



Fast HH-forbindelse - tekniske analyser

Kolofon

Fast HH-forbindelse - tekniske analyser

Denne rapport er udarbejdet
af Rambøll og COWI

På opdrag af
IBU3 Korridoren Femern-Øresund
september 2010

Rambølls analyser er koordineret af:
projektchef Uwe Hess

COWIs analyser er koordineret af:
projektchef Leif Jørgensen

I IBU3's projektsekretariat:
projektleder Henrik Sylvan

Tryk: x eks.

Forsidefoto:
Alain Parsons

Version 02: august 2010

FORORD

I slutningen af 1980'erne stod det efterhånden klart, at valget mellem at bygge en fast forbindelse mellem Helsingør og Helsingborg eller mellem København og Malmö faldt ud til fordel for den sydlige linieføring. På daværende tidspunkt blev diskussionerne om, hvor den faste forbindelse skulle placeres, ofte et enten-eller.

Samarbejdet over Øresund og skabelse af en Øresundsregion i udvikling havde dog allerede på et tidligt tidspunkt en fast forbindelse mellem Helsingør og Helsingborg på agendaen. Nærværende tekniske rapport følger således op på en række tidligere, f.eks. "Tågtunnel Helsingborg-Helsingør, förstudie" (COWI-SCC 1998), "Helsingborg-Helsingør-København, et fremtidsperspektiv om HH-forbindelsen og Kystbanens opgradering" (Banestyrelsen Rådgivning, 2001) og "Ny Øresundsforbindelse: Helsingør-Helsingborg" (ATKINS, 2003). Siden da har en fast HH-forbindelse bl.a. indgået i regionale udviklingsstrategier og kommuneplaner, og emnet er rykket stadig højere op på den politiske dagsorden.

Interregprojektet IBU-Øresund har i delprogrammet IBU3 om Korridoren Femern-Øresund igangsat nye studier af en fast forbindelse. IBU-Øresund koordineres af Region Skåne, Region Hovedstaden og Region Sjælland, og involverer samlet set 30 partnere herunder en lang række kommuner på hver side af Øresund, forskellige samarbejdsfora og institutioner i Sverige og Danmark.

Denne rapport omfatter hovedresultaterne fra det tekniske udredningsarbejde, der blev gennemført ultimo 2009 og første halvår 2010. Som rådgivere har COWI og Rambøll fået til opgave at arbejde med hvert sit tracé og trafikale funktioner i en fast forbindelse med henblik på at skitsere realistiske gennemførbare anlægsløsninger.

Flere end 30 varianter er indgået i analyserne. Rambøll har undersøgt faste forbindelser i et centralt tracé mellem Helsingør og Helsingborg. COWI har tilsvarende undersøgt faste forbindelser nord og syd for Helsingør og Helsingborg.

Analyserne er diskuteret løbende med IBU3 arbejdsgruppen samt den faglige styregruppe med repræsentanter fra relevante regioner og kommuner fra IBU-projektet. De nu foreliggende tekniske analyser er som sådan ikke politisk behandlet, men skal tjene som et vigtigt input til de faglige og politiske drøftelser i den kommende tid i relation til at sætte mere vækst og udvikling i gang i Øresundsregionen, bl.a. ved at overveje muligheden for at integrere den svenske og danske del af regionen med yderligere en fast forbindelse. Rapporten indgår som et delbidrag i aktiviteterne under det samlede IBU-Øresund om infrastruktur og byudvikling i Øresundsregionen. Parallelt med rapporten er bl.a. udarbejdet trafikprognoser, samfundsøkonomiske og finansielle beregninger, rapport om motorvej og jernbane i Ring 5-korridoren, kapacitetsstudier og et oplæg til en jernbanestrategi, der følger op på beslutningen om etableringen af Femern Bælt-forbindelsen.

Denne rapport indeholder to tekniske afsnit fra henholdsvis Rambøll og COWI samt et indledende resumé, dvs. 3 hovedafsnit:

0. Resume og sammenfatning
1. Rambølls analyse vedrørende det centrale tracé
2. COWIs analyse vedrørende det sydlige tracé

0. RESUME

Med udgangspunkt i erfaringerne fra forstudier og anlæg af de faste forbindelser på bl.a. Storebælt, Øresund og Femern Bælt er udført tekniske undersøgelser af en fast forbindelse placeret mellem eller tæt på de to sundbyer Helsingør og Helsingborg, og anlagt som en forbindelse både for tog og for biler. Muligheden for at skabe en god forbindelse også for godstransport på jernbane er til forskel fra tidligere studier desuden udpeget som et væsentligt kriterium.

Rådgivergruppen Rambøll og COWI fik i opdrag at studere et centralt tracé mellem Helsingør og Helsingborg, samt et tracé nord og syd for de to byer.

Følgende er undersøgt:

- Tunnel for persontog i centralt tracé
- Tunnel til både persontog og godstog i centralt tracé
- Tunnel for kombineret vej og bane (person- og godstog) i centralt tracé
- Vejbros i tracé nord om Helsingør – Helsingborg
- Vejbros i tracé syd om Helsingør – Helsingborg
- Vej- og / eller (gods)banetunnel i tracé syd om Helsingør – Helsingborg

Rådgivergruppen har gennemført en første fase i form af en screening, der har haft til hensigt at indskrænke løsningsrummet. Resultaterne har været drøftet med IBU3's arbejdsgruppe og den faglige styregruppe. Umiddelbart pegede rådgivergruppen på, at der kunne være store udfordringer teknisk eller miljømæssigt ved at gå videre i analyserne dels med en vejforbindelse under selve HH-byerne, dels med en broløsning i den nordlige tracé. Analyserne koncentrerede sig herefter om følgende:

- Tunnel for persontog i centralt tracé
- Tunnel til både persontog og godstog i centralt tracé
- Vej- og / eller (gods)banetunnel i tracé syd om Helsingør – Helsingborg

Med baggrund i de gennemførte undersøgelser tegner der sig følgende overordnede billede:

Miljømæssigt er de undersøgte alternativer for så vidt angår kyst-kyst linien vurderet at være ligeværdige. En fast forbindelse, der medfører at færgeoverfarten kan indstilles, vil aflaste byerne for en særdeles stor forureningskilde. Tunnelløsningerne kan desuden udformes på en måde, så vandmiljøet stort set ikke påvirkes.

De tekniske og økonomiske kriterier peger på, at en løsning med at føre godstog via Helsingør station vil kræve etablering af en meget lang tunnel, dvs. i størrelsesordenen 18 km. Dette skal sammenholdes med at en tunnel alene for persontog i den centrale tracé kun behøver omtrent den halve længde. Et forslag om at persontog- og godstog kører i et fælles tracé vil blive en dyr løsning, der desuden indebærer store udfordringer i at løse stationsforholdene i Snekkersten og udfletningen mellem kystbanen og ringbanesporene sammenholdt med den øvrige infrastruktur i Snekkersten. På den svenske side kommer godssporene først op næsten ude ved motorvej E6, ligesom udførelsen af et underjordisk udfletningskammer under Øresund vil være en teknisk udfordring. Undersøgelserne peger således på, at det vil være mest hensigtsmæssigt alene at etablere tunnel for persontog i den centrale tracé, og dermed løse godsproblematikken på anden vis.

Vejtunnelen har kunnet placeres i et sydligt tracé med rimeligt gode kurveradier og gradienter, og med mulighed for at by- og havnemiljø samt landskab på begge sider af sundet ikke påvirkes i større grad ligesom fredningsområde kan forblive stort set urørt efter ibrugtagning af forbindelsen. Der vil kunne foretages en effektiv sammenkobling af motorvejssystemet på hver side, dvs. uden

om bycentrene i Helsingør og Helsingborg. Det viser sig, at denne linieføring passer relativt godt sammen med etablering af et parallelt 3. rør til godstog.

Da det er et ønske, at persontogene skal passere de to bycentre anses den optimale løsning med udgangspunkt i de her gennemførte undersøgelser at være en persontogstunnel via Helsingør station til Helsingborg C kombineret med en vej-tunnel og banetunnel for godstog i et sydligt tracé.

Den samlede tunnelpakke for HH-projektet, sådan som det har været muligt at belyse projektet inden for IBU3's tids- og ressourcemæssige rammer, vil reducere rejsetiden betydeligt. Togrejsen vil kunne gøres på 5 minutter mellem Helsingør og Helsingborg, mens biler vil kunne passere vej-tunnelen i løbet af 10 minutter.

Anlægget koster som følger:

Fast HH-forbindelse	Længde	Investering
A. Persontogforbindelse	9 km	9,2 mia DKK
B. Bilforbindelse	15 km	15,0 mia DKK
C. Bil- og godstogforbindelse	15 km	23,0 mia DKK
Samlet kombineret løsning A+C		32,2 mia DKK

Det er for så vidt muligt at etablere en ren jernbaneforbindelse til persontog. Det er også muligt at etablere en ren vejforbindelse uden hverken persontog eller godstog.

Imidlertid er færgedriften på Helsingør-Helsingborg overfarten ikke af uvæsentlig størrelse, når der ses på antallet af køretøjer og mængden af landgangspassagerer. Som udgangspunkt er der således et pænt markedsgrundlag for en fast forbindelse, og det bemærkes at lastbiltransporterne på HH-færgerne har været i omtrent samme størrelse som over Øresundsbron.

HH-trafikprognose	I dag	Forventet 2030
Vejforbindelse, årsdøgnstrafik	6.000 køretøjer	16.000 køretøjer
Persontog, årsdøgnstrafik	10.000 passagerer *	20.000 passagerer
Banegods, årligt	-	11,0 mio tons

Note: Prognose: Banestrategi for en konkurrencedygtig Øresundsregion. *) = over landgang i dag

Analyse vedrørende det centrale tracé

Rambøll har gennemført en undersøgelse af tunnelmulighederne mellem det centrale Helsingør og det centrale Helsingborg. I første fase blev følgende alternativer undersøgt:

- Tunnel for persontog
- Tunnel til både persontog og godstog
- Tunnel for kombineret vej og bane (person- og godstog)

Undersøgelserne omfattede en løsning for boret tunnel, sænketunnel og for en kombination af boret tunnel og sænketunnel for hvert af de tre hovedalternativer, dvs. i alt ni løsningsmuligheder.

Undersøgelserne omfattede linieføringer, længdeprofiler, anlægstekniske forhold, priser samt trafikale og miljømæssige forhold. På baggrund af dette blev de ni løsninger vurderet med det hovedformål at kunne fravælge en række alternativer for dermed at udpege, hvilke løsninger der skulle detaljeres i de efterfølgende faser.

Efter drøftelser i arbejdsgruppen og styregruppen igennem foråret 2010 gik Rambøll videre med mere detaljerede analyser af følgende løsningsmuligheder:

- Tunnel for persontog, boret tunnel
- Tunnel til både persontog og godstog, boret tunnel

Løsninger med vejforbindelser gennem det centrale Helsingør og Helsingborg blev af miljømæssige årsager valgt fra. En vejforbindelse i såvel sænketunnelløsning som i kombination af sænketunnel og boret tunnel blev fravalgt som værende for teknisk risikable.

De borede tunneler forudsættes udført med to tunnelrør svarende til den principielle udformning vist på nedenstående figur.

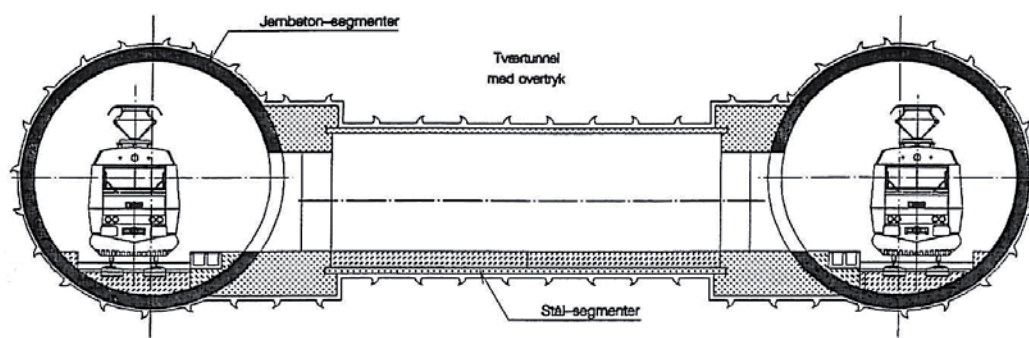


Fig 1: Princip for boret tunnel med 2 rør og tværtunneler

De borede tunneler forudsættes udført med en indre diameter på 7,9 m svarende til Malmö Citytunnel. Der forudsættes tværtunneler (flugtveje) pr. 250 m.

Den rene persontogstunnel går på den danske side fra Stubbedamsvej syd for Helsingør station til Helsingborg Centralstation på den svenske side. Løsningen er karakteriseret ved, at stationen i Helsingør kommer til at ligge 25-30 m under terræn. Rampestrækningen ved Stubbedamsvej fylder ca. 30 m i bredden. Rampestrækningen er ca. 1100 m lang, men denne længde vil kunne reduceres med måske et par hundrede meter i evt. senere faser, hvor det samlede anlæg skal optimeres.

I Helsingborg vil den borede tunnel kunne begynde ca. ved Oljehamnsleden. Den første strækning udføres som cut & cover-tunnel i tilknytning til Södertunnelen. Omfanget af de anlægsmæssige opgaver på den svenske side afhænger af, i hvor høj grad Södertunnel-projektet forbereder tilslutning til HH-tunnelen.

Ved en løsning for både person- og godstog bliver anlægget mere omfattende. Anlægget vil gå fra Snekkersten på den danske side til motorvej E6 på den svenske side. På hovedparten af den borede tunnelstrækning fra Snekkersten og til den svenske kyst vil godstog og persontog benytte den samme tunnel. Ved den svenske kyst placeres et udfletningskammer herfra kører gods- og persontog adskilt, idet godsbanen fortsætter i en enkeltsporet tunnel mod Skånebanan, mens persontogssporene fortsætter i dobbelte tunneler til Helsingborg C, ligesom i den rene persontogs-løsning.

Stationen i Helsingør kommer ved denne løsning til at ligge ca. 35 m under terræn og udformes i øvrigt som i persontogsløsningen.

De nye spor vil i Snekkersten blive flettet sammen med sporene til Ringbanen og med Kystbanen. Der opføres en ny underjordisk Snekkersten Station. Stationen i Snekkersten kommer til at ligge ca. 15 m under den nuværende station

Ringbane sporene føres fra Snekkersten frem mod Ring 5-korridoren ved Helsingør motorvejen ved Kvistgård.

Analyse vedrørende det sydlige tracé

COWI har gennemført analyse af følgende løsningsmuligheder:

- Vejbro i tracé nord om Helsingør – Helsingborg
- Vejbro i tracé syd om Helsingør – Helsingborg
- Vej- og / eller (gods)banetunnelen i tracé syd om Helsingør – Helsingborg

Indledningsvis er screenet en række løsningsmuligheder for en vej- og broløsning, samt vej- og banetunneler i tre linieføringer nord og syd for bycentrene i Helsingør og Helsingborg. Screeningen omfattede såvel anlægstekniske forhold som plan- og miljømæssige forhold.

