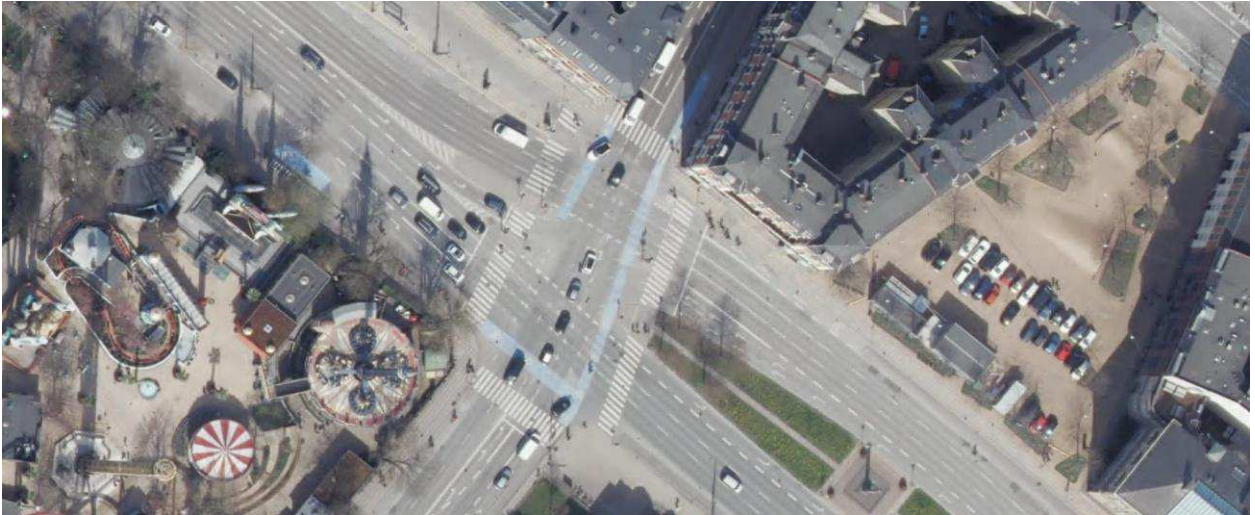
Københavns Kommune har igangsat en analyse af muligheden for at lukke Vesterbrogade mellem Rådhuspladsen og Bernstorffsgade for biltrafik. I givet fald vil krydset få betydning for trafikken på strækningen.

Det er aftalt med Københavns Kommune, at etablering af "Bypark Vesterbro Passage" **ikke** indgår i foranalysen for Den Grønne Boulevard. Fremadrettet forventes denne lukning at indgå som en forudsætning for foranalysen af Den Grønne Boulevard i fase 2.

3.3.11 Tietgensgade - Stormgade

Tietgensgade og Stormgade er tilsluttet i et firbenet kryds og er begge fordelingsgader og vigtige forbindelser mellem bydelene. Krydset er signalreguleret med en højre- og venstresvingsbane (to mod Tietgensgade) fra begge retninger på strækningen. Tietgensgade har en venstre- og højresvingsbane samt ligeudspor, mens Stormgade kun har ligeudspor og højresvingsbane og venstresving forbudt.

Tietgensgade og Stormgade har hver en HVDT på ca. 18.000 køretøjer. Begge veje har væsentlig betydning for trafikken på strækningen, men dog ikke på niveau med f.eks. søgaderne.



Figur 3-25 Tietgensgade – Stormgade

3.3.12 Rysensteensgade

Rysensteensgade er tilsluttet strækningen i et firbenet kryds og er en bydelsgade. Vejen fungerer i dag som en vigtig forbindelse til og fra Ring 2 langs havnen. Krydset er signalreguleret med en højresvingbane i hver retning og venstresving forbudt i begge retninger på selve strækningen. Rysensteensgade har to højresvingbaner og forbud mod ligeudkørsel og venstresving fra syd samt et højresvingsspor og en kombineret ligeud-venstresvingbane fra nord.

Rysensteensgade har en HVDT på ca. 7.000 på den sydlige del og ca. 6.000 på den nordlige del. Vejen har betydning for trafikken på strækningen, især som forbindelse til Ring 2, men ikke i samme omfang som f.eks. søgaderne.

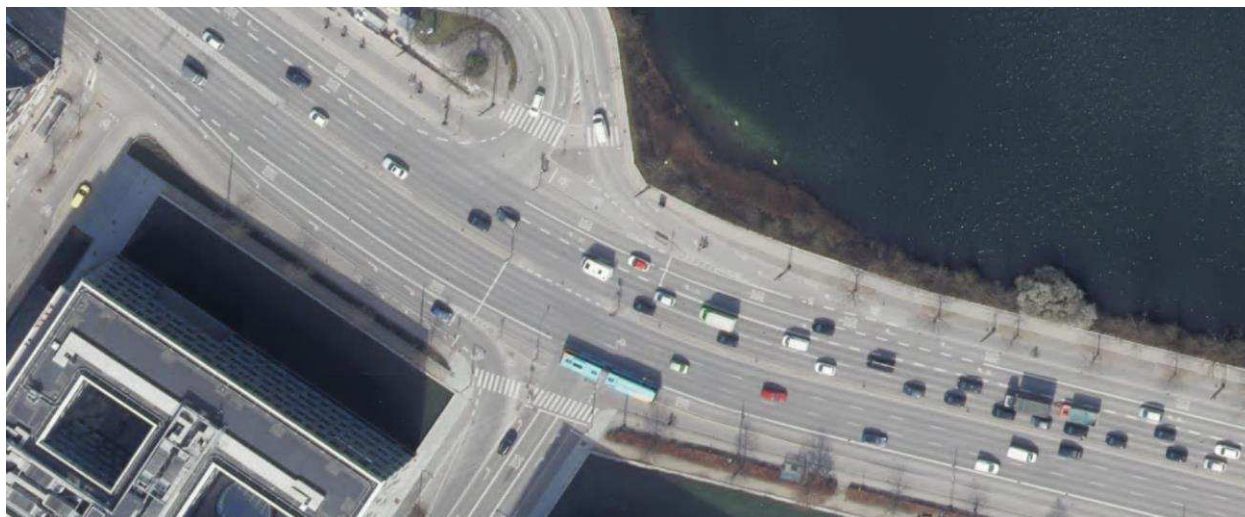


Figur 3-26 Krydset med Rysensteensgade

3.3.13 Ved Langebro – Klaksvigsgade

Ved Langebro og Klaksvigsgade et lidt specielt firbenet kryds og begge veje er bydelsgader, der giver adgange til Islands Brygge og Christianshavn. Krydset er et lidt specielt signalreguleret kryds, hvor der primært er tilladt højresving til og fra de to veje. Det er dog tilladt med venstresving fra Klaksvigsgade.

Klaksvigsgade har en HVDT på ca. 6.800 køretøjer tæt på krydset, mens tallet er ca. 4.000 for Ved Langebro. De to veje har betydning for trafikken på strækningen, især over Langebro og gennem Indre By, men mindre end flere af de andre overordnede veje.



Figur 3-27 Krydset med Ved Langebro – Klaksvigsgade

3.3.14 Ørestads Boulevard

Ørestads Boulevard er tilsluttet i et T-kryds og er fordelingsgade. Den er vigtig som forbindelse til Ørestaden og dele af Amager. Krydset er signalreguleret med to højresvingsbaner fra vest og en venstresvingsbane fra øst. Ørestads Boulevard har to venstresvingsbaner og en højresvingsbane.

Ørestads Boulevard har en HVDT på ca. 16.000 køretøjer og et stort bidrag til trafikken på strækningen.



Figur 3-28 Krydset med Ørestads Boulevard

3.4 Byrum

Forundersøgelsen for Den Grønne Boulevard har til formål at sikre en grøn og attraktiv bymidte. Infrastrukturen der skal understøtte en mulig omdannelse af byrummene langs korridoren vil dog også have konsekvenser for berørte dele af boulevarden. I det følgende er beskrevet en analyse af korridorrens byrum.



Figur 3-29 Principillustration af en omdannet H.C. Andersens Boulevard.

Den Grønne Boulevard vil geografisk kunne etableres inden for rammerne af de eksisterende byrum og Københavns særlige historiske landemærker. Til at sikre et grundlag for det videre arbejde er udarbejdet analyser vedrørende:

- > Dimensioner i korridoren, bredde af og volumen i gaderum
- > Eksisterende grønne og blå strukturer
- > Særlige kulturarvs interesser
- > Særlige knudepunkter i byens rum

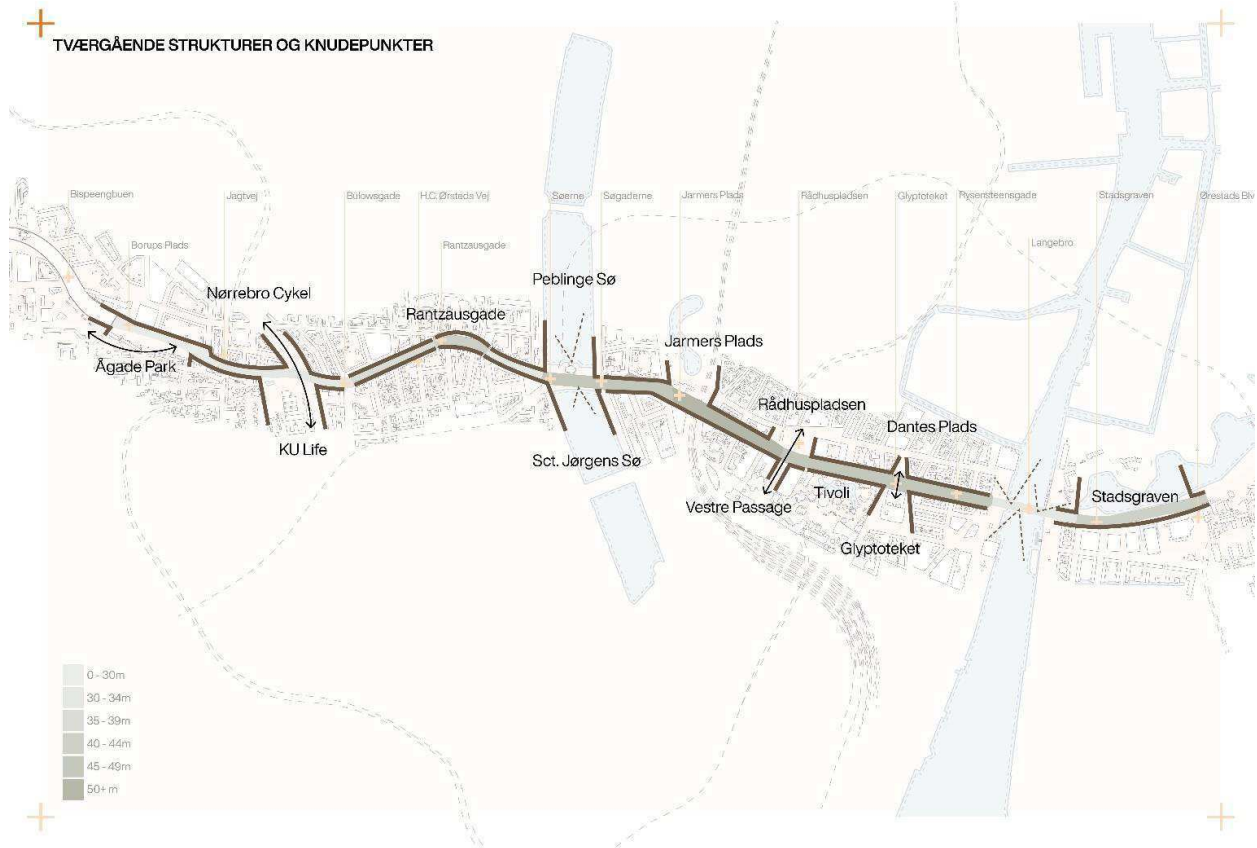
Figur 3-30 viser i farvekode de berørte byrums bredder langs korridoren.



Figur 3-30 Illustration af de berørte byrums bredder. Kortet er tillige medtaget i bilag A.1 i et større format

Analysen viser den væsentlige forskel på byrummenes dimensioner hhv. vest og øst for søerne, der ligger som skillelinjen mellem Nørrebro og Indre by. De brede boulevarder mod vest ligger i lige og præcise forløb gennem byen og danner en karakteristisk visuel sammenhæng ad H.C. Andersens Boulevard og Gyldenløvesgade. De tættere byrum på Nørrebro ligger i vinklede forløb og skaber afgrænsede og intime byrum, gennem Åboulevard og Ågade.

Figur 3-31 viser de fysiske og visuelle sammenhænge på tværs af korridoren. Den Grønne Boulevard forbinder en række af Københavns væsentlige grønne og blå korridorer.



Figur 3-31 Fysiske og visuelle sammenhænge på tværs af korridoren.

I det følgende er beskrevet grønne og blå sammenhænge langs korridoren. Analysen er foretaget fra vest mod øst, startende ved Bispeengbuens afslutning og mødet med Ågade. Analysen fokuserer udover en generel beskrivelse på de kommende potentialer i spillet mellem en reduceret trafikbelastning af Den Grønne Boulevard og det rekreative sammenspil mellem de omgivne arealer.

3.4.1 Ågadeparken

Den lille park på sydsiden af Ågade, ligger som et afskærmende grønt areal mod Ågade og Bispeengbuen. Området ligger nedsænket i forhold til Ågade, og den markante og præcise bebyggelse Hornbækhus. Parken markerer sig som et væsentligt grønt element i korridoren, og har potentiale til at blive et vigtig led mellem det kommende projekt for Bispeengen og Den Grønne Boulevard.



Figur 3-32 Ågadeparken i retning ind mod byen.

I den videre proces vil der være særlig opmærksomhed på Den Grønne Boulevards integration af projektet for Bispeengen, og den værdi der kan ligge i samspillet mellem Ågadeparken og et kommende vejforløb med reduceret trafik.

3.4.2 Skov og Landskab Park og Nørrebro Cykelrute

Mellem Ågade og KU LIFE's bygningskompleks ligger den lille park som et afskærmet grønt areal. Nørrebro Cykelrute krydser ind i området med den markante brostruktur Åbuen, der spænder over Ågade. Parken og de grønne områder omkring cykelruten, markerer en både grøn infrastruktur og rekreativt åndehul i byen. Området har potentiale til styrke den tværgående rekreative forbindelse og styrke knudepunktet til Ågade.



Figur 3-33 Ågade ved Nørrebro cykelrute i retning ind mod byen.

3.4.3 Gadetræer ved Jærggade

Bebyggelsen ved Jærggade ligger tilbagetrukket fra gaderummet. De opstammede gadetræer trækker gaderummet op og sikrer gennemkig under kronerne. Trærækken har et potentiale til understøtning af Den Grønne Boulevard.



Figur 3-34 De opstrammede træer i gaderummet ved Jægergade.

3.4.4 Rantzausgade

Hvor Rantzausgade møder Åboulevard, åbner den tætte korridor sig op og skaber en rumlig pladsdannelse. I dag markerer byrummet sig med en midterstillet beplantning, der skaber oplevelsen af et grønt brud i overfladen på den hårdt belagte bydel. Området har potentiale til at styrke denne pladsdannelse og styrke byrummets funktion som bindeled mellem bydele og gaderum.



Figur 3-35 Ågade i retning ind mod byen ved Rantzausgade.

I den videre proces vil der være opmærksomhed på projektet for omdannelse af Rantzausgade, hvor der er fokus på at skabe et mere grønt byrum med mindre trafik, og at gadens fremtidige karakter møder Den Grønne Boulevard her.

3.4.5 Sørerne

Sørerne markerer sig som et helt unik grønt og blått åndehul i København, og den sammenhængende struktur er et unikt rekreativt aktiv i byen. Området ligger i dag som en blanding af grønne brinker mod vandet mod Sankt Jørgens Sø, og præcise grønne anlæg mod Peblinge sø i nord.



Figur 3-36 Passagen ved Søerne i retning ind mod byen.

Gaderummet mellem søerne har potentiale til at blive et knudepunkt mellem bydelene, og en styrkelse af mødet mellem byens grønne og blå strukturer og den mere urbane Indre by. Et kommende rampeanlæg til en tunnel vil her have en væsentlig påvirkning på både visuelle og rekreative forhold. For at sikre en forsat rekreativ oplevelse og udnyttelse af området, vil et eventuelt kommende infrastrukturelt anlæg skulle bearbejdes, så det i videst muligt omfang binder bydelene sammen, og gennem bearbejdning af ramper og sidearealer til vej anlæg, skal tunnelens anlæg kunne bidrage positivt i byens rum.

3.4.6 Ørstedsparken og Jarmers Plads

Ved Jarmers Plads møder korridoren den lille grønning, der omslutter Jarmers Tårn og i periferien Ørstedsparken, der som et markant grønt træk, rækker ud mod Realdanias markante bygning, der afslutter gaderummet ud mod korridoren.



Figur 3-37 Krydset ved Ørstedsparken og Jarmers Plads.

Området har potentiale i sammentænkningen af en ny grøn struktur, der kan styrke sammenhænge mellem de rekreative arealer. Herudover ligger der et potentiale i at bruge Den Grønne Boulevard til at skabe plads og give opmærksomhed til Jarmers Tårn som monument og kulturelt tyngdepunkt.

3.4.7 Rådhuspladsen

Rådhuspladsen er det naturlige knudepunkt i korridoren. Pladsen markerer også en fremtidig sammenkobling med et evt. kommende projekt for Vesterbro Passage. Etablering af metrostationen på Rådhuspladsen åbner op for en plads, der i fremtiden vil bestå af flere grønne elementer.



Figur 3-38 Rådhuspladsen

Korridoren har her potentiale til at udgøre et grønt modstykke til det store pladsrum, og skabe en grøn skulder sydvest for pladsen. I projektets videre udvikling, fase 2, skal det afklares i hvilket omfang projekt for Vesterbro Passage skal integreres i analysen.

3.4.8 Københavns Rådhus og Tivoli

Tivolis grønne struktur ud mod H.C. Andersens Boulevard, afskærmer "den gamle have" mod gaderummet. "Haven" markerer sig som et væsentligt, både rekreativt og kulturelt element i byen og tyngden i den grønne struktur indrammer korridoren mod Københavns Rådhus og det præcise haveanlæg der ligger som buffer mellem gaderummet og Rådhuset.



Figur 3-39 H.C. Andersens Boulevard ud for Tivoli

Området har potentiale til at blive et grønt fortæppe til rådhuset, der ligger i solsiden og ikke generes af modstående bygninger.

3.4.9 Glyptoteket og Dantes Plads

Mellem Glyptoteket og Dantes plads ligger i dag et ikke "synligt" sammenhængende byrum, der kiler sig ind i retning mod middelalderbyen. Midt i kilen står Dantesøjlen i en bred grønning. Området markerer et kulturelt tyngdepunkt og er delvist fredet.



Figur 3-40 H.C. Andersens Boulevard ved Glyptoteket

Området har potentiale til at samle pladsrummet på tværs af Den Grønne Boulevard og tydeliggøre kulturarven, som en del af en sammenhængende grøn korridor.

3.4.10 Langebro

Langebro står i dag som et ikonisk bindeled mellem København og Amager. Under broen løber Københavns Havn, flankeret af Islands Brygge, Kalvebod Brygge og Københavns befæstning. Broen markerer sig som et hævet udsigtspunkt, hvor man kigger ud over havnen og de historiske bykvarterer.



Figur 3-41 Langebro over Københavns Havn

Broen har potentiale til at blive et stærkere rekreativt bindeled mellem H.C. Andersens Boulevard og Amager Boulevard, der kan give visuel kontakt og orientering mod byrummet langs havnen. Da Langebro med mellemrum åbner og lukker er det naturligvis begrænset, hvilke rekreative og grønne tiltag, man her kan foretage. I stedet har broen et formidlingsmæssigt potentiale og kan indrettes til i højere grad at imødekomme lette trafikanter. Herudover er Langebro i flere sammenhænge blevet fremhævet som potentielt omdrejningspunkt for forskellige kulturelle aktiviteter.

3.4.11 Stadsgraven

Langs Amager Boulevard løber Stadsgravens voldanlæg. Stadsgraven er en del af Københavns befæstning og ligger i dag som et markant kulturelt spor i byen. Den blå-grønne struktur ligger som en rekreativ buffer mellem det modernistiske byggeri langs Amager Boulevard og Christianshavn.



Figur 3-42 Stadsgraven.

Området har potentiale at blive åbnet op og gjort tilgængelig som en del af en Den Grønne Boulevard, hvor man visuelt kan styrke byens sammenhæng og adkomst til det historiske anlæg.

3.4.12 Tekniske og kulturhistoriske opmærksomhedssteder

Figur 3-43 viser en kortlægning af byrum langs korridoren og hvilke byrum, der egner sig eller ikke egner sig til placering infrastrukturelle anlæg - ramper eller tekniske bygværker.

- > Kortlægningen kombinerer byrum der geometrisk har dimensioner med linjeføring, der ikke egner sig til rampeanlæg - disse er markeret med rød.
- > Kortet anviser også byrum der kulturhistorisk er sårbare for eksempelvis placering af rampeanlæg eller lignende infrastrukturelle bygværker. Disse er markeret med en farveskala i rød, gul og grøn, hvor de røde zoner er særligt sårbare.



Figur 3-43 Indledende vurdering af lokaliteter, hvor der vurderes at være mulighed for placering af rampeanlæg.

Særlige opmærksomhedspunkter er her i Metropolzonen øst for søerne, ved Rådhuspladsen og byrummet mellem Glyptoteket og Dantes Plads, hvor det vurderes at have en væsentlig negativ konsekvens at placere større infrastrukturelle anlæg, da disse vil have negativ effekt på bylivet og sammenhænge på tværs af korridoren.

I projektets udvikling vil behandlingen af særligt infrastrukturelle anlæg i gule og grønne område have særligt fokus, i forhold til at sikre en god integration af anlæggene i byrummet, belyse barriereeffekter og belyse eventuel dobbeltprogrammering af tekniske anlæg i byrummet.

I den videre bearbejdning af Den Grønne Boulevard, vil det overordnede formål være at bringe mest muligt grønt og rekreativt ind i korridoren. Kortlægningen vil her bruges til at sikre opmærksom på de byrum der særligt vanskelige byrum.

3.5 Vejtekniske forudsætninger for tunnelløsning

På baggrund af kommunens ønsker om fremtidig vejstruktur og hastigheder samt den indledende screening af fremtidig trafikbelastning er følgende valgt som forudsætninger for en evt. tunnelløsning.

- > Hastighedsniveauet skal svare til andre overordnede veje i Københavns Kommune

- > Antallet af kørespor skal være 2x2 spor i tunnelen og maksimalt 2x1 spor på terræn, da der er et ønske om at skabe en Boulevard med begrænset trafik. Hvis der skal etableres ekstra spor på overfladen, forventes disse at skulle anvendes til letbane, BRT el.lign. for at styrke et transportalternativ til personbilen. Ovenstående danner grundlag for de efterfølgende fastlagte trafiktekniske grundværdier. Efterfølgende trafikberegninger eller andre ønsker fra kommunens side kan ændre på disse forudsætninger.

Som udgangspunkt benyttes Vejdirektoratets anbefalinger for fastsættelse af de trafiktekniske og geometriske parametre. For projektet er valgt følgende:

- > Dimensioneringshastighed på 60 km/t, med forventning om en hastighedsgrænse på 50 km/t
- > Frihøjde i tunnel på 4,63 m plus plads til tavler, ventilation etc.
- > Tværsnit med to kørespor af 3,5 m
- > Gradient på:
 - > Hovedtunnel: +/- 50‰ (maksimale gradient på vejen i hovetunnelen)
 - > Sideramper i tunnel: +/- 80 ‰ (maksimale gradient for ramper til/fra tunnelen når de er overdækket)
 - > Sideramper, åbne: +/- 60 ‰ (maksimale gradient for ramper til/fra tunnelen når de er åbne)

For detaljerede beskrivelser af vejgeometriske forudsætninger, sikkerhedsmæssige aspekter samt udformning af tunnelender og tilslutningsanlæg henvises til Bilag B og Bilag H.

4 Løsningsrum

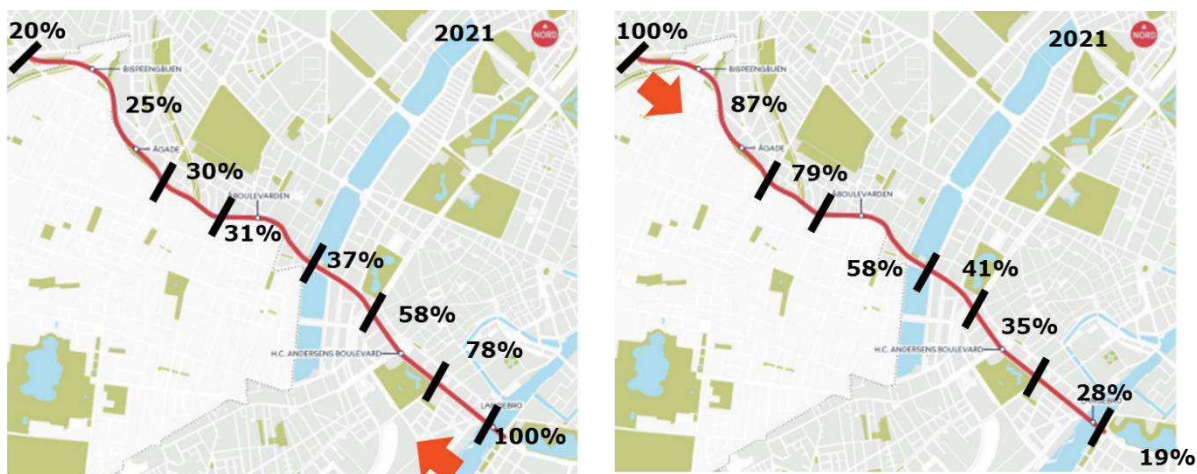
Med udgangspunkt i projektets overordnede rammer og tekniske forudsætninger, kapitel 3, er der i nærværende kapitel beskrevet et nærmere løsningsrum for udvikling af Den Grønne Boulevard. Beskrivelsen af løsningsrummet har til hensigt at indsnævre de forskellige løsningsmuligheder der kan være. I løsningsrummet er der især fokus på, at projektet skal være en teknisk realiserbar løsning indenfor de givne fysiske rammer.

4.1 Trafikforhold

Korridoren er i dag en regional vej, som reelt har tre funktioner for biltrafik:

- > Transitrute for trafik uden ærinde i Frederiksberg eller Københavns Kommune
- > Forbindelse mellem de to kommuner og andre kommuner
- > Forbindelse for trafik mellem byområder i de to kommuner.

Figur 4-1, der illustrerer ovenstående, viser, at ca. 20 procent er transittrafik – eller i hver fald trafik mellem yderpunkter i de to kommuner. En stor del af trafikken har ærinde i eller omkring Indre By, hvor noget vil være intern trafik i kommunerne, og noget vil være trafik til og fra andre kommuner.



Figur 4-1 Andel af gennemkørende trafik på strækningen i dag. Til venstre ses, at ud af de 100%, der krydser Langebro mod vest, er der ca. 20%, som kører på hele strækningen frem til enden af Bispeengsboen ved Hillerødgade. Resten af trafikken over Langebro drejer fra strækningen undervejs. Til højre ses tilsvarende billede for al trafik fra Hillerødgade mod øst. Kilde: Udtræk fra Compass trafikmodellen.

Korridorens funktioner forudsættes bibeholdt, men en tunnel kan påvirke det overordnede trafikmønster i større eller mindre grad, især afhængig af forskelle i tunnellængder og -tilslutninger. Ét yderpunkt i løsningsrummet er en lang tunnel mellem Borups Plads og Ørestads Boulevard uden tilslutninger undervejs på strækningen. Den vil næsten kun tiltrække regionale bilister, der har behov for at køre gennem kommunerne (transit) eller mellem to yderpunkter i de to kommuner – og dermed vil der være meget af den nuværende trafik tilbage på overfladen. En sådan tunnel vil derfor ikke opfylde alle de beskrevne trafikale funktioner.

Hvis man forestiller sig, at man kan supplere denne lange tunnel med tilslutninger ved alle trafikale knudepunkter, vil den blive attraktiv også for mange andre bilister – og derved kunne flytte så meget biltrafik som muligt ned i tunnelen og væk fra overfladen.

Imidlertid er der ikke plads til de nødvendige rampestrækninger og krydsløsninger ved alle de beskrevne trafikale knudepunkter. Desuden vil rampestrækningerne optage meget areal, og man får dermed ikke frigjort areal til andre formål, der kan understøtte grønne byrum.

Løsningsrummet belyst alene ud fra ønsket om at fjerne trafik fra overfladen er derfor en så lang tunnel som muligt med så mange tilslutninger som muligt – men byrumsmæssige, anlægstekniske og økonomiske parametre er afgørende og vil påvirke det reelt mulige løsningsrum.

4.2 Anlægsteknik

Tunnel under Den Grønne Boulevard kan anlægges enten som cut & cover tunnel eller som boret tunnel. Generelt gør behovet for mange tilslutninger tæt på hinanden, at tunnelen skal lægges tæt på overfladen. Det gør cut & cover mest egnet. For længere stræk kan man med fordel anlægge tunnelen som boret tunnel i to parallelle rør eller som cut & cover i to etager.

Fordelen ved at bore tunnelen er, at midlertidige trafikomlægninger, ledningsomlægninger og generel forstyrrelse i anlægsfasen begrænses på den borede strækning. De består dog uændret for tilslutningerne ned til de borede tunneler som er traditionel rampe og Cut & cover. Ulempen er den højere anlægspris for en boret tunnel som specielt slår igennem ved korte borede strækninger da startomkostningerne er meget høje.

4.3 Tilslutningsanlæg

Et fuldt tilslutningsanlæg (TSA) består af to tilkørsler og to frakørsler. Tilslutningen skal ved overfladen etableres til en eksisterende krydsende trafikvej og tilpasses eventuelle nye lokalveje på det frigjorte areal på overfladen. Tilslutningsanlæg har generelt en udstrækning på veje som afhænger af den skilte hastighed. Der vil være behov for forskellige løsninger afhængigt af, om der skal tilsluttes til en cut & cover eller boret tunnel. Begge situationer vil blive gennemgået i det følgende.

TSA ved cut & cover

Afgreninger fra cut & cover tunnelen er relativt simple om end pladskrævende. De vil skulle etableres som simple rudieranlæg fra lav dybde. Ramperne er optegnede i kapitel 5.1.3.

TSA ved boret tunnel

Afgreninger fra en boret tunnel er komplicerede elementer. Det skyldes kombinationen af, at overfladen af kalken under København ligger mellem 10 og 20 m under terræn og at de øverste cirka 2 m kalk generelt er af dårlig beskaffenhed.

Maksimal gradient vil være cirka 60-80‰, så for hver 1 m dybde kræves der ca. 15 m rampe.

Områder, hvor de trafikale analyser viser, at værdien af en tunnel vil være væsentlig højere ved en kort afstand mellem hver TSA vil det ikke være relevant at se på afgreninger direkte fra en boret tunnel. Skulle en afgrening ske tæt på en boret tunnel, således at til- og frakørsler kræver flettestrækninger, der går ned i den borede tunnel vil man skulle se på to alternative løsninger:

- > At fortsætte cut & cover dybere for først at overgå til boret tunnel når tilkørslen er indflettet.
- > At øge diameteren på den borede tunnel, således at der er plads til indfletningsbanen. Det vil kræve en forøgelse af vejbredden med ca. 3 m.

4.4 Sikkerhedskoncept

Sikkerhedskoncepter relateret til redning og indsats fra beredskabet vil afhænge af tunneltyperne. Ud over indsats fra endoportaler og sideramper vil der på delstrækninger skulle være adgang mellem trafikrørene for øst og vestgående trafik.

- > For cut & cover etableres dette nemt ved nøddøre imellem de to trafikrør. Nøddøre er i det store hele ikke bekostelige og kan etableres tæt f.eks. pr 50-100 m.
- > For 2 etagers cut & cover hvor rør for øst og vestgående trafik ligger over hinanden vil der skulle etableres adgangsramper med relativt kort afstand imellem.
- > For Borede tunneler kan redning enten etableres i underetagen hvortil der også skal afsættes plads til adgangsramper fra trafikniveau og ned, eller til naborøret via tværtunneler.

4.5 Drift og vedligehold

Helt overordnet kan følgende siges om disse 2 konstruktionstyper vedr. drift og vedligehold:

- > Boret tunnel
Det er en kendt og gennemprøvet konstruktion, som primært giver anledning til problemer som følge af vandgennemsivninger ved samlinger – som der er mange af. Gennemsivningerne er primært, så længe de højst har en størrelse op til dryppende vand, et vedligeholdelsesmæssigt problem for installationerne, der kan blive nedbrudt af det indtrængende, saltholdige vand.
- > Cut & cover tunnel
Det er en kendt og gennemprøvet konstruktion, som primært giver anledning til problemer som følge af vandgennemsivninger ved støbeskel samt ved gennemgående revner. Visse anlægsmetoder for cut & cover tunneler har dog større udfordringer med gennemsivning end andre. F.eks. er erfaringer med Slidsevægge at de kan være overordentligt svære at få en ordentlig betonkvalitet for.

For begge anlægsmetoder er det relevant at kunne udføre vedligehold i ét spor således at man ikke behøver at lukke et helt rør for at tilgå f.eks. en ventilator.

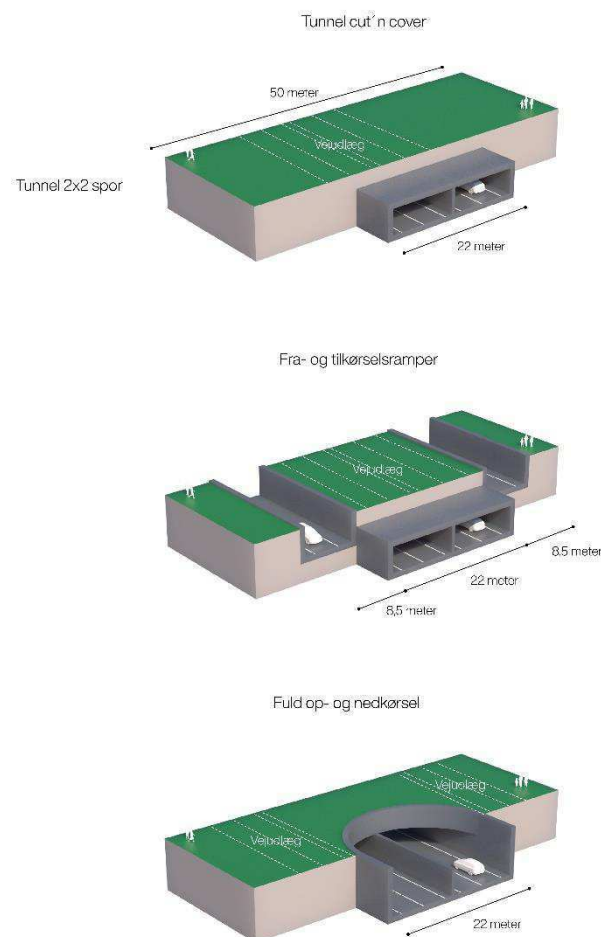
4.6 Byrum

Én af intentionerne med Den Grønne Boulevard er at skabe en korridor igennem byen, der er præget mere af oplevelser og byrum end den væsentlig "trafikmaskine" som korridoren i dag bærer præg af.

En reduktion af trafikken i de sammenhængende byrum i Den Grønne Boulevard vil give unikke muligheder for at ændre oplevelsen og anvendelsen af Københavns væsentlige historiske byrum og korridorer gennem byen. Gennem en længere periode har der fra forskellige fronter været bud på en begrønning af korridoren, herunder passagerne Åboulevard og H.C. Andersens Boulevard.

Den Grønne Boulevard vil åbne byen op for et andet hierarki mellem lette trafikanter og biltrafikken. Der er gennemført en indledende screening af løsningsrummet, hvor der er fokuseret på de primære bindinger og rammesættende tekniske anlæg, der vil være en væsentlig del af håndtering af en evt. tunnel tilstedeværelse i byrummet.

Med udgangspunkt i projektets tekniske forudsætninger, viser grafikken i figur 4-2 principper for, hvordan en tunnel og de tilhørende tekniske anlæg vil påvirke udtrykket i et byrum med en samlet bredde på ca. 48-50 meter. Herigennem illustreres løsningsrummet for projektets byggeklodser afhængig af den tekniske løsning, og der gives et indledende visuelt indblik i, hvilke (begrønnede) arealer der kan tilvejebringes i det nuværende byrum, under forudsætning af, at der etableres en tunnel med 2x2 kørespor.



Figur 4-2 *Principiel illustration af, hvor meget byrum, der kan tilvejebringes ved forskellige steder på en tunnelstrækning. Til øverst vises princip på en strækning med en tunnel, i midten vises et princip for*

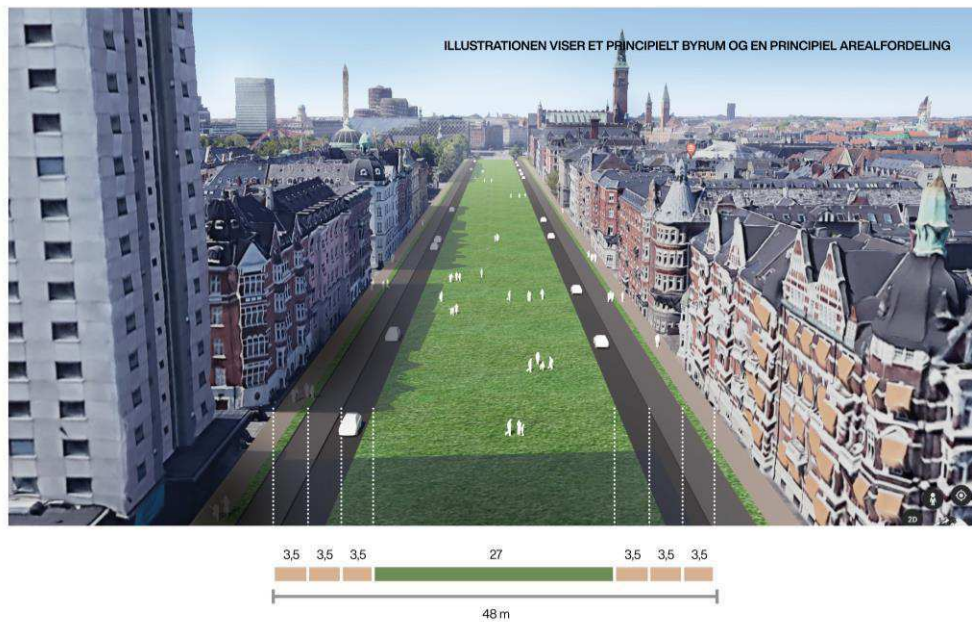
en lokalitet, hvor der skal føres sideramper til og fra tunnelen og nederst vises et princip hvor tunnel føres op i sin fulde udstrækning.

Til illustration af konsekvenser af ovenstående i et konkret byrum er H.C. Andersens Boulevard, set fra Langebro, illustreret med anlæggenes skala i den bymæssige kontekst. Illustrationerne sammenholder nuværende forhold, med en situation, med en tunnel under H.C. Andersens Boulevard, placering af rampeanlæg i byrummet og illustration af omfanget af det areal, der kan stilles til rådighed til anden funktion end vejareal.