Screeningen omfattede principielt et større antal varianter. Med baggrund i en samlet vægtning af anlægstekniske løsninger (herunder anlægsøkonomi), samt konsekvensvurdering med hensyn til plan- og miljøforhold blev der i samråd med arbejdsgruppen udpeget 6 varianter til nærmere vurdering.

- Nordlig vejbro (linieføring A)
- Sydlig vejbro (linieføring C)
- Sydlig boret vej-tunnel (linieføring B)
- Sydlig boret vej-tunnel (linieføring C)
- Sydlig boret banetunnel (linieføring B)
- Sydlig boret vej- og banetunnel (linieføring B)

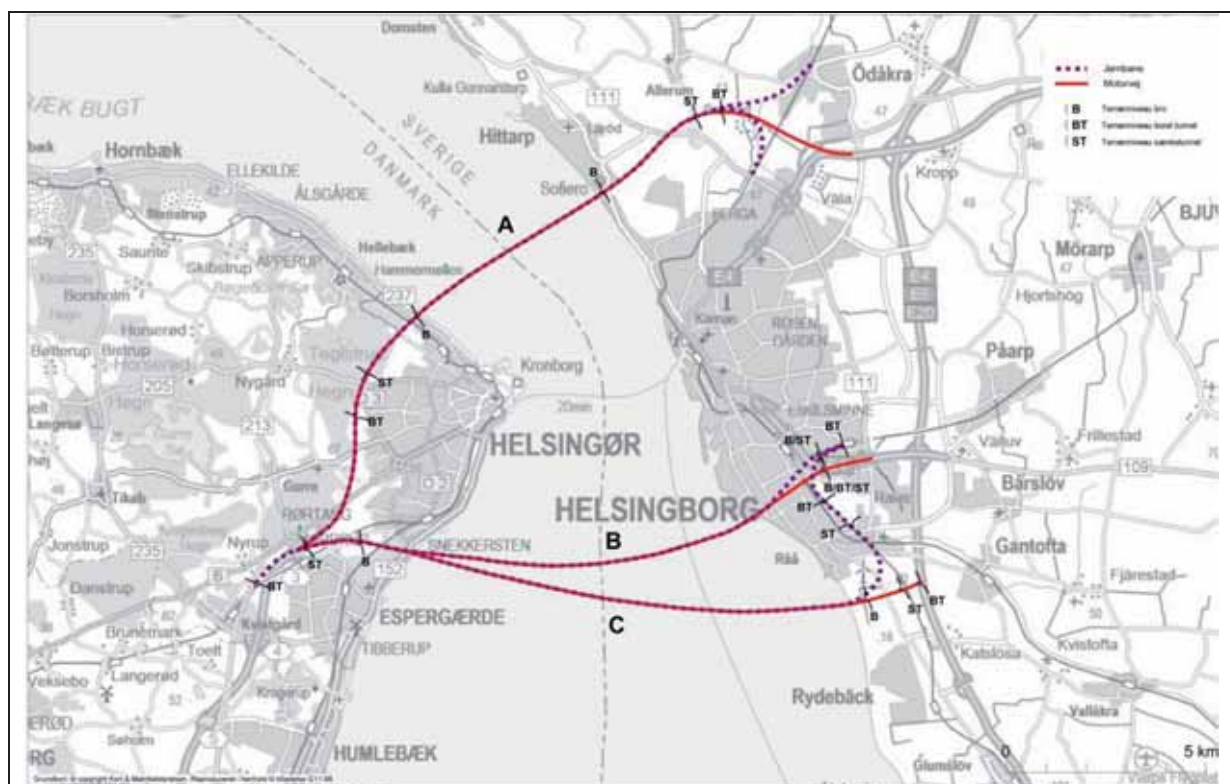


Fig: Nordlig tracé = A. Sydlige tracéer = B og C.

I samråd med arbejds- og styregruppen blev det nordlige og det mest sydlige tracé valgt fra for de ovenfor anførte linieføringsalternativer, og derefter er der udelukkende fokuseret på borede tunnel-løsninger i linieføring B.

Fravalg af vejbro i det nordlige tracé: Analysen af broforbindelsen nord for Helsingør og Helsingborg pegede på følgende miljømæssige forhold:

- Støjpåvirkninger af boligområder vest for Helsingør
- Gennemskæring af den fredede Rørtangkilen sydvest for Helsingør, og Helsingørs grønne vestkile. Begge områder er med landskabelige værdier. Linieføringen vil gennemskære den østlige del af Teglstrup Hegn, der er omfattet af et fredningsforslag, dog uden at berøre Natura 2000-området.
- Placering af broen nord for Helsingør vil berøre indblikket mod Kronborg, som er med på UNESCOs verdensarvsliste.
- Broen vil give en større hindring af vandgennemstrømningen i Øresund end de sydligere broforbindelsesalternativer.
- I Sverige vil brorampen gennemskære naturvårdområdet Domsten Pålsjö og passere tæt forbi området ved Sofiero Slot, som er foreslået som nationalstadspark.
- Motorvejen vil passere nord om et planlagt byudviklingsområde nord for Helsingborg.

Samlet fik løsningen den dårligst mulige miljømæssige ranking, hvorfor styregruppen valgte at der ikke skulle arbejdes videre med dette alternativ.

Vejbro i sydlig tracé B:

- Løsningen vil indebære trafikstøj- og luftforurening af boligområderne i den sydlige del af Helsingborg
- Gennemskæring af erhvervsområde ved Mørdrup sydvest for Helsingør
- Gennemskæring af landskabeligt værdifuldt område sydvest for Helsingør, det fredede område ved Rørtangkilen sydvest for Helsingør og fredskoven ved Egebæksvang syd for Helsingør
- Det marine naturreservat Knähaken kan blive påvirket
- Broen vil give en mindre hindring af vandgennemstrømningen end et nordligt broforbindelsesalternativ
- I Sverige vil en højbro virke dominerende i Helsingborgs sydlige byområde
- Motorvejen vil passere igennem et erhvervs- og parkområde samt et sportsanlæg i det sydlige Helsingborg

Samlet fik løsningen en middel miljømæssige ranking, hvorfor den fravalgtes, bl.a. som følge af de mulige påvirkninger af naturreservatet Knähaken.

De mulige miljøpåvirkninger af naturreservatet Knähaken er også årsag til, at øvrige mulige bro- og sænketunnelalternativer syd for Helsingør – Helsingborg fravalgtes.

I den afsluttende fase er således undersøgt:

- Boret banetunnel med flugtkorridor i linieføring B
- Boret vej-tunnel i linieføring B
- Boret vej- og banetunnel i linieføring B
- Banetunnel (dobbeltrør) i linieføring B

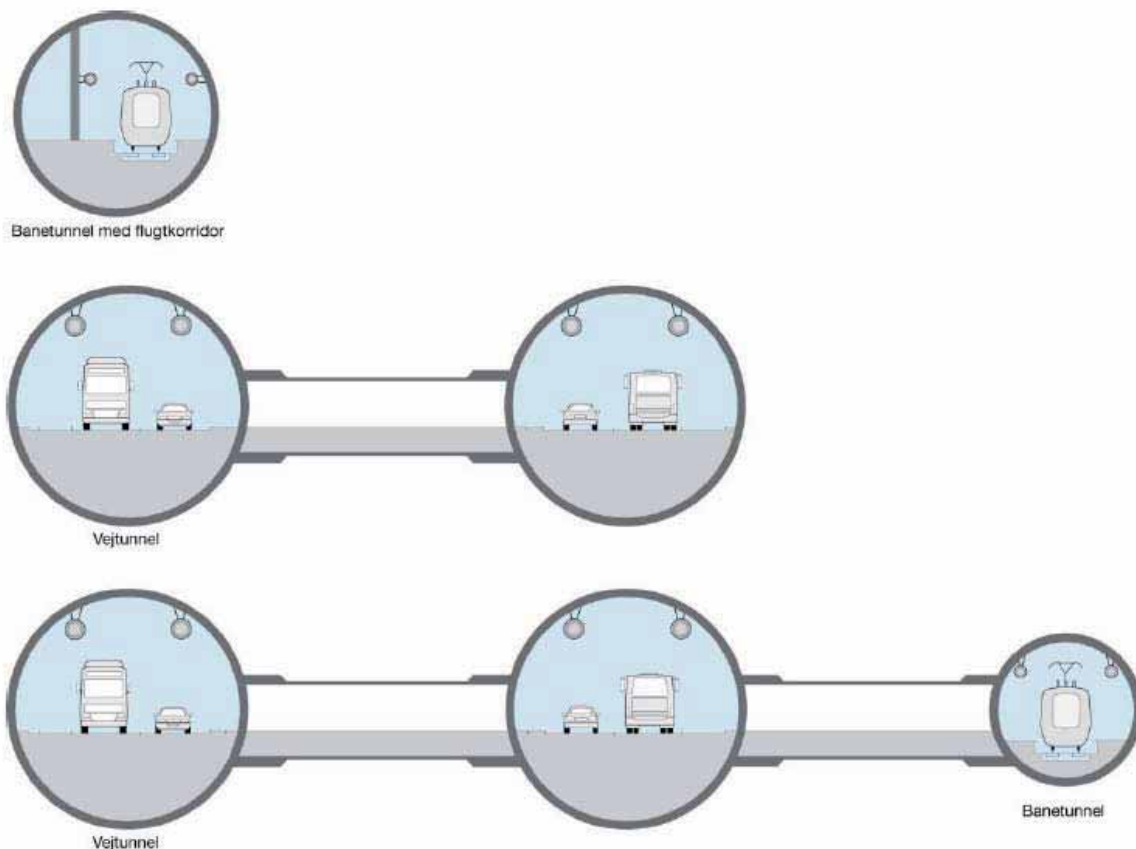


Fig: Principskitser for de tre tunnelalternativer, enkeltsporet godsbanel med flugtkorridor, vej- og banetunnel med tværtunneler og enkeltsporet godsbanel med tværtunneler

På Helsingborgsiden tilsluttes banetunnelen den eksisterende Skånebanen, og vej- og banetunnelen tilsluttes motorvejsadgangen til E6 via Malmöleden. På Helsingørsiden ligger motorvejen østlig i Ring 5-korridoren. Bandedelen placeres derfor naturligt umiddelbart vest for motorvejen, også af hensyn til det videre forløb af jernbanen i Ring 5-korridoren mod syd.

Under Øresund placeres banetunnelen derfor generelt nord for motorvejstunnelerne.

På strækningen fra kyst til kyst kan de borede tunneler placeres optimalt for en kombineret vej- og banetunnel, hvor banetunnelen er forbundet med vej- og banetunnel via flugtkorridorer.

Placering af tunnelportaler og ramper samt C&C-tunnelstrækning (som skal etableres fra terrænniveau mellem rampen og den borede tunnelstrækning) er tilstræbt placeret med mindst mulige indgreb i by og landskab samt i eksisterende infrastruktur.

Anlægsinvesteringer

Det samlede tunnelprojekt er forudsat dimensioneret til minimum 20.000 køretøjer, 6 persontog pr time/retning heraf 3 regionale Øresundstog via Kystbanen og 3 regionale tog via Ring 5 samt 3 godstog pr time/retning.

Anlægsoverslagene er med baggrund i det indledende stadie for undersøgelserne behæftet med en usikkerhed, som mindst er i størrelsesordenen +30%/-20%. Usikkerheden skyldes bl.a. manglende viden om de geologiske forhold. På trods af de geologiske undersøgelser, som er udført tidligere, eksempelvis i to linier nord for det centrale trace, knytter der sig usikkerheder til de konkrete geologiske forhold langs med linieføringen.

Priserne i nedenstående tabel er entreprenøromkostninger og indeholder ikke projekteringsomkostninger, bygherreomkostninger, ekspropriationer, omkostninger til deponering af jord, omkostninger til omlægning af ledninger mm. Priserne er fastlagt ud fra prisniveau for første halvår 2010 og er eksklusiv moms.

Fast HH-forbindelse u/15% projekteringsomk. mm	Investering
Centralt tracé:	
- Tunnel for persontog	8,0 mia DKK
- Tunnel for persontog og godstog	15,5 mia DKK
Sydligt tracé:	
- Vejtunnel	13,0 mia DKK
- Vejtunnel og banetunnel kombineret	20,0 mia DKK
- Selvstændig banegodstunnel m/flugtvej	10,0 mia DKK
- Dobbelt banegodstunnel	17,0 mia DKK

Ovenstående tillagt 15% til projektering og bygherreomkostninger giver følgende:

Fast HH-forbindelse m/15% projekteringsomk. mm	Investering
Centralt tracé:	
- Tunnel for persontog	9,2 mia DKK
- Tunnel for persontog og godstog	17,8 mia DKK
Sydligt tracé:	
- Vejtunnel	15,0 mia DKK
- Vejtunnel og banetunnel kombineret	23,0 mia DKK
- Selvstændig banegodstunnel m/flugtvej	11,5 mia DKK
- Dobbelt banegodstunnel	19,5 mia DKK

Til
IBU Øresund

Dokumenttype
Rapport

Dato
August, 2010

FAST FORBINDELSE MELLEM HELSINGØR OG HELSINGBORG

CENTRALT TRACE

**FAST FORBINDELSE MELLEM HELSINGØR OG
HELSINGBORG
CENTRALT TRACE**

Revision **0**
Dato **2010-08-05**
Udarbejdet af **UH, MASG**
Kontrolleret af **SKP**
Godkendt af **UH**
Beskrivelse **Hovedrapport**

Ref. 9595015

INDHOLD

1.	Indledning	1
2.	Forudsætninger	2
2.1	Trafikale forudsætninger	2
2.2	Linjeføring og længdeprofil	2
2.3	Danske landanlæg	3
2.4	Svenske landanlæg	3
3.	Geologi	7
3.1	Overordnet beskrivelse af de geologiske forhold.	7
3.2	Jord-/bjergarternes forventede fordeling under den aktuelle tunnellinie.	7
3.2.1	Postglaciale aflejringer.	7
3.2.2	Glaciale aflejringer.	8
3.2.3	Kalkaflejringer fra danien.	8
3.2.4	Skrivekridt	8
3.2.5	Juraaflejringer	8
3.2.6	Tunnelering	9
4.	Tunnelløsninger, anlægsbeskrivelse	10
4.1	Forslag A1, Persontog alene	10
4.1.1	Generelt	10
4.1.2	Boret tunnel	10
4.1.3	Trafik- og miljøpåvirkninger ved en boret tunnel.	13
4.2	Forslag A2, person- og godstog i fælles tunnel	13
4.2.1	Generelt	13
4.2.2	Boret tunnel	14
4.2.3	Anlæg i terræn	16
4.2.4	Trafik- og miljøpåvirkninger ved en boret tunnel	16
5.	Anlægsoverslag	17
5.1	Generelt	17
5.2	Forslag A1, Persontog alene	17
5.3	Forslag slag A2, person- og godstog i fælles tunnel	18
6.	Kildehenvisninger	19

BILAG

Bilag A Tegninger

Bilag B Skitser

1. INDLEDNING

Rambøll er i henhold til aftale fra december 2009 med IBU-Øresund blevet bedt om at undersøge tunnelmuligheder mellem det centrale Helsingør og det centrale Helsingborg. I fase 1 blev følgende alternativer undersøgt:

- A1 Tunnel for persontog
- A2 Tunnel til både persontog og godstog
- A3 Tunnel for kombineret vej og bane (person- og godstog)

Undersøgelserne omfattede en løsning for boret tunnel, sænketunnel og for en kombination af boret tunnel og sænketunnel for hvert af de tre hovedalternativer, dvs. i alt ni løsningsmuligheder.

Undersøgelserne omfattede linjeføringer, længdeprofiler, anlægstekniske forhold, priser samt trafikale og miljømæssige forhold. På baggrund af dette blev de ni løsninger vurderet med det hovedformål at kunne fravælge en række alternativer og kunne pege på hvilke løsninger der kunne fokuseres på og arbejdes videre med i de efterfølgende faser.

Notatet fra fase 1 dannede grundlag for en drøftelse i Arbejds- og Styregruppen under IBU-Øresund om hvilke alternativer, der skulle analyseres nærmere i studiets efterfølgende faser. Efter drøftelser i Arbejdsgruppen og Styregruppen blev det besluttet at arbejde videre med følgende løsningsmuligheder:

- A1 Tunnel for persontog, boret tunnel
- A2 Tunnel til både persontog og godstog, boret tunnel

Nærværende rapport udgør den afsluttende afrapportering af Rambøll's studier. Her konkretiseres de anlægstekniske løsninger til et niveau, hvor det vises, at de udvalgte tekniske løsninger er realistiske uden at gå ned i detailprojektering af tekniske løsninger. Notatet indeholder således:

- Horisontal linjeføring
- Længdeprofil
- Vurdering af geologiske forhold
- Anlæg af underjordisk Helsingør station
- Vurdering af sikkerhed i tunnelloøsningerne
- Vurdering af anlægstekniske udfordringer såsom tilslutning til Kystbanen
- Konstruktion af underjordisk kammer ved udfletning mellem persontog og godstog på den svenske side med mere
- Vurdering af anlægsudgifter
- Vurdering af indflydelse på trafikale og miljømæssige forhold

2. FORUDSÆTNINGER

I det følgende gennemgås grundlæggende forudsætninger, som er benyttet ved udarbejdelse af de to løsningsmuligheder.

2.1 Trafikale forudsætninger

Det forudsættes, at forbindelsen i myldretiden skal have kapacitet til 6 regionaltog, 2 interregionaltog og 2 godstog pr time. Svarende til de trafikale visioner for Region Skåne anført i Tågstrategi 2037, [1].

Det forudsættes, at der fortsat skal køre tog i Lille Nord til / fra Helsingør station i terræn.

2.2 Linjeføring og længdeprofil

Horisontale kurveradier fastlægges i henhold til Sporreglerne, [2]. Den horisontale kurveradius afhænger af hastigheden i kurven, overhøjde og overhøjdeunderskud eller overhøjdeoverskud for hhv. maksimum og minimum hastighed. For en given hastighed angives en ønskelig (minimum) kurveradius og en minimum kurveradius.

Vertikale afrundingsradier fastlægges i henhold til Sporreglerne, [2]. Den vertikale afrundingsradius afhænger af hastigheden. For en given hastighed angives en ønskelig (minimum) afrundingsradius og minimum afrundingsradius.

Tabel 2-1 Oversigt over horisontale kurveradier og vertikale afrundingsradier afhængigt af hastighed. Værdier er bestemt ud fra Sporreglerne, [2]

Hastighed [km/t]	Horisontal kurveradius [m] ¹		Vertikal afrundingsradius [m] ²	
	Ønskelig radius	Minimum radius	Ønskelig radius	Minimum radius
80	575	350	6400	1600
90	725	450	8100	2025
100	900	550	10000	2500
110	1100	675	12100	3025
120	1300	800	14400	3600
160	2325	1450	25600	6400
200	3625	2250	40000	10000

På de danske landanlæg og i tunnelen under Øresund tilstræbes det at opretholde kurveradier, der tillader en dimensioneringshastighed på 160 km/t, mens de snævre forhold for landanlæggen i Helsingborg medfører små kurveradier og dermed nedsat toghastighed.

Det antages, at en banetunnel mellem Helsingør og Helsingborg vil skulle respektere de danske og svenske regler for maksimale gradienter som beskrevet i [3]. Længdeprofilerne er på baggrund heraf skitseret ved anvendelse af følgende krav til maksimale stigningsforhold, p:

- Spor langs perron: $p \leq 2,5 \text{ ‰}$
- Andre hoved-, togvejs- og sidespor
Blandet gods- og passagertrafik: $p \leq 12,5 \text{ ‰}$
- Primært passagertrafik: $p \leq 25,0 \text{ ‰}$

Ved blandet gods- og passagertrafik vil man kunne acceptere en gradient på op til 15,6 ‰, hvis stigningens længde er mindre end 3 km. Da længden i H-H tunnelen for så vidt angår den centrale tracéløsning er større end 3 km, forudsættes her en maksimal gradient på 12,5 ‰. I Storebæltstunnelen er benyttet en maksimal gradient på 15,6 ‰. Dette betyder, at der af og til er godstog, der ikke kan komme op fra tunnelen ved egen hjælp eller kun med meget reduceret hastighed.

¹ Ønskelig og minimum horisontal kurveradius er bestemt ved hhv. formel (11) og formel (13) i [2], med overhøjde, $h = 130$ mm, og overhøjdeunderskud, $I = 80$ mm. Minimum horisontal kurveradius er afrundet til nærmeste hele "25" m.

² Ønskelig og minimum vertikal kurveradius er bestemt ved hhv. formel (37) og formel (41) i [2].

2.3 Danske landanlæg

Det forudsættes, at persontog har kontakt til de nuværende stationer i Helsingborg og Helsingør. Dette indebærer i Helsingør en landtilslutning syd om Kronborg og en underjordisk station lige øst for den nuværende station. I henhold til IBU's debatoplæg vedr. banestrategi for Øresundsregionen [4], vil der i Helsingør både forekomme tog, der fortsætter mod Helsingborg, og tog, der skal vendes og returnere mod Sjælland / København eller Hillerød (Lille Nord).

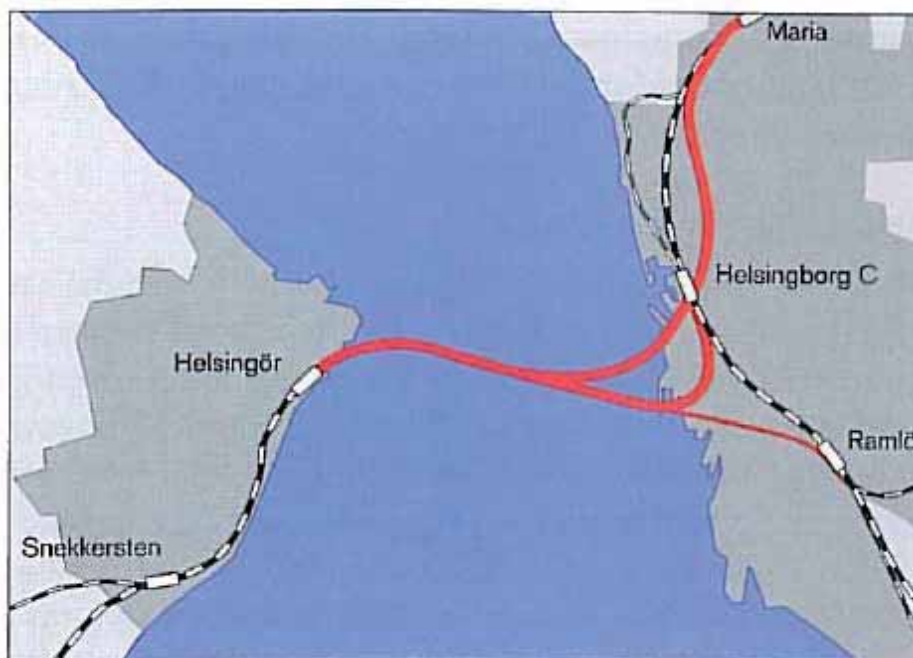
Det forudsættes, at der i den dybtliggende station i Helsingør anvendes en perronlængde på 320 m svarende til de nuværende perronlængder i Ørestad, Tårnby og Kastrup Station.

På Sjælland forudsættes persontog at kunne tilsluttes Kystbanen og en ny jernbaneforbindelse i Ring 5 korridoren, mens godstog alene har forbindelse til jernbanen i Ring 5 korridoren.

Det forudsættes, at der er niveauskilte krydsninger mellem modgående spor, eksempelvis mellem sporet fra Ring 5 korridoren og det sydgående spor på Kystbanen, så godstog til Ring 5 korridoren kan flette ud fra kystbanen uden krydsninger i niveau.

I den rene persontogsløsning foretages ingen ændringer i Snekkersten.

Figur 2-1 Foreslåede linjeføringer for centrale H-H forbindelser ifm. forberedelser til Södertunnelen, [5]



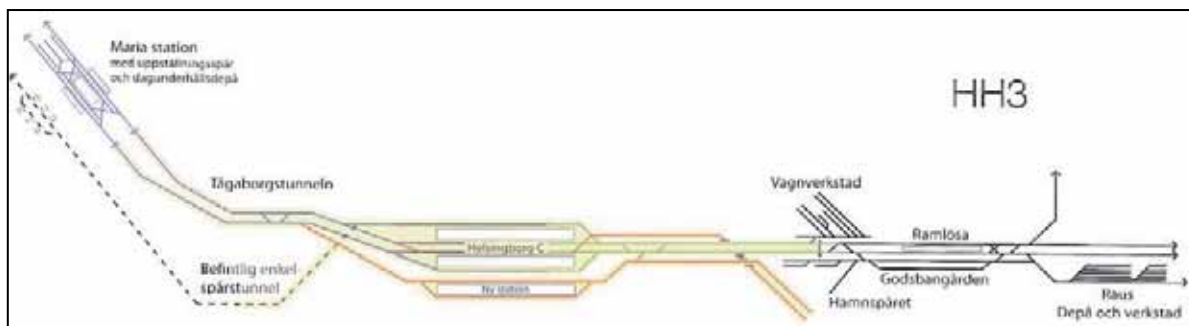
2.4 Svenske landanlæg

I Helsingborg forudsættes persontog fra Helsingør at ankomme fra syd, således at de kan fortsætte mod nord og øst uden at skulle vende på Helsingborg Centralstation. Persontogstunnelen flettes sammen med Västskustbanan syd for stationen, som vist på principskitsen i Figur 2-2. Det forudsættes at Tågaborgs- og Södertunnel projekterne er gennemført, således at der bliver tilstrækkelig kapacitet til afviklingen af persontog efter åbningen af Helsingør – Helsingborg forbindelsen.

Tågaborgstunnelen er en planlagt ny tunnel fra Helsingborg Centralstation mod nord til en ny station ved Maria. Södertunnelen er planlagt til at gå fra Helsingborg Centralstation og sydpå til Helsingborg godsbanegård over en strækning på ca. 1,3 km, hvor den nuværende Västskustbanan lægges i tunnel, og dermed gør plads til at byudvikle den centrale sydlige del af Helsingborg, [5]. I nærværende studie forudsættes Södertunnelen forberedt for tilslutning af den nye tunnelforbindelse under Øresund. Godstog fra tunnelen føres syd om Helsingborg bymidte med tilslutning til den østlige godsbanering Skånebanan, se Figur 2-3.

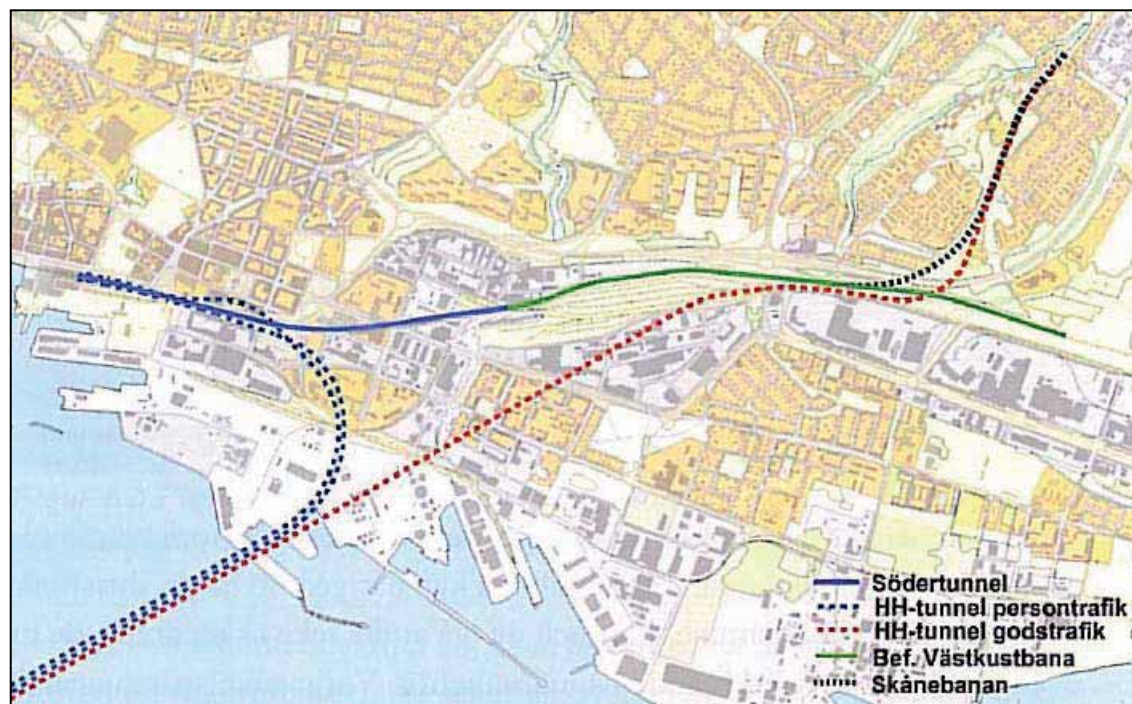
En række forskellige forslag, hvor Helsingborg Centralstation ombygges på forskellig vis, har tidligere været undersøgt. Der er ikke i nærværende studie taget hensyn hertil, idet sammenligningen af de foreliggende alternativer ikke påvirkes heraf. Løsning HH 3 er valgt med baggrund i Helsingborg Kommunes ønsker fremført i Arbejdsgruppen.

Figur 2-2 Principskitse af løsning HH 3 til udformning af sammenslutning mellem HH tunnelen og Väst-kustbanan, [5]



Der forudsættes anlagt ét spor i hver retning og i hvert sit tunnelrør. På planen figur 2-3 er vist et tredje godsspor, idet det i et svensk idestudie fra 2006, [6], blev vurderet, at to spor ikke giver tilstrækkelig kapacitet på længere sigt.