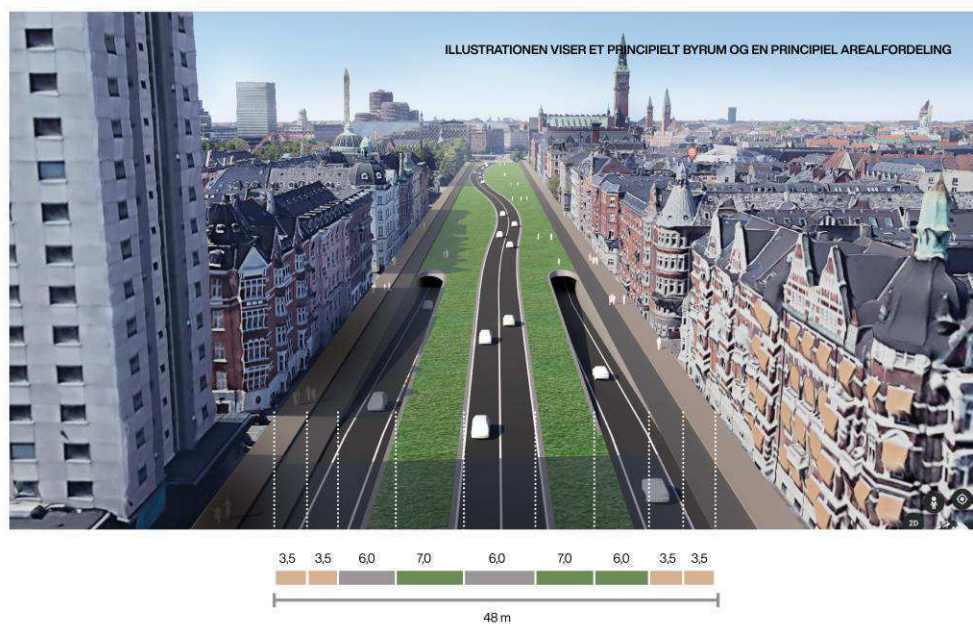
Figur 4-3 Nuværende forhold på H.C. Andersens Boulevard med angivelse af de enkelte tværsnitselementers bredde.

Eksempel på principiel omdannelse af byrum



Figur 4-4 Princip med tunnel under Den Grønne Boulevard, og hvor der ikke er ramper på strækningen, og hvor Den Grønne Boulevard er placeret som en rambla med biltrafikken på ydersiderne. Illustrationen er principiel og der er eksempelvis ikke indtegnet vejareal til tværgående veje.

Eksempel på til- og frakørselsramper i byrummet



Figur 4-5 Princip med tunnel under Den Grønne Boulevard, og ramper på strækningen mellem Langebro og Rysestengade, og hvor tilbageværende trafik på terræn afvikles i midten af Den Grønne Boulevard. Illustrationen er principiel og der er eksempelvis ikke indtegnet vejareal til tværgående veje.

Eksempel på til- og frakørselsramper i byrummet



Figur 4-6 Princip med tunnel under Den Grønne Boulevard, hvor hovedtunnelen føres op til terræn ved Langebro. Trafikken over Den Grønne Boulevard afvikles i ydersiderne som i rambløsningen. Illustrationen er principiel og der er eksempelvis ikke indtegnet vejareal til tværgående veje.

Illustrationerne illustrerer det umiddelbare potentiale og bindinger ved etablering af en tunnel. Det viste løsningsrum tager udgangspunkt i en umiddelbar sammenstilling mellem anlægstekniske forhold, trafikale analyser og byrumsmæssige analyser. De viste løsninger er derfor ikke én-til-én sammenholdt med de foreslåede korridorløsninger, vist senere i kapitel 5.

5 To hovedløsninger

Med udgangspunkt i tre hovedparametre (anlægsteknik, trafik og byrum) har der i en indledende screeningsfase været skitseret et sæt af principløsninger, der rummer mulige tunnellængder og -tilslutninger og dermed forskellige potentialer for at skabe mere grønne byrum på overfladen. I denne screeningsfase er der analyseret fire principløsninger der er især vurderet for de trafikale konsekvenser. De fire løsninger illustrerer bredden af løsningsmuligheder og har været en del af grundlaget for efterfølgende at udvælge de mest ønskelige for det videre arbejde. De fire løsninger, der er nærmere beskrevet i Bilag E, er:

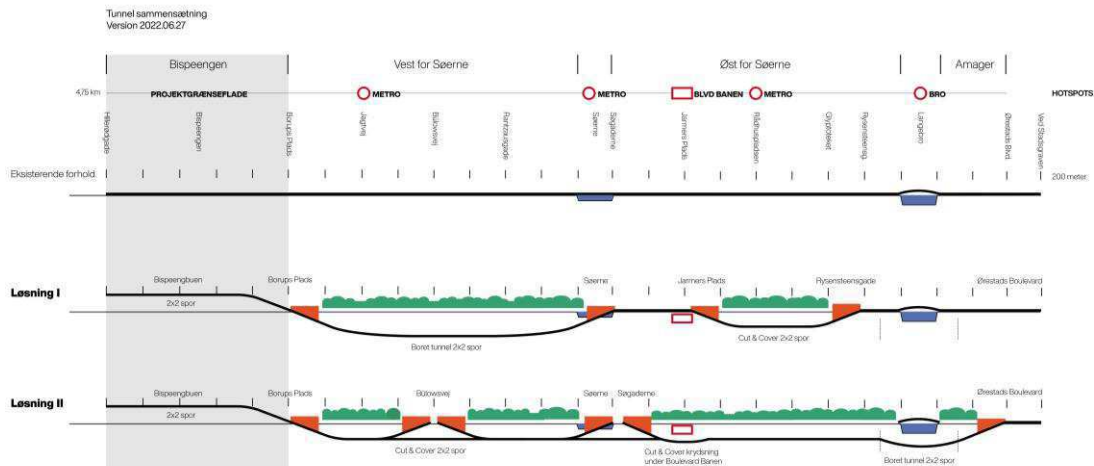
- > *Løsning B2: En lang tunnel med få tilslutninger.* Her belyses effekten af at tilstræbe flytning af den gennemkørende trafik uden at tilføre mange nye arealkrævende rampeanlæg undervejs, her illustreret med en perspektivering under Bispeengbuen.
- > *Løsning B4: En lang tunnel med tilslutninger undervejs.* Her belyses forskel i trafikal effekt med ønsket om at trække mere af den relativt lokale trafik ned i tunnelen i forhold til scenarie med relativt få tilslutninger. Her kan afvejes den ekstra trafikale flytning til tunnel i forhold til det ekstra arealforbrug på overfladen, som mindsker mulighed for grønne byrum.
- > *Løsning C: En kort tunnel med få tilslutninger,* som primært aflaster strækningen vest for søerne. Her belyses trafikal effekt i forhold til at undgå relativt teknisk krævende og dyre konstruktioner både under Boulevardbanen og under havneløbet.
- > *Løsning C1, Alt: En kortere tunnel med tilslutninger undervejs.* Her belyses trafikal effekt i forhold til lange tunneller, som er teknisk krævende og dyre på grund af krydsning af havneløbet.

På baggrund af de gennemførte screeninger og vurderinger har projektets styregruppe den 23.5.2022 besluttet, at der i fase 1 skal arbejdes videre med 2 hovedløsninger: (Figur 5-1 viser konfigurationen af de to hovedløsninger).

- > Hovedløsning I – svarer til en modificeret udgave af den tidligere benævnte B2 – nu bestående af to korte tunneler dels mellem Borups Plads og søerne dels mellem Jarmers Plads og Rysensteensgades.
- > Hovedløsning II – svarer til den tidligere benævnte B4 løsning – bestående af en lang tunnel mellem Borups Plads og Ørestads boulevard

Der er anvendt følgende forkortelser:

- > BT: Boret tunnel
- > C&C: Cut & cover tunnel
- > TSA: Tilslutningsanlæg



Figur 5-1 Hovedløsninger I (to korte tunneler) og II (én lang tunnel med to TSA)

Til den trafikale vurdering har COWI kodet hvert af de to hovedløsninger som et projektsценarie i COMPASS trafikmodellen og sammenlignet resultaterne med modellens Basis 2035 scenarie.

Modellens Basis 2035 scenarie er senest opdateret af Københavns Kommune i september 2022 med justeret input om forventet byudvikling og udvikling af transportinfrastruktur frem til år 2035. Af særlig betydning for denne opgave kan nævnes, at Basis 2035 nu omfatter delvis nedrivning af Bispeengbuen, anlæg af 1. etape af Østlig Ringvej (mellem Nordhavn og Refshaleøen), projekter besluttet i den nationale Infrastrukturplan 2035 og realisering af den i juni 2022 vedtagne hastighedsplan for Københavns Kommune.⁶ For hver af de to hovedløsninger blev anvendt følgende fælles forudsætninger i kodning af scenarier:

- > Hastighed i tunnel er efter aftale med kommunen sat til 50 km/t
- > Antal kørespor i tunnel er sat til 2 spor i hver retning
- > Hastighed på tilbageværende vej på overfladen er sat til 40 km/t
- > Antal af kørespor er reduceret til ét spor i hver retning på tilbageværende vej på overfladen
- > Krydsløsninger på tilbageværende vej på overfladen: Antallet af ligeudkørende spor er reduceret som på strækninger. Svingbaner er bibeholdt eller justeret ud fra modeltekniske behov i forhold til, at der kun er ét ligeudkørende spor i hver retning.
- > Signalkryds er kodet ens i hvert tidsbånd med hensyn til omløbstider, samordning mv)

Scenarieberegninger af de to hovedløsninger er foretaget som komplette modelberegninger, hvor ru-tevalgsmodeller og efterspørgselsmodel køres i iterationer efter hinanden. De to hovedløsninger er kort beskrevet nedenfor med følgende struktur:

- > En teknisk beskrivelse
- > En trafikal vurdering
- > En byrumsmæssig beskrivelse

⁶ Kilde: Forudsætningsnotat for COMPASS-opdateringer i juli 2022, Udkast, COMPASS-sekretariatet, Københavns Kommune.

5.1 Hovedløsning I – To korte tunneler

Denne hovedløsning har følgende kendetegn:

- > To korte tunneler uden tilslutninger mellem Borups Plads-Sørne og Jarmers Plads-Rysesteensgade
- > Endeportaler ved Borups Plads i vest og ved Rysensteensgade i øst
- > Midterportaler ved Sørne og Jarmers Plads
- > Al trafik afvikles på terræn på en strækning på ca. 450 m mellem Søgaderne og Jarmers Plads.

5.1.1 Teknisk vurdering

Tunnel Vest for Sørne

Tunnelen inkl. ramper vil være ca. 1700 m lang og kan etableres som cut & cover eller som boret tunnel. Begge løsninger er teknisk mulige. Det vurderes at være en fordel at etablere en boret tunnel, da omfattende arbejder med midlertidige trafik- og ledningsomlægninger vil være en stor belastning for byen og trafikanterne.

Tabel 5-1 Hovedløsning I, Tunnel vest for sørne

Parameter	Cut & cover	Boret tunnel
Anlægspris	Billigst, men med afledte udgifter i forhold til trafikafvikling og ledningsomlægninger.	Dyrest
Anlægskompleksitet	Der er begrænset plads til anlæg af tunnel og trafik i byggefasen ved siden af. Det kan være nødvendigt at anlægge Cut & Cover i to halvdele for at opretholde trafik på strækningen. Det giver en meromkostning på 100-200 mio. kr./km som ikke er med i anlægsoverslaget. Mange ledningsomlægninger og stor kompleksitet med at afvikle trafik under anlæg	Ledningsomlægninger og trafikafvikling begrænset til rampe og Cut & cover strækning frem til strækningen med boret tunnel. Det er heller ikke uanseelige problematikker. Støj og arbejderne på tunnelarbejdspladsen vil være koncentreret i enden, hvor arbejdet vil fortsætte i længere tid, end en Cut & cover løsning, hvor genen til gengæld var fordelt ud over hele strækningen. Hovedbyggepladsen antages at måtte ligge ved Peblinge Dosseringen efter den nedadgående rampes passage af Metro M1 tunnelrørene.
Vejgeometri	Tunnelen må følge det nuværende vejtracé slavisk	Tunnelen kan etableres "direkte" mellem de 2 portaler med et mere optimalt forløb
Samfundsøkonomisk vurdering	Løsningen vil give gener under anlæg i og med at trafikafviklingen vil blive påvirket.	

Tunnel Øst for Søerne

Tunnelen inkl. ramper vil fra terrænniveau til terrænniveau være ca. 900 m lang. Det er tvivlsomt om en boret tunnel kan starte vest for Cityring Rådhuspladsen, hvorfor en boret tunnel derfor bliver for kort til at give mening. Problemet er, at man med nedkørsel ved Jarmers plads ikke kan nå at komme under Cityringen ved Rådhuspladsen.

Modsat Tunnelen Vest for Søerne er der på denne strækning bedre plads til anlægsarbejder, omlagte ledninger og afvikling af trafik i anlægsfasen.

Det forhindrer dog ikke, at det vil blive komplekst og udfordrende at skabe plads til et sådant tunnel-anlæg.

Tabel 5-2 Hovedløsning I, Tunnel øst for søerne

Parameter	Cut & cover	Boret tunnel
Anlægskompleksitet	Der er tåleligt med plads til anlæg af tunnel og trafik i byggefasen ved siden af, selv om det vil blive presset. Det kan være nødvendigt at anlægge Cut & Cover i to halvdele for at opretholde en midlertidig trafik på strækningen. Dette vil resultere i en meromkostning på cirka 100-200 mio. kr./km som ikke er medtaget i anlægsoverslaget. Mange ledningsomlægninger og moderat kompleksitet med at afvikle trafik under anlæg	En boret tunnel ville først kunne påbegyndes vest for Cityring Rådhuspladsen og derfor vil den blive så kort (ud fra præmis om at skulle op igen vest for Langebro) at det ikke giver mening at mobilisere en hel TBM arbejdsplads for 300 m.
Vejgeometri	Tunnelen må følge det nuværende vejtracé slavisk	-
Samfundsøkonomisk vurdering	Løsningen vil give gener under anlæg i og med at trafikafviklingen vil blive påvirket.	På grund af den meget korte strækning man geometrisk kan få gavn af en boret tunnel, vil ulemperne ikke være væsentligt mindre end en Cut & cover tunnel. Løsningen er derfor irrelevant ud fra præmissen om at TSA i østenden skal op ved Rysensteensgade.

5.1.2 Trafikal vurdering

De trafikale vurderinger er, som beskrevet i kapitel 4.1, baseret på beregninger med COMPASS trafikmodellen.

Trafikmængder på strækningen

Hovedløsning I aflaster vejen på overfladen på de to dele af strækningen, hvor der etableres tunneller.

- > Tunnelen vest for søerne gennem Frederiksberg-Nørrebro aflaster nuværende vej på overfladen. I basis blev trafikmængden beregnet til 61.000 - 74.000 køretøjer afhængig af delstrækning på et hverdagsdøgn. Med tunnel blev den tilbageværende trafik på overfladen beregnet til 15.000 - 23.000 køretøjer, se figur 5-2. Det svarer til, at ca. 2 ud af 3 køretøjer forsvinder fra overfladen gennem Frederiksberg - Nørrebro.
- > Det samme gælder tunnelen i Indre By, hvor trafikmængden på overfladen beregnes til 16.000 - 18.000 køretøjer efter etablering af tunnel. Den tilbageværende trafik på de to strækninger vil være af samme størrelsesorden, som trafiktællinger viser for nuværende trafik på f.eks. Jagtvej og Øster Søgade.

Tunnelen tiltrækker en trafikmængde, der på en af delstrækningerne når op på 91 procent af trafikken på strækningen i Basis 2035. Her er det også vigtigt at huske, at det generelle trafikniveau i model-lens Basis 2035 er højere end i den nuværende situation på grund af den forventede byudvikling og den forventede vækst i bilejerskab, f.eks. viser tællinger på strækningen ved søerne en hverdags-døgntrafik på ca. 53.200 køretøjer i 2021, mens der for Basis 2035 forventes ca. 60.000 køretøjer.

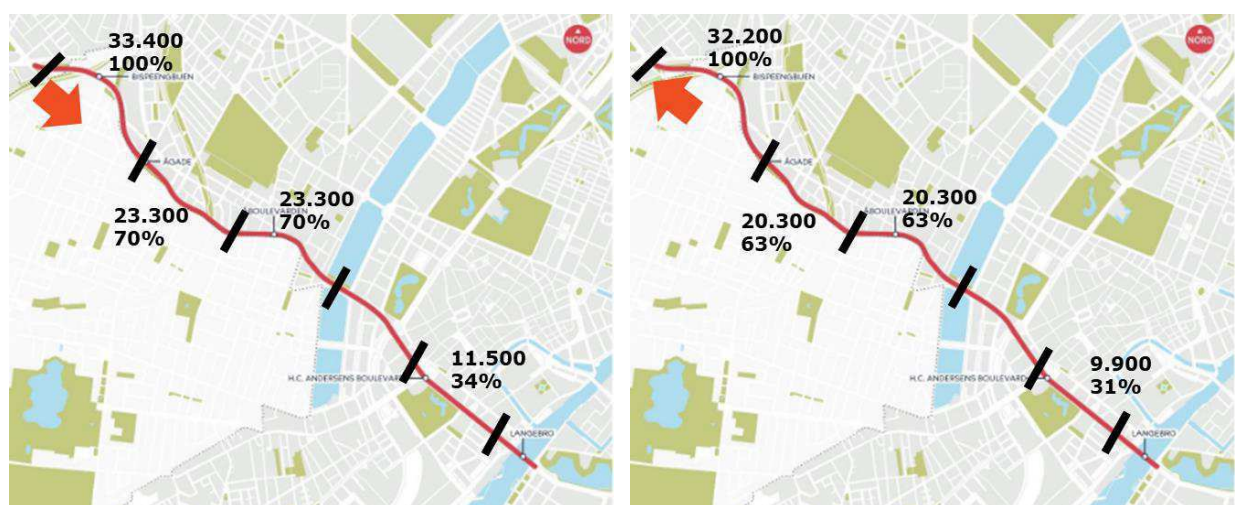
Samlet er summen af trafik i tunnel og vej på overfladen op til ca. 119 procent i forhold til trafikken på strækningen i Basis 2035. Den største stigning beregnes mellem Voldgaderne og Vesterbrogade, hvor forventningen er en stigning fra ca. 57.000 til knap 68.000 køretøjer. Stigningerne skyldes flere faktorer, hvor de to mest sandsynlige er de følgende.

- > For det første bliver tunnelloøsningen mere attraktiv som gennemfartsvej mellem områder nord for København og Amager på grund af kortere rejsetid med færre forsinkelser i kryds. Det tiltrækker nogle bilister, som ellers ville køre på f.eks. Østlig Ringvej eller Motorring 3, se figur 5-5 og om-tale af øvrige overordnede veje senere i afsnittet.
- > For det andet medfører de færre tilslutninger til tunnelen i forhold til tilslutninger til den nuvæ- rende overordnede vej, at trafikmønsteret ændrer sig en del omkring strækningen. Der vil f.eks. være noget ekstra trafik på vejen på overfladen forårsaget af, at man skal køre lidt omveje for at komme til og fra tunnellen. Trafikmodellen kan ikke i detaljer gengive alle bevægelser præcist, idet dens zonesystem og valgte "ophæng" (adgange) til de enkelte zoner kan påvirke, hvordan trafikken fordeles på vejnettet.

Snit	Basis 2035	Hovedløsning I					
		Tunnel		Overfladevej		Sum	
		HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis
Borups Plads - Jagtvej	71.700	52.200	73%	23.100	32%	75.300	105%
Jagtvej - Bülowvej	73.800	52.200	71%	23.400	32%	75.600	102%
Bülowvej – Rosenørns Allé	61.000	52.200	86%	14.600	24%	66.800	110%
Sørerne	60.000	-	-	67.300	112%	67.300	112%
Søgaderne - Farimagsgade	58.000	-	-	65.100	112%	65.100	112%
Farimagsgade - Voldgaderne	56.500	-	-	63.900	113%	63.900	113%
Voldgaderne - Vesterbrogade	56.900	51.600	91%	16.200	28%	67.800	119%
Vesterbrogade – Rysensteensgade	61.300	51.600	84%	18.300	30%	69.900	114%
Langebrogade	67.400	-	-	71.800	107%	71.800	107%
Langebrogade – Ørestads Boulevard	59.100	-	-	63.000	107%	63.000	107%

Figur 5-2 Beregnet hverdagsdøgntrafik (HVDT) i 2035 i et basisscenarie og i hovedløsning I på udvalgte snit på strækningen (afrundende tal).

Figur 5-3 illustrerer, hvor stor en del af trafikken på Bispeengbuen, der gennemkører hele strækningen eller har rejsemål langs strækningen. Det ses f.eks., at ud af den totale trafik på Bispeengbuen, (100 procent) mod øst, er der 34 procent tilbage i den anden tunnel gennem Indre By. Det betyder, at ca. 66 procent kører fra enten ved Borups Plads eller på strækningen mellem sørerne og tilkørslen til tunnelen øst for Rådhuspladsen. For den modsatte retning gælder, at kun 31 procent kommer fra områder øst for de to tunneller.



Figur 5-3 Illustration af trafik i tunnellerne i hovedløsning I, som passerer et snit på Bispeengbuen (ved rød pil)

Trafikafvikling

Modelberegningerne giver en indikation af ændringer i trafikafviklingen ved løsningerne, men kan ikke benyttes til præcise vurderinger. Det vil først være muligt efter et mere detaljeret design af vejgeometrien og individuel optimering af de enkelte signalkryds, hvilket først vil ske i en senere projektfase.

For at få indikationer af trafikafviklingen, er der med modellen beregnet trafikens gennemsnitlige forsinkelser i kryds langs strækningen i morgenmyldretiden kl. 7 - 8, som er tidsrummet med størst belastning. Der er benyttet modellens beregning af gennemsnitlige forsinkelser for ligeudkørende og svingende bevægelse i de enkelte kryds. Beregningen er benyttet til en kvalitativ vurdering af krydset som helhed baseret på, hvilke bevægelser, der oplever gennemsnitlige forsinkelser på 2 minutter og derover i morgenmyldretiden.

Figur 5-4 opsummerer disse beregninger. Sammenligninger mellem dagens situation (beregnet med Basis 2017), Basis 2035 og hovedløsning I viser, at flere kryds langs strækningen allerede i dagens situation er pressede med gennemsnitlige forsinkelser i myldretiden på over 2 minutter for nogle trafikanter. Den forventede trafikvækst frem til 2035 øger de oplevede forsinkelser. Gennemførelsen af hovedløsning I skaber i enkelte kryds yderligere forsinkelser end i Basis 2035. Det skyldes som tidligere nævnt både den tilførte trafik til strækningen og ændrede rutevalg for trafik til og fra tunnelerne.

Kryds på strækningen og forlængelsen af denne	Basis 2017	Basis 2035	Hovedløsning I
Mosesvinget (Hillerødmotorvejen)			
Hulgårdsvej (O2)			
Hillerødgade			
Jagtvej-Falkoner Allé			
Bülowsvej			
Søgaderne			
Farimagsgade			
Nørre Voldgade			
Vesterbrogade som i dag			
Tietgensgade-Stormgade			
Rysensteensgade			
Klaksvigsgade			
Ørestads Boulevard			
Amager Boulevard / Amager Fælledvej			

Figur 5-4 Skematisk oversigt over beregnede forsinkelser i udvalgte kryds på strækningen og dens forlængelse i begge ender. Skemaet omfatter en kvalitativ vurdering af krydset som helhed baseret på COMPASS beregninger af, hvilke bevægelser, der oplever gennemsnitlige forsinkelser på 2 minutter og derover i morgenmyldretiden. Gul angiver, at krydset har en eller flere bevægelser med mellem 2 og 5 minutters forsinkelser. Rød angiver mindst 5 minutters forsinkelse.

En overordnet vurdering af tunnelstrækningerne viser, at de 2x2 kørespor i COMPASS-beregningen fører til en beregnet belastningsgrad i morgenmyldretiden på mellem 0,4 og 0,5 af den beregnede teoretiske kapacitet. Det vil svare til en afvikling, hvor bilister kører næsten uafhængig af øvrige bilister.

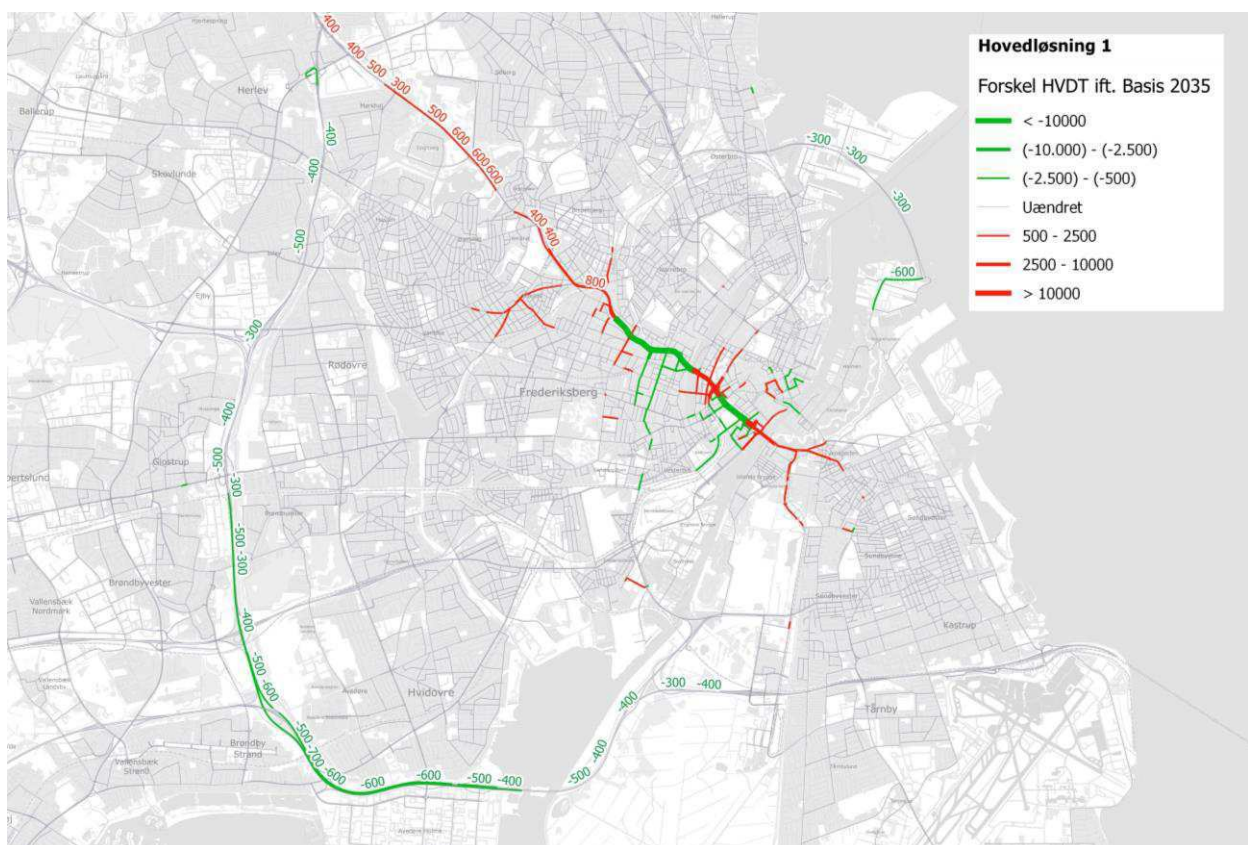
Generelt gælder, at trafikafviklingen på strækningen som helhed vil være mere afhængig af kapacitet og belastning i kryds end af kapaciteten på tunnelstrækningerne.

Trafik på tilslutninger til tunnelen

Hovedløsning I har ingen tilslutninger mellem tunneller og overfladen ud over til- og frakørslerne i enderne af de to tunneller.

Trafikale ændringer på øvrige overordnede veje

Som omtalt ovenfor, vil løsningen flytte trafik til og fra andre overordnede veje. På det regionale niveau forventes en mindre flytning på under 2 procent fra Østlig Ringvej og lidt mindre fra Motorring 3, se figur 5-5. Det svarer til en flytning på nogle hundrede biler på en hverdag ud af den forventede samlede trafik på Motorring 3 på over 150.000 køretøjer og på Østlig Ringvej ca. 23.000 køretøjer (beregningerne for Basis 2035 forudsætter Etape 1 af Østlig Ringvej gennemført). En tilsvarende øgning sker på Hillerødmotorvejen og fortsættelsen af strækningen på Amager.

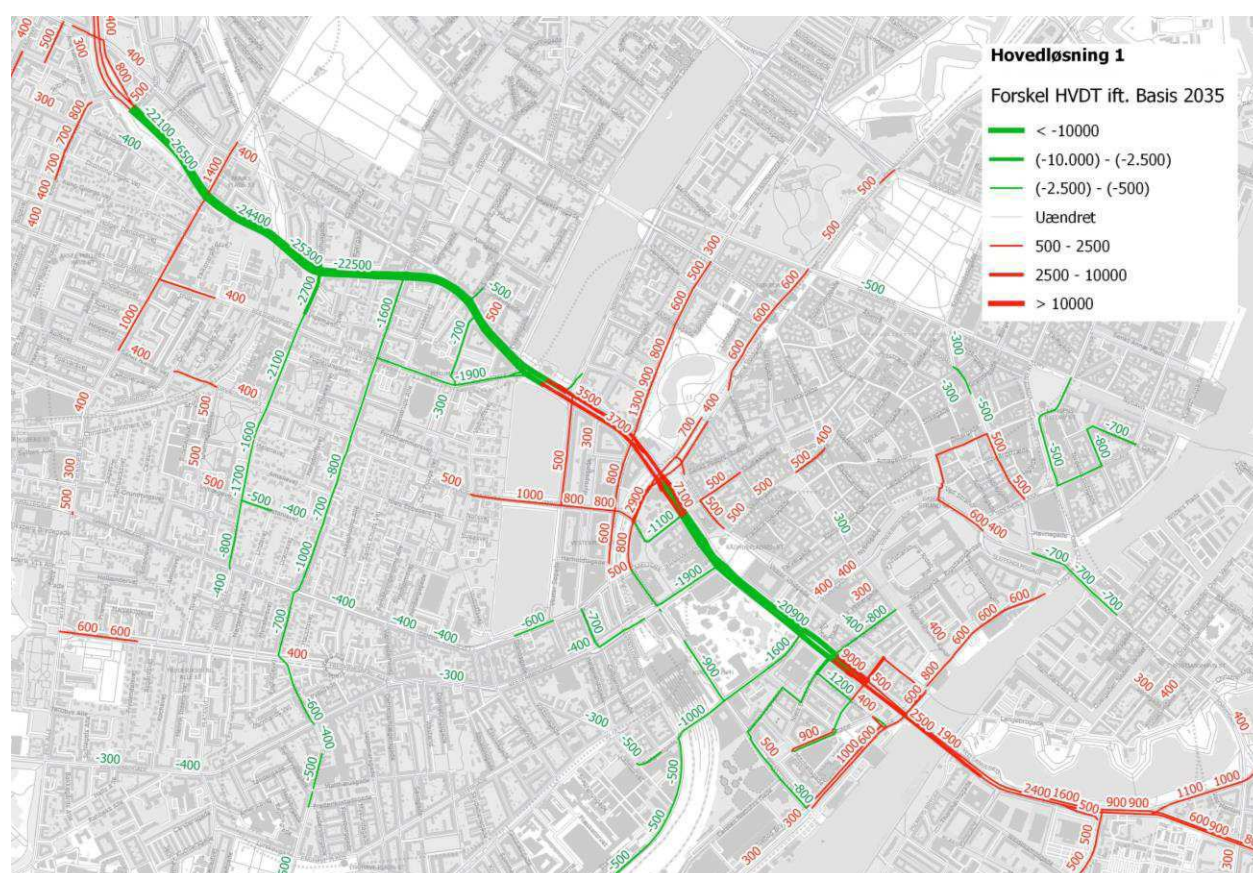


Figur 5-5 Ændringer i trafikmængder på regionalt niveau i Hovedløsning I i forhold til Basis 2035 (hverdagsdøgntrafik – tallene viser kun trafik i én retning). For 'Strækningen' viser figuren desuden kun ændringer for vejen på overfladen.

På selve strækningen og i dens nærområder viser beregningen, at der på vejen på overfladen både sker aflastninger og stigninger i trafikmængden, se figur 5-6. Resultaterne viser den forventede aflastning på de to dele af strækningen, hvor løsningen omfatter tunneler. Derimod sker der en stigning mellem de to tunneller (mellem søerne og Rådhuspladsen). Det skyldes:

- > For det første den trafik, som tiltrækkes regionalt.
- > For det andet flytninger af trafik mellem strækninger i nærområdet, især for trafik, som vil til og fra de to tunnelåbninger.

Da der er færre tilslutninger til tunnelen end til den oprindelige vej, vil der være et andet lokalt turmønster for at komme til og fra tunnelen. F.eks. tiltrækkes flere til Falkoner Allé, Farimagsgaderne, Voldgaderne og Kalvebods Brygge, men færre til Bülow'svej, H.C. Ørsted'svej og Tietgensgade, hvorfra der ikke er tilslutning til tunnelen.



Figur 5-6 Ændringer i trafikmængder i området omkring 'Strækningen' i Hovedløsning I i forhold til Basis 2035 (hverdagsdøgnetrafik – for 'Strækningen' gælder tal kun for én retning). For 'Strækningen' viser figuren kun ændringer for vejen på overfladen.

Samlet trafikarbejde og antal ture

Modellen beregner, at Hovedløsning I øger bilers trafikarbejde med ca. 42.000 km pr. hverdag i området dækket af Københavns og Frederiksberg kommuner. Det tal kan sættes i forhold til det totale antal kørte bilkm på over 6 mio. km, hvilket viser, at øgningen er på under 1 procent (0,7 procent), se figur 5-7. Dette tal dækker over, at biltrafikarbejdet falder en lille smule i Frederiksberg og stiger lidt mere i

Københavns Kommune. Stigningen i det samlede biltrafikarbejde i Københavns Kommune inkluderer de km, som køres i de to tunneller. Trafikarbejdet alene i de to tunneller er beregnet til at udgøre i alt ca. 112.000 km på en hverdag. Det betyder, at der er et fald i det samlede trafikarbejde på veje på overfladen i de to kommuner.

For de øvrige transportmidler er de relative ændringer endnu mindre i de to kommuner. Cyklisters relativt korte ture gør dem følsomme over for konkrete forsinkelser i kryds, da de udgør en større andel af den samlede rejsetid og beregningerne omfatter ikke detaljerede optimeringer / forbedringer af kryds på dette planlægningsstade. Det kan evt. føre til diverse små ændringer i rutevalg. Desuden beregnes fodgængertrafik anderledes end cykeltrafik, hvilket kan betyde at modellen evt. overflytter noget trafik mellem cykel og gang, som ikke vil ske i virkeligheden. Endelig fortæller ændringer i trafikarbejde ikke noget om ændring i oplevelsen af at cykle og gå på en vej med lille biltrafikmængde i forhold til en vej med stor trafikmængde. Modelberegninger indtænker f.eks. ikke eventuelle ændret adfærd som følge af øget tryghed eller oplevelse af mindre støj som cyklist eller fodgænger.

Trafikarbejde, København og Frederiksberg	Gang	Cykel	Bil	Kollektiv trafik	Total
Hovedløsning I	2.603.042	3.101.079	6.431.446	5.589.863	17.725.430
- Heraf i tunneller	-	-	112.414	-	112.414
Forskel total i forhold til Basis 2035	-2.405	346	42.010	8.957	48.908
- Forskel i trafik på overfladen	-2.405	346	-70.404	8.957	-63.506
Forskel total i %	-0,1 %	0,0 %	+0,7 %	+0,2 %	+0,3 %
- Forskel i trafik på overfladen i %	-0,1 %	0,0 %	-1,1 %	+0,2 %	-0,3 %

Figur 5-7 Samlet trafikarbejde i Københavns og Frederiksberg kommuner i Hovedløsning I og i forhold til Basis 2035 fordelt på hovedtransportmidler (antal personkm pr. hverdagsdøgn).

For hele modelområdet, som dækker hovedstadsområdet og de nordøstlige kommuner i Region Sjælland, er de relative ændringer også små, se figur 5-8. Man skal være forsigtig med at tolke disse små ændringer. F.eks. kan en lille stigning i antal personkm med kollektiv trafik skyldes summen af flere modsatrettede resultater, hvor nogle ture forsvinder og andre kommer til – med lidt forskellige længder. En anden illustration er, at en S-togstur på f.eks. 15 km betyder, at en ændring på 30.000 km kan være ca. 2.000 passagerer på en dag. Det kan sammenholdes med, at S-tog transporterer ca. 360.000 passagerer dagligt. Ændringer i trafikarbejde for gang og cykeltrafik er også små.

Trafikarbejde, mo- delområdet	Gang	Cykel	Bil	Kollektiv tra- fik	Total
Hovedløsning I	4.625.688	4.857.295	51.000.886	16.319.550	76.803.419
Forskel	-5.627	-5.531	37.225	27.330	53.397
Forskel i %	- 0,1%	- 0,1%	+ 0,1%	+ 0,2%	+ 0,1 %

Figur 5-8 Samlet trafikarbejde i hele modelområdet Hovedløsning I og i forhold til Basis 2035 fordelt på hovedtransportmidler (antal personkm pr hverdagsdøgn).

Den relative ændring i antal ture i modelområdet er lille, se figur 5-9. Tallene indikerer en lille stigning for antal bilture og et tilsvarende lille fald for gang- og cykelture. Antal kørte km i bil stiger lidt mere end antal ture i bil, hvilket kan tyde på, at det øgede antal bilture er relativt lange ture.

Antal ture i mo- delområdet	Gang	Cykel	Bil	Kollektiv tra- fik	Total
Hovedløsning I	4.074.813	1.475.321	2.457.399	1.107.350	11.149.960
Forskel	- 3.682	- 541	2.226	73	- 1.924
Forskel i %	- 0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Figur 5-9 Samlet antal ture i Hovedløsning I og i forhold til Basis 2035 fordelt på hovedtransportmidler (antal personture pr hverdagsdøgn).