Figur 2-3 Linjeføring for HH-tunnelen på svenske side foreslået ifm. forberedelser til Södertunnelen, [6]

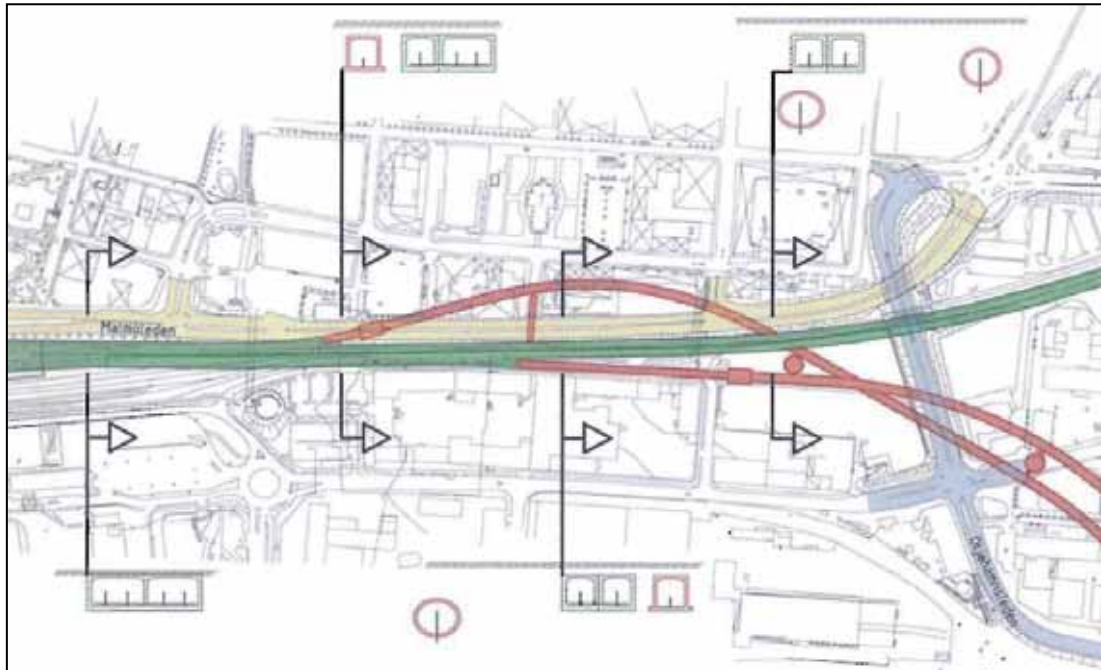


Etablering af et tredje tunnelrør til godstog sammen med to tunnelrør for persontog er ikke behandlet i dette studie. Et tredje selvstændigt tunnelrør til gods er behandlet af COWI, hvor et tunnelrør til godstog kombineres med en vejttunnel.

Der er ligeledes ikke taget stilling til muligheder for etapeudbygning med en tunnel og ét spor ad gangen, idet de to spor forudsættes anlagt samtidigt.

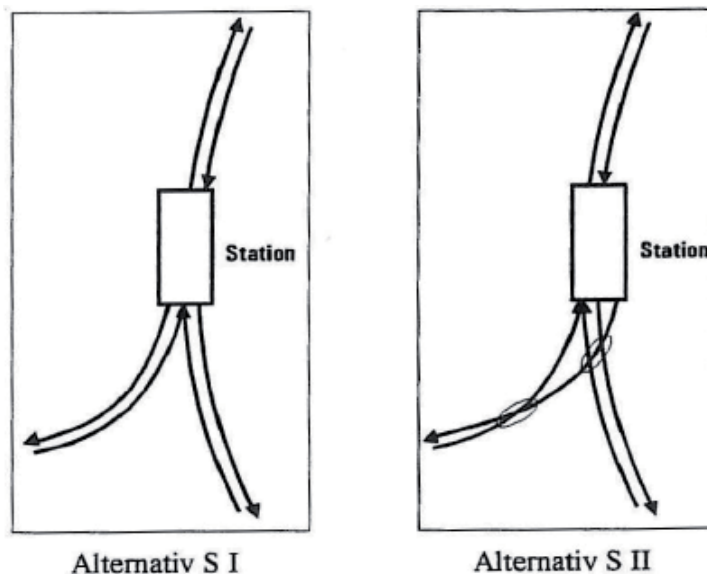
På Figur 2-4 vises et forslag fra et svensk idestudie fra 2006, [6], til hvordan højre/venstre vendingen kan bygges som en del af de svenske landanlæg. Det svenske venstrespor fra Helsingborg Centralstation mod Helsingør krydser her under Södertunnelen og derefter under det svenske højrespor og vendingen er dermed udført.

Figur 2-4 Forslag til vending af tog fra højrekørsel i Danmark til venstrekørsel i Sverige ved krydsning ude af niveau, [6]



Det er i nærværende studie ikke i detaljer studeret hvordan højre/venstrevendingen skal udføres, da det vil afhænge af udførelsen af Södertunnelen. Vendingen af tog fra højrekørsel i Danmark til venstrekørsel i Sverige forudsættes at ske niveauskilt i Helsingborg som vist på Figur 2-4 og Figur 2-5.

Figur 2-5 Principskitse for alternative tilslutninger til Helsingborg station, [7]



I S I ligger sporet mod Helsingør vest for de nordgående spor på perronen, hvilket medfører blandede retninger ind mod perronen. Såfremt tog fra nord skal fortsætte mod København uden krydsning ude af niveau med tog fra syd, må S II vælges, hvorved de to spor til Helsingør allerede ligger niveauskilt på grund af skæringen med Västskustbanan, svarende til løsning HH 3 (Figur 2-2).

Det har også tidligere været overvejet at foretage vendingen under sundet. Men dette er i dette studie opgivet. Såfremt kørselsretningen på de svenske jernbaner på langt sigt tilpasses til det europæiske net vil et skifte fra venstre til højrekørsel midt under sundet i realiteten være umuligt at ændre. Tilsvarende vil en vending ude af niveau i Helsingør indebære en væsentlig fordyrelse af de danske landanlæg, samt at kørselsretningen på Helsingør station bliver modsat den normale kørselsretning på danske stationer, [7].

3. GEOLOGI

I 1958 blev der på Øresundskommissionens foranledning udført 2 dybe borer i det aktuelle område til supplerende af en i 1955 udført refraktionsseismisk undersøgelse. I 1964 blev disse borer suppleret med i alt 15 borer på vand og 4 borer på land fordelt i en nordlig brolinje og en sydlig tunnellinge, [8]. De to linjer har en indbyrdes afstand på knap 2 km. Den i dette studie aktuelle linjeføring er mere S-formet i forhold til de to tidligere undersøgte, og forløber yderligere imellem ca. 1,2 og godt 2 km syd for den sydlige af de undersøgte linjer.

I 1976-77 blev der gennemført forundersøgelser for to hovedlinjeføringer på land i Danmark, [9]. Den ene forløb i en tunnel under byen, den anden nord om byen. Antagelig har der samtidig været udført tilsvarende undersøgelser på svensk side, men eventuelle rapporter for sådanne undersøgelser har ikke umiddelbart kunnet findes. Nærværende meget kortfattede geologiske beskrivelse er væsentligst baseret på resultaterne af de ovenfor oplistede undersøgelser samt på generel geologisk viden.

3.1 Overordnet beskrivelse af de geologiske forhold.

HH-forbindelsen vil komme til at passere hen over den vel nok den mest markante geologiske struktur i hele Sydsandinavien, nemlig den såkaldte Tornquist-zone. Denne markerer grænsen mellem det Baltiske grundfjeldsområde i øst og nordøst og det danske sedimentbassin i vest. Selve grænsen har karakter af en gigantisk fleksur (fold), som bringer de 135-190 mio. år gamle Jura-aflejringer ned, så de fra at ligge meget overfladenært i kystområdet ved Helsingborg og direkte under ca. 20 m ungt (postglacialt) havaflejret sand midt under Øresund og ved den danske kystlinje i den aktuelle tunnellinge ligger med overfladen i mere end 140 m dybde. Juralagene er her dækket af aflejringer fra perioderne kridt og Danien.

Fleksurens retning er ØNØ-VNV-lig, og lagene hælder mod SSV. Dog varierer strygningens retning en del i området tæt på Helsingborg på grund af tilstedeværelsen af den såkaldte Helsingborg-antiklinal. - Hældningen er på bare ca. 10 grader nær den svenske kyst, men den stiger til mere end 45 grader midt ude under Øresund. De ældste aflejringer træffes således under den nordvestlige del af Helsingborg, og lagene bliver stadigt yngre i retningen mod Danmark. Juralagene er velkendte og velbeskrevne fra det svenske kystområde, og det vides, at den del, der indgår i den hældende lagserie under Øresund, i uforstyrret tilstand er ca. 850 m tyk. Med den aktuelle borningsafstand og den konstaterede laghældning er det langt fra hele lagserien, der er truffet i borerne. Faktisk er kun 70-80 % af den truffet. Men alligevel vurderes det som usandsynligt, at den ikke ancorede del af lagserien vil byde på store overraskelser, da juralagene anses for velkortlagte i Helsingborgområdet.

På de inderste 3-4 km mod den danske kyst ligger der aflejringer fra kridttiden over juralagene, og på den inderste ca. 1 km ligger der danienkalk over skrivekridtet. Rapporten fra 1964 indeholder både illustrative tværsnit igennem de undersøgte bro- og tunnellinge og gode kort over undergrundslagenes arealmæssige fordeling i undergrundsoverfladen samt strygning og hældning på lagserien fordelt over området, [8].

3.2 Jord-/bjergarternes forventede fordeling under den aktuelle tunnellinge.

Ud fra de ovenstående oplysninger forventes det, at der vil blive truffet følgende jord-/bjergarter i den i dette studie undersøgte tunnellinge:

- Postglaciale sanddominerede aflejringer
- Vekslede glaciale aflejringer- dog næsten kun på den danske landdel
- Kalkaflejringer med flintbånd fra Danien
- Skrivekridt
- Hærdede delta- og havaflejringer fra Jura.

3.2.1 Postglaciale aflejringer.

Mens juraaflejringerne træffes næsten direkte under havbunden på den svenske del af sundet, ligger der en tyk pude af unge sandaflejringer på den danske del. Lagene er ca. 30 m tykke ved den danske kyst, mens de ude i sundet er ca. 20 m tykke. Den øvre del af sandet må antages at

være mobilt. Mens det rene, sorterede sand findes op til havbunds niveau ude i Øresund, indgår der gytjelag i lagserien i den kystnære danske del.

3.2.2 Glaciale aflejringer.

Mens istidslagene er ganske tynde på den svenske side og helt mangler under størstedelen af Øresund og den kystnære del på dansk side, bliver de hurtigt forholdsvis tykke efter passagen af stenalderhavets højeste kystlinie i den sydlige del af Helsingør by. De består her af vekslende moræneler og smeltevandssand. Ved et nærmere studium af det eksisterende materiale ville der kunne gives en mere præcis beskrivelse af istidslagenes tykkelse og karakter.

3.2.3 Kalkaflejringer fra danien.

Under den tidligere havbund i det østligste Helsingør og ud til ca. 1 km fra kysten ligger der kalk fra danienperioden direkte under 25-30 m marine, sanddominerede aflejringer. Kalken har antagelig karakter af hærtnet bryozokalk med flintlag svarende til den kalk som Malmø Citytunnel er ført i.

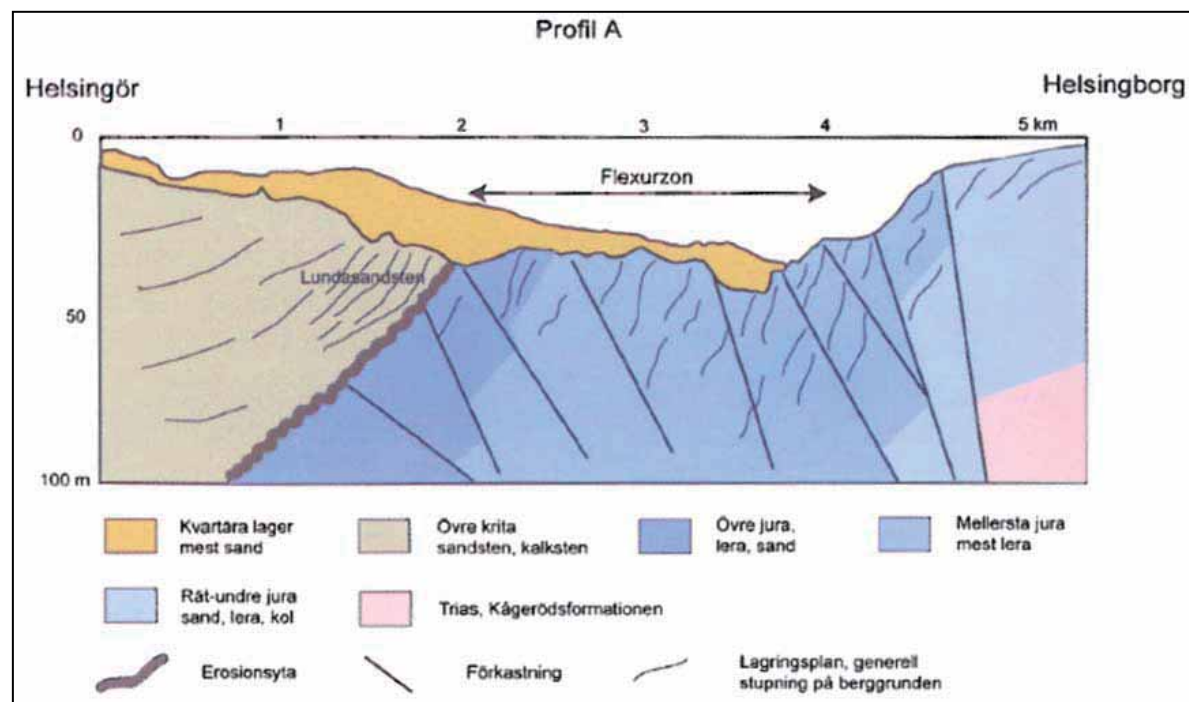
3.2.4 Skrivekridt

I et 2,5-3,5 km bredt bælte udenfor danienkalkområdet ligger der direkte under det unge havsand svagt hærtnet skrivekridt med flintknolde af samme karakter som bl.a. er kendt fra Møns Klint.

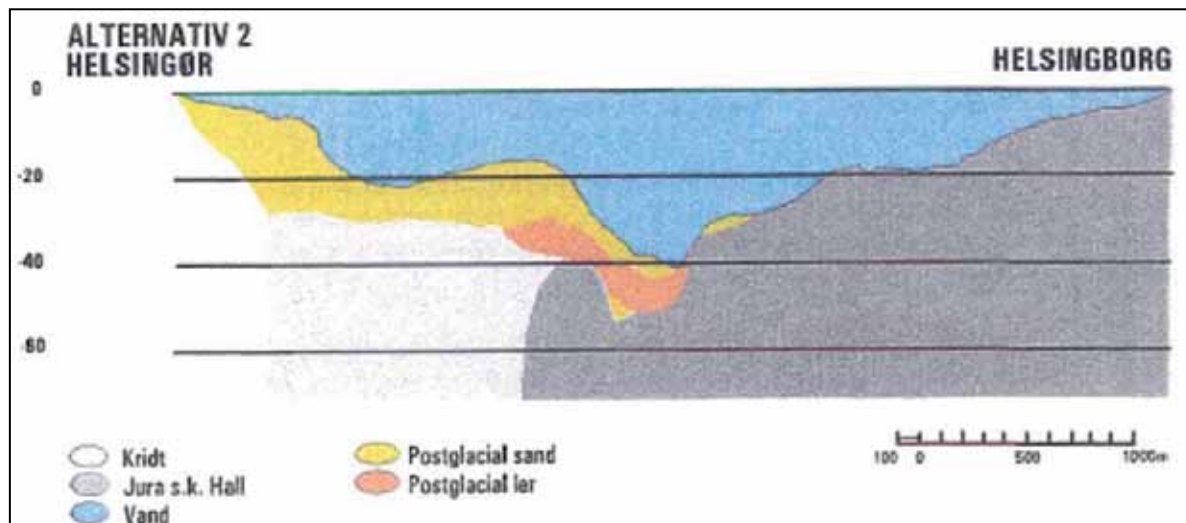
3.2.5 Juraaflejringer

Øst for skrivekridtområdet ligger der aflejringer fra jura-perioden direkte eller lokalt næsten direkte under det unge havaflejrede sand. Aflejringerne har oprindelse som deltadannelser eller havaflejringer dannet på relativt lavt vand. Der er tale om hærtnede sandsten, siltsten og lersten med hærtningsgrad varierende mellem H.2 og H.4. Aflejringerne bliver ældre fra vest mod øst, og næsten hele juraperioden er repræsenteret i snittet. Vestligst ligger der overvejende massive sandsten fra øvre jura, mens lagserien fra mellem jura længere østpå udgøres af langt mere vekslende lag af sandsten, siltsten og ler/lersten. I lagserien fra ældre jura som ligger østligst under Øresund og i det svenske kystområde indgår der lokalt kullag.