5.1.3 Byrumspotentiale

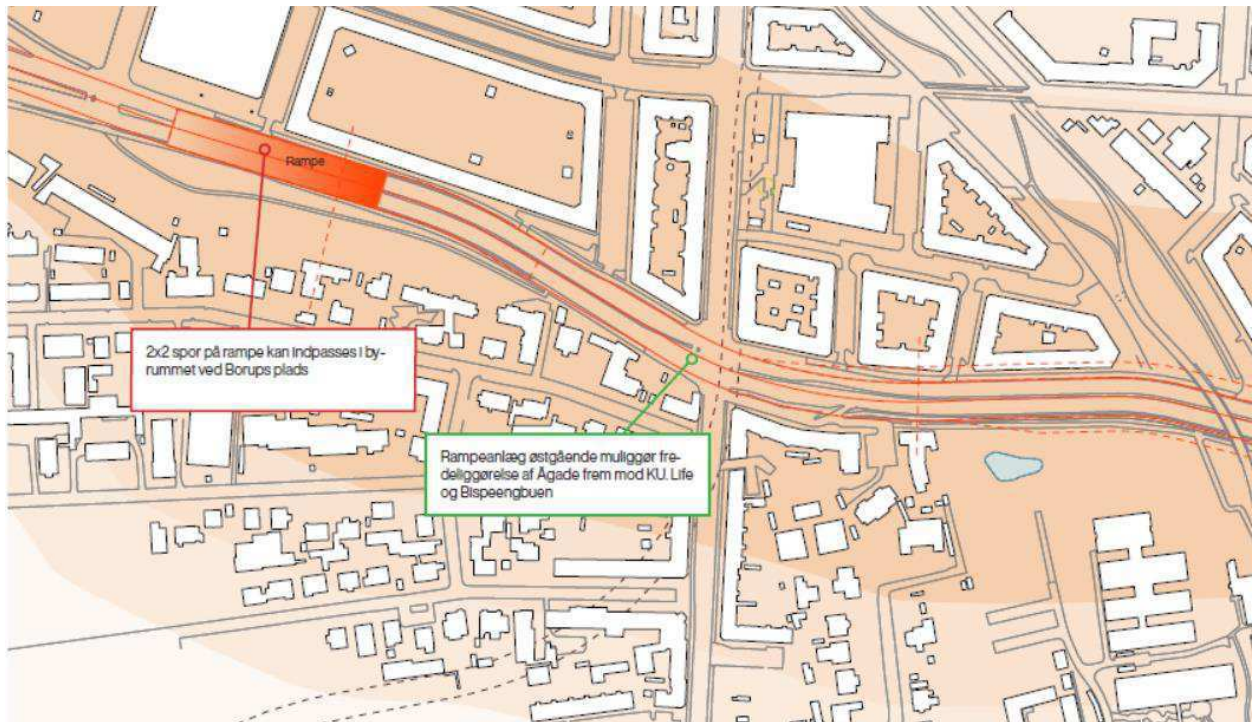
Byrumsmæssigt vil hovedløsning I betyde en tydelig tredeling af strækningen:

- > En strækning med væsentlig mindre trafikbelastning mellem Borups Plads og Søerne, med en op- og nedkørsel til hovedtunnelen i begge ender.
- > Strækningen fra Søgaderne frem til byrummet øst for Jarmers Plads, der vil være præget af både trafikken fra tunnel og trafikken på overfladen.
- > Strækningen fra Jarmers plads over Rådhuspladsen til Langebro, hvor det ligeledes vil være muligt at reducere trafikken på overfladen væsentligt.

Herunder oplistes opmærksomhedspunkter i de berørte byrum for løsning I – se figur 5-10 - figur 5-13, hvor kommentarer og vurderinger er beskrevet på de enkelte figurer, der repræsenterer forskellige lokaliteter. Opmærksomhedspunkterne tager udgangspunkt i Den Grønne Boulevard og de knudepunkter der kan skabes langs korridoren. Gennemgangen forløber fra vest mod øst, startende med Borups Plads til Ørestads Boulevard.

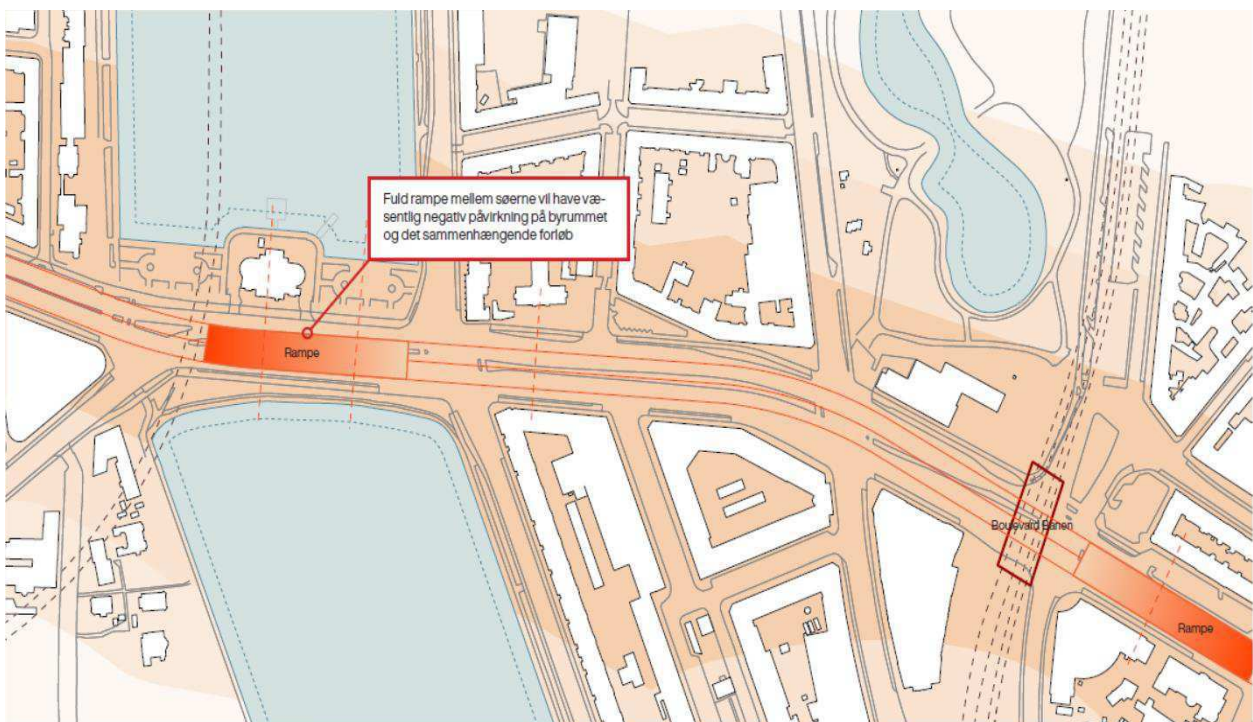
Røde rubrikker markerer mulige barrierer i byrummet. Grønne rubrikker markerer potentialer i byrummet.

Borups Plads



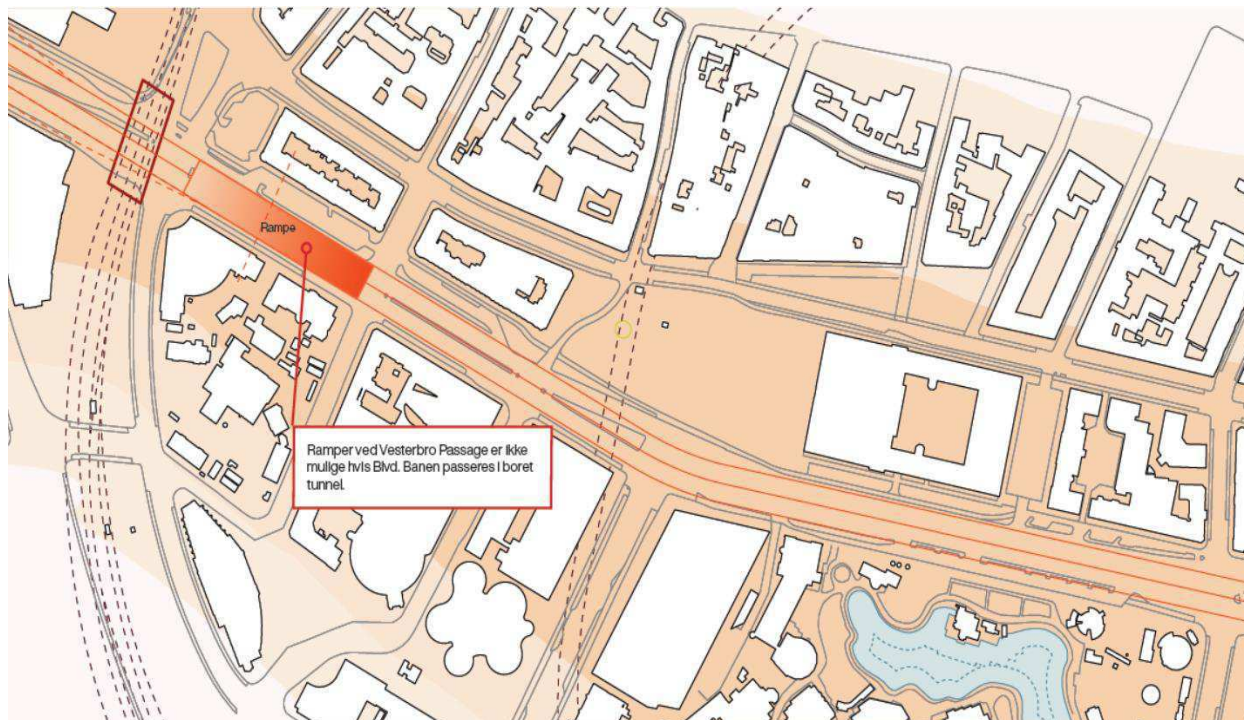
Figur 5-10 Vestlig Portal for løsning I med hovedrampe ved Borups Plads, der giver mulighed for rekreativ sammenbinding, med Ågadepark og Bispeengen.

Sørerne



Figur 5-11 Hovedrampe mellem søerne vil betyde en væsentlig barriere i byrummet. Anlægget skal bearbejdes som bygværk og tænkes i dobbeltprogrammer, for at skabe merværdi i udformningen.

Jarmers Plads:



Figur 5-12 Rampeanlæg og portal ved H.C. Andersens vestlige afgrænsning vil betyde en prop i byrummets sammenhæng. Rampen placeres med god afstand til Rådhuspladsen.

Rysensteensgade:



Figur 5-13 Fuld opkørsel ved Rysensteensgade vil være et væsentligt indgreb i byrummet. Det vurderes at hovedrampen ift byrummets dimensioner kan etableres uden væsentlige visuelle barrierer. Røde rubrikker markerer mulige barrierer i byrummet.

5.2 Hovedløsning II - Én lang tunnel

Denne hovedløsning har følgende kendetegn:

- > En lang tunnel mellem Borups Plads og Ørestads Boulevard med to tilslutninger undervejs
- > Endeportaler ved Borups Plads i vest og Ørestads Boulevard i øst

5.2.1 Teknisk vurdering

Afstanden mellem tilslutninger er som følger:

Tabel 5-3 Hovedløsning II - Strækninger og afstande

Strækning	Fra - til	Afstand	Foreslået anlægsmetode
II-1	Borups Plads – Bulowsvej	825 m	Cut & cover
II-2	Bulowsvej – Søgaderne	950 m	Cut & cover
II-3	Søgaderne – Ørestads Blvd.	2200 m	Cut & cover / Boret tunnel

Nuværende vejtracé ved Bulowsvej er begrænset i bredden og er i tilknytning til det skarpe sving ved Bulowsvej. Det betyder, at der ikke vil være plads til sideramper ved siden af tunnelen, og hovedtunnelen må derfor lægges dybere så ramperne skal krydse ind over hovedtunnelen. Det medfører, at flettekilerne skal flyttes længere væk før ramper og hovedtunnel er i samme niveau og side om side.

For Strækningerne II-1 og II-2 er afstanden så kort, at det ikke er relevant at vurdere en boret tunnel. Med reference til Bilag B og at ramperne forlænges yderligere, grundet pladsproblemer ved Bulowsvej, svarer afstandene til vejledende minimumslængder for, at der kan foretages nedkørsel- indfletning, samt udfletning-opkørsel. Det må derfor antages, at der reelt skal anlægges 3 spor i tunnelen på hele strækningen, bestående af 2 ligeudkørende spor og 1 spor i forbindelse med til- og frakørsel".

For strækning II-3 er det ikke muligt at flette sideramper ind til en boret tunnel inden Boulevardbanen. Den første strækning fra Søgaderne til Hammerichsgade vil derfor skulle etableres som cut & cover, og Boulevardbanen krydses i en ny to etages cut & cover, som antages skubbet på plads.

Problemstillingen omkring krydsning af Boulevardbanen er undersøgt og afrapporteret i et selvstændigt notat, se [14]. Der må forventes en lukning for al togtrafik i cirka 5 mdr. Det vil skulle planlægges omkring en sommerferie eller sammen med andre større arbejder som Banedanmark / DSB måtte have under overvejelse. Alternative anlægsmetoder for krydsningen forventes at kræve væsentligt længere lukninger.

Fra Rysenstengade og til Ørestads Boulevard skal tunnelen anlægges som boret tunnel for at passere under Langebro.

Strækningen fra Hammerichsgade til Rysensteensgade kan principielt laves enten som cut & cover eller boret tunnel. Almindeligvis vil cut & cover være billigst, men den vil skabe flere gener under anlæg end den borede tunnel. I relation til prisen skal det dog tages i betragtning, at boremaskinen under alle omstændigheder skal bruges til delstrækningen fra Rysensteensgade til Ørestads Boulevard under langebro. Startomkostningerne er således afholdt og det kan vise sig, at boring af de ekstra 2 x 900 m kan gøres til en lavere kilometerpris end cut & covertunnelen vil koste.

Tabel 5-4 Hovedløsning II, Tunnel vest for søerne

Parameter	Cut & cover	Boret tunnel
Anlægskompleksitet	Der er begrænset plads til anlæg af tunnel og trafik i byggefasen ved siden af. Det kan være nødvendigt at anlægge Cut & Cover i to halvdele for at opretholde en midlertidig trafik på strækningen. Dette giver en meromkostning på 100-200 mio. kr./km som ikke er medtaget i anlægsoverslaget. Mange ledningsomlægninger og stor kompleksitet med at afvikle trafik under anlæg	Med præmis om at der skal være et tilslutningsanlæg ved Bülowvej vil de borede strækninger vest for søerne blive så korte at det ikke er en relevant løsning.
Vejgeometri	Tunnelen må følge det nuværende vejtracé slavisk	
Samfundsøkonomisk vurdering	Løsningen vil give gener under anlæg i og med at trafikafviklingen vil blive påvirket.	

Tabel 5-5 Hovedløsning II, Tunnel øst for søerne

Parameter	Cut & cover	Boret tunnel
Anlægspris	Billigst men vil aflede indirekte omkostninger til trafikafvikling under anlæg og ledningsomlægninger	Dyrest.
Anlægskompleksitet	Passagen under Boulevardbanen kan etableres via en Cut & Cover i to etager som skubbes på plads. Dette for at minimere varigheden af en lukning af Banetunnelen til cirka 5 mdr. Der er tåleligt med plads til anlæg af tunnel og trafik i byggefasen ved siden af, selv om det vil blive presset. Det kan være nødvendigt at anlægge Cut & Cover i to halvdele for at opretholde en midlertidig trafik på strækningen. Dette vil resultere i en meromkostning på cirka 100-200 mio. kr./km som ikke er medtaget i anlægsoverslaget. Mange ledningsomlægninger og moderat kompleksitet med at afvikle trafik under anlæg	Passagen under Boulevardtunnelen kan ikke etableres som boret tunnel med sideafkørsler mod Søgaderne. Der er ikke strækning nok til at flette ind inden den borede tunnel, hvorfor denne ville skulle have plads til 3 spor, som igen kræver en dybere placering. Overgangen fra Cut & cover til Boret tunnel kan vælges et vilkårligt sted øst for Rådhuspladsen. Valget vil være en balance af generne ved Cut & Cover arbejdet og prisen på den Borede tunnel. Ledningsomlægninger og trafikafvikling begrænset til rampe og Cut & cover strækning frem til strækningen med Boret tunnel. Dette er heller ikke uanseelige problematikker. Støj og arbejderne på tunnelborearbejdspladsen vil være koncentreret i enden, hvor arbejdet vil fortsætte i længere tid, end en Cut & cover løsning, hvor genen til gengæld var fordelt ud over hele strækningen. Hovedbyggepladsen antages at måtte ligge ved Klaksvigsgade på Amager Boulevard.
Vejgeometri	Tunnelen må følge det nuværende vejtracé slavisk	Tunnelen kan etableres "direkte" mellem de 2 portaler med et mere optimalt forløb
Samfundsøkonomisk vurdering	Løsningen vil give gener under anlæg i og med at trafikafviklingen vil blive påvirket.	Løsningen vil give gener under anlæg af rampe og Cut & Cover strækningerne i tilslutning til de Borede tunnelstrækninger.

5.2.2 Trafikal vurdering

Trafikmængder på strækningen

I hovedløsning II aflastes vejen på overfladen i hele tunnelens længde, se figur 5-14. Aflastningen er størst på den yderste del ved Frederiksberg og Nørrebro. Her forsvinder ca. 8 ud af 10 køretøjer fra overfladen. Den tilbageværende trafik på overfladen vil ca. være af samme størrelsesorden, som trafiktællinger viser for nuværende trafik på f.eks. Vesterbrogade og den inderste del af Frederikssundsvej.

I Indre By er aflastningen knap så stor, men stadig med en reduktion på mellem 55 og 65 procent. Strækningen ved søerne aflastes noget mindre. Det skyldes flere forhold, herunder især, at en del af den tiltrukne nye trafik til strækningen kører til og fra ved søerne. Samtidig bliver krydset et mere vigtigt "knudepunkt" for trafik mellem Indre By og strækningen end tidligere, da der ikke er adgang via f.eks. Farimagsgaderne og Voldgaderne. Det giver mere trafik på overfladen til og fra tilslutningerne ved søerne.

Tunnelen tiltrækker en trafikmængde, der på flere dele af strækningen er på niveau eller over trafikken i Basis 2035. Undtagelsen er ved søerne, hvor vejen på overfladen som nævnt ovenfor har en større andel, da der er stor udveksling af trafik mellem strækningen og Søgaderne. I en eventuel videre analyse kan det blive vigtigt at inkludere mere præcise vurderinger af, om det giver nye udfordringer for afvikling af trafikken her.

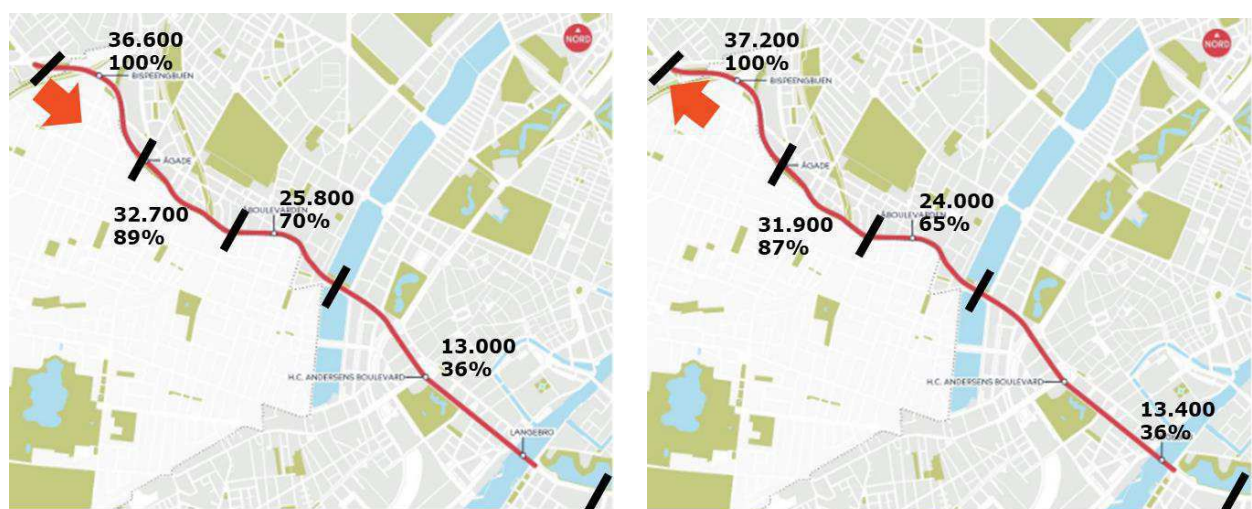
Samlet er summen af trafik i tunnel og vej på overfladen op til ca 119 procent i forhold til trafikken på strækningen i Basis 2035. Den største stigning beregnes mellem Voldgaderne og Vesterbrogade, hvor forventningen er en stigning fra ca. 57.000 til knap 68.000 køretøjer, svarende til ca. 20 %.

Samlet er summen af trafik i tunnel og vej på overfladen større end på strækningen i Basis 2035 og med hovedløsning I. På strækninger i Indre By er trafikken op til ca. 140 procent i forhold til trafikken på strækningen i Basis 2035. Den største stigning beregnes øst for søerne i Indre By. De større stigninger skyldes, at løsningen bliver endnu mere attraktiv som gennemfartsvej på hele strækningen eller dele af strækningen end med hovedløsning I. Desuden vil de relativt få tilslutninger til tunnelen i forhold til situationen i Basis 2035 føre til mere kørsel på overfladen til og fra tilslutningerne.

Snit	Basis 2035	Hovedløsning II					
		Tunnel		Overfladevej		Sum	
		HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis	HVDT	% af Basis
Borups Plads – Jagtvej	71.700	78.400	109%	8.400	12%	86.800	121%
Jagtvej – Bülowvej	73.800	78.400	106%	12.000	16%	90.500	123%
Bülowvej – Rosenørns Allé	61.000	69.900	115%	13.200	22%	83.000	136%
Sørerne	60.000	40.300	67%	41.500	69%	81.800	136%
Søgaderne - Farimagsgade	58.000	57.200	99%	25.900	45%	83.100	143%
Farimagsgade - Voldgaderne	56.500	57.200	101%	21.600	38%	78.700	139%
Voldgaderne - Vesterbrogade	56.900	57.200	101%	20.700	36%	77.800	137%
Vesterbrogade – Rysensteensgade	61.300	57.200	93%	21.300	35%	78.500	128%
Langebro	67.400	57.200	85%	26.500	39%	83.700	124%
Langebro – Ørestads Boulevard	59.100	-	-	78.500	133%	78.500	133%

Figur 5-14 Beregnet hverdagsdøgntrafik (HVDT) i 2035 i et basisscenarie og i hovedløsning II på udvalgte snit på strækningen (afrundende tal)

Figur 5-15 illustrerer, hvor stor en del af trafikken på Bispeengbuen, der gennemkører hele strækningen eller har rejsemål langs strækningen. Det ses f.eks., at ud af den totale trafik på Bispeengbuen, (100 procent) mod øst, er der 36 procent tilbage gennem Indre By. Det betyder, at ca. 64 procent kører fra enten ved Borups Plads, Bülowvej eller sørerne. For den modsatte retning gælder også, at kun 36 procent kommer fra områder øst for havnesnittet.



Figur 5-15 Illustration af trafik i tunnelen i hovedløsning II, som passerer et snit på Bispeengbuen (ved rød pil)

Trafikafvikling

Modelberegningerne kan give en indikation om ændringer i trafikafviklingen ved at gennemføre løsnin-
gerne, men ikke benyttes til præcise vurderinger. Det vil kræve mere detaljeret design af vejgeome-
trien og individuel optimering af de enkelte signalkryds, hvilket først vil ske i en eventuel senere fase.

Som beskrevet tidligere er modellen benyttet til at beregne gennemsnitlige forsinkelser af trafikken i
kryds langs strækningen i morgenmyldretiden, som er tidsrummet med størst belastning. Der er be-
nyttet modellens beregning af gennemsnitlige forsinkelser for hver ligeudkørende og hver svingende
bevægelse gennem de enkelte kryds. Beregningen er benyttet til at lave en kvalitativ vurdering af
krydset som helhed baseret på, hvilke bevægelser, der oplever gennemsnitlige forsinkelser på 2 mi-
nutter og derover i morgenmyldretiden.

Figur 5-16 viser en oversigtlig vurdering ud fra disse beregninger. Sammenligninger mellem dagens
situation (beregnet med Basis 2017), Basis 2035 og hovedløsning II viser, at flere kryds langs stræk-
ningen allerede i dagens situation er pressede med forsinkelser i morgenmyldretiden. Den forventede
trafikvækst frem til 2035 øger de oplevede forsinkelser. Gennemførelsen af hovedløsning II mindsker
antallet af kryds med forsinkelser på 5 minutter og derover i forhold til Basis 2035.

Kryds på strækningen og forlængelsen af denne	Basis 2017	Basis 2035	Hovedløsning II
Mosesvinget (Hillerødmotorvejen)			
Hulgårdsvej (O2)			
Hillerødgade			
Jagtvej-Falkoner Allé			
Bülowsvej			
Søgaderne			
Farimagsgade			
Nørre Voldgade			
Vesterbrogade som i dag			
Tietgensgade-Stormgade			
Rysensteensgade			
Klaksvigsgade			
Ørestads Boulevard			
Amager Boulevard / Amager Fælledvej			

Figur 5-16 Skematisk oversigt over beregnede forsinkelser i udvalgte kryds på strækningen og dens forlæn-
gelse i begge ender. Skemaet omfatter en kvalitativ vurdering af krydset som helhed baseret på
COMPASS beregninger af, hvilke bevægelser, der oplever gennemsnitlige forsinkelser på 2 minutter
og derover i morgenmyldretiden. Gul angiver, at krydset har en eller flere bevægelser mellem 2 og
5 minutters forsinkelser. Rød angiver mindst 5 minutters forsinkelse.

En overordnet vurdering af tunnelstrækningerne viser, at de 2x2 kørespor i tunnelen fører til en beregnet belastningsgrad i morgenmyldretiden på op til knap 0,9 af den beregnede teoretiske kapacitet på strækningen mellem Bispeengbuen og Bülowssvej og mindre på de øvrige strækninger. Det vil sandsynligvis svare til et niveau med stor trængsel, hvor der vil kunne være køkørsel med periodevis stop-and-go kørsel i tunnelen.

Trafik på tilslutninger til tunnelen

Hovedløsning II har tilslutninger ved Bülowssvej og ved Søgaderne ud over til- og frakørslerne i enderne af de to tunneller.

De vestvendte ramper ved Bülowssvej beregnes at få trafikmængder på i alt ca. 20.000 køretøjer (summen af tilfart og frafart mod vest), se figur 5-17. De østvendte ramper beregnes at få i alt ca. 12.000 køretøjer. Sagt på en anden måde, så udgør trafik til og fra overfladen ved Bülowssvej ca. 26 procent af trafikken i tunnelen vest for Bülowssvej og ca. 17 procent øst for Bülowssvej.

	Tunnel vest for Bülowssvej	Ramper mod vest (sum)	Ramper mod øst (sum)	Tunnel øst for Bülowssvej
HVDT	78.400	20.300	11.800	69.900
Procent af tunnels HVDT	-	26 %	-	17 %

Figur 5-17 Trafik på ramperne ved Bülowssvej i forhold til trafikken i tunnelen.

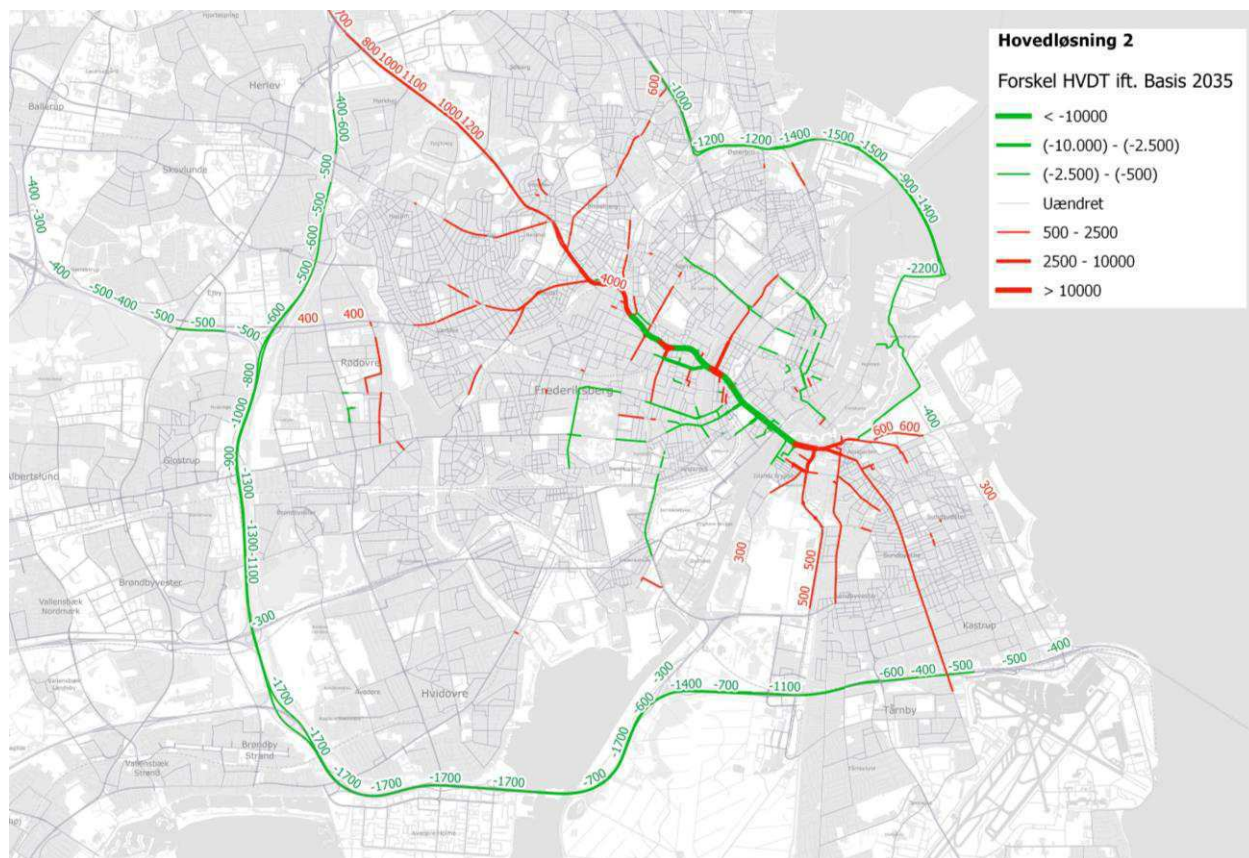
Ved Søgaderne forventes de vestvendte ramper at få trafikmængder på i alt ca. 30.000 køretøjer, se figur 5-18. De østvendte ramper beregnes at få i alt ca. 17.000 køretøjer. Det svarer til, at trafik til og fra overfladen ved søerne udgør ca. 40 procent vest for søerne og ca. 30 procent øst for søerne af trafikken i tunnelen.

	Tunnel vest for søgaderne	Ramper mod vest (sum)	Ramper mod øst (sum)	Tunnel øst for Søgaderne
HVDT	69.900	29.600	16.900	57.100
Procent af tunnels HVDT	-	42 %	-	30 %

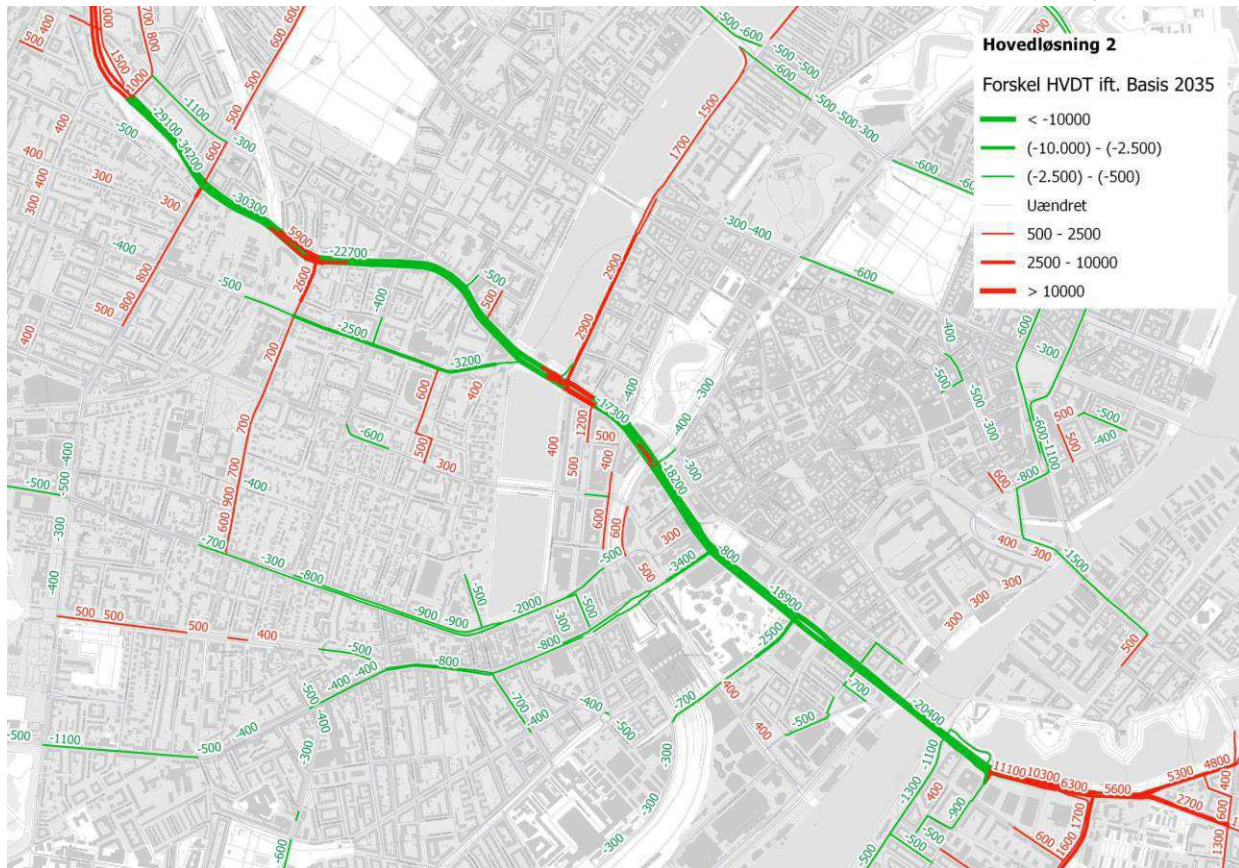
Figur 5-18 Trafik på ramperne ved Søgaderne i forhold til trafikken i tunnelen.

Trafikale ændringer på øvrige overordnede veje

Som omtalt ovenfor vil løsningen flytte trafik til og fra andre overordnede veje. På det regionale niveau forventes en lidt større flytning end med hovedløsning I, men stadig under 2 procent fra Motorring 3. Den relative flytning fra Østlig Ringvej er større, ca. 10 procent, hvilket svarer til ca. 2.500 køretøjer. Som for hovedløsning I fører det også til en tilsvarende øgning af trafikken på Hillerødmotorvejen og fortsættelsen af strækningen på Amager, se figur 5-19.



Figur 5-19 Ændringer i trafikmængder på regionalt niveau i Hovedløsning II i forhold til Basis 2035 (hverdagsdøgntrafik) – tallene viser kun trafik i én retning. For 'Strækningen' viser figuren desuden kun ændringer for vejen på overfladen.



Figur 5-20 Ændringer i trafikmængder i området omkring 'Strækningen' i Hovedløsning II i forhold til Basis 2035 (hverdagsdøgntrafik) – for 'Strækningen' gælder tal kun for én retning. For 'Strækningen' viser figuren desuden kun ændringer for vejen på overfladen.

Samlet trafikarbejde og antal ture

Modellen beregner, at Hovedløsning II øger bilers trafikarbejde med knap 120.000 km pr. hverdag i området dækket af Københavns og Frederiksberg kommuner. Det tal er ca. tre gange så stort som for Hovedløsning I, og svarer til en stigning på 1,9 procent, se figur 5-21. Stort set hele stigningen sker i Københavns Kommune. Stigningen i det samlede biltrafikarbejde i Københavns Kommune inkluderer de km, som køres i tunnelen. Trafikarbejdet alene i tunnelen er beregnet til at udgøre ca. 232.000 km på en hverdag. Det betyder, at der er et fald i det samlede trafikarbejde på veje på overfladen i de to kommuner. Dette fald er lidt større end med hovedløsning I. Resultatet afspejler samme tendens som de beregnede trafiktal for strækninger; nemlig at både hovedløsning I og II flytter trafik fra overfladen til tunnel, og at den største overflytning er med hovedløsning II.

For de øvrige transportmidler er de relative ændringer små i de to kommuner, men indikerer et større fald end med Hovedløsning I. Som for Hovedløsning I skal man være varsom med at tolke om årsagerne, da der kan være en række forskellige årsager hertil. Det virker dog sandsynligt, at faldet i trafikarbejde med cykel hænger sammen med stigning i trafikarbejde med biler.

Trafikarbejde, Kø- benhavn og Frede- riksberg	Gang	Cykel	Bil	Kollektiv tra- fik	Total
Hovedløsning II	2.601.333	3.092.525	6.508.307	5.581.932	17.784.097
- Heraf i tunnel	-	-	231.614	-	231.614
Forskel total	-4.114	-8.208	118.871	1.026	107.575
Forskel ekskl. tra- fik i tunnel	-4.114	-8.208	-112.743	1.026	-124.039
Forskel total i %	- 0,2%	- 0,3%	+ 1,9%	0,0%	+ 0,6 %
Forskel ekskl. tra- fik i tunnel i %	-0,2 %	-0,3%	-1,8 %	0,0%	-0,7%

Figur 5-21 Samlet trafikarbejde i Københavns og Frederiksberg kommuner i Hovedløsning II og i forhold til Basis 2035 fordelt på hovedtransportmidler (antal personkm pr. hverdagsdøgn).

For hele modelområdet, som dækker hovedstadsområdet og de nordøstlige kommuner i Region Sjælland, er de relative ændringer også små, se figur 5-22. Biltrafikarbejdet stiger dog i absolutte tal ca. dobbelt så meget som med Hovedløsning I.

Trafikarbejde, modelområdet	Gang	Cykel	Bil	Kollektiv trafik	Total
Hovedløsning II	4.626.818	4.854.951	51.044.090	16.302.205	76.828.064
Forskel	-4.497	-7.875	80.429	9.985	78.042
Forskel i %	-0,1%	-0,2%	0,2%	0,1%	0,1 %

Figur 5-22 Samlet trafikarbejde i hele modelområdet Hovedløsning II og i forhold til Basis 2035 fordelt på hovedtransportmidler (antal personkm pr. hverdagsdøgn).

Den relative ændring i antal ture er som for Hovedløsning I lille og udgør f.eks. ca. 12.000 bilture ud af samlet over 4 mio. bilture, se figur 5-23. Tallene indikerer dog en større stigning end med hovedløsning I, som viste en vækst på ca. 2.000 bilture. Stigningen er størst for antal bilture og faldet størst for cykelture. Stigningen for bilture og faldet for cykelture er større end med hovedløsning I, hvilket sandsynligvis blandt andet skyldes overflytning af ture fra cykel til bil, men tolkning skal ske med forsigtighed, som nævnt ovenfor. Sammen med resultatet om antal kørte bilkm indikerer det øgede antal bilture sandsynligvis både relativt lange ture og relativt korte ture, som enten er nye ture eller ture, der før blev kørt på cykel.

Antal ture i mo- delområdet	Gang	Cykel	Bil	Kollektiv trafik	Total
Hovedløsning II	4.080.825	1.472.180	4.502.842	1.106.030	11.161.877
Forskel	2.330	- 3.682	12.592	- 1.247	9.993
Forskel i %	+ 0,1 %	- 0,2 %	+ 0,3 %	- 0,1 %	+ 0,1 %

Figur 5-23 Samlet antal ture i Hovedløsning II og i forhold til Basis 2035 fordelt på hovedtransportmidler (antal personture pr. hverdagsdøgn).

5.2.3 Byrumspotentiale

Byrumsmæssigt vil hovedløsning II resultere i en mulig reduktion af trafikken, potentiel begrønning og programmering af strækningen fra Borups Plads til Bülowvej, hvor også til- og fra-kørselsramper vil betyde væsentlige ændringer i byrummet.