Figur 3-1 Geologisk længdeprofil, som vist i [6]



Figur 3-2 Geologisk længdeprofil, som vist i [7]



3.2.6 Tunnelering

Med basis i det ovenfor anførte vurderes det at være gennemførligt at udføre borede tunneler mellem Helsingør og Helsingborg i et centralt trace.

Passagen af sandaflejringerne nær den danske kyst skal dog studeres nærmere i evt. efterfølgende faser. Sammen med boringer i det aktuelle trace vil det være nødvendigt med en detaljeret kortlægning af havbunds niveauet.

4. TUNNELLØSNINGER, ANLÆGSBESKRIVELSE

Der er anvendt samme linjeføring for persontog i alternativ A1 og A2. For hvert alternativ er skitseret et længdeprofil, der giver start og slutpunkt for de enkelte delanlæg (fx landanlæg, rampe, tunnel). Som stationering / kilometrerung er anvendt den på Kystbanen eksisterende. Stationering er angivet for højrespor. Af illustrationsmæssige hensyn er venstre spor også vist på plan- tegningerne, med den forudsatte center-center afstand mellem højre og venstre spor.

4.1 Forslag A1, Persontog alene

4.1.1 Generelt

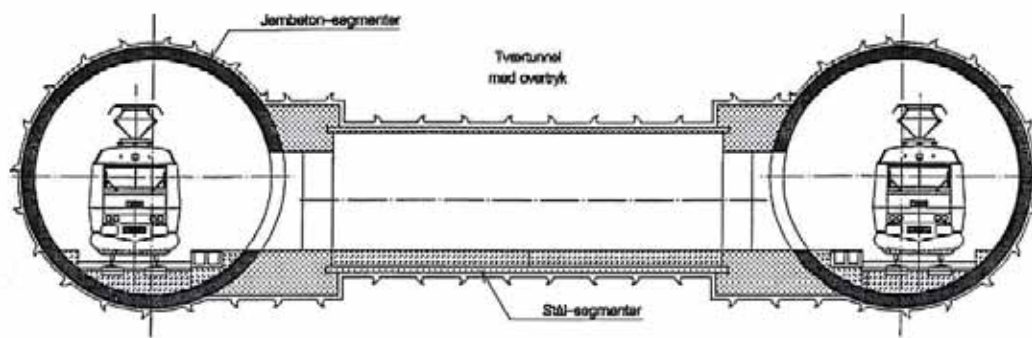
Da tunnelen alene skal betjene persontog, vil det være muligt at anlægge banen med en hældning på op til 25 ‰. Ved stationerne er hældningen 2,5 ‰ langs perronerne.

Syd for Helsingør station følger tunnelen den eksisterende linjeføring for Kystbanen.

4.1.2 Boret tunnel

Den borede tunnel forudsættes udført med to tunnelrør svarende til den principielle udformning vist på Figur 4-1.

Figur 4-1 Princip for boret tunnel med 2 rør og tværtunneler



Den borede tunnel forudsættes udført med en indre diameter på 7,9 m svarende til Malmö City-tunnel. Der forudsættes tværtunneler (flugtveje) pr. 250 m. Alternativt kan der etableres flugtkorridorer i hver tunnel. Dette vil øge tværsnittets diameter, men samtidig spare etablering af tværtunneler. Sikkerhedsniveauet svarer til det på andre sammenlignelige skandinaviske tunnelprojekter anvendte fx Storebælt Tunnellen, Københavns Metro, Malmö Citytunnel.

Tunnelen under Hallandsåsen udføres til sammenligning med en indre diameter på 9,04 m, mens der på Storebælt er anvendt en indre diameter på 7,7 m. Nærværende analyse forudsætter en indre tunneldiameter på 7,9 m og en ydre tunneldiameter på 8,7 m. Der forudsættes desuden et jord dæklag over tunnelen på som hovedregel minimum 1,5 gange den ydre tunneldiameter.

Det forudsættes, at den borede tunnel udføres med en lukket tunnelboremaskine (TBM) af typen Earth Pressure Balance Machine (EPBM) eller Slurry Machine, således at der er mulighed for at styre/afbalancere trykket mod borehovedet. Storebæltstunnellen og Københavns Metro blev anlagt med EPBM, men det endelige valg af TBM vil afhænge af nærmere undersøgelser. Det antages, at der anvendes to TBM'er ved udførelsen. Tunneleringen vil kunne starte i byggegruben ved Helsingør station og bore i retning mod Sverige med en modtageskakt ved Oljehamnsleden, eller ankomme i cut & cover tunnelen.

Plan og længdeprofilen er optegnet på tegning nr. 1110, vedlagt som bilag. Tunnelen går på den danske side fra Stubbedamsvej syd for Helsingør station til Helsingborg Centralstation på den svenske side. Tunnelens fulde længde inklusiv rampe, C&C tunnel og boret tunnel er 10 km. Desuden henvises til bilag B6.

Løsningen er karakteriseret ved, at stationen i Helsingør kommer til at ligge 25-30 m under terræn, idet tunnelen skal ligge mindst ca. 13 m (1,5 x tunneldiameteren) under havbunden. Der er imidlertid en kort strækning tæt på land, en lille kilometer fra Helsingør Station, hvor dette ikke overholdes. Her forudsættes det, at der i byggeperioden fyldes ler op oven på havbunden indenfor tunneltraceet for at stabilisere jordlagene under anlæg af tunnelen.

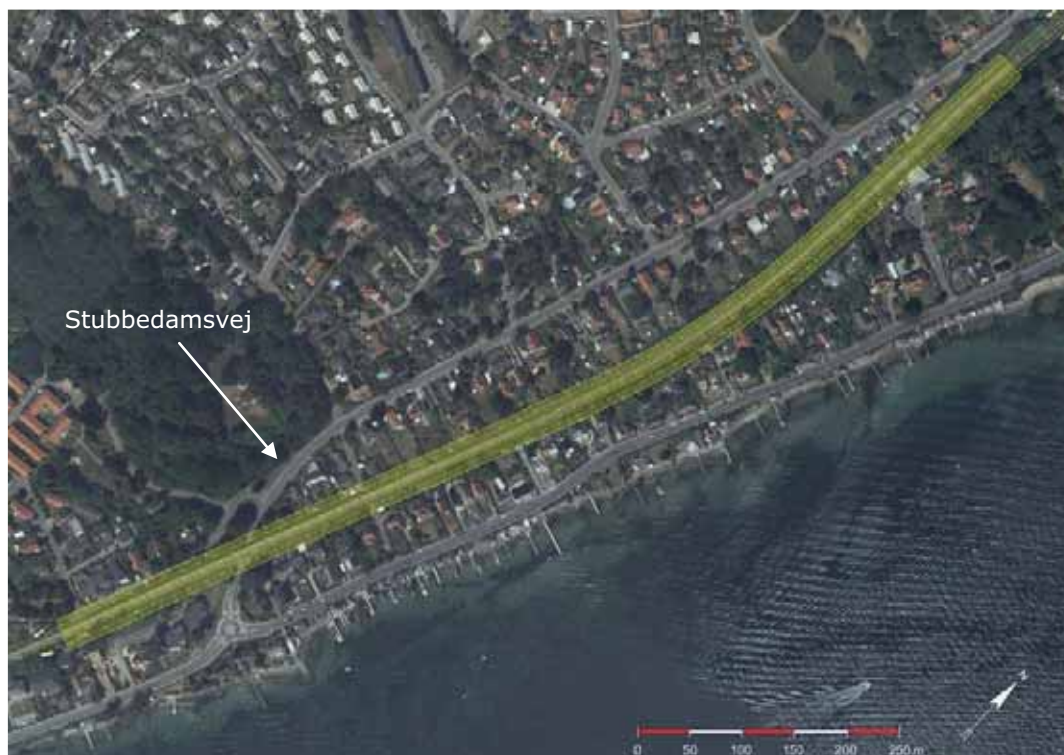
Ovennævnte indebærer, at banen kan nå op i terræn ca. 2 km syd for Helsingør station. De nye spor vil herved kunne flettes sammen med Kystbanen ved jernbanebroen over Stubbedamsvej. Broen over Stubbedamsvej må forventes udskiftet som en del af projektet. Det bliver nødvendigt at lukke underføringen for Bøgebakken permanent.

På den danske side antages den borede tunnel at starte i byggegruben for Helsingør Station, mens strækningen syd herfor bygges som cut & cover eller i en udvidet åben grav. I forbindelse med mere detaljerede undersøgelser vil overgangen fra boret tunnel til cut & cover evt. kunne flyttes længere mod syd. De tidligere undersøgelser viser, at der ved anvendelse af støttevægge (evt. delvis) i stedet for naturlige skråninger langs banen vil være mulighed for stort set at holde sig inden for grænserne af den nuværende banegrav, [7], se figur 4-2.

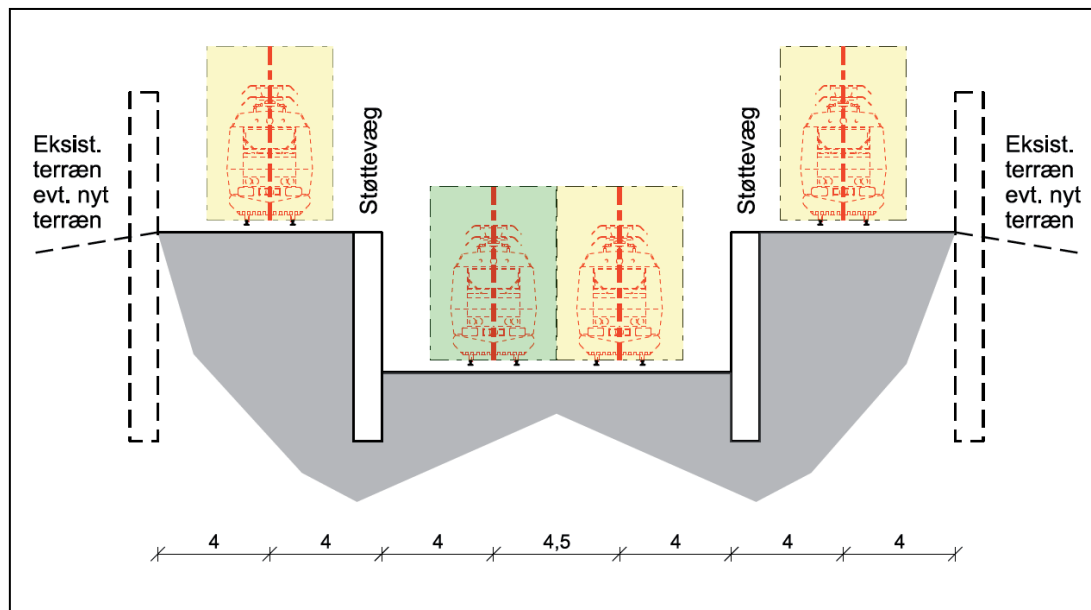
Syd for Helsingør Station når rampen terræn omtrent ved overføringen ved Stubbedamsvej. På rampestrækningen fra Tordenskjoldsvej til Stubbedamsvej forudsættes fire spor i forbindelse med tilslutning af HH-tunnelen til den eksisterende Kystbane. Samtidig skal Lille Nord og kystbanen stadig køre i terræn og tilsluttes Helsingør Station i terræn. Det antages at de nuværende kystbanespor placeres ud mod siderne i terræn på rampestrækningen, mens de to spor fra HH-tunnelen kommer fra C&C tunnelen i midten og tilsluttes rampen. Denne løsning er skitseret på Figur 4-3 og fylder i bredden 28,5 m til 30,5 m afhængigt af om der på ydersiden af kystbanesporene er brug for en støttemur eller støjvæg. Rampestrækningen er ca. 1100 m lang. Lille Nord føres som i dag til Helsingør fra Snekkersten via kystbanesporene.

På Figur 4-2 er den nødvendige bredde langs med rampestrækningen for tilslutningen til Kystbanen indtegnet, og det ses at tilslutningen stort set holder sig indenfor det eksisterende trace, se bilag B. 1.

Figur 4-2 Oversigt over banetrace langs med rampestrækning for kystbanetilslutning (Bilag B. 1)



Figur 4-3 Tværsnit af fire spor ved tilslutning til Kystbanen. De eksisterende spor lægges ud til siden, mens de to HH-spor kommer op i midten. Den samlede bredde er 28,5 m til 30,5 m afhængigt af om der skal laves støttevæg eller støjskærm i hver side (bilag B. 2)



Det har været overvejet at bore tunnelen ind under bebyggede områder i stedet for under Kystbanen. Jorddækket vil over lange strækninger være lille, og anlægsomkostninger vil være store. Denne løsning er derfor ikke undersøgt nærmere.

Helsingør Station udføres med en 320 m lang midtliggende perron, se Figur 4-4 og Figur 4-5. Perronen bliver minimum 12 m bred ud for opgangene, således at der er plads til opgange med 2 eskalatorer og en fast trappe samt elevatorer. Af hensyn til starten på den borede tunnel er perronbredden forudsat til 14 – 15 m i nordenden spidsende mod syd for at minimere bredden af cut & cover tunnelen.

Figur 4-4 Oversigt over placering af ny underjordisk Helsingør Station (Bilag B. 3)

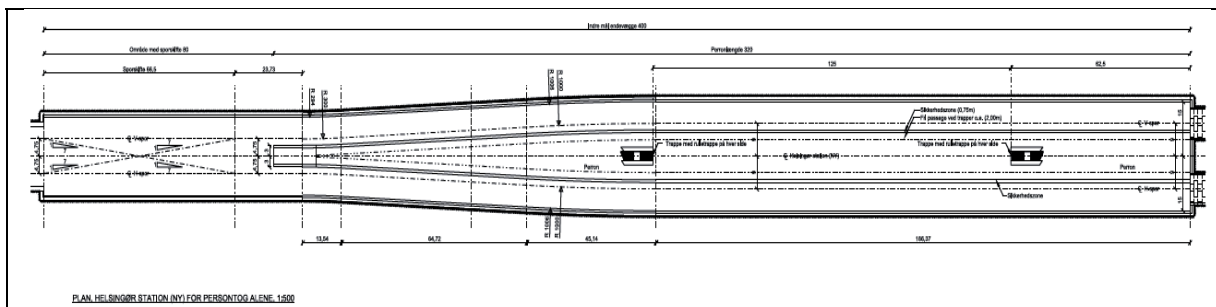


Stationen etableres i åben byggegrube. Indledningsvis udføres stationsboksens vægge som slidsevægge, herefter udgraves vådt til stationens bund. En forankret bundplade støbes herefter med / i undervandsbetonen. På denne måde sikres bedst, at grundvandspejlet ikke sænkes i nabo-områderne i byggeperioden. Stationen kan herefter udføres tørt i byggegruben. Slidsevægge

og den som undervandsbeton udstøbte bundplade indgår som en del af den permanente konstruktion.