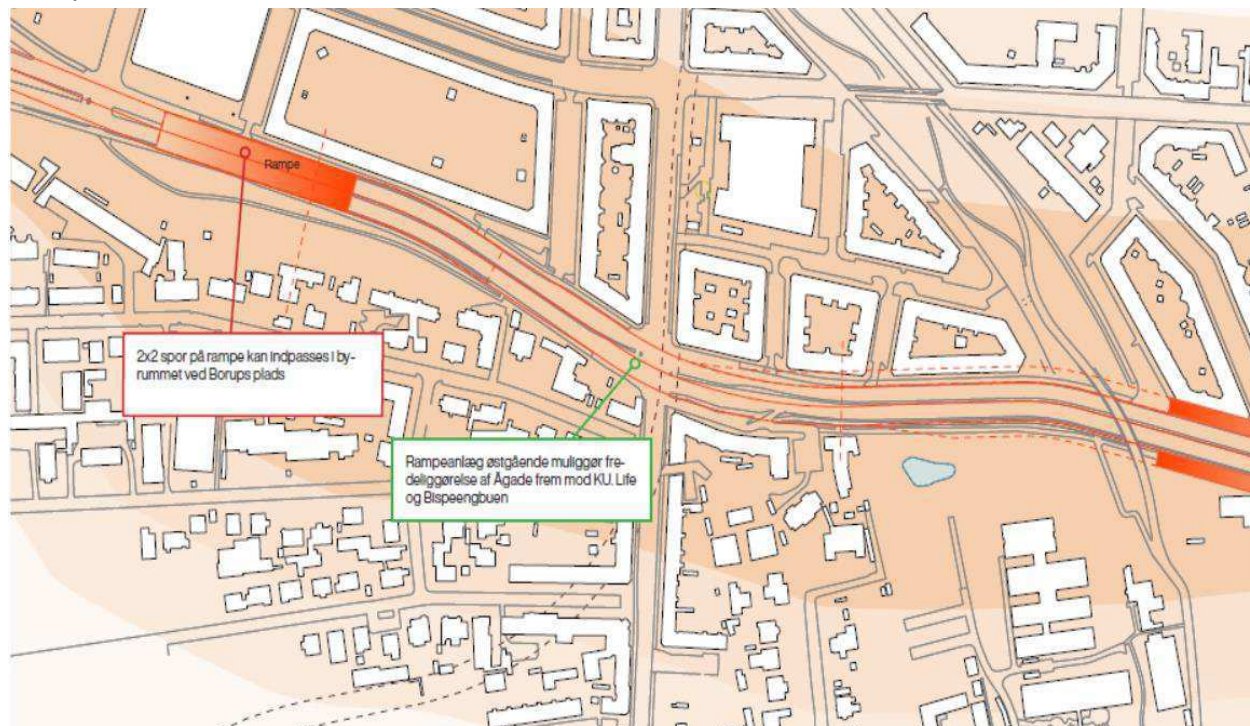
Herfra går Boulevarden mod øst, hvor strækningen fra Bülowvej til Søerne ligeledes kan fredeliggøres. Ved Søerne og Søgaderne etableres til og fra-kørselsramper, der vil have en væsentlig påvirkning på de rekreative miljøer ud for Søerne. Videre mod øst muliggør løsning II en sammenhængende løsning med mindre trafik på strækningen fra Søgaderne over Rådhuspladsen og Langebro til Ørestads Boulevard, hvor en fuld rampe for hovedtunnelen både vil påvirke byrummet, og også markere sig som en portal for den samlede tunnel.

Herunder oplistes opmærksomhedspunkter i de berørte byrum for hovedløsning II – se figur 5-24 - Figur 5-28, hvor kommentarer og vurderinger er beskrevet på de enkelte figurer, der repræsenterer forskellige lokaliteter.

Opmærksomhedspunkterne tager udgangspunkt i Den Grønne Boulevard og de knudepunkter der kan skabes langs korridoren. Gennemgangen forløber fra vest mod øst, startende med Borups Plads til Ørestads Boulevard.

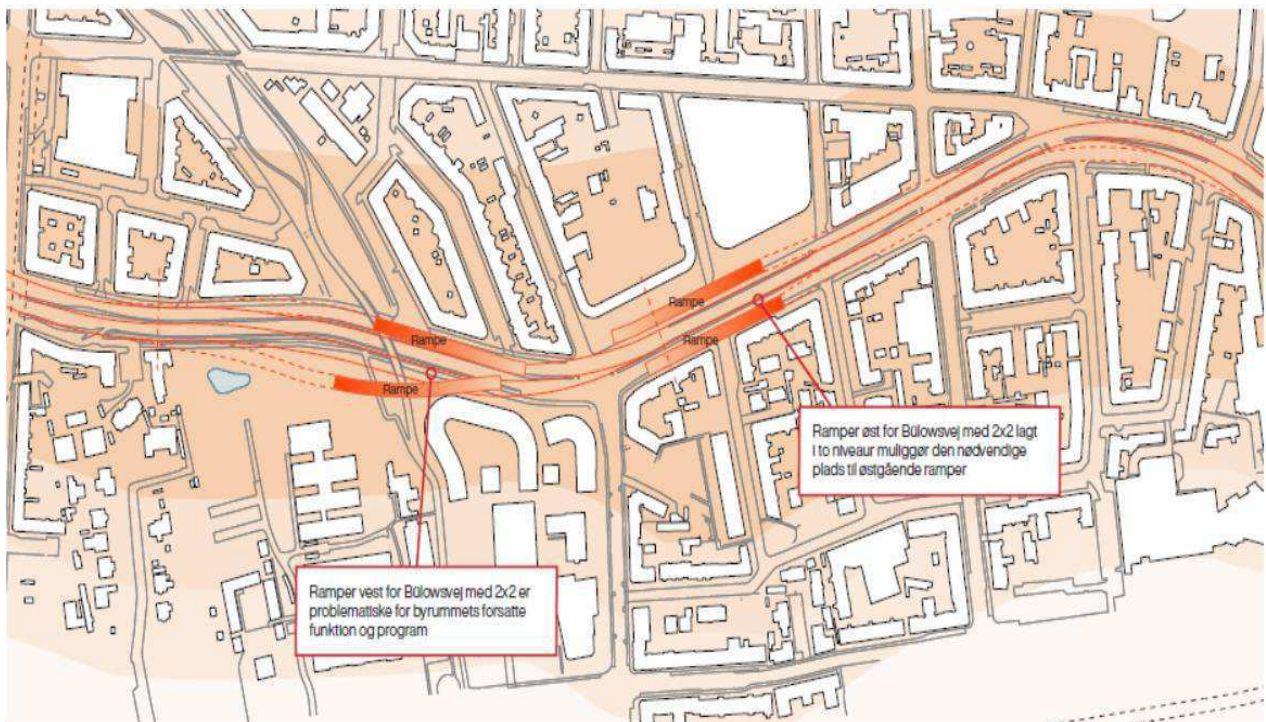
Røde rubrikker markerer mulige barrierer i byrummet. Grønne rubrikker markerer potentialer i byrummet.

Borups Plads:



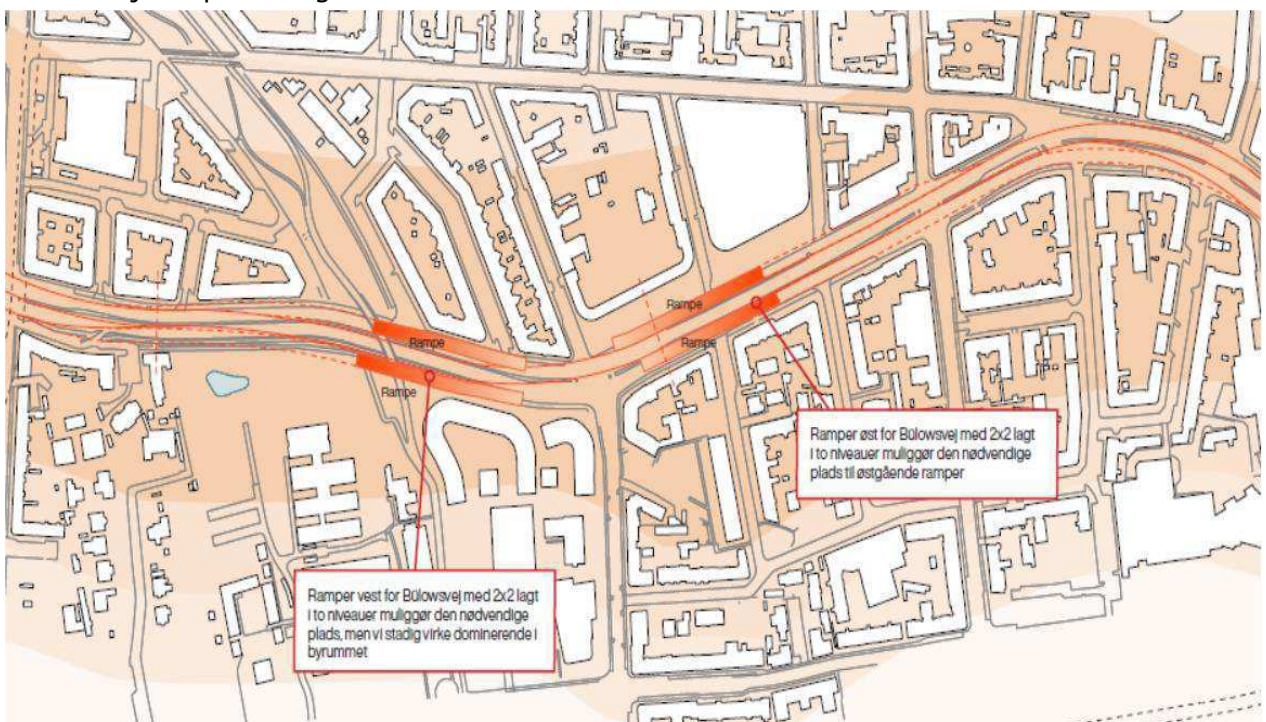
Figur 5-24 Vestlig Portal og Hovedrampe ved Borups Plads, giver mulighed for rekreativ sammenbinding, med Ågadepark og Bispeengen.

Bülowsvej rampeløsning A:



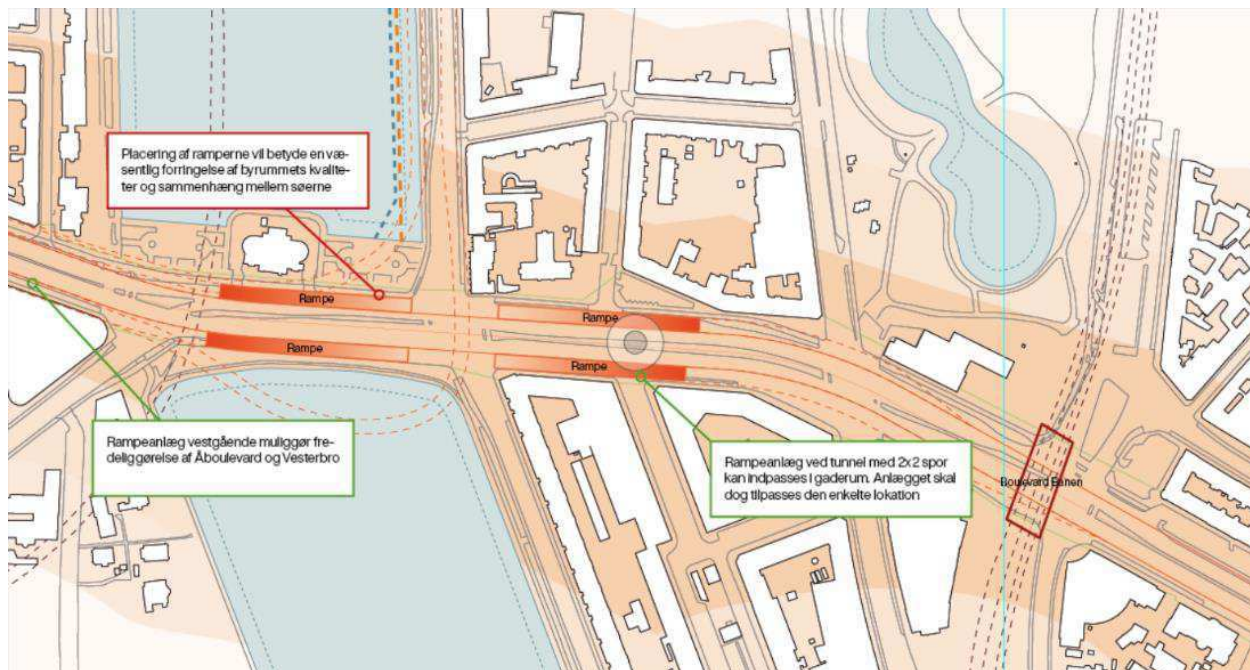
Figur 5-25 Sideramper ved Bülowsvej vil være svære at skabe plads til. I rampeløsning A placeres ramperne oven på tunnelen, for at spare plads. Løsningen kræver en væsentlig omlægning af Bispeengbuen.

Bülowsvej rampeløsning B:



Figur 5-26 Sideramper ved Bülowsvej vil være svære at skabe plads til. I rampeløsning B placeres ramperne oven på tunnelen, for at spare plads. Mod vest ligger tunnelen i to niveauer.

Sørerne:



Figur 5-27 Sideramper mellem søerne vil påvirke byrummet, der endvidere påvirkes ved trafikken på overfladen der skal passere imellem rampeanlægget. Sideramper ved Gyldenløvesgade vil påvirke byrummet og særligt oplevelsen foran Dannerhuset.

Amager Boulevard:



Figur 5-28 Hovedrampe ved Amager Boulevard vurderes mulig at indpasse, og kan have positiv indvirkning på byrummet karakter. Rampe vil markere sig som portal for den samlede tunnel.

5.3 Anlægsoverslag

Dette afsnit indeholder et meget indledende og overordnet anlægsoverslag for de to hovedløsninger. Anlægsoverslaget er bygget op over følgende delposter: (Se tillige

- > Fysikoverslag
- > Andre bygherreomkostninger (Projektering, Tilsyn og Administration)
- > Korrektionstillæg for totalbevilling

Disse er beskrevet i detaljer i de følgende underafsnit.

I tillæg til delposterne er der nogle helt overordnede betragtninger til anlægsoverslaget:

- > Myndighedsbehandling hos Kommunerne er ikke medregnet i dette anlægsoverslag.
- > Forberedelse til byggeri oven på tunnel med ekstra fundering/armering indgår **ikke** i overslaget.
- > Al transport af jord er medregnet på lastbil.

5.3.1 Fysikoverslag

Fysikoverslaget er bygget op over følgende delposter:

- > Enterprisearbejder, herunder fysikestimat
- > Tillæg til enterprisearbejder
- > Forberedende aktiviteter

Som bekendt er der store udsving (p.t. juli 2022) i priser på materialeomkostninger. Det er på andre større projekter vurderet, at dette indtil videre betragtes som midlertidige udsving, som ikke bør tages i betragtning for projekter der først udføres om 5-10 år. Det er af denne grund valgt at rapportere anlægsoverslag i Danmarks statistik prisindex 2020K3. Anlægsoverslaget viser, at: (Se tabel 5-6):

- > Hovedløsning I – to korte tunneler – har en samlet omkostning på ca. 5.5 mia. DKK
- > Hovedløsning II – én lang tunnel med TSA ved Bülowsgade og Søerne – har en samlet omkostning på ca. 10.5 mia. DKK

Tabel 5-6 Anlægsoverslag for de to hovedløsninger. (Anlægsoverslaget er et meget indledende overslag)

Den Grønne Boulevard			I - To korte tunneler			II - Lang tunnel med TSA v. Bülowsgade, Søerne		
Index:	2020K3							
Længde:		[m]		2.72			4.16	
Rå Entreprisearbejder			Sted	Længde	[mio DKK]	Sted	Længde	[mio DKK]
TSA1			Borups Pl		159	Borups Pl		43
DS1					1 781			112
TSA2			Søgaderne		159	Bülowsvej		1 281
DS2					-			158
TSA3			Jamers Pl		43	Søgaderne		1 125
DS3					531			585
TSA4			Rysensteensgade		43	Rysensteensgade (TBM)		116
DS4					-			1 249
TSA5					-	Ørestads Blvd.		159
Sum Rå Entreprisearbejder					2 716			4 826
Tillæg til Entreprisearbejder								
		[mio kr/ km]		[km]			[km]	
Sum Arbejdspladssomkostninger					140			532
Grundvandshåndtering	30			1.47	44		4.62	139
Trafikomlægninger	50			1.47	74		4.62	231
Ventilationstårne	-				-			-
Kontrolcenter					50			50
Ventilations nicher pr. 100m i C&C	1			0.91	1		3.94	4
Pumpesumpe i boret tunnel					2			2
For-klassificering jord					7			7
Sum Tillæg til Entreprisearbejder					318			965
Samlede Entreprisearbejder					3 034			5 791
Tillæg Forberedende arbejder								
Arkæologiske undersøgelser	20			1.47	29		4.62	92
Afværgeforanstaltninger miljø (Foreløbigt)	2			1.47	3		4.62	9
Ledningsomlægninger	50			1.47	74		4.62	231
Arealerhvervelse (Ikke estimeret)								
Sum Tillæg Forberedende arbejder					106			333
Samlet fysikoverslag					3 140			6 124
PTA								
Projektleidelse og kommunikation	3%				112			219
Projektering (inkl. geoteknik)	5%				187			365
Tilsyn	3%				112			219
Bygherreomkostninger (Administration)	5%				187			365
Sum PTA					598			1 166
Samlet anlægsoverslag					3 738			7 291
Korrektionstillæg for totalbevilling								
Sum Korrektionstillæg for totalbevilling				47%	1 775		45%	3 275
Samlet Totalbevilling fase 1.2					5 513			10 566
Afrundet		[mia DKK]			5.5			10.5

- > Udgift til Drift og Vedligeholdspost er antaget til 1.2% p.a. af anlægsoverslaget.
- > Der antages et kontrolcentre, som vurderes til 30 mio. DKK /stk.
- > For hver tunnelstrækning antages et teknikrum til 20 mio. DKK.

5.3.2 Projektrisici

Den Grønne Boulevard er et stort, ambitiøst og komplekst projekt, med mange usikkerheder på nuværende stade, ligesom der er mange grænseflader til øvrige projekter, som skal iagttages i det fremadrettede forløb. De er i høj grad afhængige af valg af løsninger og anlægsmetoder, og der kan således ikke præsenteres en generel vurdering på det nuværende projektgrundlag.

5.4 Klimabelastning - CO₂eq påvirkning

I denne indledende fase er der foretaget en grov opgørelse af CO₂eq påvirkning af de to hovedløsninger. Der er ikke på nuværende stadie foretaget en projektspecifik vurdering af transport i forbindelse med import/eksport af materialer. De udregnede grove mængder er alene indsat i Vejdirektoratets værktøj InfraLCA version 2.02 af 13 december 2021 med dets standardværdier for transporttype og afstande.⁷

Beregningen er baseret på overordnede mængder og nutidens emissionskoefficienter. Den endelige påvirkning af anlægget vil afhænge af valg af transportmetode, samt optimeringer i materielfremstilling og mængder.

Resultatet er i nedenstående tabel angivet som et interval i og med det præcise tal er forbundet med store usikkerheder. Usikkerhederne er dog sammenlignelige mellem de to hovedløsninger, og de kan altså sammenlignes forholdsmæssigt.

I VDs opdatering af InfraLCA værktøjet fra 2.02 til 2.1 angiver de at transportbidraget er undervurderet i version 2.02 "i nogle tilfælde med en faktor 4". Der er derfor korrigeret for dette i nedenstående værdier ved at transportbidraget er øget til 2.5 gange det udregnede (gennemsnit af 1 og 4).

Tabel 5-7 Groft estimat på klimabelastning via CO₂-eq. Baseret på nutidens emissionsfaktorer og transportformer

	Hovedløsning I	Hovedløsning II
	[tons CO ₂ -eq]	[tons CO ₂ -eq]
Materielfremstilling og transport (A1-A3 samt A4)	175 000 – 290 000	410 000 – 685 000

Materielfremstilling udgør i ovenstående beregning cirka 75% af belastningen, mens transporten udgør den resterende del. Drift og vedligehold, herunder udskiftning af asfalt og installationer er ikke medregnet.

Det skal bemærkes at den borede tunnel har et mindre materielforbrug pr. løbende meter end Cut & Cover. Hovedløsning IIs højere belastning i forhold til Hovedløsning I skyldes den øgede længde på

⁷ VD har publiceret en nyere version 2.1 i september, men den er konstateret ikke fuldt funktionel hvorfor den forrige version er anvendt.

strækninger med tunnel, samt de komplekse tilslutningsanlæg vest for søerne som kræver meget armeret beton.

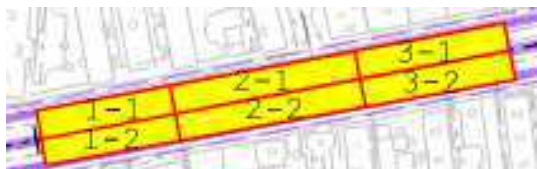
Et mere præcist estimat på CO₂-eq belastningen vil kræve at der afsættes tid og budget til det i næste fase.

5.5 Anlægsplanlægning

Anlægstiden for de to hovedløsninger vil være en balance imellem hvor meget der måtte kunne tåles at foregå samtidigt langs strækningen. Det vurderes mest hensigtsmæssigt at arbejde på en del områder samtidigt i stedet for at fremdrift er fra den ene ende til den anden på strækningen.

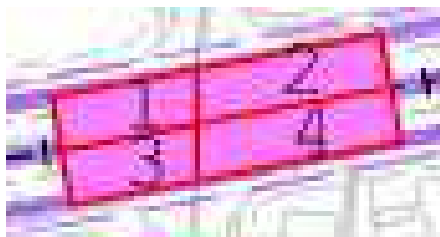
I og med der arbejdes i indre by tæt på eksisterende anlæg vurderes det i hvert fald vest for søerne at man må opdele arbejdet i to halvdele således at trafikken kan passere.

Der antages arbejdet på strækninger af 75-100 m længde og hver anden sektion hvor de resterende sektioner anvendes som arbejdsplads. Der antages generelt at tunnelen anlægges bottom-up (toppladen støbes til sidst) da dette giver den billigste løsning.



Figur 5-29 Eksempel på opdeling af strækning i delarbejdspladser.

Ved passage af kryds der ikke kan lukkes i længere perioder antages det at tunnel under krydset må etableres af fire omgange – en kvadrant ad gangen. Arbejdsplads kan etableres på en af de tilstødende strækninger jfr. Ovenfor.



Figur 5-30 Kryds anlægges i 4 kvadranter

Følgende er vurderet (efter forberedende arbejder som ledningsomlægninger):

- > Kontrakt, Detailprojektering og ledningsomlægninger - 1.5 år.
- > Etablering af Fuld Rampe f.eks. v Borups Plads og Cut & Cover krydsning under Jagtvej – ca. 2 år.
- > Etablering af et typisk kryds jfr. Proces angivet ovenfor – 1.5 – 2 år
- > Etablering af Cut & Cover strækning på 250 - 300 m i 3 dele som beskrevet ovenfor 3 - 4 år
- > Boring af tunnel ca. 1 km strækning/år. Antaget 1 TBM og en fremdrift på 200 m pr. md pr TBM inkl. flyt af TBM tilbage til boring af 2. rør.
- > Færdiggørelse 0.5 -0.9 år

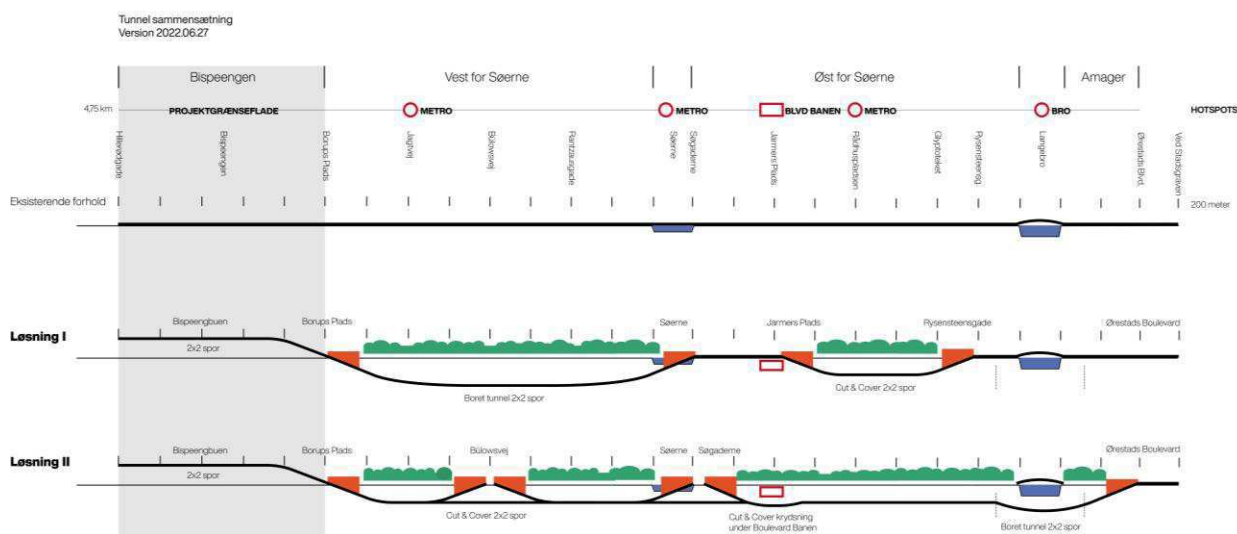
Nedenfor er sammenfattet et groft estimat over antal arbejdspladser langs strækningen og en minimumsanlægsperiode under forudsætning af, at der arbejdes samtidigt på mange anlægspladser. Hvis ikke det er denne tilgang der vælges, så kan varigheden selvsagt blive væsentligt længere.

Tabel 5-8 Minimale anlægstider under forudsætning af mange samtidige arbejdspladser (tidskritiske dele) [år]

Delstrækning	Hovedløsning I		Hovedløsning II	
	Øst	Vest	Øst	Vest
Antal samtidige anlægspladser	5	7	13	13
Estimeret minimumsanlægsperiode [år]	7	6-7	8-10	8

5.6 Vurdering af de to hovedløsninger

Mulighederne for en grøn boulevard på Åboulevardkorridoren inkl. H.C. Andersens Boulevard er vurderet for to principper, hovedløsning I – to korte tunneler - og hovedløsning II – én lang tunnel med to tilslutningsanlæg undervejs, se figur 5-31.



Figur 5-31: Princip for de to analyserede hovedløsninger

De to hovedløsninger har forskellige effekter og konsekvenser, ligesom der er forskellige bindinger og udfordringer for anlægsarbejdernes gennemførelse.

Det er således ikke entydigt, hvilken af de to løsninger der vil være den mest hensigtsmæssige. Dels er effekterne og konsekvenserne forskellige dels vil vurdering og valg af, hvilken løsning, der er den mest hensigtsmæssige være afhængig af, hvilke mål og succeskriterier, der ønskes med den pågældende løsning.

Det følgende indeholder en tværgående vurdering af de to hovedløsninger på tværs af 4 faktorer:

- > Tunnelteknik
- > Anlægsøkonomi
- > Trafik
- > Byrum

Der er alene tale om en vurdering og **ikke** anbefaling af én løsning. En direkte anbefaling vil afhænge væsentligt af det/de præcise formål med tunnelen og den indbyrdes vægtning mellem de pågældende faktorer – denne vægtning foretages af Københavns Kommune.

Tabel 5-9: Sammenfattende oversigt over udvalgte emner for de to hovedløsninger

	Hovedløsning I (to korte tunneler)	Hovedløsning II (én lang tunnel)
Tunnelteknik		
Længde	Samlet længde: 2600 m 2 korte tunneler og 4 tunnelender	Samlet længde: 4000 m 1 lang tunnel og 2 tunnelender Krydsning under Boulevardbanen
Tilslutninger undervejs	Ingen tilslutninger undervejs i de to deltunneler	2 tilslutninger undervejs ved Søerne og ved Bülowvej
Anlægsteknik	De to delstrækninger (vest hhv. øst for søerne) af tunnelen kan enten etableres som cut & cover tunnel eller som boret tunnel. Begge løsninger er teknisk mulige. Vest for søerne er en boret tunnel vurderet som den bedste løsning, om end dyrest. Derved undgås store og langvarige anlægsarbejder på overfladen langs hele strækningen. Øst for søerne er en cut & cover tunnel vurderet som den bedste løsning, grundet tunnel start øst for Boulevardtunnelen, krydsningen af metroCityringen ved Rådhuspladsen og den korte tunnel strækning. En boret tunnel vil først kunne påbegyndes øst for Rådhuspladsen grundet metroCityringen. Strækningen der kan bores, vil være meget kort – ca. 300 m (langs Tivoli) - og mobiliseringsomkostningerne uforholdsmæssigt store så man ikke får den reelle effekt af at reducere arbejderne på overfladen som man får ved en længere tunnel.	Tunnelen etableres i en kombination af Cut & Cover og Boret tunnel. Vest for søerne som cut & cover da et tilslutningsanlæg ved Bülowvej vil gøre de borede tunnel strækninger for korte. Øst for søerne som cut & cover frem til Langebro. Krydsning under Boulevardbanen forudsætter cut & cover i to etager. Krydsningen under havnen er antaget i boret tunnel. Den borede tunnel kan evt. forlænges således at strækningen fra Rådhuset til Rysensteensgade også er anlagt i boret tunnel.
Vejgeometri	Ingen tunnel under Boulevardbanen	Passerer under Boulevardbanen som cut & cover Tunnel under Boulevardbanen og tilslutning til kryds ved Søgaderne

Kompleksitet	Begrænset plads Mange ledningsomlægninger	Stor kompleksitet grundet Cut & Cover i snævert tracé vest for Søerne herunder specielt 2 etages TSA ved Bülowvej, Krydsning under Boulevardtunnelen i 2 etages Cut & Cover og Krydsning under Langebro i Boret tunnel.
Anlægsøkonomi	Overslag: 5,5 mia. kr.	Overslag: 10,5 mia. kr.
Byrum		
Byrumspotentiale	Tredeling af strækningen > strækningerne fra Borups Pl-Søerne og fra Jarmers Plads til Langebro, hvor trafikken kan reduceres > området ved Søerne, hvor der vil være rampeanlæg og megen trafik	Mulig reduktion af biltrafik på hele strækningen, men strækningen vest for søerne vil være påvirket af 1 tilslutningsanlæg.
"Reduceret byrumspotentiale"	Strækningen mellem Søerne og Jarmers Plads bibeholdes	Ved Bülowvej og ved Søerne
"Frigjort" areal på overflade	Fordelingen mellem arealer udlagt til vej (tung trafik) og arealer til lette trafikanter (fortov og cykelstier), parkering og grønt er i dag 70/30. Altså 30% til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønne og rekreative arealer. Hovedløsning I ændres denne fordeling til 60/40 og således forskubbes balancen, til 40% areal til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønt og rekreative arealer, svarende til en ændring på 10%	Fordelingen mellem arealer udlagt til vej (tung trafik) og arealer til lette trafikanter (fortov og cykelstier), parkering og grønt er i dag 70/30. Altså 30% til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønne og rekreative arealer. Hovedløsning II ændres denne fordeling til 40/60 og således forskubbes balancen, til 60% areal til lette trafikanter, fortov, cykelstier, parkering, grønt og rekreative arealer, svarende til en ændring på 30 %
Trafik		
Samlet trafikbelastning i udvalgte snit	Mellem 100 og 120 % af trafikbelastning i Basis 2035	Mellem 120 og 145 % af trafikbelastning i Basis 2035
Trafik i tunnel	Mellem 70 og 90 % af trafikbelastning i basis 2035	Mellem 90 og 115 % af trafikbelastning i basis 2035
Trafik på overflade	1/3 af trafikbelastning i Basis 2035. Mellem Søerne og Voldgade dog ca. 110 %	Mellem 10 og 40 % af trafikbelastning i Basis 2035, dog 70 % ved Søerne
Biltrafikarbejde (København og Frederiksberg) inkl. tunnel	Stiger 0,7%, + ca. 42.000 personkm pr. hverdagsdøgn	Stiger ca. 2 %, + ca. 119.000 personkm pr. hverdagsdøgn

Biltrafikarbejde (København og Frederiksberg) på overfladen – ekskl. trafik i tunnel	Falder ca. 1%, - ca. 70.000 personkm pr. hverdagsdøgn	Falder ca. 2 %, - ca. 112.000 personkm pr. hverdagsdøgn
Biltrafikarbejde i tunnel	+ 112.000 personkm/hverdagsdøgn	+ 231.000 personkm/hverdagsdøgn
Bilture på modellens vejnet i hele hovedstadsområdet	Stigning på ca. 2.200 (0,0%) antal bilture pr dag.	Stigning på ca. 12.600 (0,3%) antal bilture pr dag.
Trafikafvikling	Trafikafvikling forringes i flere kryds og strækninger end i Basis 2035	Trafikafvikling forringes i flere kryds og strækninger end i Basis 2035, men færre kryds end i hovedløsning I
Kollektiv trafik i hele hovedstadsområdet	En stigning på ca. 75 ture (0,0%) i antallet af kollektive ture pr. hverdagsdøgn.	Et fald på ca. 1.200 ture (0,1%) i antallet af kollektive ture pr. hverdagsdøgn.
Lette trafikanter i hele hovedstadsområdet	Et fald i cykeltrafik på ca. 540 ture (0,0%) pr. hverdagsdøgn og i gang et fald på ca. 3.700 ture (- 0,1%) pr. hverdagsdøgn. De lette trafikanter kan få bedre forhold til ophold og færdsel, da der i det samlede byrum er mindre areal til biltrafik, og da biltrafikken på overfladen reduceres.	Et fald i cykeltrafik på ca. 3.700 ture (- 0,2%) pr. hverdagsdøgn og i gang en stigning på ca. 2.300 ture (+0,1%) pr. hverdagsdøgn. De lette trafikanter kan få bedre forhold til ophold og færdsel, da der i det samlede byrum er mindre areal til biltrafik, og da biltrafikken på overfladen reduceres.

For vurderingen "Frigjort areal på overfladen" er arealer opgjort forholdsvis mellem den nuværende situation og de to hovedløsninger. Opgørelsen er baseret på en overordnet projektgeometri og skal kvalificeres i Fase 2. Den væsentlige forskel mellem de to hovedløsninger ligger i Hovedløsning I, strækningen mellem Søerne og Jarmers Plads, der i Hovedløsningen fastholdes som i dag.

5.6.1 Sammenfattende vurdering

Sammenfattende vurderes det, at hovedløsning I er væsentligt **mindre komplekst** anlægsmæssigt, fordi den vestlige del af tunnelen etableres som boret tunnel og der i øvrigt ikke er tilslutningsanlæg midt på tunnelstrækningerne. Hovedløsning II vil til gengæld give potentiale for flere og større sammenhængende byrum på overfladen, ligesom den **trafikale aflastning** på overfladen vil være **større**.

Begge løsninger giver et samlet større trafikarbejde med bil (fordi den samlede kapacitet i infrastrukturen øges), men trafikarbejdet stiger mest i Hovedløsning II, der også er dyrere end Hovedløsning I.

Det kan være en overvejelse evt. at se på et alternativ til hovedløsning II uden krydsning under Landbro. Dette vil bl.a. betyde, at tunnelen bliver kortere og billigere og samtidig vurderes det, at en

tunnelering under Langebro ikke giver nogen væsentlig benefit for byrummene – medmindre det vurderes at være en stor kvalitet med et byrum på Langebro med væsentligt mindre biltrafik.

Trafikafviklingen på overfladen vil være stort set den samme i begge løsninger, men lidt ringere i hovedløsning I, fordi der er mere trafik på overfladen end i hovedløsning II, men hovedløsning II har flere lokaliteter, hvor trafik mellem tunnel og overflade skal udveksles. Området mellem Søerne og Jarmers Plads vil kræve særlig opmærksomhed i en eventuel videre projektering. Med Hovedløsning I øges den samlede trafik på overfladen på denne strækning. I Hovedløsning II vil tilslutninger til tunnel kræve væsentlige krydsombygninger og signaloptimeringer.

Hovedløsning I:

- > Er billigere end hovedløsning II. Hovedløsning er kun ca. ½ så dyr
- > Resulterer i to separate tunneler, hvor trafikbelastningen på overfladen vil være større end i hovedløsning II.
- > Resulterer i et trafikarbejde, der stort set er status quo i forhold til Basis 2025
- > Resulterer (indikativt) i en løsning, hvor der muligvis er flere lokaliteter, hvor trafikafviklingen forringes end i hovedløsning II, men det skal vurderes nærmere i fase 2
- > Giver god mulighed for sammenhængende byrum mellem Nørrebro og Frederiksberg, fordi der ikke er ramper til tilslutningsanlæg ud over enderamperne.
- > Skal etableres som cut & cover på hele strækningen og resulterer i større anlægsgener end hovedløsning II, men tunnelen skal ikke under boulevardbanen.
- > Vil resultere i megen trafik på området mellem Søerne og Jarmers Plads. Ved valg af denne løsning skal der fokuseres på, hvordan det område kan designes.
- > Løsningen har ikke nogen tilslutningsanlæg undervejs, hvilket vil være en ulempe for at tiltrække trafik til tunnelen, men en fordel for byrummene.

Hovedløsning II:

- > Er ca. dobbelt så dyr som hovedløsning I, men løsningen har også ca. 1400 m mere tunnel.
- > Resulterer i en lang tunnel, hvor trafikbelastningen på overfladen bliver mindre end i hovedløsning I
- > Resulterer i en løsning, hvor den samlede trafikbelastning vil være større end i hovedløsning I og i basis 2035
- > Resulterer i en løsning, hvor den samlede biltrafikarbejde i København og Frederiksberg stiger med ca. 2 % som følge af flere (nye) ture og sandsynligvis også en overflytning fra cykelture
- > Resulterer (indikativt) i en løsning, hvor der muligvis er færre lokaliteter, hvor trafikafviklingen forringes end i hovedløsning I, men det skal vurderes nærmere i fase 2
- > Rampeanlæg på den vestlige delstrækning vil påvirke byrummet negativt
- > Resulterer i en løsning, hvor tunnelen krydser under Boulevardbanen, hvilket frigiver areal til byrum på overfladen mellem Søerne og Jarmers Plads. Etableringen af krydsningen vil dog kræve lukning af Boulevardbanen i cirka 5 måneder f.eks. over en sommerferie.
- > Større trafikbelastning i tunnelen end i hovedløsning I
- > Giver mulighed for at skabe længere sammenhængende byrum på overfladen med reduceret trafik end hovedløsning I – især for hele strækningen mellem Søerne og havnen forbi Rådhuspladsen
- > Resulterer i at hele området ved Søerne og Søgaderne vil være påvirket af rampeanlæg
- > En dyr løsning for at komme under Langebro, hvor byrumspotentialet er marginalt.

6 Perspektivering af andre løsninger

I tillæg til arbejdet med de to analyserede hovedløsninger har Københavns Kommune bedt COWI, på et principielt niveau, at perspektivere et antal andre løsninger, herunder en lang tunnel fra Hulgårdsvej og under Bispeengen. Derudover har arbejdet med hovedløsning I og II også afledt andre perspektiver for projektet som er præsenteret i det følgende.

6.1 Lang tunnel Hulgårdsvej – Ørestads Boulevard

I hovedløsning II påbegyndes tunnelstrækningen øst for Borups Plads efter, at Bispeengbuen har nået terrænniveau. Hovedløsning II medvirker til en reduktion af trafikken på strækninger Øst for Borups plads, men kræver umiddelbart en bevarelse af den ene af de to Bispeengbuebroer. I tilfælde af, at trafikken kunne føres i tunnel tidligere, ville det muligvis være muligt at fjerne begge broer, og lade den sidste overfladef trafik køre ad Borups Allé og andre lokalveje i området.