Der vil i byggeperioden blive etableret broer hen over byggegruben så trafikken til / fra færgerne og lokalt langs den eksisterende station kan opretholdes.

Figur 4-5 Plan af ny underjordisk Helsingør Station, 320 m perron og transversal i sydlige ende (Tegningsbilag)



I Helsingborg vil den borede tunnel kunne begynde ca. ved Oljehamnsleden. Den første strækning udføres som cut & cover tunnel i tilknytning til Södertunnelen. Omfanget af de anlægsmæssige opgaver på den svenske side afhænger af i hvor høj grad Södertunnel projektet forbereder tilslutning til HH-tunnelen. I begge de to Södertunnel rapporter, [5] og [6], er forberedelser til HH-tunnelen beskrevet og inddraget i projektomkostningerne.

De største anlægstekniske problemer for en boret tunnel ventes at knytte sig til gennemboringen af de tykke sandlag ud for Helsingør og evt. forkastnings- og sprækkezoner på den svenske side samt i starten i Helsingborg, dersom boringen påbegyndes i jordlagene over bjerggrunden. I [7] er anført, at det kan være nødvendigt at foretage omfattende injiceringer for at stabilisere lagene og hindre vandtilstrømning. Dette er ikke undersøgt nærmere i nærværende studie.

4.1.3 Trafik- og miljøpåvirkninger ved en boret tunnel.

Hverken Kronborg eller havmiljøet vil blive påvirket under anlæg og drift.

I Helsingør vil boliger langs Kystbanen blive påvirket af støj og forurening (omfanget er afhængig af brændstoffet) under anlægsarbejderne. Under anlægsarbejderne må togdriften periodevis indstilles. Trafikken langs færgeterminalen og til / fra færgerne vil i byggefasen periodevis blive genereret af anlægsarbejderne. Med ophør af færgefarten på HH-forbindelsen forsvinder en væsentlig forureningskilde.

I Helsingborg skal cut & cover tunnelen passere jernbanesporet under Oljehamnsleden, og dette må afbrydes under en del af byggeperioden. Generne i Helsingborg er dog meget afhængige af i hvor høj grad indføringen af HH-tunnelen er indarbejdet i projektet for Södertunnelen.

4.2 Forslag A2, person- og godstog i fælles tunnel

4.2.1 Generelt

Da tunnelen skal trafikeres af både persontog og godstog, kan der max. accepteres en hældning på 12,5 ‰, idet stigningen foregår over en længere strækning end 3 km. Når tunnelforbindelsen både skal overføre person- og godstog er det forudsat, at godstog skal passere forbi perron i Helsingør (som man gør på Øresundsforbindelsen i Tårnby og Ørestad).

Hvis denne forudsætning ikke er acceptabel, vil der skulle etableres et eller to overhalingsspor i tilknytning til Helsingør Station og de danske landanlæg. Overhalingsspor må forventes at skulle være ca. 1000 m lange. Dette vil fordyre forbindelsen og give større gener i anlægsfasen.

Imellem Helsingør og Snekkersten Station følger tunnelen den eksisterende linjeføring for Kystbanen. Syd for Snekkersten Station fletter godstoget ud mod Ring 5, mens persontoget følger Kystbanen sydpå.

Plan og længdeprofil for den kombinerede løsning fremgår af tegning nr. 1000 Plan, Person- og godstog, tegning nr. 1105 Plan og længdeprofil, Persontog og tegning nr. 1100 Plan og længdeprofil, Godstog.

4.2.2 Boret tunnel

For den borede tunnel forudsættes den samme indre diameter som i alternativ A1. De under løsning A1 anførte betragtninger mht. geologi og anlægsteknik vil også være gældende for løsning A2.

Anlægget består af flere dele. På hovedparten af den borede tunnelstrækning mellem Snekkersten og udfletningskammeret ved den svenske kyst, vil gods- og persontog køre i samme tunnel. Derudover kører gods- og persontog adskilt syd for Snekkersten Station på den danske side og øst for udfletningskammeret ved den svenske kyst. Her adskiller godsbanen sig på den svenske side ved at være en-sporet, mens den resterende del af tunnelforbindelsen er to-sporet. Tunnelens fulde længde inklusiv rampe, C&C tunnel og boret tunnel er 14,6 km dobbeltspor og dertil 6,3 km enkeltspor. Yderligere er godsbanen på den danske side ført helt ned til Kronborg Karting Club mellem Kongevejen og Helsingørmotorvejen på samme måde som i de af COWI undersøgte løsninger. Her forløber de sidste 2,2 km i terræn.

Stationen i Helsingør kommer til at ligge ca. 35 m under terræn. Stationen udformes på samme måde som anført under forslag A1, dog således at stationsboksen og perronen får en konstant bredde da den borede tunnel forudsættes at fortsætte syd for Helsingør Station. Den dybe placering af stationen og den mindre stigning på sporene indebærer, at banen først kan nå op i terræn ca. 5 km syd for Helsingør station, dvs. syd for Snekkersten.

De nye spor vil i Snekkersten blive flettet sammen med sporene til Ringbanen og med Kystbanen. Der opføres en ny underjordisk Snekkersten Station. Stationen i Snekkersten kommer til at ligge ca. 15 m under den nuværende station. Den borede tunnel forudsættes at starte i byggegruben for den nye Snekkersten Station. Den ny station i Snekkersten forudsættes udført på samme måde som stationen i Helsingør. I nordenden af stationen fører to borede tunnelrør mod Helsingør Station. I den sydlige ende begynder to C&C tunnelrør, som umiddelbart efter stationen fletter ud til to spor mod Ring 5 (af hensyn til godstog og regionaltog herfra) og to personspor mod Kystbanen, hvor højre Ring 5 - spor syd for Snekkersten Station krydser ind under de to kystbanespor i retning mod Ring 5, se Figur 4-6.

Figur 4-6 Udfletning af godsbane mod Ring 5 og persontog mod Kystbanen syd for Snekkersten Station. Højre godsspor krydser persontogssporene ude af niveau (Bilag B. 4)



Ringbane sporene føres fra Snekkersten frem mod Ring 5 korridoren ved Helsingør Motorvejen ved Kvistgård. Ved Snekkersten station er der en konflikt mellem forbindelsessporene til Ringba-

ne sporene, vandværket og Klostermosevej, der i dag i snævre underføringer passerer under Lille Nord og Kystbanen. Dette er ikke i denne tidlige fase studeret til bunds.

I Helsingborg afgrenes et dobbeltrettet godstogsspor omtrent ved kystlinjen i et NATM udfletningskammer. De to persontogsspor drejer mod nord med en stigning på 25 ‰ og tilsluttes Södertunnelen, som vist på figur 4-7 og bilag B. 5.

Figur 4-7 Udfletning af person- og godstog på svenske side. Udfletningen sker i et NATM kammer ved den svenske kyst (Bilag B. 5)

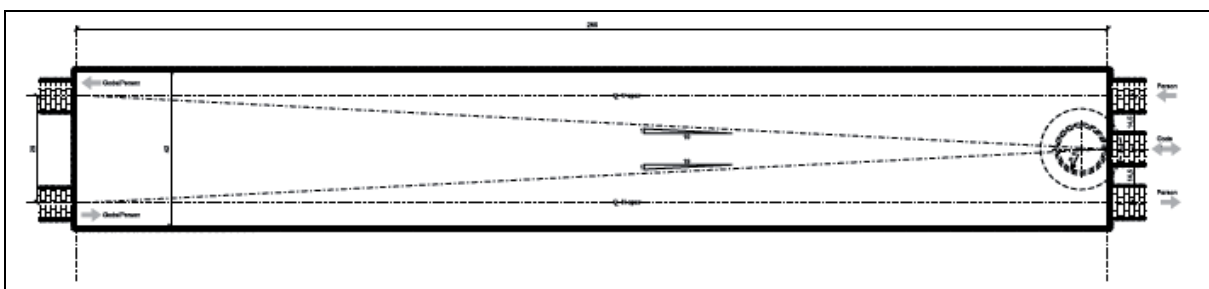


Den enkeltsporede godstunnel falder efter udfletningskammeret med 12,5 ‰ indtil det er muligt at krydse under persontogstunnelen. Efter ca. 1000 m stiger godssporret herefter med 15,6 ‰, dette vurderes som acceptabelt, da sporet er et rent godsspor. Der forudsættes godstog med en længde på op til 1000 m, hvilket betyder at eventuelle problemer med godstog, der ikke er i stand til at forcere stigningen med den forudsatte hastighed, ikke vil have konsekvenser for regulariteten i fællestunnelen, da godssporret først stiger med 15,6 ‰ ca. 1000 m efter udfletningskammeret.

Godstunnelen udføres med samme diameter som hovedtunnelerne. Der forudsættes etableret flugtveje i form af nødsakke ca. pr. 500 m. Der er ikke taget stilling til nødsakkenes placering. Denne forholdsvis lange afstand mellem nødsakterne vurderes som forsvarlig, da det i tilfælde af uheld kun er enkelte eller få professionelle personer, der skal nå at flygte.

Godstunnelen føres under Rännarbanan og Malmöleden med et mindste dækklag på omkring 12 m, hvilket ikke giver anledning til problemer. Den borede tunnel går over i åben rampe efter at have krydset Södra Brunnsvägen, hvilket betyder at den nuværende krydsning i niveau ved Södra Brunnsvägen undgås. Overgangen mellem boret tunnel og rampe kan flyttes, ligesom det kan overvejes at have en strækning med C&C tunnel. Da terrænet stiger kraftigt er godssporerne først nået op i terræn ca. ved Motorvej E6. Som følge heraf, vil det ikke være muligt at opnå en direkte forbindelse til Ramlösa godsbanegård eller godsbanen på Skånebanan før øst for E6.

Figur 4-8 Princip for udformning af udfletningskammer, godssporet placeres som det afgrenende spor i midten (jf. tegning 1150)



Udfletningskammeret udføres som et NATM kammer. Det er nødvendigt for at få flettet de to person-/godstogsspor ud til to persontogsspor mod Helsingborg Centralstation og et godsspor, som kører mod Skånebanan. Kammeret ligger 40-45 m under terræn og er 280 m langt og 42 m bredt. Kammerets størrelse er styret af, at der skal være plads til transversaler, som er således udformet, at hastigheden ikke reduceres ved udfletning af godstogene. I den østlige ende placeres en cirkulær, lodret skakt, som vil ligge omtrent ved kysten i Helsingborg Havn. Det er således muligt at få adgang til kammeret fra terræn. På Figur 4-8 ses en principskitse af NATM kammeret.

Indføringen i Helsingborg Centralstation er som anført under løsning A1.

Tunnelerne antages udført med fire TBM'er. NATM kammeret vil kunne udføres sideløbende. To TBM'er vil kunne starte fra byggegruben ved Helsingør Station og bore mod Sverige og fortsætte til Oljehamnsleden, hvor persontunnelen går fra boret tunnel til C&C tunnel. Undervejs vil maskinerne kunne serviceres i NATM kammeret. Yderligere en TBM vil kunne starte i Helsingør og bore mod Snekkersten Station. Her vil den blive modtaget og evt. serviceret, hvorefter den vendes og borer det andet tunnelrør mod Helsingør Station. Den sidste TBM vil kunne starte på den svenske side fra rampen i den ensporede godstunnel og bore i retning mod NATM kammeret. På denne måde vil de fire maskiner hver bore en længde fra 4,6 km til 5,9 km. Alternativt kan tunnelen udføres med to TBM'er, hvilket naturligvis betyder forlænget anlægsperiode.

4.2.3 Anlæg i terræn

Godsbanen når terræn på den danske side omtrent ved Agnetevej. For at kunne sammenligne COWI's og Rambøll's løsning føres godsbanen helt ned til efter krydsning med Lille Nord vest for Helsingør Motorvejen. Det er en ekstra strækning på omtrent 2 km, som inkluderer tre krydsninger, hvor godsbanen føres under Lille Nord, Mørdrupvej og Helsingørmotorvejen

4.2.4 Trafik- og miljøpåvirkninger ved en boret tunnel

Ligesom ved en boret tunnel i alternativ A1 vil togtrafikken på Kystbanen blive påvirket. Desuden skal der udføres en ny Snekkersten Station og et landområde vest for Snekkersten vil blive gennemskåret.

5. ANLÆGSOVERSLAG

5.1 Generelt

For hver af de to tunnelloøsninger er udarbejdet et groft anlægsoverslag. Anlægsoverslaget er beregnet ud fra enhedspriser for løsningens delelementer, eksempelvis er tunnelen delt op i rampe, Cut&Cover og boret tunnel. Udover selve tunnelkonstruktionen kommer priser for tværtunneler, flugtskakter, baneteknik (mekaniske og elektriske installationer til jernbanen såsom spor, kørestrøm mm.), M&E (mekaniske og elektriske installationer til tunnelen såsom nødbelysning, ventilation mm.), stationer (jord- og betonarbejde, M&E mm.), og brokonstruktioner.

De samlede overslag indeholder desuden et vist beløb til ikke specificerede poster (25 til 30 %) og uforudsete omkostninger samt byggepladsomkostninger (5 til 7 %). Der er ikke indregnet et særligt risikotillæg i prisen for boret tunnel.

Priser på delelementer er skønnet af Rambøll og er baseret på referencer til lignende projekter såsom Malmö Citytunnel, Nordhavnstunnelen (projektforlag), Københavns Metro og Storebælt Tunnelen.

Priserne er entreprenøromkostninger og indeholder ikke projekteringsomkostninger, bygherreomkostninger, ekspropriationer, omkostninger til deponering af jord, omkostninger til omlægning af ledninger mm. Priserne er fastlagt ud fra prisniveau for første halvår 2010 og er eksklusiv moms.

Anlægsoverslaget er med baggrund i det indledende stadie for undersøgelserne behæftet med en usikkerhed, som mindst er i størrelsesordenen +30%/-20%. Usikkerheden skyldes bl.a. manglende viden om de geologiske forhold. På trods af de geologiske undersøgelser, som er udført tidligere, eksempelvis i to linjer nord for det centrale trace, knytter der sig usikkerheder til de konkrete geologiske forhold langs med linjeføringen. Derudover er der ikke kendskab til tidligere udførte dybe undersøiske/underjordiske NATM kamre i den størrelse, som forudsættes for forslag A2 (bortset fra cross-over kamrene i kanaltunnelen). Det er derfor vanskeligt at prissætte kammeret. Ydermere giver den dybe underjordiske Helsingør Station udført som åben byggegrube ligeledes anledning til væsentlige prisusikkerheder.

5.2 Forslag A1, Persontog alene

Tabel 5-1 Anlægsoverslag for persontog

Element		Pris [mio. kr.]
Tunnel	Rampe og broer	340
	Cut & Cover tunnel	940
	Boret tunnel	2800
Baneteknik		520
M&E (Mechanical & Electrical)		410
Helsingør Station		670
Ej specificeret 30%		1700
Byggeplads 7%		520
I alt		7900

Svarende til 8 mia. dkr.

5.3 Forslag slag A2, person- og godstog i fælles tunnel

Tabel 5-2 Anlægsoverslag for person- og godstog i fælles tunnel

Element		Pris [mio. kr.]
Tunnel	Rampe	790
	Cut & Cover tunnel	1660
	Boret tunnel	5060
Baneteknik		960
M&E (Mechanical & Electrical)		750
Helsingør Station		830
Snekkersten Station		460
NATM kammer		500
Gods i terræn og broer		140
Ej specificeret 30%		3340
Byggeplads 7%		1010
I alt		15500

Svarende til 15,5 mia. dkr.

6. KILDEHENVISNINGER

- [1] Tågstrategi 2037, Skånetrafiken, <http://www.skanetrafiken.se>
- [2] Sporregler 1987, 157 sider, (Februar 2009): Link (2010-24-06):
http://www.bane.dk/db/filarkiv/5055/Sporregler1987_01.02.2009.pdf
- [3] Notat nr. 01, reva til Henrik Sylvan fra Rambøll / Uwe Hess, Tunnel mellem Helsingør og Helsingborg, 2010-01-22
- [4] Debatoplæg til banestrategi for en konkurrencedygtig Øresundsregion, Danmarks Tekniske Universitet, februar 2010
- [5] Fördjupad utredning Södertunneln, Helsingborgs stad, juni 2009
- [6] Järnvägstunnlar i Helsingborg. Idéstudie. Söderdelegationen, april 2006
- [7] Tågtunnel Helsingborg – Helsingør. COWI-SCC JV, april 1998
- [8] Forundersøgelser for en fast forbindelse Helsingør Helsingborg, Bundundersøgelser 1964, Endelig geoteknisk rapport, udført af Geoteknisk Institut, Øster Voldgade 10, København K
- [9] Landtilslutning gennem Helsingør, marts 1977, Jernbanetunnel mellem Helsingør og Helsingborg, Tunnelalternativ 1 og 2, Øresundsundersøgelserne 1975 - 1977

Analyse af fast forbindelse mellem Helsingborg og Helsingør

Teknisk rapport

COWI A/S

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Indholdsfortegnelse

1	Indroduktion	2
2	Sammenfatning	2
3	Screening	4
3.1	Analysemetode	4
3.2	Hovedresultater	5
3.3	Løsningsbeskrivelser og konsekvensvurderinger af hovedalternativerne	7
4	Analyse af de udvalgte løsningsalternativer	14
4.1	Forudsætninger for fase 2	14
4.2	Geotekniske forhold	16
4.3	Løsningsforslag	17
4.4	Sikkerhed i banetunnel	20
5	Anlægsøkonomi	21

Bilagsfortegnelse

Bilag 1	Oversigtskort med de tre linjeføringsprincipper samt naturforhold mv.
Bilag 2	Oversigtskort med de tre linjeføringsprincipper samt plan og miljøforhold
Bilag 3	Linjeføring for motorvej og jernbane. Plan og længdeprofiler
Bilag 4	Helsingborg Kommune. Planløsning
Bilag 5	Helsingør Kommune. Planløsning

Dokumentnr. 72253-A-1.05
Version 2
Udgivelsesdato 28. maj 2010

Udarbejdet LJR/ PON
Kontrolleret THRD
Godkendt LJR/

1 Introduktion

IBU3's faglige styregruppe besluttede i 2009 at igangsætte et studie om Transportkorridoren Femern-Øresund, herunder et studie af en fast forbindelse mellem Helsingborg og Helsingør.

Rambøll og COWI blev herefter engageret til at gennemføre analyserne vedrørende HH-forbindelsen: Rambøll for centrum-centrum forbindelsen, og COWI vedrørende tracéer nord og syd for bycentrene.

Resultatet af COWIs analyse præsenteres i dette tekniske notat.

Analyserne er gennemført i en proces bestående af tre faser, der blandt andet sikrer muligheder for dialog med de mange interessenter i projektet. I første fase blev der screenet et større antal alternativer med forskellige varianter af tunnel- og brokonstruktioner. Efter behandling i IBU3's styregruppe og arbejdsgruppe blev der udpeget tre løsningsprincipper til en nærmere teknisk vurdering i fase 2. Efter en ny behandling i arbejds- og styregrupperne er der udarbejdet skøn over anlægsøkonomien for nævnte alternativer.

Disponeringen af det tekniske notat svarer til denne fasedeling: Kapitel 2 indeholder en kort sammenfatning af det samlede studie. Resultatet af screeningen er belyst i kapitel 3. De udvalgte alternativer er nærmere beskrevet i kapitel 4, mens anlægsøkonomien er præsenteret i kapitel 5.

2 Sammenfatning

COWIs opgave har været at analysere følgende:

- Vejbro i tracé nord om Helsingør-Helsingborg
- Vejbro i tracé syd om Helsingør-Helsingborg
- Vej- og eller (gods)banetunnel i tracé syd om Helsingør-Helsingborg.

Denne analyse omfatter således ikke passagertog.

I fase 1 blev der screenet en række løsningsmuligheder på en vej- og broløsning, samt vej- og banetunneller i tre linjeføringer nord og syd for bycentrene i Helsingborg og Helsingør. Screeningen omfattede såvel anlægstekniske forhold som plan- og miljømæssige forhold.

Screeningen omfattede principielt 27 varianter. På baggrund af en samlet vægtning af anlægstekniske løsninger (herunder anlægsøkonomi), samt en konsekvensvurdering med hensyn til plan- og miljøforhold, blev der udpeget otte varianter til en nærmere vurdering på arbejdsgruppens møde den 11. jan. 2010.

Efter drøftelserne i arbejdsgruppen blev følgende seks alternativer fremlagt på styregruppemødet den 29. januar, som de samlet set mest realistiske:

- Nordlig vejbro (linjeføring A)
- Sydlig vejbro (linjeføring C)
- Sydlig boret vej tunnel (linjeføring B)
- Sydlig boret vej tunnel (linjeføring C)
- Sydlig boret banetunnel (linjeføring B)
- Sydlig boret vej- og banetunnel (linjeføring B).

Linjeføringer samt plan- og miljøforhold fremgår af Bilagene 1 og 2.

På styregruppemødet drøftedes især tunnelforbindelser til såvel vej som bane i de to sydlige linjeføringer B og C. En broløsning i linjeføring A nord om Helsingør og Helsingborg blev også kort drøftet.

Afslutningsvis blev det besluttet, at der i fase 2 skulle fokuseres på borede tunnelloøsninger i linjeføring B til henholdsvis en vejforbindelse, en godstogforbindelse og en kombineret løsning.

Selv om der i alle tre tilfælde er tale om borede tunnelloøsninger, er der taget udstrakte hensyn til de eksisterende bebyggelser og eksisterende infrastruktur, da de relativt lange tunnelramper skal ligge i åbent område, og fordi overgangsstrækninger mellem ramperne og den borede tunnel skal udføres fra terrænniveau i Cut-&-Cover-tunneler. Relativt kort efter krydsning af kystlinjen skal der sikres plads til tekniske anlæg til ventilation og redningsveje.

Det relativt kraftigt stigende terræn fra kysten og ind i land, sammenholdt med begrænsningerne i de maksimale stigningsgradierer udgør væsentlige bindinger på løsningsmulighederne. Endelig har det været vigtigt at kunne undgå væsentlige indgreb i fredede arealer mv.

Ved på enkelte af de geometriske parametre at vælge maksimale værdier på kortere strækninger, er der skitseret realistiske eksempler på løsninger, der på den ene side tager udstrakte hensyn til by og land, og på den anden side begrænser tunnellængderne.

Linjeføringer, længdeprofiler og planløsninger for de udvalgte tre løsninger fremgår af Bilagene 3, 4 og 5.

Skøn over anlægsøkonomien er omtalt i kapitel 5.

En enkeltsporet banetunnel er skønnet at koste ca. 10 mia. kr., mens en dobbeltsporet er skønnet til ca. 17 mia. kr.

En vej tunnel er skønnet at koste ca. 13 mia. kr., mens en kombineret 1-sporet banetunnel og en vej tunnel er opgjort til ca. 20 mia. kr. Alle priser er såkaldte "entreprenøromkostninger".

Der er en betydelig usikkerhed på prisvurdering af borede tunneler på det meget foreløbige stade projektet befinder sig på p.t. - mindst af størrelsesordenen plus 30 % / minus 20 %.

3 Screening

Fokus har i fase 1 været at screene mulige alternative løsninger på en fast forbindelse i HH-korridoren, med det hovedformål at kunne fravælge en række alternativer samt pege på hvilke, det findes hensigtsmæssigt at fokusere på i de efterfølgende analysefaser. De mulige alternativer er derfor primært vurderet på en række parametre, hvor de adskiller sig væsentligt fra hinanden.

Formålet har samtidig været at dokumentere, hvorfor forskellige alternativer er fravalgt, således at dette også i et senere forløb i processen umiddelbart vil være tilgængeligt.

På en række punkter adskiller alternativerne sig ikke ret meget fra hinanden med hensyn til principielle problemstillinger og løsningsmuligheder. Dette gælder f.eks. nye landanlæg og skæring af eksisterende infrastruktur i Sverige og Danmark.

De tekniske løsninger omfatter relativt kendte konstruktioner som broløsninger samt sænketunneler og borede tunneler. Længden af konstruktionerne er sammen med enhedspriser benyttet som screeningsgrundlag.

Skøn over niveauet af anlægsomkostningerne i denne screeningsfase omfatter derfor ikke alle elementer, og er således ikke fuldstændige. Blandt andet er banetekniske anlæg ikke medtaget på indeværende tidspunkt, fordi det ikke er afgørende for at kunne vurdere anlægsomkostningernes betydning for valg mellem de enkelte alternativer. I kapitel 5 omtales de fuldstændige skøn over anlægsøkonomien for de udvalgte løsningsalternativer.

3.1 Analysemetode

Methodisk er analysen gennemført således, at der først er identificeret mulige linjeføringsstyper og -kombinationer for hvert af de tre hovedtracéer, som IBU3 har bedt COWI analysere på, dvs.:

- motorvejsbro i nordligt tracé
- motorvejsbro i sydligt tracé
- tunnel i sydligt tracé for vej og/eller godsbane med 1 eller 2 spor.

Dernæst er der foretaget en vurdering af de enkelte alternativs fordele og ulemper på baggrund af en overordnet screening af de specifikke tekniske, økonomiske, miljø- og planmæssige forhold.

COWI har valgt at udvide analyserne til at omfatte en del flere kombinationsløsninger (i alt 27), end der oprindeligt var lagt op til i opgavekommissoriet. Bevæggrunden har været at gøre grundlaget for beslutning om, hvilke alternativer der skal analyseres videre på i de efterfølgende faser, så fyldestgørende som muligt inden for opgavens økonomiske og tidsmæssige rammer. Således er der screenet både bro- og tunnelloøsninger for alle linjeføringer. Der er desuden screenet togforbindelser (enkeltsporede) i alle tre linjeføringsalternativer. Analyserne omfatter både sænketunnelloøsning og boret tunnel.

Ikke alle alternativerne er undersøgt lige grundigt. Løsninger, som har vist sig særligt uhensigtsmæssige på grund af økonomi, miljø og/eller andre forhold, er blevet fravalgt tidligt i processen.

For hvert af hovedtracéernes vej- og banelinjer er skitseret en linjeføring og et længdeprofil, der dels angiver forbindelsernes geografiske placering, dels markerer start- og slutpunkt for de enkelte delanlæg (f.eks. landanlæg, rampe, bro/tunnel). Linjeføringsalternativerne er vist på Bilagene 1 og 2.

På det grundlag, er der foretaget meget grove skøn og vurderinger af:

- de miljømæssige og hydrauliske påvirkninger samt
- de planmæssige implikationer, som anlægget kan tænkes at ville medføre anlægsøkonomi.

Med henblik på at kunne sammenligne alternativerne, er der foretaget en vægtning af de miljø- og planmæssige forhold. Til vurdering heraf er der foretaget en "ranking" fra 1-9 af alternativerne, hvor 1 er det miljømæssigt bedste og 9 det miljømæssigt værste. Rankingen er baseret på det samlede antal "negative vurderinger" af miljø- og planforhold, som er registreret for det enkelte alternativ, samt en samlet faglig vurdering heraf.

En samlet, summarisk oversigt over de forskellige alternative linjeføringsalternativers omkostninger og afledte påvirkninger af omgivelserne er givet i skemaet i afsnit 3.2.

Det er naturligvis ikke muligt at foretage en fuldstændig objektiv vurdering og vægtning af et infrastrukturanlægs påvirkning på miljø og samfund på det foreliggende grundlag, ligesom sammenvægtning af økonomi og miljø-/planforhold ikke umiddelbart lader sig gøre. Formålet med den anvendte metode har først og fremmest været at skabe grundlag for en indbyrdes sammenligning af de forskellige alternativer, hvor der tages hensyn til både økonomi og eksterne påvirkninger.

Det har ikke i analyserne i denne fase været vurderet, om negative eksterne påvirkninger vil kunne reduceres eller fjernes gennem afværgeforanstaltninger.

Screeningerne er baseret på foreliggende oplysninger.

3.2 Hovedresultater

Resultatet af den indledende overordnede screening er vist i nedenstående skema. I skemaet angives den skønnede anlægsøkonomi samt de miljø- og planmæssige påvirkninger for de forskellige linjeføringsalternativer.

Hvert af de tre hovedtracéer (A, B og C) er opdelt i to hovedgrupper efter konstruktionstypen (tunnel og bro). Disse er yderligere inddelt efter transportmiddel (vej, bane og kombinationen vej og bane). Desuden angives tunneltype: sænketunnel (S) og boret tunnel (B). I skemaet er der med blå farve angivet de

alternativer, der er beskrevet i kommissoriet for analysearbejdet. Med grøn farve er markeret, hvilke løsningsalternativer, der relativt set falder bedst ud, ud fra en samlet vurdering af anlægssøkonomi samt miljø- og planmæssige forhold.

Tracé	Konstruktions-type	Transport-middel	Vej-baner	Bane-spor	Type	Variant	Anlægsskøn for infrastruktur ^{*)}			Plan/Miljø (1=bedst 9=værst)
							Vej mia DKK	Bane MIA DKK	V+B MIA DKK	
A Nord	Tunnel	Vej	4	0	S	ATV40s	10			7
			4	0	B	ATV40b	12			3
		Bane	0	1	S	ATB01s		7		7
			0	1	B	ATB01b		7		3
		Vej og bane	4	1	S	ATK41s			16	7
			4	1	B	ATK41b			19	3
	Bro	Vej	4	0		ABV40	7			9
		Vej og bane	4	1		ABK41			13	9
B Syd 1	Tunnel	Vej	4	0	S	BTV40s	12			5
			4	0	B	BTV40b	13			1
		Bane	0	1	S	BTB01s		8		5
			0	1	B	BTB01b		7		1
		Vej og bane	4	1	S	BTK41s			17	5
			4	1	B	BTK41b			20	1
	Bro	Vej	4	0		BBV40	11			6
		Vej og bane	4	1		BBK41			16	6
C Syd 2	Tunnel	Vej	4	0	S	CTV40s	15			8
			4	0	B	CTV40b	15			2
		Bane	0	1	S	CTB01s		10		8
			0	1	B	CTB01b		10		2
		Vej og bane	4	1	S	CTK41s			21	8
			4	1	B	CTK41b			25	2
	Bro	Vej	4	0		CBV40	12			4
		Vej og bane	4	1		CBK41			19	4

*) Ekskl. baneteknik.