Motivation

I tilfælde af, at man vælger at krydse under Langebro i boret tunnel, vil det være relevant at udnytte mobiliseringen af boremaskinen/-erne til andre strækninger end alene den korte strækning under haven, såsom en passage under området ved Bispeengen, hvor en cut & cover løsning ikke er så simpel at etablere.

6.1.1 Løsningen

Et alternativ ville være at påbegynde den borede tunnel,

- 1 enten ved Hillerødgade eller
- 2 vest for Hulgårdsvej efter at trafikken kommer ud af Frederikssundsvejtunnelen, og lade tunnelen fortsætte forbi Borups Plads
- 3 lade tunnelen slutte ved Rysensteensgade i stedet for at lade tunnelen passere under Langebro.

Det kan overvejes at føre den borede tunnel op ved Kronprinsesse Sofies vej med tilslutning til Jagtvej og ned igen i cut & cover på den østligt side af Jagtvej og videre mod centrum. I tilfælde af en TSA ved Jagtvej ville det på grund af flettelængder næppe være muligt at have et tilslutningsanlæg ved Bülowvej, så næste tilslutning til overfladen ville være ved Søgaderne.

Den ovennævnte:

- > Løsning 1) med boret tunnel ved Hillerødgade vil være svært at indpasse, da afstanden fra Hillerødgade til Ringbanen i direkte linje mod Borups plads vil være cirka 145 m, hvilket er utilstrækkeligt til at nå dybt nok ned til en boret tunnel. Hvis dette er stedet, hvor det ønskes at påbegynde den borede tunnel, vil ramperne kunne placeres på Borups Allé med tilslutning i vest mod Mågevej. En sådan tunnel vil således ikke kunne benyttes af trafik fra Hillerødgade mod centrum – medmindre de kører via Mågevej.



Figur 6-1 Hillerødgade, Bispeengbuen og Ringbanen

- > Løsning 2) ville omfatte ramper enten øst eller vest for Hulgårdsvej. Der er i området vest for Hulgårdsvej en del plads som kan anvendes til midlertidig afvikling af trafik mens ramper og forbindelse til en boret tunnel etableres. Det vurderes dog, at det vejteknisk vil være problematisk at fange trafik til/fra Frederikssundsvej <211> da disse ramper først når det omkringliggende terræn tæt på Hulgårdsvej.



Figur 6-2 Frederikssundsvejtunnel Borups Allé og Hulgårdsvej

I stedet for at krydse under Langebro kunne cut & covertunnelen føres op ved Rysensteensgade, hvorefter trafikken fortsætter på overfladen som i dag.

6.1.2 Teknisk vurdering

Udgangspunktet for denne løsning er en optimering af anvendelsen af tunnelboremaskiner (TBM), hvis de er indkøbt til andre strækninger i korridoren. Der er ikke umiddelbart nye tekniske udfordringer ud over at sikre, at vejgeometri kan løses. Dette vil kræve en grov optegnelse af mulige placeringer af ramper og nedkørsler til den borede tunnel, herunder placering af arbejdspladser for start og modtagelse af TBM.

Der forudsættes fortsat boret tunnel til 2 spor i hver retning i og med at det vil holde tunneldiameteren nede og dermed begrænse hvor dybt linjeføringen skal ned før boring kan påbegyndes.

Da den samlede tunnellængde vil blive markant forøget vil anlægsøkonomien selvfølgelig blive det tilsvarende. Det er dog erfaringen, at hvis man til projektet har mobiliseret TBM til en delstrækning vil boring af en eller flere ekstra strækninger være væsentligt billigere – simpelthen fordi mobiliseringsomkostningerne for en TBM-arbejdsplads, er forholdsvis store og dermed belaster den løbende kilometerpris på korte tunneler meget.

Afslutning ved Rysensteensgade vil ikke umiddelbart medføre supplerende komplikationer i forhold til Hovedløsning II. Tværtimod vil det at fjerne TBM delen forenkle projektet væsentligt. Der skal dog introduceres et nyt rampeanlæg vest for Rysensteensgade og øst for Niels Brocks Gade.



Figur 6-3 H.C. Andersens Boulevard mellem Niels Brocks Gade og Rysensteensgade

6.1.3 Trafikal og byrumsmæssig vurdering

Det trafikale potentiale vil skulle vurderes nærmere i relation til, hvilke ændringer en sådan forlængelse af tunnelen vil have for trafikmønsteret, herunder, hvor meget trafik der vil vælge tunnelen, og hvor meget der fortsat vil vælge nærliggende veje. Det vurderes, at denne analyse ikke kan foretages på baggrund af de trafikale scenarier, som ligger til grund for de to hovedløsninger.

Løsningen med at slutte ved Rysensteensgade vil have både fordele og ulemper. I forhold til Hovedløsning II vil der fortsat være "fuld" trafik på strækningen mellem Ørestads Boulevard og Rysensteensgade.

Til gengæld vil det ekstra rampeanlæg give mulighed for udveksling af trafik langs havnen på Ring 2 til tunnelen mod vest, som så fjernes fra terræn.

Omfanget af frigjorte arealer vil afhænge af, hvilke ændringer der vil være i trafikmønstrene. Der vil være mulighed for at overfladetrafik vil kunne benytte Borups Allé i dets nuværende form og området med den nuværende Bispeengbue vil kunne frigøres i stor grad.

Som en mulig løsning ved et evt. tilslutningsanlæg ved Rysensteensgade kan der alternativt ses på muligheden for etablering af vestvendte ramper til tunnelen, hvorved trafik fra Ring 2 langs havnen kan tilgå tunnelen mod vest.

6.2 Tilslutninger fra Gyldenløvesgade mod Nørre Søgade

Motivation

I hovedløsning II passerer hovedtunnelen under Søgaderne, mens der er sideramper øst og vest for krydset. Som det ses i dag, er der to svingbaner fra Gyldenløvesgade til venstre mod Nørre Søgade, og 2 svingbaner fra Nørre Søgade til højre mod Gyldenløvesgade. Der er meget trafik – både biler og cyklister – og mange konfliktsituationer, samt stort pres på kapaciteten i krydset.

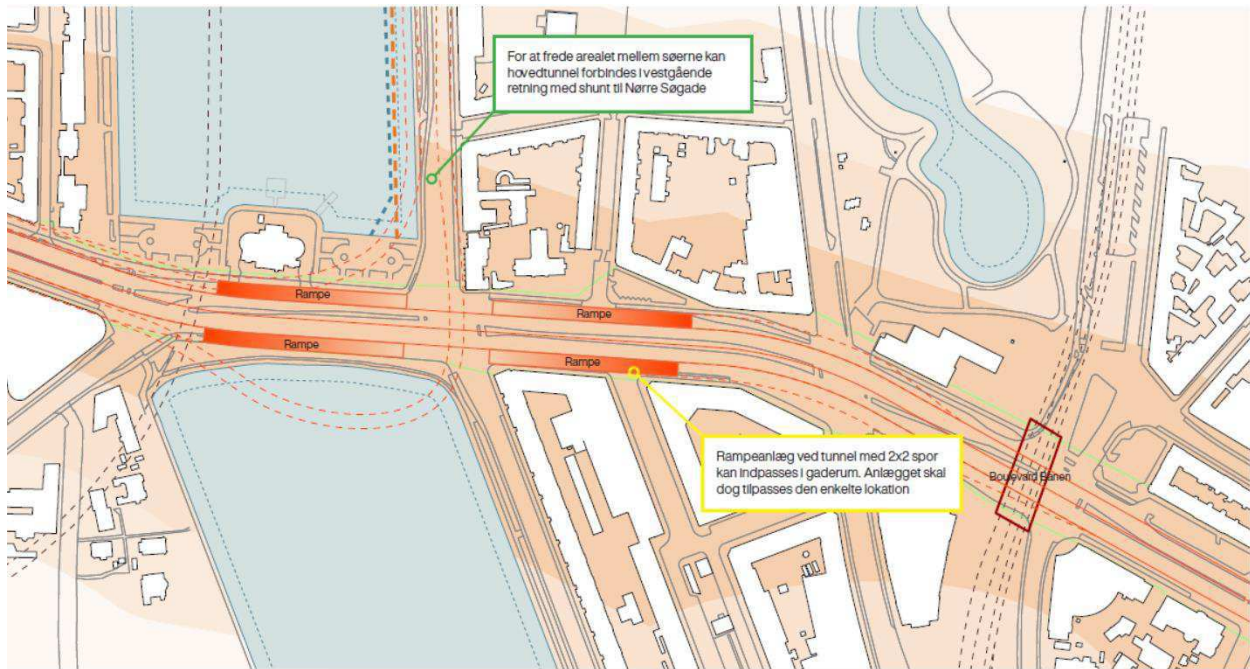
Et alternativ til at etablere vestvendte ramper langs Søvavillonen (som i både Hovedløsning I og II) ville være at etablere ramperne på Nørre Søgade og så etablere to tilslutningstunneler fra ramperne og mod vest. Det vil ikke være enkelt og det vil være relativt kostbart, men efter anlæg vil en væsentlig fredeliggørelse af området ved søerne være mulig.



Figur 6-4 Krydset Gyldenløvesgade - Søgaderne

6.2.1 Løsningen

Der etableres to forbindelser mellem den vestgående tunnel under Gyldenløvesgade og Nørre Søgade med ramper langs Nørre Søgade.



Figur 6-5 Tilslutninger fra Gyldenløvesgade til Nørre Søgade

6.2.2 Teknisk vurdering

Den udadgående tilslutning (Nørre Søgade -> Gyldenløvesgade) vil muligvis kunne etableres som cut & cover, om end geometrien omkring Søvavillonen og Metro skakt skal studeres nærmere. Alternativt kan denne også etableres som Boret tunnel udgravet med TBM.

Den indadgående (Gyldenløvesgade -> Nørre Søgade) tilslutning vil skulle etableres som boret tunnel der dykker ned under hovedtunnelen og derefter op igen på Nørre Søgade.

Løsningen vil muligvis kræve en udvidelse af Nørre Søgade ud i søen på en kortere strækning for at sikre plads til trafik mod tunnel og mod Vester Søgade og H.C. Andersens Boulevard. Ramperne for op og nedgående trafik kan eventuelt lægges forskudt, hvis det er nødvendigt for at begrænse inddragelsen af areal langs søen.

Tværsnittet for disse tilslutninger vil kræve en noget mindre TBM end for et hovedrør, og kan derfor påbegyndes i mindre dybde end de større maskiner.

Tilslutningerne til hovedtunnelen vil skulle strække sig længere mod vest og afstanden til Bülowsvej kan derfor gøre at der skal fastholdes et til-/frakørselsspor på strækningen.

6.2.3 Trafikal og byrumsmæssig vurdering

De to tilslutningsstrenger vil muliggøre et frit flow af trafik fra Ågade til Nørre Søgade og det meget belastede overfladekryds vil blive markant aflastet. Det vil forbedre mulighederne for afvikling af den resterende trafik, herunder den store mængde cykellister der passerer området.

Der vil fortsat være en mindre del svingende trafik fra området lige vest for søerne der vil vælge at køre af Gyldenløvesgade – medmindre der identificeres andre ruter for dem.

At fjerne den vestvendte rampe til overfladen på Gyldenløvesgade mod Søgaderne vil medføre en markant reduktion af trafikken i området. Dette samtidigt med de enklere trafikstrømme vil give en væsentligt kvalitativ forbedring af oplevelsen for cyklister, da de krydsende bilstrømme vil blive markant reducerede.

6.3 Vurdering af perspektivering

De fire ovenstående eksempler skal ikke betragtes som en udtømmelig liste, men udgør et spektrum af varianter af de to hovedløsninger. Gennemgangen viser, at der er store perspektiver for at justere på de to valgte hovedløsninger i fase 1.1 i forbindelse med evt. konkretiseringer i fase 2. Justeringerne afhænger dog af, hvilke ønsker, der kan være til optimering på de enkelte løsninger. hvad man ønsker at optimere på så den ene løsning kan ikke fremhæves frem for den anden på det nuværende grundlag.

COWI og Schönherr vurderer, at det vil være relevant at inkludere de principper i perspektivering i forbindelse med konkretisering af løsninger i fase 2. i afrapporteringen og overordnet dokumentere begrundelsen for eventuelle fravalg, baseret på et eller flere projektkriterier.

7 Finansieringsmodeller

En frigørelse og reduceret trafikbelastning af arealerne på og omkring Den Grønne Boulevard kan bidrage med en række positive effekter for byens borgere, herunder bedre mobilitet, plads i byrummet, mere *livability* samt øget produktivitet. I denne screening er der set på mulige finansieringskilder til anlæg af den nye boulevard. (Screeningen betragtes ikke som udtømmende).

7.1 Brugerbetaling

Den første mest oplagte kilde er brugerfinansiering i stil med brobetalingerne, hvor trafikanterne betaler for at benytte strækningen. Denne løsning er dog ikke umiddelbart oplagt, da der dels ikke er tale om en ny mulighed for bilisterne på strækningen, der allerede i dag har lignende adgang. Derudover er der flere parallelle alternative ruter, der ikke har betaling. Dermed flytter en del af trafikken til disse veje. Betaling kan også etableres gennem et bredt kørselsafgiftssystem, der bl.a. kan benyttes til finansiering af nye infrastrukturprojekter – herunder Den Grønne Boulevard. Denne løsning kan f.eks. kombineres med differentierede priser, hvor hurtigere og direkte ruter har højere betaling. Brugerbetalings-løsningerne kræver alle en ændret lovgivning, og ligger derfor ikke helt lige for, ligesom brugerbetaling i øjeblikket er valgt aktivt fra for infrastruktur i København, f.eks. ved Østlig Ringvej.

7.2 Beskatning

Derudover kan der være et potentiale (men formentlig begrænset) ved øgede indtægter fra ejendomsværdistigninger, som følge af den forbedrede mobilitet – særligt på tværs af Boulevarden. Den tværgående trafik har i dag vanskelige forhold - ved at Boulevarden fjerner barrieren, forbedres mobiliteten og dermed værdien af boligerne omkring de tværgående forbindelser. Dertil kan lokale erhvervsvirksomheder opnå bedre adgang til arbejdskraft og kunder (f.eks. i detailhandlen), der også kan lede til værdistigninger. Værdistigninger vil også kunne fremkomme relateret til mindre trafikbelastning og udvikling af et grønnere byrum. Indtægterne fra værdistigningerne vil ske gennem øgede ejendomsskatter for så vidt, at grunde og ejendommene ikke ejes af staten eller kommunen. Dermed er det kun en mindre del af værdistigningen, der realiseres som en ekstra indtægt. Ejendomsværdistigningerne indgår ikke som en direkte del af finansieringen, men giver større skatteindtægter som kan skydes i finansieringen.

I udlandet ser man sådanne værdistigninger delvist ført tilbage til infrastrukturprojektet gennem infrastrukturefgifter (evt. midlertidige), særlig ejendomsskat mm.

Rapporten *'Gevinster ved investeringer i byliv og bykvaliteter'* er en kortlægning af, hvilke faktorer, der påvirker ejendomsværdien. Undersøgelsen er baseret på godt 60.000 bolighandler i København og omegnskommuner samt Aarhus og Skanderborg. Heri nævnes:

- *"Værdien af et hus stiger med op til 10 % i gennemsnit for hver ekstra 10 hektar park eller bynært naturareal, der findes inden for 500 m gangafstand og med op til 2 % for hver 10 hektar inden for 1.000 meters gangafstand. Både værdistigning og rækkevidde er lavere for lejligheder i de større byer, men ikke meget."*
- *"Støj reducerer en boligs værdi med op til 2 % ved et niveau på omkring 60 dB til op mod 10 % ved 70 dB. I nogle tilfælde kan effekten være over 20 % ved niveauer over 75 dB."*
- *"Nærhed til motorveje og store veje reducerer – ud over støjeffekten – boligers værdi med op mod 7-10 % for boliger tættest på, og effekten aftager jævnt mod nul omkring 300-400 meter fra vejen."*

Endelig er der et potentiale ved opkrævning af en midlertidig erhvervsskat baseret på internationale erfaringer, og som kunne være interessant i en finansieringskontekst, men det er i dag ikke muligt at indføre denne under den nuværende lovgivning [6]. Grundejerbidrag, kan f.eks. være en ekstra midlertidig skat pålagt erhvervet. F.eks. har Londons borgere og erhvervsliv bidraget med over 60 % af finansieringen til London Crossrail, herunder også i form af frivillige bidrag [7]. Det er etableret via en midlertidig erhvervsskat 1,5 % af restfinansieringsbehovet om året i skatteindtægter.

7.3 Parkering

En anden mulig ekstra indtægt kan opnås gennem øgede indtægter fra parkering. Det forudsætter, at dele af det frigjorte areal anvendes til nye p-pladser, hvor nye indtægter kan hentes. For Frederiksberg kommune kan yderligere indtægter hentes, hvis afgifterne ændres til et niveau, der er på niveau med Københavns kommune.

7.4 Totalentreprise og OPP

En del af finansieringen kan også omfatte valg af udbudsform for anlæg og drift af Den Grønne Boulevard. Der kan opstilles en egentlig statslig totalentreprise model, men der kan også anvendes i hvert fald to forskellige modeller for OPP, offentligt-privat partnerskab:

- > Den ene model er en såkaldt *Design, Build, Operate-model* (DBO) som bl.a. kendes fra Kliplev-Sønderborg motorvejen
- > Den anden er en *Design, Build, Finance, Operate-model* (DBFO), som ikke kendes fra andre danske eksempler, men hvor et firma eller konsortium af firmaer også skal levere en 30-årig lånefinansiering til projektet.

Det vil kræve en nærmere risiko-screening af projektet for at vurdere eventuelle usikre forhold i anlægsfasen, der kan give anledning til forsinkelser og meromkostninger. Det kan lede til et potentiale for, at anlægstiden og anlægsomkostningerne kan reduceres, hvis projektet udbydes enten som totalentreprise eller OPP, hvor leverandøren har et økonomisk incitament til at optimere processen. Størrelsen af eventuelle besparelser er på nuværende grundlag uvis.

Ved komplekse projekter som Den Grønne Boulevard er der store risici, som en leverandør vil indregne i sin pris, og som dermed medvirker til at øge omkostningerne ved projektet. Samtidigt er der store finansierings- og transaktionsomkostninger ved at benytte den private sektor og disse kan være større end gevinsterne ved OPP-modellerne.

Der findes internationale evalueringer af forskellige OPP-projekter, der sammenligner disse udbudsformer med de traditionelle fag- og hovedentrepriser. Disse er gennemgået i "Finansieringsstrategi for en Østlig Ringvej fase 1-rapport" (COWI) fra 2010. De gennemgåede projekter er alle mindre komplekse end Den Grønne Boulevard og vedrører afgrænsede motorvejsstrækninger. De overordnede resultater af gennemgangen er, at der opnås større budgetsikkerhed og hurtigere udførelse ved OPP-kontrakter. Nogle af de gennemgåede studier peger på omkostningsbesparelser, mens et studie af Blanc-Brude, Goldschmidt og Vällilä fra 2006 af projekter fra en database fra den Europæiske Investeringsbank (EIB) viser, at traditionelle udbud har lavere anlægsomkostninger end OPP-udbud før udførelsen, mens omkostningerne er på samme niveau pr. kilometer efter udførelsen.

7.5 Støjreduktion og samfundsøkonomisk gevinst

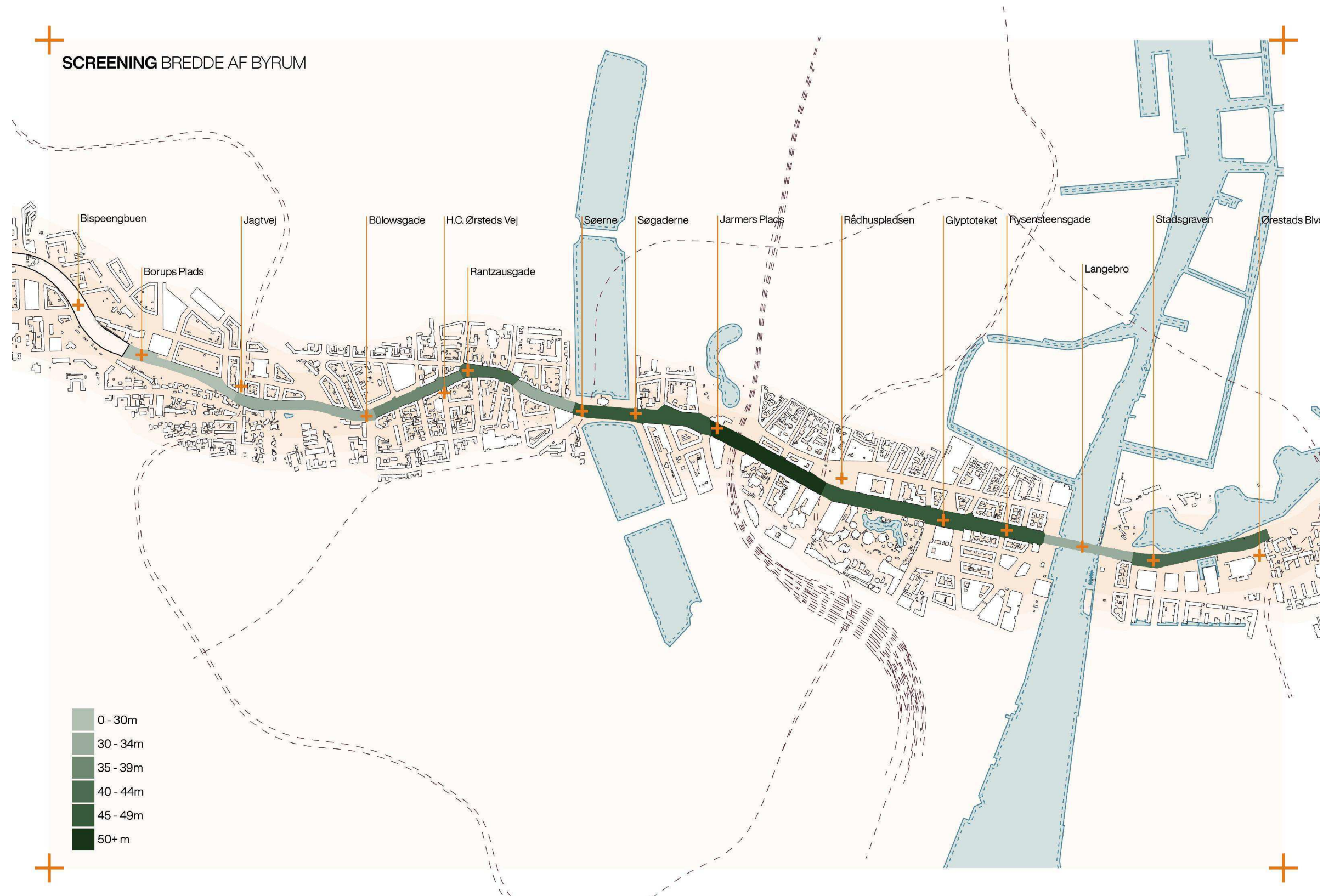
Ved nedgravning af Boulevarden vil der opnås en væsentlig støjreduktion for de tilstødende boligområder, hvilket vil medføre, at et stort antal borgere langs korridoren vil få forhøjet deres livskvalitet og sundhed. Nyere undersøgelser [17] viser, at befolkningen har en måske overraskende høj betalingsvilighed for at undgå støj i rekreative områder. Støjreduktionen vil have en effekt på ejendomsværdierne og de afledte sundhedsmæssige gevinster. Eventuelle samfundsøkonomiske analyser af støjreduktion bør i højere grad indarbejde denne præference. Desuden er der behov for at genbesøge samfundsøkonomiens værdisætning af de sundhedsmæssige konsekvenser af støj. Det kan få betydning for attraktiviteten af de eksisterende støjbelastede områder.

BILAG

Bilag A

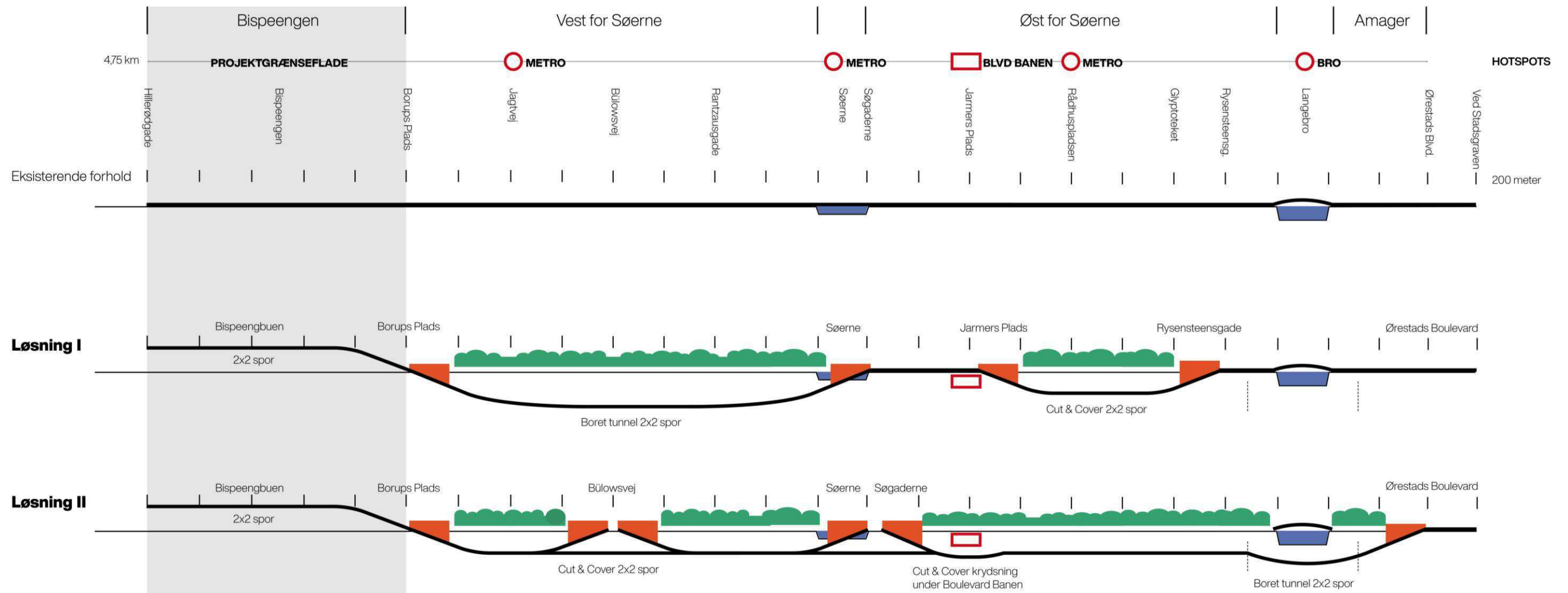
Skitser i A3

A.1 Screening af byrumsbredder



A.2 To hovedløsninger

Tunnel sammensætning
Version 2022.06.27



Bilag B Vej- og tunneltekniske forudsætninger

På baggrund af kommunens ønsker om fremtidig vejstruktur og hastigheder samt den indledende screening af fremtidig trafikbelastning er følgende valgt som forudsætninger for en evt. tunnelløsning:

- > Hastighedsniveauet skal svare til andre overordnede veje i Københavns Kommune
- > Antallet af kørespor skal være 2x2 spor i tunnelen og maksimalt 2x1 spor på terræn, da der er et ønske om at skabe en Boulevard med begrænset trafik. Hvis der skal etableres ekstra spor på overfladen, forventes disse at skulle anvendes til letbane, BRT el.lign. for at styrke et transportalternativ til personbilen. Ovenstående danner grundlag for de efterfølgende fastlagte trafiktekniske grundværdier. Efterfølgende trafikberegninger eller andre ønsker fra kommunens side kan ændre på disse forudsætninger.

B.1 Vejtekniske forudsætninger for tunnelløsning

Som udgangspunkt benyttes Vejdirektoratets håndbøger som baggrund for fastsættelse af de trafiktekniske og geometriske parametre, men der kan være foretaget valg, der falder udenfor de normale parametre på grund af forbindelsens særlige udformning.

B.1.1 Dimensioneringshastighed

For projektet er valgt følgende dimensioneringshastigheder:

- > $V_d=60$ km/t (den hastighed vejen dimensioneres efter)
- > $V_p=50$ km/t (den hastighedsgrænse vejen forventes at få)

I det følgende er angivet de vejtekniske parametre som afledt af valget af dimensioneringshastighed beskrevet.

B.1.2 Fritrumsprofil

Fri højde

Frihøjden i tunneler skal tage hensyn til trafik, fremtidig belægning samt en sikkerhedsmargin. Der har i Danmark været tradition for at projektere tunneler med en frihøjde på 4,63 m. Frihøjden på 4,63m skal være opfyldt på alle tværsnitsprofiler. De 4,63 m består af følgende bidrag:

- > 4,00 m maksimal køretøjshøjde
- > 0.25 m bevægelsesspillerum
- > 0.25 m objektafstand
- > 0,03 m fremtidig belægning
- > 0,10 m sikkerhedsmargin til installationer⁸

⁸ Der er på internationalt plan diskussioner i gang om ovennævnte 0,10 m sikkerhedsmargin er tilstrækkeligt, eller om der bør laves et ekstra tillæg for løse presenninger og reb, således at den totale frihøjde øges til 4,80 m eller 4,90 m. Der er dog allerede indregnet 0.25 m tillæg til køretøjets dynamiske profil til netop disse bløde elementer. Det skal dog her nævnes at Femern projektet p.t. designes med ovennævnte 4,63 m frihøjde, og dette anvendes også som grundlag her.

Ud over frihøjden skal der reserveres plads til tavler og skilte med variabel tekst på 0,62 m og i visse tværsnit ventilation. Ventilationen forventes at blive placeret i nicher på udvalgte placeringer langs linjeføringen, hvorimod skilte vil kunne placeres i det reservede område.

Fri bredde

Den Grønne Boulevards tunnel og rampekonstruktioner trafikbetjener kun biltrafik og ikke fodgængere og cyklister, hvorfor der ikke skal etableres fortov og cykelsti i tunneler eller på ramper.⁹ Basistværsnittet skal ifølge Vejreglerne være følgende i hver retning:

- > 2 stk. kørespor af 3,50m
- > 1 stk. inderrabat/ kant på 1,00m, som en kombination af kantbane og nødvendigt areal for afvandingskonstruktion gennem tunnelen
- > 1 stk. yderrabat/kant på 1,00m, hvilket tilsvarende bliver en kombination af kantbane og nødvendigt areal for afvandingskonstruktion gennem tunnelen
- > ramper i tunnel / mellem støttevægge anlægges med 1.00m nødrabat/kantbane, 3.50m kørespor, 2.50m nødspor.

På baggrund af den lave designhastighed vurderes det at New Jersey barriere ikke er nødvendigt. Dette svarer til designvalg på Nordhavnsvej og Nordhavnstunnel.

B.1.3 Hovedtrace

De overordnede designhastigheder er defineret i kapitel 3.5. På baggrund af dette valg er der [5] sammenfattet afledte parametre som minimumsradier på kurver. Maksimalle længdegradient fastlægges med afsæt i vejreglerne, da det er ønskeligt at afkorte overgangsstrækning mellem underjordisk og terrænnært anlæg mest muligt. Maksimalle gradienter er fastlagt som:

- > Hovedtunnel: +/- 50‰¹⁰ (maksimale gradient på vejen i hovedtunnelen)
- > Sideramper i tunnel: +/- 80 ‰ (maksimale gradient for ramper til/fra tunnelen når de er overdækket)
- > Sideramper, åbne: +/- 60 ‰ (maksimale gradient for ramper til/fra tunnelen når de er åbne)

B.1.4 Geometri af tilslutningsanlæg (TSA)

Der er to mulige konfigurationer af rampeanlæg alt efter, om det er hele tunnelen, der føres til overfladen eller om det er sideramper, der fletter med hovedtunnelen under terræn. Deres vejtekniske forløb vil adskille sig på nogle punkter.

Tunnelportaler

Tunnelportaler – i enderne og ved ramperne – vil i indre by være forbundet med opkørsel til et lysreguleret kryds i terræn. Der skal derfor dimensioneres med en moderat hastighed hen mod ramperne.

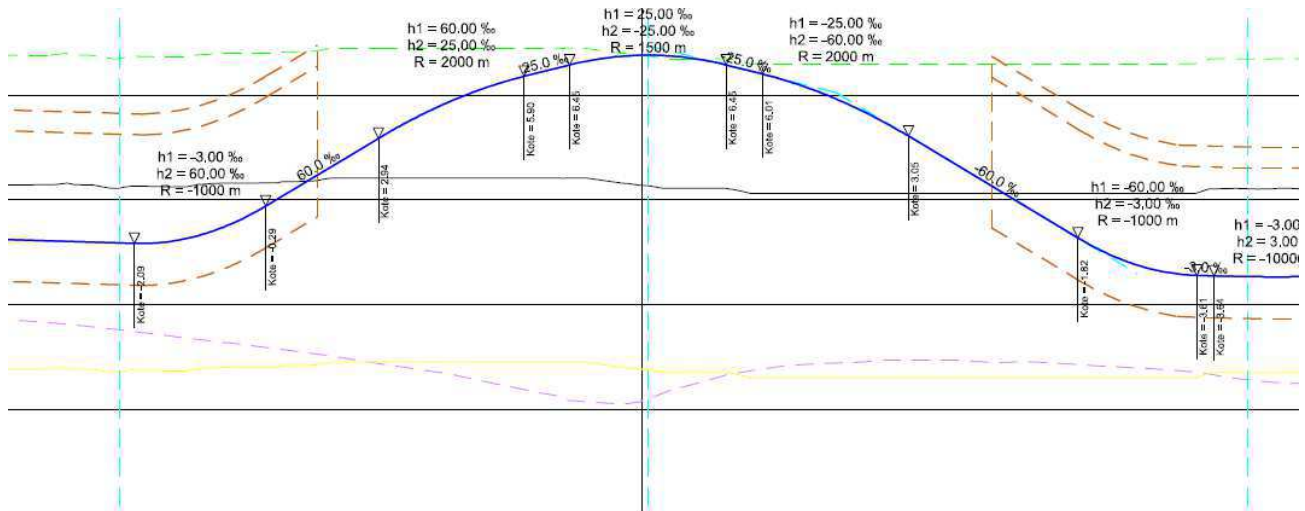
Geometrien for tunnelportalen er baseret på følgende forudsætninger (vejreglernes regler er fulgt):

- > estimeret niveau for vejniveau i tunnel nær skærende vej ca. 8.25 m under terræn
- > vertikalkurve nærmest hovedtunnel er R=1000 m (60 km/t)

⁹ Ved tilslutning til det eksisterende vejnet og ved omlægning anvendes normal praksis.

¹⁰ Denne kan øges til 60 ‰ i lukkede tunneler hvor forholdende måtte kræve dette

- vertikalkurve ved overfladen er $R=2000$ m

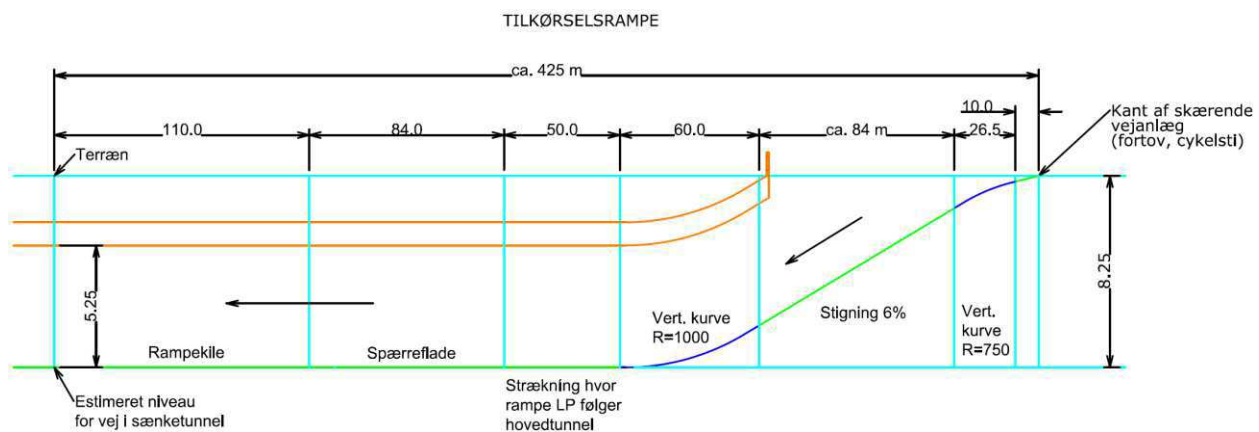


Figur 7-1 Geometri for tunnelportaler (vertikale streger med 100 m afstand).

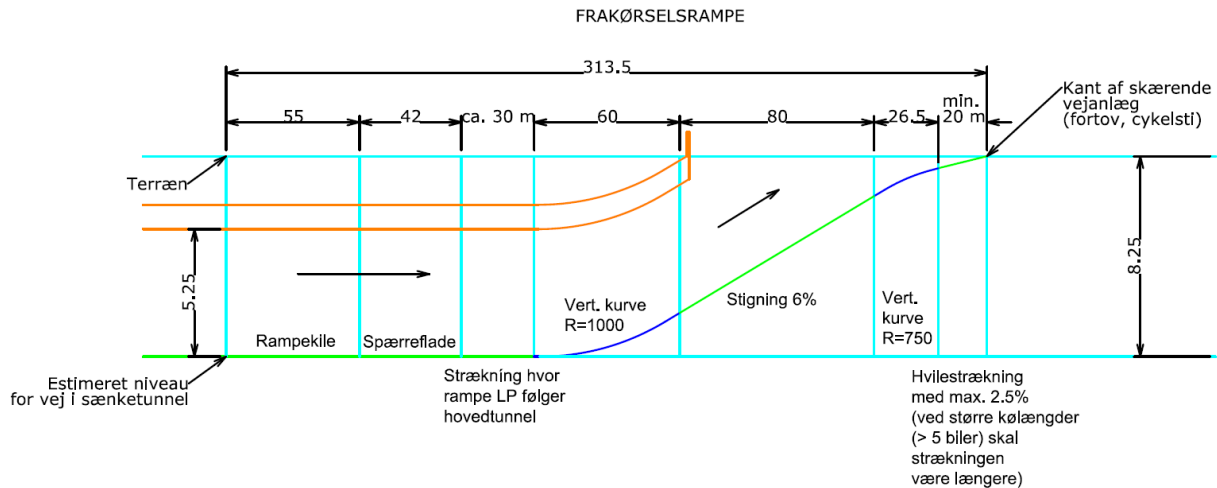
Sideramper

Geometri for sideramper er baseret på følgende forudsætninger (vejreglernes regler for rampetilslutninger er fulgt):

- estimeret niveau for vejniveau i tunnel nær skærende vej ca. 8.25 m under terræn
- vertikalkurve nærmest hovedtunnel er $R=1000$ m (60 km/t)
- vertikalkurve ved overfladen er $R=750$ (50 km/t)



Figur 7-2 Geometri for tilkørselsrampe (åben rampe ca. 120 m fra kryds)



Figur 7-3 Geometri for **frakørselsrampe** (åben rampe ca. 125 m fra kryds)

Det ses, at to efterfølgende ramper til-fra ikke bør lægges tættere end 800-1000 m, således at der kan flettes både ind og ud. Man vil nok ved afstande af i denne størrelsesorden vælge at bibeholde en fuld til-/frakørselsbane, frem for at snævre ind og ud igen kort efter.

B.2 Sikkerhed og tryghed

Der er en del parametre, der påvirker sikkerheden og tryghedsfølelsen for brugerne af en tunnel. Begge forhold skal tages i betragtning for at udarbejde et velfungerende vej-tunnelprojekt. Der henvises til Bilag H for en detaljeret diskussion om sikkerhedskoncept for tunnelen. Der er ikke i den nuværende fase gennemført en egentlig sikkerhedsudredning for det konkrete projekt.

Umiddelbart er udgangspunktet, at kørsel i tunnel ikke skal være forbundet med en højere risiko end kørsel på vej i terræn. En række forhold gør sig gældende, når der etableres tunneler i tæt bymæssig kontekst, hvor der kan opstå situationer, der hindrer frit trafikflow:

- > Så vidt muligt undgå kø i tunneller ved:
 - > At undgå, at lyssignaler ved udkørsel fra tunnelen påvirker trafikken tilbage ned i tunnelen
 - > At sikre, at sideramper og rampekryds har tilstrækkelig kapacitet, så det undgås at kø på frakørselsramper strækker sig ud på motorvejen.
 - > At begrænse den trafikmængde, der tillades at køre ind i tunnelen.
- > Implementering af et dynamisk informationssystem med variable tavler og skiltning af hastighed
 - > Herved informeres om ikke-normale begivenheder (kø, nedbrudt køretøj, uheld etc.).
- > Gode oversigtsforhold specielt i kurver.

B.3 Tunnel og tilslutningsanlæg

Valg af tunneltype og udformning af tilslutningsanlæg (TSA) er en balance mellem forskellige faktorer:

- > Ønsker til det trafikale flow, herunder at motivere flest muligt til at benytte tunnelen
- > Plads ved tilslutningsanlæg og ramper
- > Afstanden mellem tilslutningsanlæg

- > Tunnelens videre forløb
- > Balancen mellem trafik i en hovedtunnel vs. trafik på overfladen.

I udarbejdelsen af konkrete løsninger har følgende betydning for placering og udformning af TSA:

- > Tilstrækkelig afstand imellem hvert TSA til at kunne tillade indfletning og udfletning
- > Ønskede forbindelser til krydsende trafikveje
- > Geometriske begrænsninger til diverse fysiske forhindringer langs strækningen
- > Geologi
- > Til rådighed værende afstand mellem facader til at indpasse ramper til tunnelen
- > Til rådighed værende afstand til næste kryds i terræn
- > Overfladetrafik langs tunnelen, som også skal sikres adgang i krydset. Denne kompleksitet findes f.eks. ikke i Tårnbyoverdækningen (se figur 7-4).



Figur 7-4 Tårnbyoverdækningen. Sideramper tilslutter til Englandsvej. Bemærk udbredelse af svingbaner Nord og Syd for tunnelen for at sikre en effektiv trafikafvikling (Google Earth).

Tunnelportaler og tilhørende tilslutningsanlæg kan beskrives som en af to portaltyper op mod et kryds. De er beskrevet i det følgende.

B.3.1 Tunnelportaler - hovedtunnelen føres op til krydset

I denne konstellation holdes hovedtunnelen samlet og føres til overfladen (krydset). Fordelen er at rampen holdes i den generelle tunnelbredde. Ulempen er, at al gennemkørende trafik også bringes til overfladen og igennem et evt. kryds.



Figur 7-5 Nordhavnsvej – Vestlige portal fører hovedtunnelen til overfladen (Google Earth).

B.3.2 Sideramper føres op til kryds

Et alternativ er at føre hovedtunnelen videre under jorden, mens sideramper føres op til kryds.

Fordelen er, at gennemkørende trafik holdes i tunnelen, mens til og frakørende trafik føres op til overfladen. Ulempen er, at på strækningen med rampe og ind og udletning til hovedtunnelen kræves en større arealinddragelse end en central rampe.



Figur 7-6 Nordhavnsvej – Østlige portal fører sideramper til overfladen. Hovedtunnelen er ført videre for fremtidig tilslutning til Nordhavnstunnel (Google Earth).

Til-/frakørselsramper i områder med pladsproblemer op til krydset

På visse strækninger vil det ikke være muligt at etablere simple sideramper som på Tårnby afkørslen (se Figur 7-4). Bygningsfacader og kældre kan begrænse den til rådighed værende bredde op til krydset. I tilfælde af, at der er mere plads til rådighed indenfor nogle få hundrede meter, kan en løsning være, at til og frakørsel etableres her og, at hovedtunnel lægges i et dybere niveau (-2), hvor ramperne så kan føres ind over hovedtunnelen. Det vil dog forlænge tilkørselsramperne under jorden og kræve en flettestrækning i en vis afstand fra krydset. Minimumsafstanden til næste tilslutningsanlæg vil således øges.

Ramperne kan her enklest etableres som separate ramper for hver retning eller evt. som centralt placerede fællesramper. I tilfælde af centralt placerede ramper vil det kræve yderligere afstand for at bringe vejbanerne tæt på hinanden.

Centralt placerede ramper baseret på til-/frakørsel i venstre side

For at skabe et bedre byrum kan det være en overvejelse at samle de to sideramper i midten af tunnelen frem for at have dem i siden. Centralt placerede ramper vil medføre, at afkørsel (og tilkørsel) vil foregå fra venstre bane (overhalingsbanen). Vores vurdering af denne løsning er:

- > Det er usædvanligt i dansk kontekst:
 - > Afkørsel - på grund af sene vognbaneskit og bilisters manglende erfaring med denne udformning. Der vil kræve ekstra skiltning, så folk får placeret sig korrekt ved udfletning.
 - > Tilkørsel - at trafikanter bringes til at erkende, at de har fletningsvigepligt i venstre spor for trafik fra venstre.
 - > Begge dele er usædvanlige i dansk trafikadfærd og vil som følge heraf repræsentere en trafikikkerhedsmæssig udfordring og risiko for flere ulykker.
- > Dertil vil der som altid være en risiko for tilbagestuvning af trafik på afkørselsrampen, som vil fortsætte ud i overhalingsbanen (modsat den normale langsomt kørende bane). – Dette er ikke forventeligt og problematisk med øget risiko.
- > De gennemgående spor vil skulle uden om ramperne i en bue. Dette vil medføre et gennemgående vejforløb med reduceret overblik og sandsynligvis en forlængelse af den brede del af tunnelen for at have et acceptabelt kurveforløb.

Vores konklusion er:

- > Det er usædvanlige og ikke beskrevet i vejreglerne. Det der dog ikke imod reglerne.
- > En sådan udformning vil helt sikkert blive påtalt af en trafikikkerhedsrevisor, og vi mener, at princippet skal afklares med VD for en principiel accept af denne form for vejgeometri.
- > Der er ikke nogen vejregel for denne form for ind- og udfletning, men heller ikke noget forbud. Det kan betyde forlængede tilkørselsstrækninger for at sikre oversigten og tilpasse hastigheden ved indfletning.
- > Løsningen vil medføre en merpris, da tunnelen deles i to på en strækning og sandsynligvis skal den brede del også være længere for at have en jævn kurve i de gennemgående spor.

På baggrund af ovenstående kan dette løsningsprincip ikke anbefales. Dog kan det være en overvejelse at præsentere de byrumsmæssige perspektiver i løsningen.

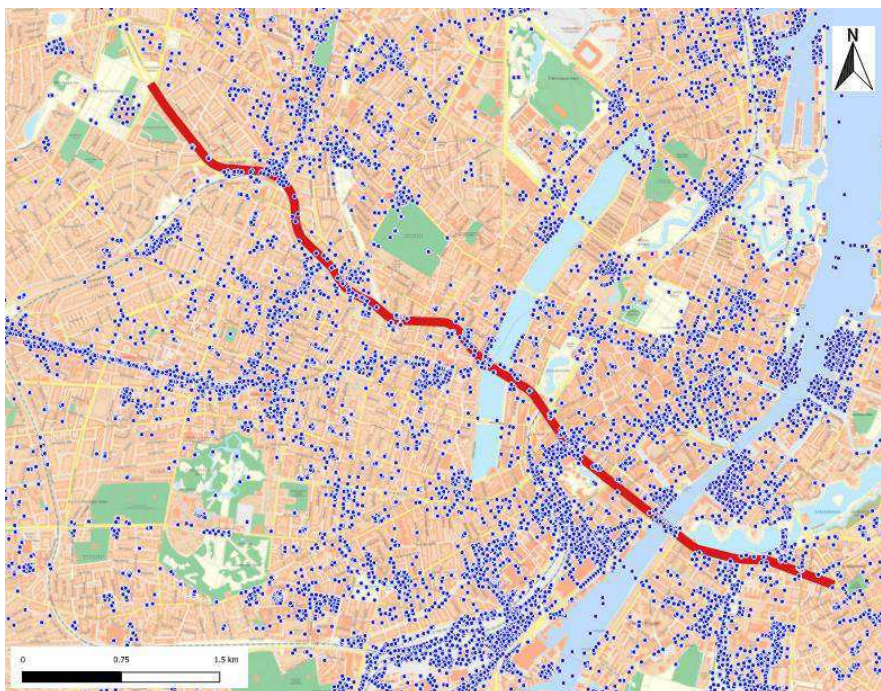
B.4 Anlægslogistik

En etablering af et stort tunnelbyggeri langs en hovedfærdselsåre samtidigt med at trafikken opretholdes i væsentligt omfang vil være en kæmpe udfordring. En strategisk planlægning af proces, byggepladser og nødvendigt nær og fjernoplæg, anlægstidsplan mm vil være nødvendig for at byens trafik ikke bryder sammen. Dette er dog uden for rammerne af fase 1 af foranalysen og behandles derfor ikke nærmere i nærværende rapport. (Se også Bilag G).

Bilag C Geologi og hydrogeologi

Geologiske og geotekniske informationer fra COWIs og GEUS' boringsdatabaser udgør, sammen med geologiske og historiske kort, litteratur samt informationer fra anlægsarbejder, basis for beskrivelse af de geologiske forhold langs med Den Grønne Boulevard.

Flere strækninger af Den Grønne Boulevard går gennem områder med kendte geologiske forhold. Geologien i krydsningerne med Metro Cityringen M3/M4 ved Rådhuspladsen og Nuuks Plads samt med Metro M1/M2 ved Søpavillonen, er særligt velunderbygget. Desuden er krydsning med jernbanen ved Bispeengbuen og strækningen langs med Langebro velundersøgt. Ved stationer og skakt for Metro, er geologien belyst fra både høj kvalitets geotekniske borer og beskrivelser fra geologiske udgravningskontroller. Børingsgrundlaget, der danner baggrund for COWIs digitale 3D geologiske model, fremgår af figur 7-7.



Figur 7-7 Borer i COWIs og GEUS' boringsdatabaser angivet med blå prikker. Den Grønne Boulevard er angivet med rød linje.

Fra den geologiske 3D model er der optegnet et længdeprofil langs med Den Grønne Boulevard, på hvilket lagfølgen er inddelt i 9 kvartære lag, der omfatter fra terræn og nedefter:

- 1 Fyld
- 2 Postglaciale aflejringer og senglacialt ler
- 3 Øvre glacialt smeltevandssand, -silt, -grus og senglacial sand/silt
- 4 Øvre moræneler, smeltevandsler
- 5 Mellem glacialt smeltevandssand og -grus, morænesand og -grus
- 6 Nedre moræneler, smeltevandsler
- 7 Nedre smeltevandssand og -grus, morænesand og -grus
- 8 Nederste moræneler og smeltevandsler (dalbund)
- 9 Nederste smeltevandssand og -grus (dalbund)

Lagfølgen indeholder både hydrostratigrafiske og geologiske lag. De kvartære lag er defineret hydrostratigrafisk, dvs. hvert lag indeholder jordarter med forholdsvist ensartede hydrologiske egenskaber. Dette betyder, at lerlagene både omfatter moræneler og smeltevandsler og sandlagene både omfatter smeltevandssand og -grus samt morænesand og -grus. Lokalt kan der indgå flager eller underordnede lag af afvigende litologier i samtlige lag.

Det øverste lag af fyld er typisk stærkt vekslende og kan omfatte alle kornfraktioner. I de havnenære områder består fyldet ofte af materiale fra uddybning af havnebassiner, primært sand, der lokalt er gytjeblandet. Der kan stedvis indgå aske og slagger fra kraftværker og mur- og betonbrokker og andre menneskeskabte komponenter i fyldlag.

De kvartære jordlag underlejres af prækvartære jordlag og bjergarter fra Selandien, der omfatter grønsandsler, -silt, -sand og -kalk samt København kalk fra Danien. København kalken inddeles i Øvre, Mellem og Nedre København kalk. I kalken, særligt i Øvre og Nedre København kalk, indgår der bænke af meget stærkt hærdnet kalk og flint, der kan udbredes over lange afstande med tykkelser på op til og lokalt over 1 m.

C.1 Strukturelle forhold

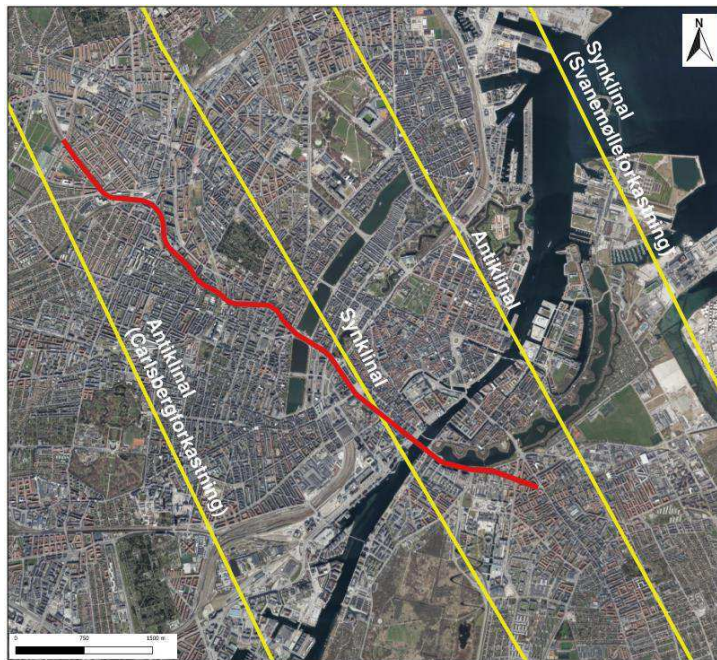
Den Grønne Boulevard krydser Rådhusdalen, en erosionsdal i kalken, mellem Nørre Farimagsgade og Tietgensgade. Herudover ligger de nordlige dele af Den Grønne Boulevard under 500 m øst for Carlsbergforkastningen.

C.1.1 Rådhusdalen

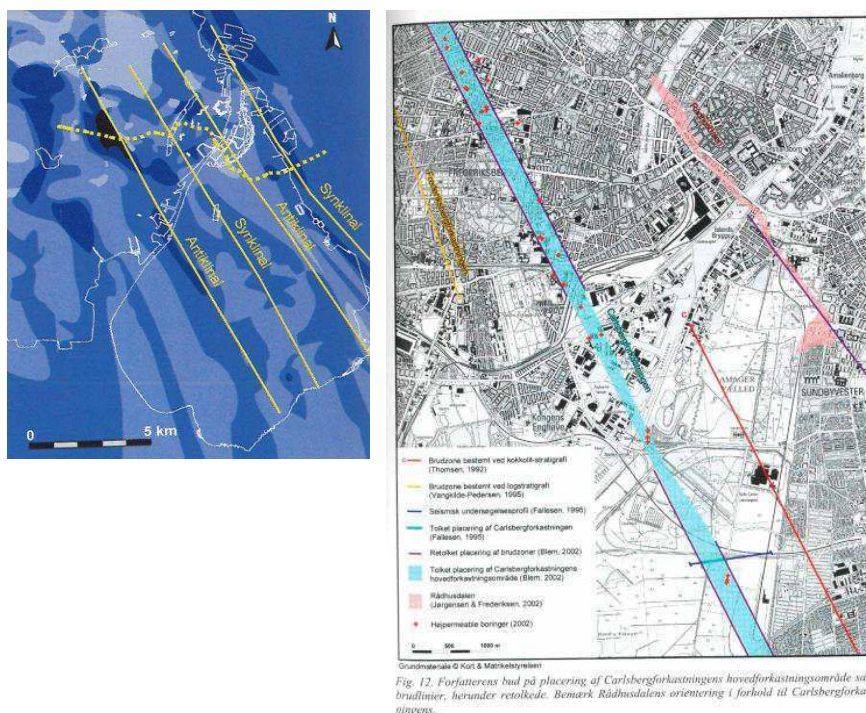
Rådhusdalen er orienteret fra Rådhuspladsen i nordvestlig retning mod Nørrebro Runddel og videre vest mod Bellahøj og Utterslev mose. Fra Rådhuspladsen fortsætter dalen mod sydøst i retning mod Peder Lykkesvej på Amager. Dalen, der er mellem 60-100 m bred, dog op mod 200 m i de nordvestligste dele, har et uregelmæssigt bundrelief og antages at være dannet som en tunneldal. Dalen er eroderet ned i kalken, der ligger usædvanlig dybt, op mod 20-30 m dybere end den omgivende kalkoverflade, og er samtidig ofte stærkt sprækket langs med dalen. Direkte på kalkoverfladen findes tykke lag af højpermeabelt sand og grus, hvorfor den samlede vandføringsevne af det primære magasin langs med Rådhusdalen er overordentlig høj.

C.1.2 Carlsbergforkastningen

Carlsbergforkastningen er 400-700 m bred og orienteret nord-nordvest til syd-sydøst, parallelt med og ca. 2 km vest for Rådhusdalen, [7]. Den kan følges fra sydkysten af Amager til Furesøen. Langs med Carlsbergforkastningen er kalken typisk stærkt sprækket. Kalken øst for Carlsbergforkastningen er nedforkastet 50-100 m. Carlsbergforkastningen er uhyre vandførende, med transmissivitetsværdier på op til ca. $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, [8]. På Frederiksberg indvinder Frederiksberg Forsyning drikkevand fra forkastningen. Forkastningen blev bl.a. truffet ved anlægsarbejde for Pumpestation Sjællandsbroen i 1990'erne, hvor der ved grundvandssænkningen måtte pumpes op til ca. 800 m³/time.



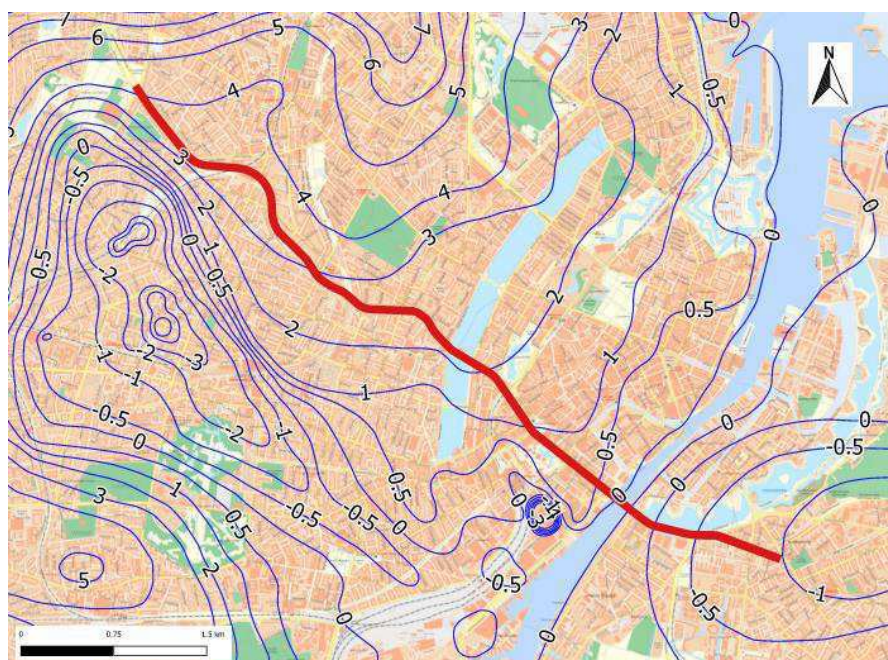
Figur 7-8 Geologiske strukturer i projektområdet, modificeret fra [8]. Den østligste synklinal udgør Svane-mølleforkastningen, den vestligste synklinal er orienteret under Rådhusdalen og den vestligste antiklinal udgør Carlsbergforkastningen. Den Grønne Boulevard er angivet med rød linje.



Figur 7-9 Geologiske strukturer i projektområdet fra [8]. De blå farver på figuren til venstre viser transmissivitetens værdier (dvs. samlet vandføringsevne) for kalken, hvor mørkeblå er de højeste værdier. Fra DGF-bulletin nr. 19, Dansk Geoteknisk Forening, december 2002. Tabel til højre viser Rådhusdalens placering (lyserød farve) og Carlsberg forkastningen (lyseblå farve), se [8].

Carlsbergforkastningen markerer en overgang i kalken, da kalkoverfladen øst for forkastningen udgøres af København Kalk, mens den vest for udgøres af bryozokalk. Overordnet er København Kalken lagdelt med lag af varierende hærtningsgrad og tykkelse, især den øvre og nedre del. I kalken findes flintlag, der typisk er 10-40 cm tykke, men lokalt op til 1 m tykke. København kalken har også horisontale skiftevis høj- og lavpermeable horisonter, og med en øvre og nedre typisk ret vandførende del og en mellemliggende typisk ret lavpermeabel del. Bryozokalken er omvendt mere regelløst aflejret.

I projektområdet ligger grundvandsspejlet ganske få meter under terræn fra Ringbanen/Borups Allé, i kote +3 m til +4 m DVR90 og videre mod syd til kote -1 m DVR90 ved Holmbladsgade, figur 7-10 og figur 7-11, hvilket indebærer, at der skal udføres midlertidig grundvandssænkning ved alle anlægsarbejder (dog ikke ved boret tunnel) mere end typisk 2-4 m under terræn.



Figur 7-10 Primært grundvandspotentiale vist med blå konturlinjer, kote, m DVR90, Københavns og Frederiksberg Kommuner, 2021. Den Grønne Boulevard er angivet med rød linje.

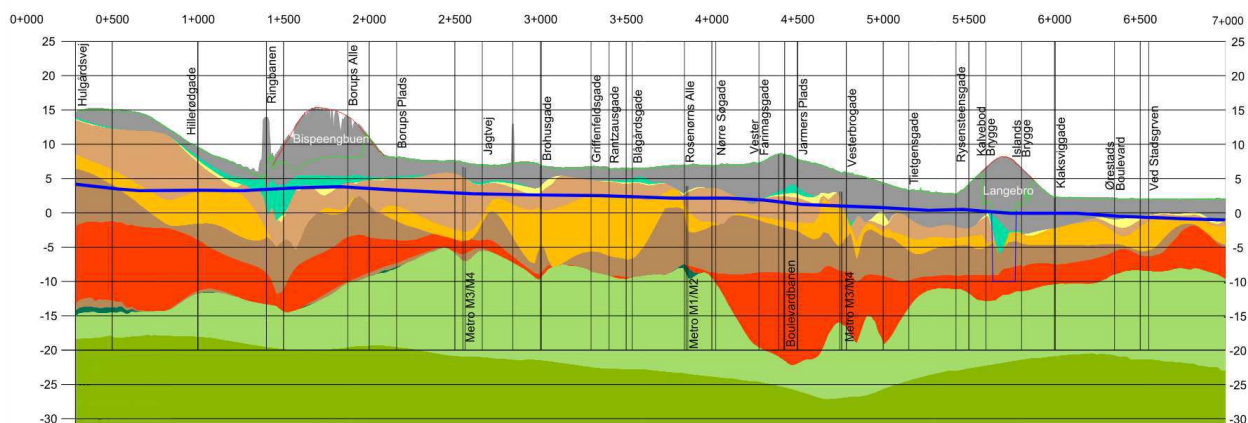
De kvartære lag over kalken er i Københavnsområdet meget varierende og består både af lavpermeabelt moræneler og smeltevandsler og af permeable lag af sand og grus. De permeable lag kan både findes aflejret direkte over kalken – og som isolerede/separate lag afgrænset af lag af ler.

Over de kvartære lag, mod terræn, findes der fyldlag af varierende tykkelse og beskaffenhed.

Kalken og de permeable sand-/gruslag, der er aflejret direkte herpå, udgør det primære grundvandsmagasin i området, mens højereliggende sand- og gruslag kan udgøre sekundære magasiner.

C.2 Geologisk model langs den eksisterende linjeføring

Nedenfor er vist et tolket geologisk profil langs Den Grønne Boulevard fra nord mod syd, figur 7-11.



Figur 7-11 Tolket geologisk profil langs med eksisterende linjeføring for Den Grønne Boulevard fra nord i venstre side mod syd i højre side. Mørkegrå lag øverst: fyld, turkis: postglaciale aflejringer og senlaciale ler, lysegul, gul og rød: sand og grus, brune nuancer: ler, mørkegrøn: grønsandsaflejringer, grønne nuancer: København kalk inddelt i lysegrøn, Øvre København Kalk og grøn Mellem København Kalk. Blå linje angiver primært grundvandspotentiale, 2021, Københavns og Frederiksberg Kommuner.

De øvre 2-10 m består af vekslende lag af varierende fyld, med største mægtigheder omkring Bispeengbuen og på strækningen Nørre Søgade til Islands Brygge/Klaksvigsgade. Kendte voldgrave med betydelige fyldtykkelser krydses omkring Rådhuspladsen samt mellem Jarmers Plads og Nørre Farimagsgade, [9]. De havnenære områder er inddæmmede havområder, bl.a. blev Kalvebod Brygge opfyldt og anlagt i årene 1894-96, [10].

Under fyldlag træffes der lokalt bløde og ofte stærkt sætningsgivende lag af postglaciale organiske og senlaciale lerlag. Særligt under Bispeengbuen/Bispeengen, der tidligere har været mose/engområde findes op mod 5 m postglaciale lag. De sydlige dele af linjeføringen var havdækket under stenalderen/Litorinahavet og dele af Middelalderen, strækningen Tietgensgade til Vesterbrogade og Nørre Søgade til Blågårdsgade. Langs disse strækninger kan der findes marine organiske lag, ligesom organiske aflejringer ofte også træffes i de tidligere voldgrave, som nævnt ovenfor.

Fyld og postglaciale lag overlejrer lokalt beskedne, ofte under 1 m tykke, lag af senlaciale smeltevandssand. Under sandet, eller direkte under fyld/postglaciale lag, findes moræneler i stærkt vekslende tykkelser. Største mægtigheder af dette øvre moræneler, op til 10 m, findes mellem Hulgårdsvej og Hillerødsgade og fra Borups Plads til nord for Jagtvej. De øvrige strækninger forventes under 5 m, ned til under 1 m i de havnenære områder. Moræneleret er erfaringsmæssigt meget fast med vekslende, lokalt høje koncentrationer af sten og spredte blokke.

Det øvre moræneler adskilles fra det nedre moræneler af et mellem lag smeltevandssand/-grus. Største mægtigheder, på mellem 5-8 m, findes mellem Brohusgade og Blågårdsgade. Laget er ikke truffet under krydsning med Ringbanen og store dele af Bispeengbuen, hvor det øvre og nedre morænelerlag er sammenhængende.

Under det mellemste smeltevandssand/-grus findes nedre moræneler i tykkelser på lokalt op til 10 m, erfaringsmæssigt meget fast og med varierende indhold af sten og blokke ligesom det øvre ler.

Profilen viser kalkens uregelmæssige overflade, med lavning hvor Den Grønne Boulevard krydser Rådhusdalen syd for Nørre Søgade til Tietgensgade samt igen fra Hulgårdsvej til omkring Ringbanen.

Kalkoverfladen ligger forholdsvist højt mellem Ringbanen og Borups Allé til Rosenørns Allé og igen fra omkring Tietgensgade til Ved Stadsgraven.

I lavningerne i kalken findes op til 10-15 m smeltevandssand og grus, erfaringsmæssigt rigt på kalk og flintgrus.

C.3 Grundvandssænkning

Der vil generelt ved tunnelbyggeriet være behov for grundvandssænkning. Løsninger baseret på boret tunnel vil dog i langt mindre grad have behov for grundvandssænkning – bortset selvfølgelig fra de cut & cover strækninger der leder op til strækninger af boret tunnel.

Erfaringsmæssigt er kalken mest vandførende i de øverste ca. 10 m, hvorfor der så vidt det er muligt inden for den økonomiske ramme skal etableres afskærende vægge i den øverste del af kalken de steder, hvor udgravning er nødvendigt i kalken. I modsat fald kan der blive tale om håndtering af meget store vandmængder, og risiko for sætninger og flytning af grundvandsforureninger. De vandførende zoner kan kortlægges ved udførelse af boringer og flowlogs. Det er antaget at vægge i byggegruber i forvejen er nødvendige også af statiske hensyn, hvorfor de ikke er med i budgettet for grundvands-sænkning.

I de øvre jordlag forventes tilstrømning af vand i alle tilfælde at være begrænset af afskærende vægge.

- > Det er antaget, at der i hver side af cut & cover strækningerne ved ramperne til TSA udføres en pumpeboring pr. 20 m til 10 m under bund af udgravning for vejbane.
- > Vandet fra grundvandssænkningerne antages ved alle lokaliteter at blive reinfiltreret, dels pga. forventede myndighedskrav, dels fordi udledning til kloak er meget bekosteligt. Der antages at være behov for 1,5 infiltrationsboring pr. pumpeboring.

Vandkvaliteten fra grundvandssænkning antages at kræve almindelig vandbehandling inden videre håndtering, dvs. iltning og sedimentering/sandfiltrering. I alt vurderes der at være behov for 7 vandbehandlingsanlæg. Avanceret vandbehandling med kulfiltre kan erfaringsmæssigt blive nødvendigt på nogle lokaliteter. Det antages at være tilfældet ved 2 af vandbehandlingsanlæggene.

Bilag D Anlægsteknik for tunneler

I det følgende afsnit gennemgås relevante anlægsteknikker til tunnelbyggeri

D.1 Cut & cover og ramper

Cut & cover metoden er karakteriseret ved, at tunnelen støbes på stedet enten i en åben udgravning, hvorefter der tilbagefyldes med jord eller imellem afstivende vægge i form af spuns, sekantpæle eller slidsevægge.

Da samtlige byggegruber skal etableres i områder med grundvand tæt ved overfladen skal der etableres grundvandssænkingsanlæg til tørholdelse af byggegruben. Et eksempel på udførelsen er vist på figur 7-12. Det antages som udgangspunkt, at oppumpet vand skal reinfiltreres ved alle cut & cover strækninger, dels for at undgå uacceptable sænkninger uden for byggegruberne, dels for at undgå at ændre strømningsforholdene ved eventuelle forureninger i nærheden. Endelig vil alternativet, udledning til kloak være meget dyrt pga. afledningsafgifter og udledningens varighed. Hvor det er muligt at lede vandet til recipient eller regnvandskloak, vil der være mulighed for besparelser, hvis reinfiltration ikke kræves af andre årsager. Anlæg vil blive etableret uden permanent grundvandssænkning.



Figur 7-12 Eksempel på anlæg af cut & cover tunnel (Kastrup, København)

Metoden kan også anvendes i havneområder med begrænset vanddybde, idet arbejdsområdet adskilles fra havnebassinet ved hjælp af midlertidige fangedæmninger, som for eks. kan udføres af to rækker spunsvægge med mellemliggende sandfyld. I det opfyldte område etableres tunnelen på samme vis som på land.

Der vil på strækninger med cut & cover tunnel generelt ikke være miljøpåvirkning for de ovenliggende omgivelser under driftsfasen, når først vegetationen har retableret sig, forudsat at tunnelkonstruktionen ikke ændrer væsentligt ved de hydrologiske forhold i området.

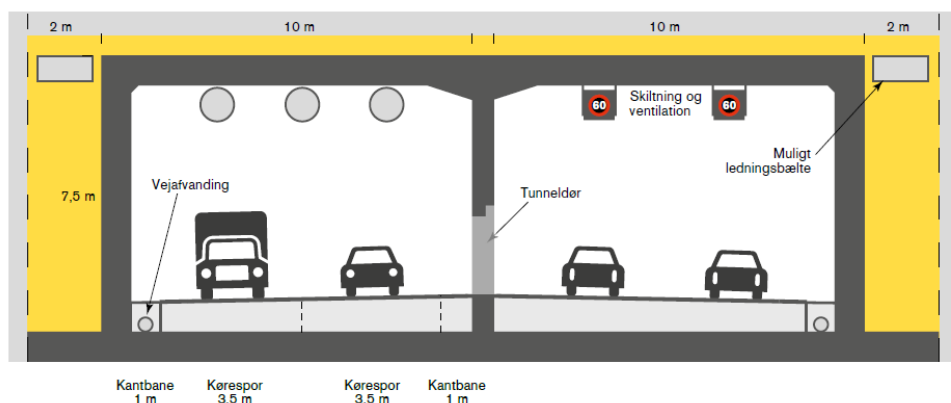
Cut & cover ligger typisk i området tæt ved overfladen og dermed også i området hvor der er eksisterende ledninger. Prisen for en cut & cover tunnel vil derfor afhængig af omfanget af ledningsomlægninger, midlertidige ekspropriationer, tilstedeværelsen af forurennet jord, fortidslevn mv., og den vil typisk være over 10 gange så høj som prisen for en vej lagt i terræn. I tilfælde af udgravning med frie skråninger vil der kunne opnås en væsentlig besparelse på op mod 30% af prisen på udgravning med

støttevægge. Ledningsomlægninger er diskuteret med HOFOR, som for hver hovedløsning har vurderet omfanget. For ledninger, som ikke er relateret til HOFOR, er omfanget skønnet ved et standardtilæg vurderet af Vejdirektoratet.

D.1.1 Tværsnit

Nordhavnstunnelen har et tværsnitsprofil som vist på figur 7-13. Der er ikke et separat service galleri til installationer. Elinstallationer placeres i stedet udenfor tunnelprofilen på begge sider og afvanding lægges ned i kantbanen. Fra kapitel 4 i [11]:

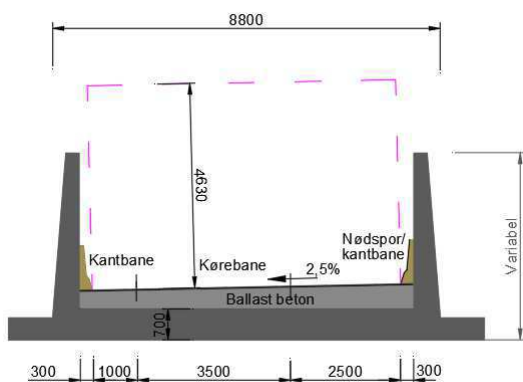
Nordhavnstunnelen udformes med to kørespor i hver retning, som adskilles af en tunnelvæg i midten. Hvert kørespor vil være 3,5 meter bredt, og både mod tunnelvæggen i midten og mod tunnelens ydervæg vil der være en kantbane på 1 meter, så bredden i hvert tunnelrør i alt bliver minimum 9 meter. Frihøjden i tunnelrøret skal være minimum 4,63 meter, og for at gøre plads til vejopbygning, afvanding, skilte, ventilation og lignende etableres røret med en højde på 6,65 meter.



Figur 7-13 Nordhavnsvej tværsnitsprofil som præsenteret i VVM fasen [11]

Som det fremgår ovenstående figur, er der to kørebaner i hver retning og ingen nødspor.

En "speciel version" af en cut & cover løsning er rampernes afslutning nær overfladen. Her udføres rampen som et betontrug med lukket bund og sider, i Figur 7-14 eksemplificeret med rampeprofilen fra forundersøgelsen af Østlig Ringvej.



Figur 7-14 Rampeprofil fra forundersøgelse af Østlig Ringvej [12].

Rampen er modsat en typisk cut & cover kendetegnet ved at den ikke i sig selv har tilstrækkelig sikkerhed mod opdrift. Opdriftssikring kan alt efter udformning sikres ved en kombination af ballastbeton, fødder med vægt af jord på ydersiden, og gravitationsankre.

D.1.2 Etablering af byggegrube for ramper og cut & cover

For at etablere ovennævnte cut & cover tunnel strækninger skal der først etableres en byggegrube. En byggegrube består af indfatningsvægge som evt. er afstivede og en grundvandssikring. Grundvandssikringen kan enten bestå af en grundvandssænkning, en afskæring af grundvand ved vandtætte lag, eller en kombination af de to. Byggegruben skal sikres mod bundbrud.

Indfatningsvægge til byggegruben til cut & cover tunneler er i det nærværende projekt forudsat som følgende:

- > Ramper: Spunsvægge
- > Højtliggende cut & cover tunneler (< 26m dybde): Sekantpæle¹¹
- > Dybtliggende cut & cover tunneler (>26m dybde): Slidsevægge

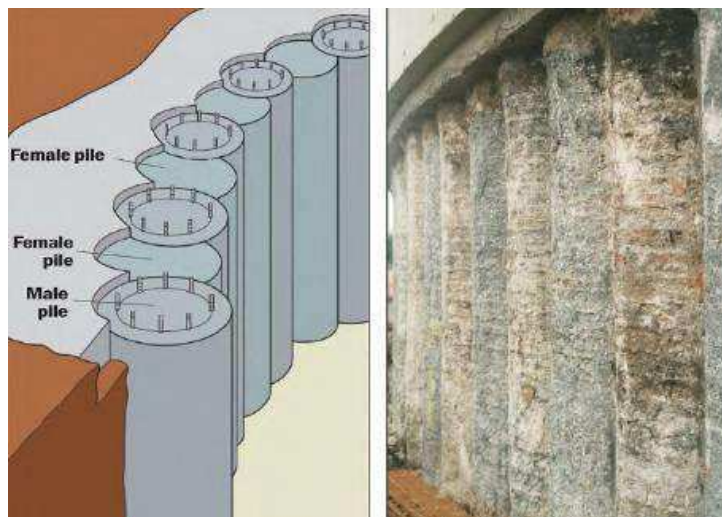
Spunsvægge kan kun vibreres/rammes ned til oversiden på intakt kalk. Der hvor kalken måtte ligge højt og tunnelen ligger delvist nede i kalken, vil derved hindre anvendelse af spunsvægge til indfatningsvægge. Dette bør undersøges nærmere, når de geotekniske forundersøgelser foreligger, da der kan ligge en stor tidsmæssig og økonomisk besparelse heri.

Figur 7-15 til figur 7-17 viser de forskellige typer indfatningsvægge.

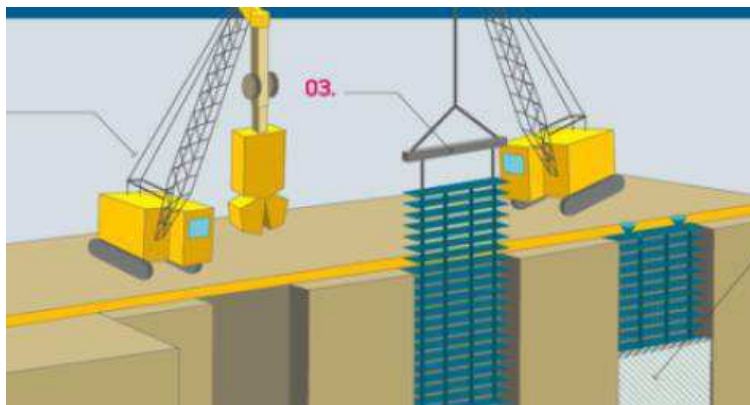


Figur 7-15 Byggegruber laves med spunsvægge for rampe konstruktioner

¹¹ Nogle af de højtliggende cut & cover tunneler kan muligvis laves med spunsvægge. I denne projektfase er der konservativt valgt sekantpæle, da der ikke foreligger geotekniske forundersøgelser.



Figur 7-16 Højtliggende byggegruber (<26m) til cut & cover tunneler laves med sekantpæle



Figur 7-17 Dybe byggegruber (>26m) til cut & cover tunneller laves med slidsevægge

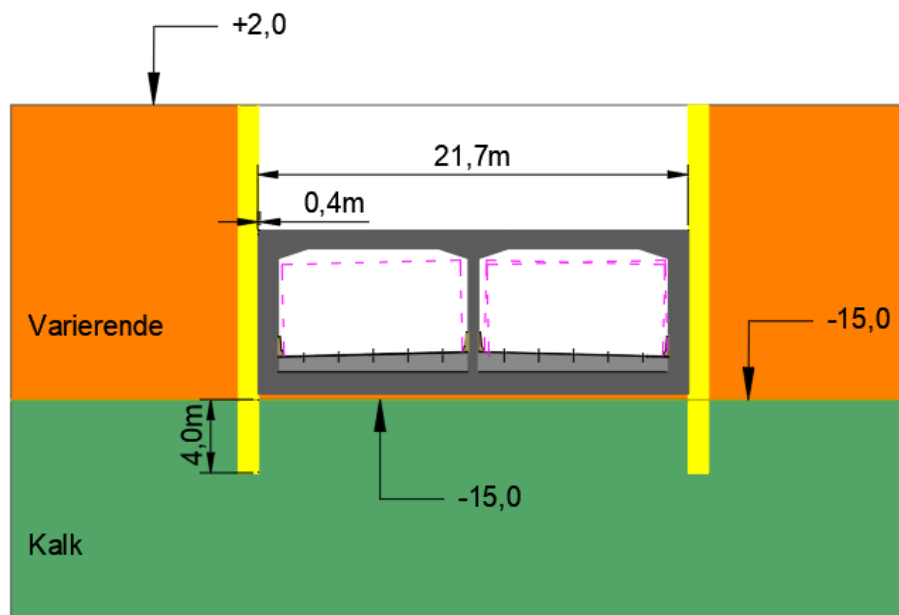
En sammenligning af de forskellige indfatningsvægge er givet i tabel 7-1.

Tabel 7-1 Sammenligning af forskellige indfatningsvægge til byggegrube

	Spunsvæg	Sekantpælevæg	Slidsevæg
Type jord	Kan kun vibreres/rammes til overside på intakt kalk	Al type undergrund inkl. intakt kalk	Al type undergrund inkl. intakt kalk
Udgravningsdybde	< 15-20 m	< ~26 m	< 200 m

Tid til installation	1 dobbeltjern/time (svarer til en pæl) Ca. 7 x hurtigere end sekantpæle Følsom overfor boulders	2 sekantpæle/dag/ma- skine (pæle er cc 800-1000 mm)	1 panel / dag (paneler er typisk 4.5-7m i væglængde)
Støj og vibrationer	Vibreres eller rammes Kritisk hvis rammet	Giver støj og vibrationer, dog mindre end ram- met/vibreret spuns	Lidt
Enhedspriser	~ 2 000 kr/m ²	~ 5 500 kr/m ² for Ø1.2 m	~ 7 600 kr/m ² for Ø1.2m

Det er forudsat, at indfatningsvægge føres 4 m ned under udgravning og at de som minimum føres 2 m ned i vandafskærende lag (moræneler/kalk), se figur 7-18.



Figur 7-18 Etablering af byggegrube; indfatningsvægge føres min 4m længere ned end udgravning

D.2 Boret tunnel

For en boret tunnel foretages udgravningen med en tunnelboremaskine (TBM), hvor der i takt med boringen løbende opsættes en permanent foring af præfabrikerede betonsegmenter. I hver ende af den borede tunnelstrækning skal der etableres et "start-" og "slutkammer" for henholdsvis opstilling og nedtagning af boremaskinen. Et eksempel fra et boret tunnelprojekt er vist på figur 7-19.



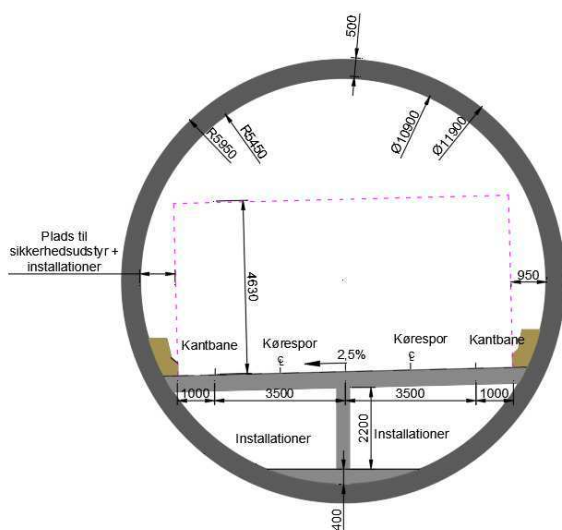
Figur 7-19 Eksempel på opstilling af TBM i startkammer (Dublin Port Tunnel).

En boret tunnel vil indebære en langt dybere beliggenhed under terræn end en cut & cover tunnel. Det skyldes dels den ekstra højde på grund af det cirkulære profil, dels at der skal være et betydeligt jordlag ovenover (i flg. en tommelfingerregel svarende til tunnelens diameter). Baseret på erfaringer fra Københavns metro er det forudsat, at TBM-boring kan påbegyndes i et niveau, hvor maskinen er halvt nede i kalken. Ved stor dybde til kalken vil det også være muligt at påbegynde TBM boring i løsere aflejringer og arbejde sig gradvist ind i den underliggende kalk.

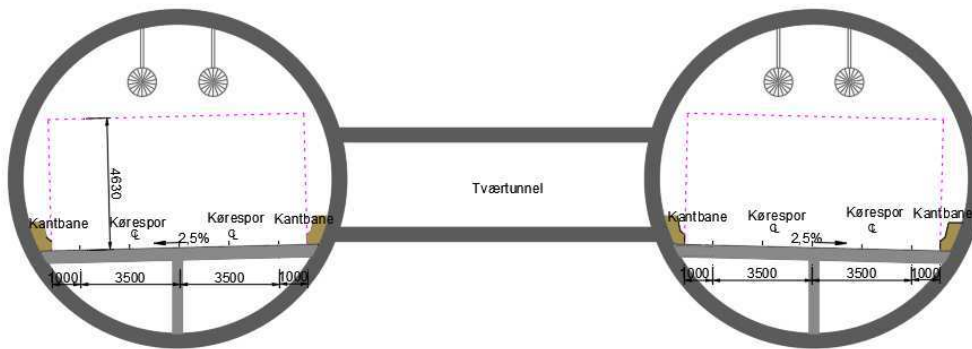
Den dybe beliggenhed indebærer, at der i hver ende af den borede tunnel vil være lange strækninger med cut & cover tunnel til forholdsvis stor dybde.

Ved etablering af en boret tunnel med separate rør til de to retningers trafik skal der etableres tværtunneler per ca. 500 m, der tjener som flugtveje i tilfælde af brand i det ene tunnelrør. Tværtunnellerne udføres med SCL-metoden (Sprayed Concrete Lining). Før der skabes en åbning i tunnelringene, forstærkes jorden således at jordlagene kan bære sig selv. Herefter udgraves traditionelt med midlertidig foring med sprøjtebeton og endelig støbning af en permanent foring. Der skal i forbindelse med udførelsen af tværtunnellerne sikres at grundvand håndteres enten ved frysning eller ved injicering.

Tværsnit fra Østlig Ringvej er vist på figur 7-20 og figur 7-21. Det vurderes at være en relevant dimension for en 2 sporet boret tunnel strækninger under Den Grønne Boulevard også.



Figur 7-20 Eksempel på boret tunnel tværsnitsprofil – fra forundersøgelsen til Østlig Ringvej.



Figur 7-21 Eksempel på boret tunnel med to tunnelrør og tværtunnel – fra forundersøgelsen til Østlig Ringvej.

Prisen for en boret tunnel varierer meget fra projekt til projekt og er relativt afhængig af længden. For relativt korte strækninger (få kilometer), vil de høje omkostninger til anskaffelse og etablering af TBM have en væsentlig vægt og betyde en højere pris per meter, mens der i tilfælde af lange strækninger i visse tilfælde kan opnås en pris, der er konkurrencedygtig med de andre tunneltyper. Lange strækninger med boret tunnel er altså en fordel. Afhængigt af den samlede borede tunnel længde kan man vælge at bore med flere TBMer for at mindske udførelsestiden. En boret tunnel kan typisk etableres uden gener for de ovenliggende arealer og vil kunne etableres uden at påvirke grundvandsniveauet langs strækningen.

Der kan være miljøgener forbundet med bortskaffelsen af den lettere forurenede jord, hvis det er nødvendigt at tilsætte kemikalier for at sikre boringen.

D.3 NATM eller SCL

NATM er en forkortelse for *New Austrian Tunneling Method* og er en betegnelse for en gradvis udgravning af en kaverne i klippeformationer eller kalksten. Den går også under betegnelsen SCL (Sprayed Concrete Lining).

Metoden er på Den Grønne Boulevard vurderet, men har indtil videre ikke været relevant, andet end evt. ved udgravning af tværtunneler for de borede tunneler.

I forbindelse med Københavns metro etape 1 er der foretaget sådanne udgravninger til forgreningskamre ved Stadsgraven og ved Sjøleboerne. Der er således erfaring med denne type udgravninger i Københavns undergrund.

Alt efter undergrundens hårdhed kan anvendes enten forboring og sprængning eller fræsning med en Roadheader.

Der skal i forbindelse med udførelsen af NATM sikres at grundvand håndteres enten ved frysning eller ved injicering.



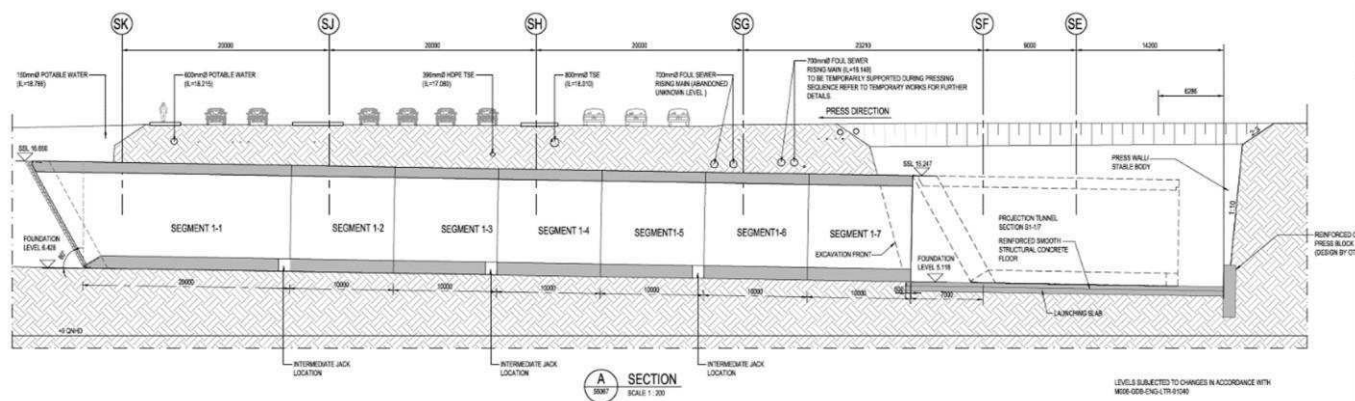
Figur 7-22 En Roadheader som anvendes til at fræse NATM kaverne ud i f.eks. kalklag.



Figur 7-23 17 m bredt afgreningskammer i Københavns metro

D.4 "Tunnel jacking" (tunnel pres)

En metode der ikke er anvendt i Danmark i stor-skala er "Box jacking" eller "Tunnel Jacking". Metoden er baseret på, at præfabrikerede tunnelsegmenter (type cut & cover) presses ind under eksisterende anlæg som vej eller bane, mens anvendelsen af terræn over den pressede tunnel fortsætter uforstyrret under anlæg.

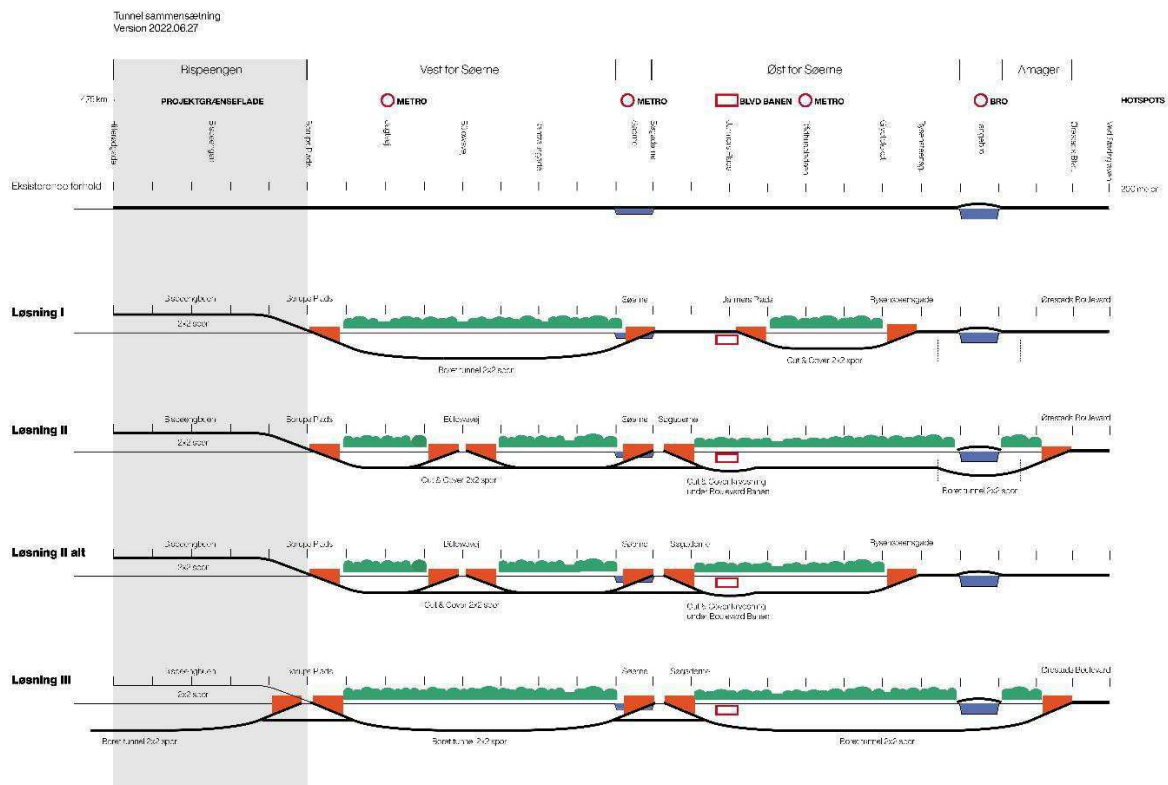


Figur 7-24 Doha metro presset tunnel under Al Waab Street (Petrucchio)

Bilag E Screening af løsningsprincipper

Ud fra analyser og vurderinger baseret på de tre hovedparametre (anlægsteknik, trafik og byrum) var det muligt at skitsere et sæt af principløsninger, der rummer mulige tunnellængder og -tilslutninger og dermed forskellige potentialer for at skabe mere grønne byrum på overfladen. Blandt sådanne principper blev det valgt at opstille og screene fire mulige trafikale scenarier til at illustrere bredden af løsningsmuligheder og hjælpe til efterfølgende at udvælge de mest ønskelige for det videre arbejde. De fire løsninger illustrerer følgende (se figur 7-25):

- > **Løsning B2: En lang tunnel med få tilslutninger.** Her belyses effekten af at tilstræbe flytning af den gennemkørende trafik uden at tilføre mange nye arealkrævende rampeanlæg undervejs, her illustreret med en perspektivering under Bispeengbuen.
- > **Løsning B4: En lang tunnel med tilslutninger undervejs.** Her belyses forskel i trafikal effekt med ønsket om at trække mere af den relativt lokale trafik ned i tunnelen i forhold til scenarie med relativt få tilslutninger. Her kan afvejes den ekstra trafikale flytning til tunnel i forhold til det ekstra arealforbrug på overfladen, som mindsker mulighed for grønne byrum.
- > **Løsning C: En kort tunnel med få tilslutninger,** som primært aflaster strækningen vest for søerne. Her belyses trafikal effekt i forhold til at undgå relativt teknisk krævende og dyre konstruktioner både under Boulevardbanen og under havneløbet.
- > **Løsning C1, Alt: En kortere tunnel med tilslutninger undervejs.** Her belyses trafikal effekt i forhold til lange tunneller, som er teknisk krævende og dyre på grund af krydsning af havneløbet.



Figur 7-25 De fire tunnelkonfigurationer fra den indledende screeningsfase. Røde markeringer illustrerer de åbne rampestrækninger mellem tunnel og overflade.

E.1 Trafikberegninger i screeningsfasen

I denne fase 1 er der foretaget "testberegninger" med Compass trafikmodellen af de fire tunnelkonfigurationer. Valget af foreløbige scenarier blev truffet af projektgruppen og konfirmeret af styregruppen 28. januar 2022 med et ønske om at få testet forskellige løsninger med væsentlige forskelle i tunnelængder, -placering og -tilslutninger. Projektgruppen og rådgiver foretog valget ud fra:

- > De indledende vurderinger af rutebundter på strækningen, som gav indikationer på andele af gennemkørende trafik og lokal trafik
- > Viden om trafikmængder på vejnettet, som generelt indikerer behov for trafikveje
- > Viden om kommunernes vejklasser nu og fremover, blandt andet via et arbejdsmøde med repræsentanter for Frederiksberg Kommunes forvaltning
- > Indledende vurderinger af anlægstekniske muligheder og barrierer.

E.1.1 Fælles for alle fire projektscenarier

For alle fire foreløbige trafikscenarier (se figur 7-25) blev anvendt følgende fælles forudsætninger:

- > Hastighed i tunnel er efter aftale med kommunen sat til 50 km/t
- > Antal kørespor i tunnel er sat til 3 spor i hver retning for hermed at få belyst, hvad der "maksimalt" vil kunne komme i tunnel uden, at kapaciteten i selve tunnelen påvirker det
- > Hastighed på tilbageværende vej på overfladen er sat til 40 km/t
- > Antal af kørespor er reduceret til ét spor i hver retning på tilbageværende vej på overfladen
- > Krydsløsninger på tilbageværende vej på overfladen: Antallet af ligeudkørende spor er reduceret som på strækninger. Svingbaner er bibeholdt eller justeret ud fra modeltekniske behov i forhold til, at der kun er ét ligeudkørende spor i hver retning.

I denne fase er **ikke** arbejdet med alternative udformninger af den tilbageværende vej på overfladen. Man kan i de endelige løsningsforslag forestille sig f.eks. lokale vejlukninger, ensretninger eller meget lave hastigheder.

E.1.2 B2 – lang tunnel mellem øst for Borups Plads og vest for Ved Stadsgraven

For dette scenarie blev anvendt følgende supplerende forudsætninger:

- > Tunnelens vestlige start er lige øst for krydset med Borups Plads
- > Tunnellens vestvendte ramper ved Søgaderne er tæt på krydset med Søgaderne
- > Tunnellens østvendte ramper ved Søgaderne er placeret øst for Vesterbrogade. Det skyldes, at det på tidspunktet for opstilling af projektscenariet var tvivlsomt om de anlægstekniske forhold ville muliggøre østvendte ramper tæt på søerne. Udfordringen var, hvordan en tunnel kunne passere under Boulevardbanen (dvs. relativt dybt) og samtidig muliggøre en tilslutning mellem tunnel og overfladen med en max hældningsprocent, der lever op til vejreglerne.
- > Strækningen på overfladen mellem Søgaderne og Vesterbrogade er derfor valgt uændret i forhold til basis situation med hensyn til kapacitetsforhold - antal kørespor og svingbaner.
- > Tunnellens østlige start er tæt på Ved Stadsgraven (lige vest herfor). På grund af tunnelens behov for at ligge ret dybt under havneløbet blev det ud fra anlægstekniske forhold på tidspunktet for opstilling af projektscenariet vurderet, at det ikke ville være muligt at nå op på Amagersiden

før Ørestads Boulevard og derfor muliggør dette scenarie ikke direkte adgang mellem tunnel og Ørestads Boulevard. Efter screening af de anlægstekniske forhold blev det efterfølgende vurderet, at tunnelen vil kunne afsluttes og give adgang til Ørestads Boulevard. Det blev derfor indtænkt i de efterfølgende hovedløsninger.

E.1.3 B4 - lang tunnel mellem øst for Borups Plads og vest for Ved Stadsgraven

For dette scenarie blev anvendt følgende supplerende forudsætninger i forhold til scenarie B2:

- > Suppleret med en fuld tilslutning ved Bülowvej, hvor der er samme mulige svingbevægelser som i dag.

E.1.4 C – Kort tunnel mellem øst for Borups Plads og vest for Søgaderne

For dette scenarie blev anvendt følgende supplerende forudsætninger i forhold til scenarie B2:

- > På strækning mellem Borups Plads og søerne er det samme løsning som i B2. Ved søerne afsluttes tunnelen og kommer op på overfladen som ramper svarende til løsningen i B2.

E.1.5 C1 –Mellemlang tunnel mellem øst for Borups Plads og vest for Rysensteensgade

For dette scenarie blev anvendt følgende supplerende forudsætninger i forhold til scenarie B2:

- > På strækning mellem Borups Plads og østsiden af Vesterbrogade er det samme løsning som i B2. Tunnelen afsluttes med ramper vest for kryds med Rysensteensgade, hvor der er samme tilslutningsmuligheder som i dag.

E.2 Resultater af modelberegninger

Testberegningerne betragtes som mellemregninger, der sammen med overvejelser om anlægstekniske bindinger og byrumsforhold benyttes til at opstille de reelle projektforslag (se kapitel 5). Derfor blev der som nævnt ovenfor kun gennemført beregninger for biltrafik, da disse var tilstrækkelige som bidrag til at afklare valg af hovedløsninger. De fire scenarier illustrerer et spænd med forskelle i valg af tunnellængde og antal tilslutninger. Centralt er derfor at vurdere følgende hovedemner:

- > Forskelle i trafikmængder i tunnel og på overfladevejen
- > Kapacitetsudnyttelse på delstrækninger i tunnelscenarier
- > Trafik på tilslutninger til tunnelen
- > Væsentlige trafikale ændringer på øvrige overordnede veje

Vurdering af hvert af disse emner er i de følgende afsnit.

E.2.1 Forskelle i trafikmængder i tunnelen og på overfladevejen

De fire tabeller tabel 7-2 til tabel 7-4 viser, for hvert projektscenarie, modellens beregnede hverdagsdøgntrafik i henholdsvis tunnel og vejen på overfladen i forhold til trafikken på strækningen uden en tunnelloøsning (Basis). Da projektscenarierne ikke er forsøgt optimeret med hensyn til udformning af kryds på strækningen eller eventuelle justeringer af tilsluttende veje mv, så kan der blandt resultaterne være trafiktal, som ikke umiddelbart virker logiske. Desuden skal man ikke overvurdere betydningen af små ændringer og variationer i trafiktal, som kan være tilfældige. Endelig blev modelberegningerne gennemført uden en efterspørgselsberegning, som evt. ville kunne føre til en beregnet overflytning mellem de forskellige transportmidler. På dette tidspunkt i processen blev det vurderet, at det vigtigste var at få et overblik over væsentlige effekter for biltrafikken.

Med ovenstående i baghovedet viser resultaterne overordnet disse tendenser:

- > I de to lange tunnelscenarier B2 og B4 samt det mellemlange C1 scenarie *tiltrækker stækningen (summen af tunnel og vej på overfladen) mere biltrafik på næsten alle delstrækninger end i basisituationen*. Årsagerne kan være flere. Det er sandsynligt, at tunnelen tiltrækker overordnet trafik fra andre ruter (se senere afsnit om trafik på andre ruter) og lokal trafik eller øvrig trafik, der skal benytte tilslutningsveje, som ikke er i tunnelen, findes stadig på overfladen, da vi ikke har begrænset adgangsforhold til disse veje. Tunnel i det korte scenarie C tiltrækker færrest biler (for lille tidsgevinst til, at ruten bliver attraktiv i forhold til andre ruter) og samtidig betyder kapacitetsreduktioner på overfladevejen tilsyneladende, at også lokal biltrafik vælger andre veje, f.eks. Rosenørns Allé. Endelig bliver krydset ved søerne stort og komplekst med stor forsinkelse, som tunneltrafikanter undgår med de længere tunneller.
- > På tunnelstrækninger *på Nørrebro / Frederiksberg har B2 og B4 mere trafik end strækningen har i basis*. Det indikerer, at langt den største del her er gennemkørende trafik og, at den tiltrukne trafik fra øvrige ruter giver udslag her. I C1 og især C (kort tunnel) er der på disse strækninger tilsyneladende mindre overflytning fra andre ruter og i det hele taget bliver mindre trafik tiltrukket til at bruge tunnelen, som nævnt ovenfor.
- > På tunnelstrækningen *i Indre By (mellem søerne og Langebro) har tunnelen i alle tre scenarier væsentlig mindre trafik end strækningen i basis*. Det er logisk, da en større andel af trafikken på denne strækning har mål langs strækningen og derfor ikke har fordel af at benytte tunnelen. Trods alt har tunnelen trafikmængder på over 60 procent af trafikken på strækningen i basis.
- > Den lange tunnel i B2 og B4 *på tværs af havneløbet tiltrækker næsten samme trafik, som er over Langebro i basis*.
- > Tunnelen i B4 *tiltrækker ikke overraskende de største trafikmængder på alle delstrækninger*. Det skyldes både, at den overordnede trafik tiltrækkes og, at den i forhold til B2 desuden tilbyder adgang til lokalområder på Nørrebro og Frederiksberg.
- > Strækningen *på overfladen aflastes væsentligt på alle delstrækninger med tunnel i alle scenarier - især på Nørrebro / Frederiksberg*. Her har overfladestrækningen i f.eks. B4 kun mellem 11 og 25 procent af den trafikmængde, som beregnes for basis.
- > Strækningen *på overfladen i Indre By aflastes i mindre grad, men dog er den på max 75 procent af trafikken i basis*. Delstrækningen øst for de østvendte ramper ved Vesterbrogade har en væsentlig større aflastning. Det indikerer, at der måske kan tiltrækkes mere trafik fra overfladen mellem søerne og Vesterbrogade, hvis disse ramper i stedet kunne placeres lige øst for søerne. Dog er krydset ved søgaderne meget trafikalt belastet, og kapaciteten her kan få stor betydning for, hvor mange, der tiltrækkes. Resultatet indikerer også, at i "virkeligheden" ville nogle bilister måske vælge andre veje, da overfladevejens 2 * 1 kørsel sandsynligvis vil give dårlig afvikling og store forsinkelser i nogle perioder af døgnet med modellens beregnede trafikmængder.

Tabel 7-2 Beregnet hverdagsdøgntrafik i 2035 i et basisscenarie og i projektscenarie B2 (afrundende tal)

Snit	Basis 2035	Projektscenarie B2		
		Tunnel	Overfladevej	Sum
Borups Plads - Jagtvej	76.300	71.000	20.200	91.200
Jagtvej - Bülowvej	79.100	71.000	19.800	90.800
Bülowvej – Rosenørns Allé	64.600	71.000	11.800	82.800
Sørerne	62.700	39.800	49.300	89.100
Søgaderne - Farimagsgade	61.600	39.800	44.400	84.200
Farimagsgade - Voldgaderne	60.600	39.800	43.300	83.100
Voldgaderne - Vesterbrogade	62.500	39.800	44.100	83.900
Vesterbrogade – Rysensteensgade	69.600	65.100	18.200	83.300
Langebro	77.000	65.100	23.900	89.000
Langebro – Ørestads Boulevard	67.700	65.100	17.000	82.100

Tabel 7-3 Beregnet hverdagsdøgntrafik i 2035 i et basisscenarie og i projektscenarie B4 (afrundende tal)

Snit	Basis 2035	Projektscenarie B4		
		Tunnel	Overfladevej	Sum
Borups Plads - Jagtvej	76.300	85.700	8.500	94.200
Jagtvej - Bülowvej	79.100	85.700	12.300	98.000
Bülowvej – Rosenørns Allé	64.600	73.400	16.400	89.800
Sørerne	62.700	43.800	45.800	89.600
Søgaderne - Farimagsgade	61.600	43.800	42.000	85.800
Farimagsgade - Voldgaderne	60.600	43.800	40.700	84.500
Voldgaderne - Vesterbrogade	62.500	43.800	40.600	84.400
Vesterbrogade – Rysensteensgade	69.600	65.600	17.800	83.400
Langebro	77.000	65.600	23.700	89.300
Langebro – Ørestads Boulevard	67.700	65.600	16.900	82.500

Tabel 7-4 Beregnet hverdagsdøgntrafik i 2035 i et basisscenarie og i projektscenarie C (afrundende tal)

Snit	Basis 2035	Projektscenarie C		
		Tunnel	Overfladevej	Sum
Borups Plads - Jagtvej	76.300	41.400	23.900	65.300
Jagtvej - Bülowssvej	79.100	41.400	24.300	65.700
Bülowssvej – Rosenørns Allé	64.600	41.400	16.700	58.100
Sørerne	62.700	41.400	25.200	66.600
Søgaderne - Farimagsgade	61.600	-	57.400	57.400
Farimagsgade - Voldgaderne	60.600	-	57.700	57.700
Voldgaderne - Vesterbrogade	62.500	-	62.200	62.200
Vesterbrogade – Rysensteensgade	69.600	-	69.700	69.700
Langebros	77.000	-	77.800	77.800
Langebros – Ørestads Boulevard	67.700	-	66.600	66.600

Tabel 7-5 Beregnet hverdagsdøgntrafik i 2035 i et basisscenarie og i projektscenarie C1 (afrundende tal)

Snit	Basis 2035	Projektscenarie C1		
		Tunnel	Overfladevej	Sum
Borups Plads - Jagtvej	76.300	74.500	19.200	93.700
Jagtvej - Bülowssvej	79.100	74.500	18.600	93.100
Bülowssvej – Rosenørns Allé	64.600	74.500	10.800	85.300
Sørerne	62.700	48.300	42.700	91.000
Søgaderne - Farimagsgade	61.600	48.300	38.700	87.000
Farimagsgade - Voldgaderne	60.600	48.300	37.100	85.400
Voldgaderne - Vesterbrogade	62.500	48.300	38.400	86.700
Vesterbrogade – Rysensteensgade	69.600	76.800	14.000	90.800
Langebros	77.000	-	85.900	85.900
Langebros – Ørestads Boulevard	67.700	-	74.000	74.000

E.2.2 Kapacitetsudnyttelse på delstrækninger i tunnelscenarier

I testberegningerne¹² er lavet et simpelt udtræk fra COMPASS, der viser kapacitetsudnyttelse på delstrækninger for hvert scenarie. Disse kapacitetsudnyttelser er primært et teoretisk udtryk for, hvordan sammenhængen er mellem den beregnede trafikmængde og den teoretiske kapacitet på delstrækningen, som igen afhænger af vejtype, skiltet hastighed og antal kørespor.

Det skal pointeres, at trafikanter oplever rejsetider og forsinkelser i virkeligheden skyldes de kryds, som de møder på strækningen. Her opstår de reelle forsinkelser. I denne beregningsrunde er ikke udtrukket samlede rejsetider, blandt andet fordi der ikke er indarbejdet eventuelle justeringer af omløbstider mv i signalkryds. Samtidig er det vigtigt at bemærke, at COMPASS er en strategisk trafikmodel, og selvom der laves justeringer i efterfølgende beregninger, så vil også de være på et indledende niveau. Det vil kræve yderligere kapacitetsvurderinger i eventuelle senere projektfaser for at kunne optimere trafikafviklingen ud fra geometriske og trafikale forhold.

Resultaterne viser, at de største kapacitetsudnyttelser forekommer i morgenspidstimen på Ågade mellem Bispeengbuen og Jagtvej samt i Indre By på H.C. Andersens Boulevard øst for Tietgensgade. Det gælder både i basis på nuværende veje og på tunnelstrækningerne i projektscenarierne. Resultaterne indikerer, at der både med nuværende trafiktal og med den forventede vækst frem til 2035 vil være tilstrækkelig kapacitet på delstrækningerne, hvilket viser, at krydsene bliver afgørende.

Med gennemførelse af tunnelscenarierne viser beregningerne, at kapacitetsudnyttelsen i tunnelen er på samme niveau og måske endda lavere end på strækningen i basis uden tunnel. Det er ikke overraskende, da tunnelen har samme antal kørespor og lavere trafikmængder end strækningen i basissituationen, da ikke alle trafikanter flytter til tunnelen.

Resultaterne viser dermed, at de 2x3 kørespor i tunnelen er tilstrækkelige til at opretholde et relativt højt serviceniveau. En reduktion til 2x2 kørespor vil naturligvis føre til en højere kapacitetsudnyttelse og sandsynligvis også lidt længere beregnede rejsetider. Det kan **ikke** med disse resultater konkluderes, at 2x2 kørespor giver samme (eller et rimeligt) serviceniveau for trafikanter i tunnelen eller om 2x2 kørespor vil føre til, at færre vælger tunnelen i stedet for andre ruter. Umiddelbart skønnes efter disse indledende testberegninger, at 2x2 kørespor vil kunne give et rimeligt serviceniveau. Eventuelle forsinkelser/kapacitetsproblemer vil sandsynligvis opstå i kryds ved rampetilslutninger og i enderne af tunnelen førend kapacitetsgrænsen nås på tunnelstrækningerne.

E.2.3 Trafik på tilslutninger (ramp) til tunnelen

Scenarierne B2 og B4 har samme tunnellængde, men B4 har en ekstra rampetilslutning ved Bülowsvej ud for Indre Nørrebro / Frederiksberg. Den ekstra tilslutning tiltrækker ifølge modelberegningerne ca. 12.400 – 12.800 biler til og fra de vestvendte ramper, se figur 7-26. Det er ikke analyseret nærmere, men en stor andel af disse biler vurderes at køre til og fra nærområdet på Frederiksberg og Nørrebro. Bilister til eller fra Indre By kan benytte de vestvendte ramper ved søerne (Gyldenløvesgade). Trafikken på de to vestvendte ramper udgør knap 30 procent af trafikken i tunnelen vest for Bülowsvej.

De østvendte ramper ved Bülowsvej vurderes primært at betjene trafik mellem Frederiksberg/Nørrebro på den ene side og Indre By/nordlige dele af københavnsområdet/Amager på den anden side.

¹² Det skal også påpeges, at testberegningerne ikke er fulde beregninger med efterspørgselsberegning. En sådan beregning skønnes at ville føre til en (lidt) større overflytning til tunnelen fra andre ruter.

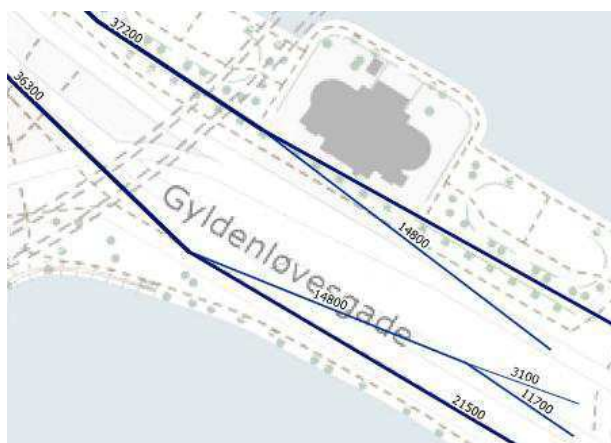
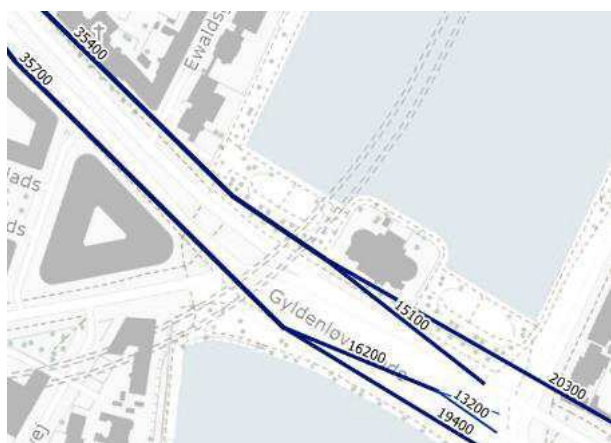
Disse ramper har i forhold til de vestvendte ramper ca. halvt så stor en trafikmængde, ca. 6.500 biler på hver af ramperne. Trafikken på de østvendte ramper udgør ca. 18 procent af trafikken i tunnelen øst for Bülowvej.

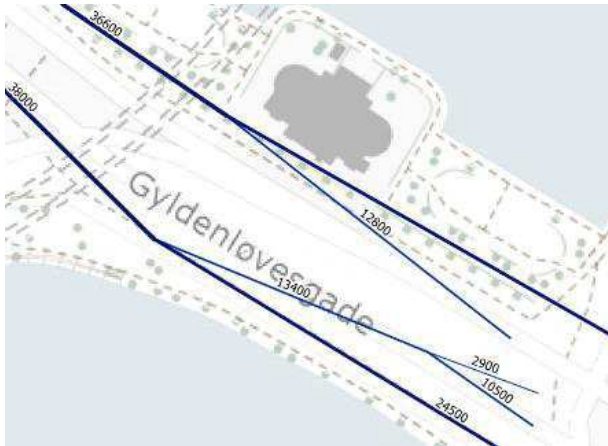


Figur 7-26 Trafik i tunnelen og på ramper ved Bülowvej i scenarie B4 (hverdagsdøgnetrafik 2035).

De vestvendte ramper ved søerne (Gyldenløvesgade) findes i scenarie B2, B4 og C1. I scenarie C afsluttes tunnelen ved søerne. Ramperne i de tre scenarier tiltrækker mest trafik i scenarie B2 og mindst i scenarie C1, se figur 7-27. Forskellene er relativt små med et spænd fra 16.200 til 12.800 køretøjer på de enkelte ramper.

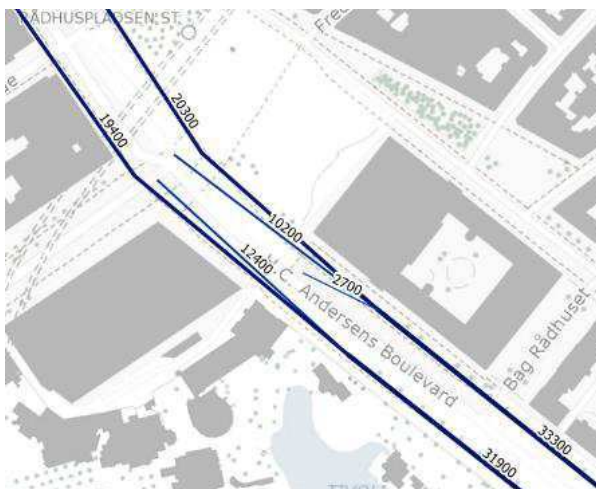
Forskellene mellem B2 og B4 skyldes sandsynligvis, at nogle relativt få trafikanter i B4 løsningen i stedet benytter ramperne ved Bülowvej, hvilket indikeres af de lidt større trafikmængder i tunnelen vest for ramperne i B4. Forskellene i rampetrafik mellem de to B scenarier og C1 skyldes sandsynligvis forskellige valg blandt trafikanter med mål langs ruten og måske tilfældige udsving på grund af zoneophæng ved kryds mv. Trafikken på ramperne udgør mellem 35 og 44 procent (mest i B2) af trafikken i tunnelen vest for ramperne og mellem 54 og 79 procent (mest i B2) øst for ramperne. Ramperne spiller dermed en stor rolle for den samlede trafik i tunnelen.

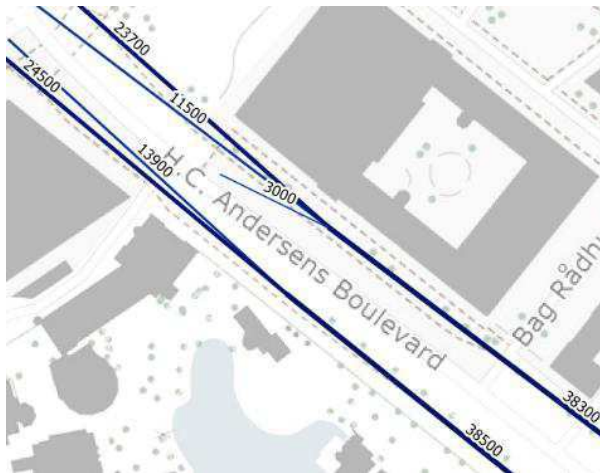




Figur 7-27 Trafik i tunnelen og på ramper ved Gyldenløvesgade (søerne) i - fra venstre mod højre - scenarie B2 og B4 samt nederst C1 (hverdagsdøgntrafik 2035).

De østvendte ramper ved Vesterbrogade findes også i scenarie B2, B4 og C1. Ramperne i de tre scenarier tiltrækker mest trafik i scenarie C1 og mindst i scenarie B2, se Figur 7-28. Forskellene er også her relativt små med et spænd fra 14.500 til 10.600 køretøjer på de enkelte ramper. Det skyldes sandsynligvis forskelle i rutevalg på grund af f.eks. ramperne ved Bülowsvej i B4, men kan også være tilfældige udsving på grund af den ret simpelt opbyggede model med hensyn til krydsløsninger og evt. zoneophæng. Trafikken på ramperne udgør mellem 50 og 64 procent af trafikken i tunnelen vest for ramperne og mellem 33 og 39 procent øst for ramperne. Disse ramper spiller dermed også en stor rolle for den samlede trafik i tunnelen.

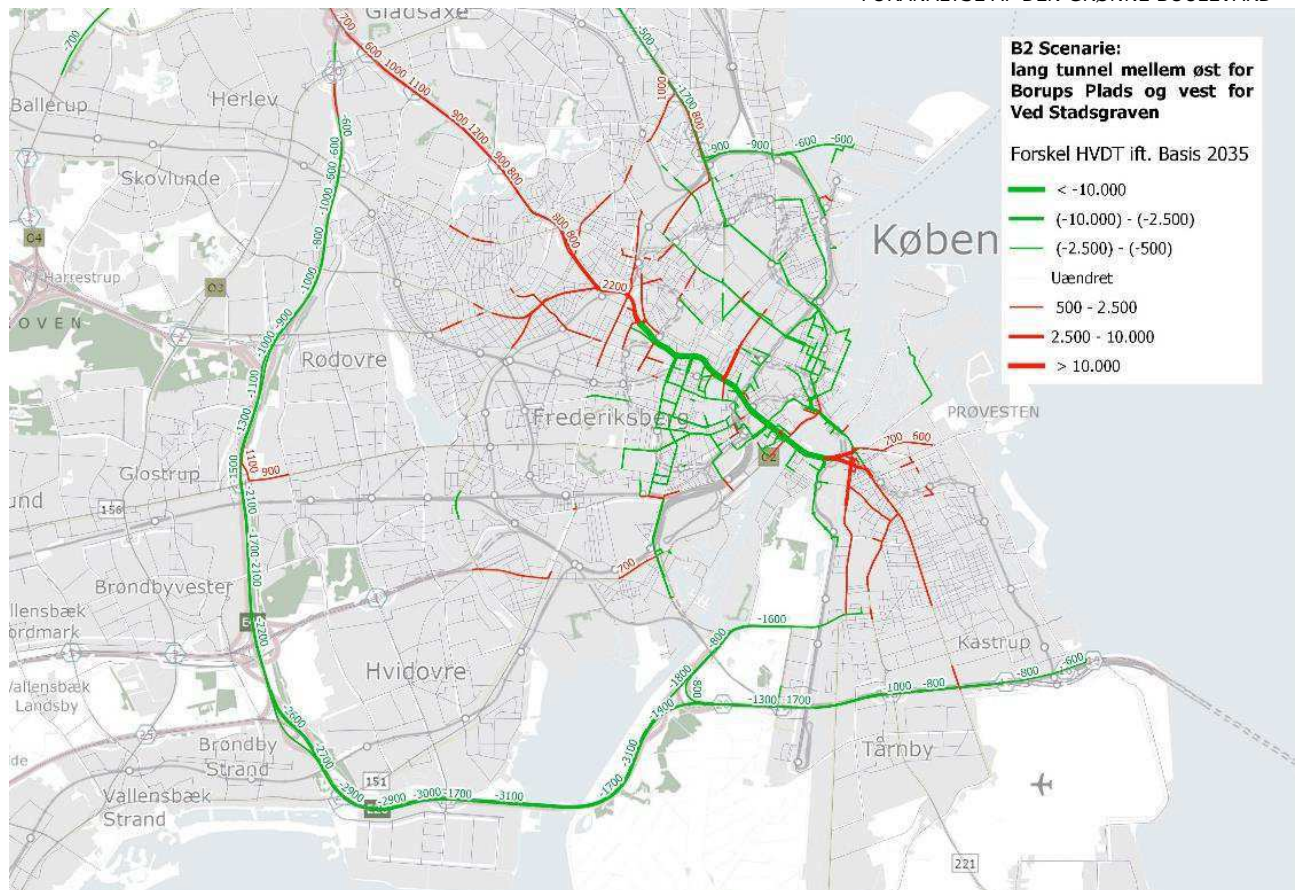




Figur 7-28 Trafik i tunnelen og på ramper ved Vesterbrogade i - fra venstre mod højre – scenarie B2 og B4 samt nederst C1 (hverdagsdøgntrafik 2035).

E.2.4 Væsentlige trafikale ændringer på øvrige overordnede veje

Alle fire beregnede projektscenarier tiltrækker trafik fra andre ruter, f.eks. fra Motorring 3 og Ring 2 til Indre By. Det betyder til gengæld, at Hillerød motorvejen i den vestlige forlængelse af strækningen og Amagerbrogade m.fl. på Amager i den østlige forlængelse af strækningen får en øget trafik. Nedenfor er det illustreret som eksempel for scenarie B2, se figur 7-29.



Figur 7-29 Forskelle i trafikmængder på overfladen mellem basis 2035 og projektscenarie B2. For projektstrækningen er kun vist ændringer på overfladevejen – derfor ses en væsentlig reduktion.

Bilag F Anlægsoverslag

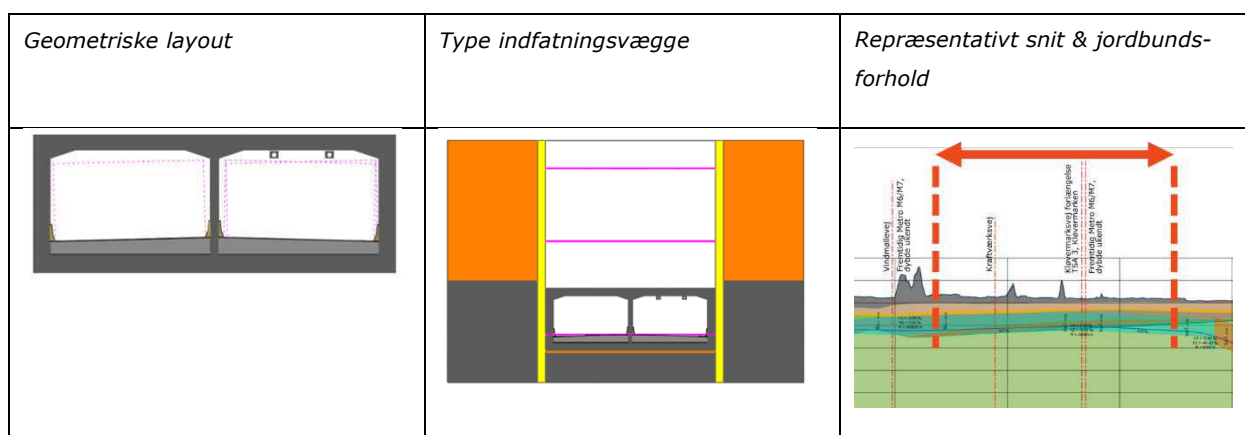
F.1 Enterprisearbejder

Enterprisearbejderne er baseret på fysikestimat (mængder x enhedspriser) hvor disse har kunne fremskaffes. Dette inkluderer også nødvendige foranstaltninger som form-arbejde, transport af beton, forarbejdning af armering.

Hvor disse ikke har kunne fremskaffes pga. arbejdes specielle karakter, er der anvendt referencepriser fra relevante projekter.

F.1.1 Fysikestimat

Fysikestimatet er etableret ved at beregne mængderne i repræsentative snit og efterfølgende gange op med længden, som snittet repræsenterer – se figur 7-30



Figur 7-30 Beregning af mængder i repræsentativt snit ganget med længden snittet repræsenterer

Enhedspriserne er baseret på erfaringspriser for tilsvarende anlægsprojekter, samt for borede tunneler ekstrapolerede fra erfaringstal fra tilsvarende projekter.

Figur 7-31 viser skematisk, hvordan fysikestimat er udregnet. Mængderne er fundet ved at beregne mængderne i repræsentative snit for tunnelen og gange op med længden, som snittet repræsenterer.



Figur 7-31 Skematisk overblik over udarbejdelse af fysik estimat

Fysikestimatet inkluderer følgende underposter:

- > Pris for konstruktioner

- > Pris for udgravning
- > Pris for tilbagefyld og samlinger (sænketunnel)
- > Pris for for-klassificering af jord og bortskaffelse af jord
- > Midlertidig grundvandssænkning under byggefasen
- > Installation, vejbelægning og udstyr i tunnelen inkl. afvanding af tunnel ramper (vandtågeanlæg inkluderet)

F.2 Tillæg til Enterprisearbejder

Følgende tillæg er vurderet for hver linjeføring:

- > Grundvandshåndtering
- > Ventilationstårne
- > Kontrolcenter
- > Betalingsanlæg
- > Daglysskærme
- > Ventilationsnicher
- > Pumpesumpe (boret tunnel)
- > For-klassificering af jord.

F.3 Forberedende aktiviteter

De forberedende aktiviteter dækker:

- > Arkæologiske undersøgelser
- > Ammunitionsrydning
- > Afværgeforanstaltninger miljø
- > Ledingsomlægninger (HOFOR og øvrige større ledninger)
- > Arealerhvervelse

Disse er estimeret af Vejdirektoratet og øvrige eksterne parter, men inkluderet i overslaget for fuldstændighedens skyld.

F.4 Jordhåndtering

Jordhåndtering påvirker flere forskellige poster i Fysikoverslaget:

- > For-klassificering af jord
- > Udgravning
- > Bortskaffelse

Jordens kvalitet skal dokumenteres førend bortskaffelse. I henhold til jordflytningsbekendtgørelse skal forurenede jord beskrives baseret på analyser inden bortskaffelse, så derfor er det hensigtsmæssigt at forklassificere jorden på de strækninger, hvor der laves cut & cover og ramper. Alternativt kan jorden bortkøres til kartering, dvs. bortkørsel til en godkendt jordmodtager, der udtager de nødvendige analyser, men det vil medføre ekstra håndtering, da slutdisponeringsstedet for jorden vil afhænge af analyseresultaterne. Der er desuden risiko for at ren og forurenede jord sammenblandes, så det hele må kategoriseres som forurenede.

Hvis jorden er forklassificeret inden opgravningsarbejdet påbegyndes er der således bedre muligheder for at sortere jorden efter forureningskategori samt ikke mindst ren jord. Forklassificering er normalt den billigste måde at dokumentere jordens forureningsgrad på.

Forklassificeringen vil ofte først blive udført på det tidspunkt, hvor arealet er blevet overdraget til projektet afhængig af hvad arealet anvendes til. Det skyldes at man f.eks. kan have vanskeligt ved at afspærre en vej i drift for at udføre forklassificeringen.

Når man kommer til den fase i projektet, hvor der udføres geotekniske forundersøgelser, bør der udtages miljøprøver til analyse fra de geotekniske borer (både jord og vand). Det kan bidrage til at give en indikation på evt. ændring af den fordeling vi indledningsvis har lavet for ren, lettere forurennet og forurennet jord. Revisionen kan selvfølgelig gå begge veje.

Forenklet beskrevet kan jorden dokumenteres på 3 forskellige måder/tidspunkter:

- 10 Forklassificering (boreundersøgelse, prøvetagning og analyse af jorden på forhånd, når arealer stilles til rådighed)
- 11 Prøvetagning og analyse af jorden, når den udgraves, jorden oplægges på byggepladsen og prøver udtages inden bortskaffelse
- 12 Prøvetagning og analyse af jorden på eksternt anlæg, også kaldet kartering. I dette anlægsoverslag er det antaget at jorden som udgangspunkt dokumenteres ved forklassificering.

Der er i lovgivningen og kommunernes regler for jordhåndtering relativt faste rammer for håndtering og dokumentation af jord. Det er dog muligt at tilpasse dokumentationsgraden til et konkret projekt, specielt hvis der udarbejdes en særlig plan for jordhåndteringen. Det kan f.eks. dreje sig om, at projektet genanvender en del af jorden (nyttiggørelse) og at dokumentationsgraden i den forbindelse (f.eks. antal af analyserede jordprøver) reduceres. Det vil være muligt at optimere udgifterne til jordhåndtering ved sådanne tiltag, samtidig med der også kan ske en miljømæssig optimering af jordhåndteringen. Det er vigtigt fortsat at arbejde med planlægning af jordhåndtering i projektets videre fremdrift.

Anlægsoverslagets beregninger vedr. jordhåndtering er baseret på en række forudsætninger, som kort beskrives:

- > Jorden dokumenteres (forklassificeres) med 1 prøve pr. 30 t jord. Der ses relativt ofte anvendt en dokumentationsgrad på 1 prøve pr. 120 t, og denne kan formentlig også anvendes i dette projekt for en del af jorden. Det er valgt udelukkende at regne med 1 prøve pr. 30 t, bl.a. fordi denne dokumentationsgrad giver færrest begrænsninger i mulighederne for at håndtere jorden.
- > I områdeklassificerede arealer er der regnet med dokumentation af et gennemsnitligt fyldlag på 4 m samt af toppen af intaktjorden. Det forudsættes, at der ikke vil være behov for yderligere dokumentation af underliggende intaktjord, dog undtaget hvor grundvandet er forurennet.
- > På kortlagte arealer regnes med dokumentation af al jord, der skal opgraves og håndteres, dvs. i hele gravedybden inkl. intaktjord. De kortlagte arealer udgør mere end halvdelen af landstrækningen for visse alternativer.

- > Der er regnet med analyse af jordprøverne ved standardjordpakken (olieforbindelser, tjærestoffer (PAH) og tungmetallerne bly, zink, kobber og cadmium) vel vidende at der på en række forurenede grunde også vil skulle analyseres for andre forureningsstoffer. Den anvendte analysepris vil kunne dække en væsentlig udgift til analyse også for andre forureningsstoffer.
- > Jord fra lag, hvor grundvandet er forurenet, skal dokumenteres svarende til anden jord. Der vil ofte være sammenfald mellem de kortlagte grunde og grundvandsforurenede områder, hvor jorden under alle omstændigheder bliver dokumenteret i hele gravedybden. Der er i overslaget ikke regnet med dokumentation af dybereliggende jord udenfor kortlagte arealer, selvom der kan være arealer, der ikke er kortlagt, hvor der findes grundvandsforurening. Der er dog regnet med dokumentation af al tunnelmuck uanset om der er tale om kortlagt eller områdeklassificeret areal.
- > Der er regnet med, at tunnelmuck dokumenteres inden den forlader arbejdspladsen, men ikke ved forklassificering.
- > Der er ikke skelnet mellem dokumentationsgraden for jord, der genanvendes i projektet, og jord der bortskaffes til eksternt modtager.
- > Der er for materialer fra havnen og Øresund regnet med dokumentation af de øvre lag i et omfang, som foreskrives af reglerne for håndtering af havbundsmaterialer og sediment fra hav og havne. Der er ikke regnet med, at der er behov for andet end dokumentation af de øvre lag.

F.5 Andre bygherreomkostninger (Projektering, Tilsyn og Administration)

Andre bygherreomkostninger (PTA) er estimeret af Vejdirektoratet og udgør 14% af det samlede anlægsoverslag¹³.

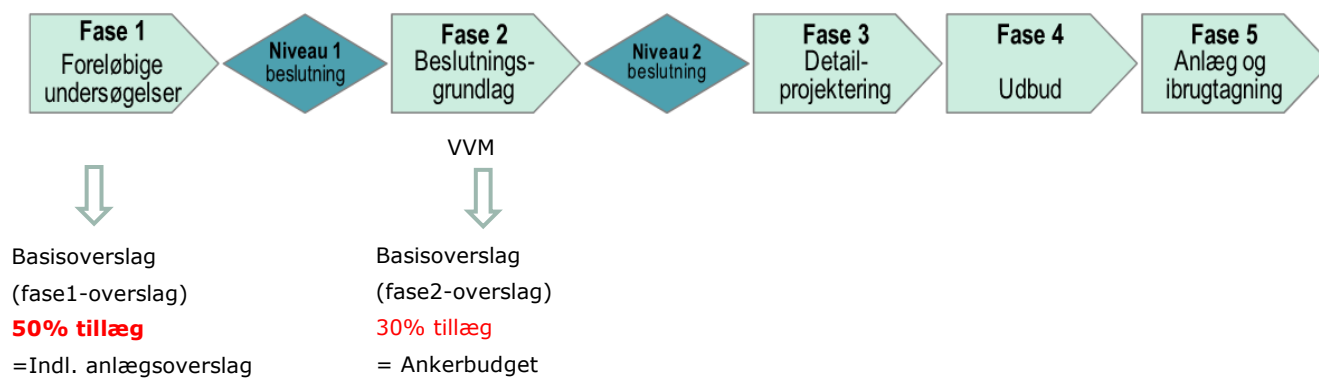
Det er fordelt på:

- | | |
|-----------------------------------|----|
| > Projektledelse og kommunikation | 3% |
| > Projektering (inkl. geoteknik) | 4% |
| > Tilsyn | 3% |
| > Administration | 4% |

F.6 Korrektionstillæg for Totalbevilling

Fysikestimatet tillægges generelt et korrektionstillæg på 50% i henhold til princip angivet i Ny anlægsbudgettering, se figur 7-32, idet projektstadiet svarer til fase 1.

¹³ VD udgør PTA som en procent af totalen, og denne metode er anvendt her. Andre offentlige instanser definerer PTA som et procenttillæg.



Figur 7-32 Faseopdeling som angivet i Ny anlægsbudgettering fra Transport, Bygnings- og Boligministeriet

Bilag G Anlægsplanlægning

Det er lavet en indledende vurdering af en mulig anlægsproces, som skal revurderes i de kommende faser, når projektet udvikles yderligere.

Den totale varighed kræver en nærmere vurdering af anlægsplanen, herunder om delstrækninger med cut & cover må anlægges af to omgange for at tillade en vis trafikafvikling på delstrækninger. Det afhænger også af, om der arbejdes på alle delstrækningerne parallelt, eller om man vælger at faseopdele arbejdet. Dette er igen et samspil med at sikre at afvikling af trafikken i perioden kan ske via parallelveje, eller hvis ikke – hvor meget plads der skal reserveres til trafikken. Denne analyse er ret omfattende og er ikke lavet her i fase 1.2.

Der er i nærværende fase kun etableret et overordnet estimat for de enkelte arbejder.

G.1 Arbejdstider

Der er antaget følgende arbejdstider:

- > Boret tunnel: 24/7 (døgndrift); dog med 6 dags boring og 1 dags vedligehold på TBM og andet materiel.
- > Øvrige anlægsarbejder: 7-19 på mandag til lørdag

G.2 Fremdriftsrater

Der er anvendt nedenstående fremdriftsrater baseret på erfaringer fra øvrige danske og internationale projekter.

G.3 Cut & cover tunnel

- > Ledningsomlægninger: ca. 6 mdr. pr km
- > Etablering af byggegrube: ca. 6 mdr. pr km
- > Støbning af tunnel (bottom up): ca. 2 år pr km
- > Støbning af tunnel vægge og tag (top down): ca. 0.75 år pr km
- > Udgravning af tunnel og støbning under topplade (top down): ca. 1.75 år pr km
- > Reetablering af arealer ovenpå tunnel: ca. 3 mdr. pr km.
- > Arbejderne vil typisk blive lavet sekventielt med forskudt start og 1km C&C tunnel (bottom-up) kan etableres på ca. 3 år.

G.4 TBM

- > Løbende fremdrift: ca. 200 m pr måned.¹⁴
- > Passage af et kammer (NATM el C&C) på 500 m længde: ca. 3 mdr.

¹⁴ 200m pr måned betragtes som et fornuftigt let konservativt estimat. Til brug for anlægsbudgettering anvendes en højere fremdrift på 275 m pr måned da dette betragtes som et centralt estimat og en lavere fremdrift håndteres via risikologgen.

- > Montering hhv. Demontering af en TBM: ca. 4-5 måneder

G.5 Apterling og test af tunnel

Apterling og test af tunnelen vurderes at tage ca. 1½ år.

Bilag H Sikkerhedskoncept

H.1 Generelt

Kørsel i tunneler vil indeholde forhøjede risici i forhold til kørsel på en åben vej, medmindre et antal sikkerhedsforanstaltninger etableres. Ved tidligt at identificere, vurdere og adressere disse risici kan man fastlægge et overordnet sikkerhedskoncept, der skal sikre, at den forhøjede risiko er nedbragt (mitigeret) til et acceptabelt niveau og at eventuel restrisiko er håndteret på den ene eller anden måde (udstyr, procedurer for drift og indsats).

Dette beskrives i et sikkerhedskoncept. Sikkerhedskonceptet adresserer temaer som personsikkerhed, drift, brand, evakuering, farligt gods, tilslutningsanlæg, nødsfor, kødannelser og tilgængelighed og risikovurderingen.

Risikoanalysen og mitigeringen vil resultere i en række tekniske installationer samt sikkerheds- og operationsplaner for redningstjenester og operatører. I forhold til de fysiske begrænsninger i tunnelen vil især tunnelventilationssystemet, evt. nødsfor samt flugtveje og evakueringsstrategi være væsentlige, derfor er det særligt vigtigt at afdække behov for disse i et indledende stade relateret til en given konfiguration af trafik anlægget.

Myndighedsansvaret i Danmark er opdelt som følger:

- > Politiet
 - > Retsplejeloven - sikkerhed, løse politiopgaver i øvrigt
 - > Beredskabsloven - koordinerende ledelse, evakuering, varsling
- > Redningsberedskabet
 - > Beredskabsloven - forebygge, begrænse og afhjælpe skader på personer, ejendom og miljø
- > Kommune
 - > Byggesagsbehandling

I Danmark er den etablerede proces for dette at gennemgå projektet og i fællesskab med myndighederne at udarbejde en SURR¹⁵ plan. Denne gennemgår for en vej tunnel:

- > Konstruktioner og anlæg (tilgængelighed, flugtveje mm.)
- > Installationer (belysning, ventilation, afvanding Installationer mm.)
- > Overvågningsudstyr (trafik, forurening, luftkvalitet, brand mm.)
- > Kommunikationsanlæg (radio, telefon, dataoverførsel)
- > Omladning af trafik (afspærring, dobbeltrettet trafik).

I det følgende vil vi kort adressere et par emner som typisk er helt centrale og som kan påvirke tunnelanlæggets udformning og anlægsøkonomi.

¹⁵ SURR: Sikkerhed, Uheld, Redning, Rydning

H.2 Ventilation

Formålet med ventilation af en vejttunnel er todelt:

- > At sikre at der er tilstrækkelig frisk luft for tunnel brugere pga. køretøjernes emissioner (CO, NO_x, VOC og partikler)
- > At kontrollere røggasser i tilfælde af en brand, således at tunnelens brugere kan evakueres sikkert og redningstjenester kan komme frem til branden.

Ventilation af tunneler håndteres enten via længdeventilation, hvor selve tunnelrøret anvendes som ventilationskanal, eller som transvers ventilation med store ventilationskanaler som løber på langs i tunnelrøret, eller som en kombination af disse.

I tilfælde at der kun etableres længdeventilationen, stiller det bl.a. følgende krav til anvendelsen af tunnelen:

- > Der skal være ensrettet trafik
- > Der må generelt ikke være risiko for kødannelser i tunnelen.

Grunden til dette er, at hvis der skulle opstå en brand i tunnelen, så skal der være mulighed for at trafikken foran branden frit kan forlade tunnelen, således at der ikke vil være køretøjer fanget i røggassen. Figur 7-33 og figur 7-34 viser principperne ved røggashåndteringen ved henholdsvis langsgående- og transversventilation.



Figur 7-33 Røggashåndtering ved langsgående ventilation – Røgen blæses ud af vejttunnelen i trafikens retning. Personer opstrøms brand er sikret da der her er røgfrit, men zonen nedenstrøms for brand vil være røgfylt og denne zone skal derfor relativt hurtigt tømmes for trafik.

Semi-transvers ventilation holder røgen under loftet så personer kan flygte nedenunder. Dette kræver store udsugningskanaler og af praktiske årsager dimensioneres kanaler normalt kun for røg for brande op til 50 MW. Evakueringen skal derfor være afsluttet inden brand bliver for stor, da selv lastbiler uden farligt gods kan nå 100 MW.



Figur 7-34 Røggashåndtering ved udsugning (semi-transvers ventilation) – Røgen suges væk fra vejttunnelen og op i en kanal. Personer på begge sider af brand vil være i sikkerhed.

Langsgående ventilation kan ofte anvendes kombineret med moderne ITS (Intelligent Trafik Styring), hvor man har mulighed for at kontrollere trafik separat over kortere tunnel sektioner og lukke for tilkørsel / aflede trafik langs strækningen samt med øget antal flugtveje og andre tiltag.

I forundersøgelsen for Østlig Ringvej blev det vurderet, at der langs hele strækningen skulle være adgang til et sikkert område i form af det modsatte trafikrør (via dør eller tværtunnel) og via ramperne eller alternativt trappetårne som fører ned under vejbanen. Det er p.t. vurderingen, at man for tunnelen under Den Grønne Boulevard vil kunne nøjes med langsgående ventilation.

Ved langsgående ventilation vokser forureningskoncentration stort set lineært gennem en tunnel. Uacceptable forureningskoncentrationer i tunnel eller i nærområdet udenfor portaler og afkørselsramper skal undgås. Derfor vil ventilationstårne blive placeret langs linjeføringen ved portaler og tilslutningsanlæg. Tårnene anvendes til udskiftning af luft i tunnel samt til at fortynde den udsugede tunnelluft over et større område. Ventilationstårnene har en højde på ca. 15m over terræn. Antallet af ventilationstårne varierer fra 4-6 stk. for de forskellige alternativer.

Ventilationstårne kan designes på mange måder – et par eksempler er givet i figur 7-35 og figur 7-36

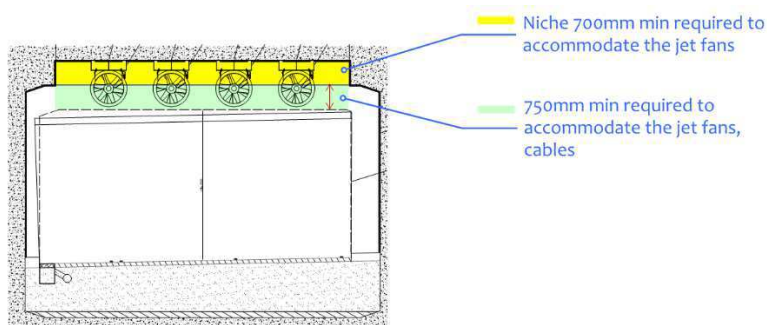


Figur 7-35 Ventilationstårn i glas, Södra Länken Stockholm, Sverige



Figur 7-36 Ventilationstårn med udvendig træbeklædning (beton indvendig), Norra Länken, Sverige

Der laves nicher i tunnelen ca. per 100m til langsgående ventilation jet fans. Nicherne skal have en længde på ca. 10-15m (i langsgående retning). Det betyder at tunneltværsnittet her bliver højere end standardtværsnittet, se Figur 7-37.



Figur 7-37 Ventilations-nicher til langsgående ventilation

H.3 Nødspor / nødnicher

Basisscenariet er valgt uden nødspor og uden nødnicher.

Der er ikke noget krav om nødspor eller nødnicher i tunnelen. EU reglerne henviser alene til, at i tilfælde af dobbeltrettet trafik i et 2-spors tunnelrør vil der være krav om nødnicher ("laybays") i begge sider af røret, således at et nedbrudt køretøj kan bugseres til nødnichen og dermed ikke obstruere trafikken.

I og med at der kun er til og frakørsler mod højre og at trafikken kører i to separate tunnelrør, er det ikke muligt at lede den modkørende trafik over i ét rør under en evt. vedligeholdelse af et tunnelrør. Af denne grund kan der ikke opstå drift med dobbeltrettet trafik og der er ikke krav om nødnicher i tunnelen til havarerede køretøjer.

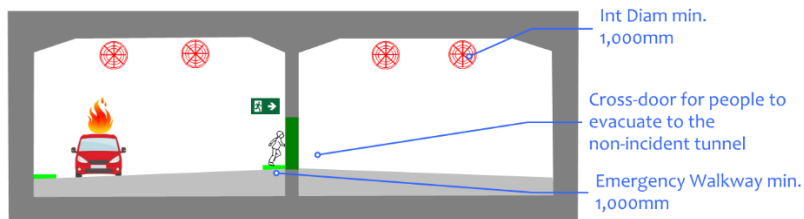
Dog kan driften af tunnelen blive påvirket af valget af et tosporet tværsnit uden nødspor i relation til et tosporet tværsnit med nødspor. Typiske hændelser som punktering, tom brændstoftank eller tabt gods vil have en større påvirkning end i tilfælde, hvor man også havde et nødspor. Der kan også være en forhøjet risiko for sammenstød, hvis der er stoppede køretøjer på vejbanen. Lange tunneler uden nødspor eller nicher kan opleve problemer med tilgængelighed, idet autohjælpen til strandede køretøjer kan stoppe eller besværliggøre trafikken i tunnelen, mens hjælpen pågår.

På det nuværende projektstadium er det antaget at det kan eftervises at et nødspor og nødnicher ikke vil være påkrævet generelt i tunnelen.

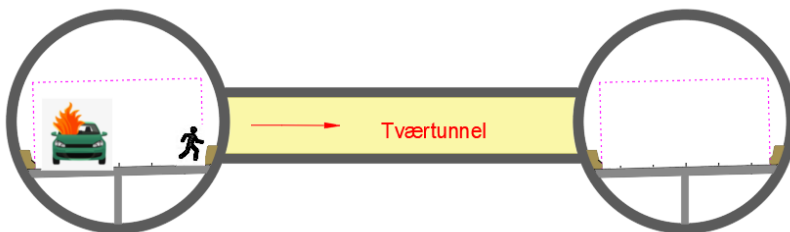
H.4 Flugtveje

Flugtveje kan enten være gennem portalerne, skakte, eller for borede tunneler via tværtunneler som forbinder de to tunnelrør med hinanden, eller døre imellem trafikrør i cut & cover. Det er normalt at forbinde de to borede tunnelrør med tværtunneler. Af EU reglerne fremgår det, at der skal være maksimum 500 m mellem tværtunnelerne. I lande som Tyskland og Storbritannien har man dog krav om væsentlig kortere afstand mellem disse.

Afstanden imellem flugtveje er vurderet i sikkerhedskonceptet, hvori evakuerings- og interventionsstrategierne indgår. Afstand imellem flugtveje i C&C tunnel er 100m, se figur 7-38. Afstanden mellem tværtunneller imellem borede tunnelrør er 250m, se figur 7-39. Det er markant dyrere at lave tværtunneller i borede tunneller, så derfor går man til sikkerhedsgrensen her modsat C&C, hvor nøddøre kan etableres relativt billigt. For C&C tunneler er det også muligt relativt billigt at etablere trappe-/rampeskakter til overfladen, der kan fungere som flugtvej, hvis der i øvrigt er plads i tværsnittet.



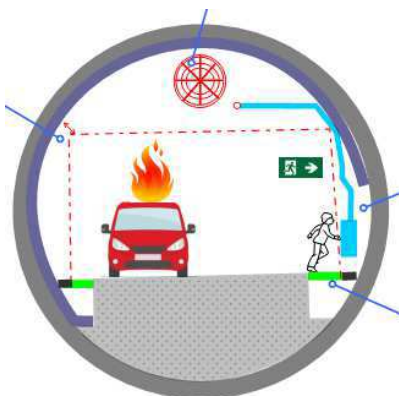
Figur 7-38 Flugtvej i C&C tunnel og sænketunnel via flugtdør til andet tunnelrør per 100m



Figur 7-39 Flugtvej i boret tunnel via tværtunnel til andet tunnelrør per 250m

Geometrien af tunnelprofiler tilpasset, så der er plads til al sikkerhedsudstyr såsom brandbeklædning, rør til vandtåge anlæg, lys, brandhaner, jet fans etc., se figur 7-40.

- > Der etableres et 1,0m nødfortov i begge sider af tunnelrør
- > Tunnel udstyres med hændelses- og branddetekteringssystemer samt foranstaltninger til at stoppe trafik i tilfælde af en hændelse
- > Tunnel udstyres med vandtågeanlæg
- > Udrykningskøretøjer har adgang via tilslutningsanlæg
- > Vandforsyning etableres med brandhaner per 250m.
- > Bærbare brandslukkere etableres per 150m



Figur 7-40 Sikkerhedsudstyr

H.5 Farligt gods

For at farligt gods tillades i tunnelen, skal tunnelen klassificeres for transport af farligt gods i henhold til ADR-konventionen. Der skal etableres en prognose for farligt godstransporter, som skal sikre, at den rette tunnelklassifikation kan foretages. Denne prognose anbefales etableret inden en kommende VVM-undersøgelse.

ADR omfatter fem tunnelkategorier med følgende definitioner – se tabel 7-6

Tabel 7-6 Tunnelkategorier relateret til farligt gods.

Tunnelkategori	Definition relateret til transport af farligt gods.
A	Ingen.
B	Restriktion for transport af farligt gods, der kan medføre en meget kraftig eksplosion.
C	Restriktion for transport af farligt gods, som kan medføre en meget kraftig eksplosion, en kraftig eksplosion eller et omfattende giftudslip
D	Restriktion for transport af farligt gods, som kan medføre en meget kraftig eksplosion, en kraftig eksplosion, et omfattende giftudslip eller en omfattende brand.
E	Restriktion for transport af alt farligt gods.

EU-tunnel direktivet kræver, at der laves en risikoanalyse til vurdering af transport af farligt gods i en tunnel. Transporter af farligt gods har indflydelse, ikke blot på tunnelen, men også på den region den er beliggende i, da farligt gods som udgangspunkt skal transporteres ad den rute, der giver mindst risiko for 3. part. Dette betyder, at transport af farligt gods gennem tunnellen ikke må introducere en højere risiko end ved at anvende alternative ruter.

Ved transport af farligt gods i tunnelen kan særlige tiltag derfor være påkrævet som minimerer mulighed for en ulykke med farligt gods og/eller mindsker konsekvensen af denne. En kommende risikoanalyse skal belyse hvilke tiltag der er inkluderet eller er mulige at inkludere og konsekvensen af disse. Eksempler på tiltag:

- > Kortere afstand til nødudgange, for hurtigere evakuering af tunnel
- > Vandtåge anlæg for at mindske brandstørrelsen.
- > Større pumpesumpe til at opfange lasten fra en lækket tankbil
- > Drænsystem udformet til at holde ild og/eller brandbare og giftige væsker inde for et mindre område af tunnelen
- > Intelligent trafikstyringsanlæg for at mindske risiko for ulykke
- > Kraftigere ventilationsanlæg for at kunne kontrollere en større brand

Der er ikke p.t. indarbejdet specifikke hensyn til transport af farligt gods i projektet, da tunnelkategori først skal vurderes og risikoanalysen udføres for at afgøre hvilke tiltag, som evt. kræves. Der er dog allokeret plads i tunnelprofil og økonomi til brandbeklædning og vandtågeanlæg.

H.6 Centralt galleri / service galleri

Behovet for et centralt galleri i cut & cover skal også vurderes i en kommende fase i forbindelse med udarbejdelsen af et sikkerhedskoncept for tunnelen.

Det antages p.t., at der ikke af redningsårsager er behov for at et centralt galleri, der skal fungere som langsgående flugtvej.

Bilag I Kilder

- [1] COWI, »Omdannelse af Åboulevard - forundersøgelse - Teknisk notat vedrørende håndtering af vand,« 2016.
- [2] Stadsingeniøren, »VB 162 Langebro - Sagsopdeling: Diverse beregninger 1945 - 1955,« Københavns Stadsarkiv, 1949-1954.
- [3] S. N. m.fl., »Bogen om Langebro,« F.E Bording A/S, Bogtrykkeri, 1954.
- [4] COWI, »Foranalyse af Den Grønne Boulevard, Forudsætninger,« COWI, 2022.
- [5] Københavns Kommune, <https://www.kk.dk/sites/default/files/edoc/Attachments/21844675-29906084-1.pdf>, 2018.
- [6] Department for Transport, »Crossrail,« 22 4 2020. [Online]. Available: <http://www.crossrail.co.uk/about-us/funding>.
- [7] Jakobsen, P.R., Fallesen, J. & Knudsen, C., »Strukturer i den Københavnske undergrund - folder, forkastninger og sprækker,« *Ingeniørgeologiske forhold i København, dgf-Bulletin 19*, pp. 19-29, 2002.
- [8] Markussen, L.M., »Grundvandsforhold i København,« *dgf-Bulletin*, årg. 19, December 2002.
- [9] Eriksen, F.S. & Brendstrup, J., »Opfyldninger, grave og render indtil 1870,« *dgf-Bulletin 19*, pp. 109-133, 2002.
- [10] Eriksen, J.M. & Eriksen, F.S., *Terrænændringer efter 1850*, 2002.
- [11] Vejdirektoratet, »Nordhavnstunnel, sammenfattende rapport, VVM-redegørelse, Rapport 557,« Vejdirektoratet, 2016.
- [12] COWI, »Forundersøgelse Østlig Ringvej, Tekniske og miljømæssige undersøgelser, Afsluttende rapport,« COWI, 2020.
- [13] Naturstyrelsen, »Projektprogram for Naturpark Amager,« 2017. [Online]. Available: <http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/naturprojekter/naturpark-amager/>.
- [14] COWI, *Tunnel under Boulevardbanen*, COWI, 2022.
- [15] D. G. Forening, »Ingeniørgeologiske forhold i København, dgf-bulletin 19,« Dansk Geoteknisk Forening, 2002.
- [16] Københavns Universitet, »Gevinster ved investeringer i byliv og bykvaliteter,« https://www.mm.dk/pdf/files/Byliv-rapport_Final_web.pdf, 2014.