Skema 1 Screeningsfase: Oversigt over undersøgte linjeføringsalternativer, med skøn over anlægsomkostninger samt konsekvensvurdering mht. miljø- og planforhold. B = Boret tunnel; S = Sænkettunnel.

Følgende alternativer synes at være de mest realistiske at arbejde videre med:

- En boret vej-tunnel nord for Helsingør og Helsingborg (ATV40b - Anlægs-skøn: 11 mia. kr.)
- En boret jernbanetunnel nord for Helsingør og Helsingborg. Det skal dog nævnes, at en nordlig baneforbindelse forudsætter etablering af et nyt dobbeltspor nord for Helsingborg. Uden et sådan, vil der ikke være tilstrækkeligt kapacitet på Vestkystbanen (ATB01b - Anlægsskøn 6-7 mia. kr.)
- Det kan af hensyn til manglende opfyldelse af ovennævnte forudsætning om dobbeltspor nord for Helsingborg være relevant også at gå videre med at undersøge en boret banetunnel i linjeføringstracé B (Syd 1) syd for Helsingør-Helsingborg (BTB01b - Anlægsskøn 6-7 mia. kr.)
- Eventuelt (som supplement til eller erstatning for ovennævnte to selvstændige borede vej- og banetunneler) en kombineret boret vej- og banetunnel (BTK41b - Anlægsskøn 20 mia. kr.).
- En vejbro i det sydligste af de tre hovedtracéer (Syd 2) (CBV40 - Anlægs-skøn 12 mia. kr.)
- Eventuelt en boret vej-tunnel i det sydligste af de tre hovedtracéer (Syd 2). Den synes at være lidt dyrere at anlægge, men er ikke omfattet af helt så mange miljø- og planmæssige problemstillinger (CTV40b - Anlægsskøn 14 mia. kr.)
- En vejbro i nordligt tracé er den absolut billigste af de vurderede alternativer (ABV40) - Anlægsskøn 7 mia. kr.), men miljø- og planforholdene taler ikke umiddelbart for en sådan løsning. Ved etablering af afværgeforanstaltninger på land, f.eks. i form af tunnelstrækninger, kan dette alternativ muligvis vise sig at være relevant at undersøge nærmere. Hvis alle konflikter med hensyn til miljø- og planforhold i muligt omfang skal afværges ved tunnellægning, vil anlægsskønnet vokse til ca. 16 mia. kr.

3.3 Løsningsbeskrivelser og konsekvensvurderinger af hovedalternativerne

I dette afsnit gives en nærmere beskrivelse af de tre hovedtracéer, som COWI har fået til opgave at analysere nærmere, dvs.:

- Motorvejsbro i nordligt tracé
- Motorvejsbro i sydligt tracé
- Tunnel i sydligt tracé for vej og/eller godsbane med 1 eller 2 spor.

Kun førstnævnte nordlige tracé følger helt den udlagte transportkorridor, mens de to øvrige drejer fra syd for Helsingør.

I beskrivelserne fokuseres særligt på selve linjeføringen, den tekniske løsning, anlægsomkostningerne, særlige forhold omkring længdeprofil over vand og på land i Danmark og Sverige samt plan-, miljø- og gennemstrømningsforhold (hydrauliske forhold).

De udvalgte linjeføringer mellem Helsingør og Helsingborg, som analyserne baseres på, er vist i Bilag 1 og 2:

For Helsingør og Helsingborg. B og C er der to alternativer syd for. Linjeføringerne er principielt fælles for såvel bro- som tunnelalternativer. Men for tunnel-løsningerne, og specielt for en boret tunnel, er der naturligvis større frihedsgader for fastlæggelse af en optimal linjeføring, men dette har ingen væsentlig betydning for den screeningsfase, linjeføringerne i denne sammenhæng indgår i.

Der gælder generelt for de respektive tekniske løsninger, at:

- Broer, vejtunneler (borede og sænke) er dimensioneret med 2x2 spor plus to nødspor
- Kombinerede vej/banetunneler dimensioneret med 2x2 spor plus to nødspor og et banespor.
- Borede jernbanetunneler er dimensioneret med et spor.

For en enkeltsporet godstogstunnel er der overvejet løsninger med både sænketunnel og boret tunnel.

For en boret tunnel er der set på løsninger med en indre diameter på henholdsvis 8 m og 11 m. En tunnel med 11 m i diameter giver mulighed for, at en enkeltsporet boret tunnel kan indrettes med en separat nødkorridor i tværsnittet, og at den dermed vil være sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende ifølge EU-direktivet. Indretningen af en separat nødkorridor vil endvidere give bedre muligheder for vedligehold. En 8 m tunnel forudsætter redning via en anden tunnel, f.eks. en vejtunnel.

Sænketunnel-alternativet for den enkeltsporede tunnelloøsning er tænkt som et dobbeltcellet tværsnit, hvor den ene celle fungerer som galleri for ventilation, rør og ledningssystemer samt som nødkorridor.

Sænketunneler er nedgravet i havbunden og udgør derved ingen barriere for vandgennemstrømningen. Det skal dog bemærkes omkring vandgennemstrømningen i Øresund, at problemerne og deres størrelsesorden er den samme i Helsingør-Helsingborg-snittet, som ved Øresundsbroen.

Linjeføring A: Nordligt tracé - Vejbroforbindelse

Løsningsbeskrivelse: Som det er illustreret i Bilag 1, er der taget udgangspunkt i, at alle de tre hovedtracéer på dansk side har tilslutning til det øvrige motorvejs- og banenet omkring Mørdrup (Ring 5-korridoren).

En vejbroforbindelse i det nordlige tracé (alternativ A) løber i åbent terræn fra Mørdrup, gennem byområdet vest for Helsingør og Rørtangskilen, og videre

langs den udlagte trafikkorridor ved Teglstrup Hegn. Herfra fortsætter forbindelsen til kysten.

Over Øresund vil broen have en gennemsejlingshøjde i sejlrenden på 55 m. Det betyder, at besejlingsforholdene med hensyn til bredden af sejlruerne i den nordlige del af Øresund stort set kan opretholdes, mens gennemsejlingshøjden for skibe kommer til at svare til gennemsejlingshøjden ved den eksisterende Øresundsbro.

Broen vil have fæste på den svenske kyst nær Sofiero Slot mod syd. Herfra fortsætter den i åben terræn mod Väla, hvor den tilsluttes motorvej E4.

Forbindelsens samlede længde er ca. 18,8 km, heraf udgør broen knap 6 km. Anlægsomkostningerne vurderes skønsmæssigt til i alt ca. 7 mia. kr.

Plan- og miljøpåvirkninger: De væsentligste plan- og miljøpåvirkninger fra en nordlig vejbroforbindelse vil være:

- Støjpåvirkninger af boligområderne vest for Helsingør
- Gennemskæring af den fredede Rørtangskilen sydvest for Helsingør, og Helsingørs grønne vestkile. Begge områder er med landskabelige værdier. Linjeføringen vil gennemskære den østlige del af Teglstrup Hegn, der er omfattet af et fredningsforslag, dog uden at berøre Natura 2000-området direkte
- Placering af broen nord for Helsingør vil berøre indblikket mod Kronborg, som er med på UNESCOs verdensarvsliste
- Broen vil give en større hindring af vandgennemstrømningen end de sydligere broforbindelsesalternativer
- I Sverige vil brorampen gennemskære naturvårdsområdet Domsten Pålsjö og passere tæt forbi området ved Sofiero Slot, som er foreslået som nationalstadspark
- Motorvejen vil passere nord om et planlagt byudviklingsområde nord for Helsingborg.

Samlet vurdering af miljø- og planforhold: 9 (dårligste miljømæssige ranking).

Linjeføring B: Sydligt tracé (1) - Vejbroforbindelse

Løsningsbeskrivelse: En vejbroforbindelse i det sydlige tracé (alternativ B) løber i åbent terræn gennem erhvervsområdet Mørdrup, sydvest for Helsingør og Rørtangskilen, og videre gennem Egebæksvang. Herfra fortsætter forbindelsen til kysten ved Skotterup.

Over Øresund vil broen have en gennemsejlingshøjde i den østlige ende på 55 m, svarende til den eksisterende Øresundsbro. Den vestlige del af broen bliver lavere. Det vil medføre en ændring af de eksisterende besejlingsforhold i Øresunds nordlige del, således at høje skibe ikke frit kan vælge sejlroute, som det er tilfældet i dag.

I svensk farvand passerer broen et marint naturreservat.

Højbroen vil have fæste på den svenske kyst nord for Råån og fortsætte ad rampe til terrænniveau og derefter i niveau gennem et by- og parkområde med tilhørende sportsplads frem til den eksisterende E4/E6.

Forbindelsens samlede længde er ca. 14,2 km. Broens længde er på omkring 11 km. De samlede skønsmæssige anlægsomkostninger vurderes til ca. 11 mia. kr.

Plan- og miljøpåvirkninger: De væsentligste plan- og miljøpåvirkninger fra en sydlig motorvejsbroforbindelse vil være:

- Trafikstøj- og luftforureningspåvirkninger af boligområderne i den sydlige del af Helsingborg
- Gennemskæring af erhvervsområde ved Mørdrup sydvest for Helsingør
- Gennemskæring af landskabeligt værdifuldt område sydvest for Helsingør, det fredede område ved Rørtangskilen sydvest for Helsingør og fredsskoven ved Egebæksvang syd for Helsingør
- Det marine naturreservat Knähaken kan blive påvirket
- Broen vil give en mindre hindring af vandgennemstrømningen end et nordligt broforbindelsesalternativ
- I Sverige vil en højbro virke dominerende i Helsingborgs sydlige byområde
- Motorvejen vil passere igennem et erhvervs- og parkområdet samt et sportsanlæg i det sydlige Helsingborg.

Samlet vurdering af miljø- og planforhold: 6 (mellem miljømæssig ranking).

Linjeføring B: Sydligt tracé (1) - Vej-/banetunnelforbindelse

Løsningsbeskrivelse: Der er foretaget vurdering af en kombineret vej-/banetunnelforbindelse i det sydlige tracé med en linjeføring, som beskrevet for vejforbindelsen ovenfor i alternativ B. Vurderingen omfatter både en separat banetunnelforbindelse og en kombination af vej- og banetunnelforbindelse en boret tunnel og en sænketunnel - og udført både som en boret tunnel og som en sænketunnel.

Linjeføringen for de to tunneltyper er ens, dog vil den borede tunnel være lidt længere på den danske side, idet den først når i terræn ved Helsingørmotorvejen/Ring 5-banekorridoren nær Mørdrup, mens sænketunnelen føres i terræn ca. 2 km længere mod øst, og den vil derfor have en lidt større påvirkning af omgivelserne omkring Mørdrup end den borede tunnel.

På tværs af Øresund adskiller tunnelanlæggene sig ved, at sænketunnelen i anlægsfasen vil påvirke vandgennemstrømningen samt plante- og dyrelivet.

I Sverige vil sænketunnelen skulle gennemskære et eksisterende byområde, hvilket kan give problemer særligt i anlægsfasen. Derefter føres motorvejen i terræn frem til den eksisterende E4/E6. Baneforbindelsen føres i tunnel frem til Skånebanen.

Vejtunnelforbindelsen har en samlet længde på 14,2 km. Længden af den borede vej tunnel vil være omkring 12,2 km, mens sænketunnelens længde vil være omkring 11,6 km. Banetunnelerne vil have en længde på ca. 12,6 km.

De samlede skønsmæssige anlægsomkostninger for den borede vej tunnel vurderes til ca. 13 mia. kr., og sænketunnelløsningen til ca. 12 mia. kr.

For banetunnelløsninger vurderes anlægsomkostningerne at være på omkring 8 mia. kr. for sænketunnelen, og 7 mia. kr. for den borede tunnelloøsning med en diameter på 11 m og ca. 6 mia. kr. ved en diameter på 8 m.

En kombineret vej-/banetunnel vurderes som sænketunnel at koste omkring 17 mia. kr. og omkring 20 mia. kr. for en boret tunnelloøsning.

Plan- og miljøpåvirkninger: De væsentligste plan- og miljøpåvirkninger fra en sydlig (alternativ B) motorvejs- og banetunnelforbindelse vil være:

For en boret tunnelloøsning:

- Få påvirkninger - primært i anlægsfasen - af byområder og område med værdifuldt landskab sydvest for Helsingør og det fredede område ved Rørtangskilen

For en sænketunnelloøsning:

- Påvirkninger af byområde (erhverv) og område med værdifuldt landskab sydvest for Helsingør samt af det fredede område ved Rørtangskilen
- Trafikstøj- og luftforureningspåvirkninger af byområderne i den sydlige del af Helsingborg
- Påvirkning af havmiljø (planter og dyr), bl.a. ved Knähaken og ophvirvling af sediment i anlægsfasen
- Anlægget vil passere igennem et erhvervs- og parkområde samt et sportsanlæg, som vil blive påvirket i anlægsfasen.

Samlet vurdering af miljø- og planforhold:

- Boret tunnelloøsning: 1 (bedste miljømæssige ranking)
- Sænketunnelloøsning: 5 (mellem miljømæssig ranking).

Linjeføring C: Sydligt tracé (2) - Vejbroforbindelse

Løsningsbeskrivelse: Et alternativ til ovennævnte vejbroforbindelse i det sydlige i tracé (B) kan være et forløb, der går lidt sydligere på tværs af Øresund og i Sverige. På den danske side vil linjeføringen være som linjeføringen i alternativ B.

Det sydligste af vejbroforbindelserne vil ligesom alternativ B have en gennemsejlingshøjde i den østlige ende på 55 m, og en lavere vestlig del. Så også i dette alternativ vil det medføre en ændring at de eksisterende besejlingsforhold i

Øresunds nordlige del, ligesom denne linjeføring også vil berøre det marine naturreservat i svensk farvand.

I Sverige vil højbroens rampeanlæg blive anlagt i det åbne landområde mellem byerne Pålstorp og Rydebäck, og derfra skære gennem området omkring Råån. Motorvejsforbindelsen vil have forbindelse til den eksisterende E4/E6.

Forbindelsens samlede længde er ca. 17 km. Broens længde er på omkring 12,7 km. De samlede anlægsomkostninger vurderes skønsmæssige til ca. 12 mia. kr.

Plan- og miljøpåvirkninger: De væsentligste plan- og miljøpåvirkninger fra en sydlig motorvejsbroforbindelse vil være:

På dansk side som alternativ B, dvs.:

- Trafikstøj- og luftforureningspåvirkninger af boligområderne syd for Helsingør
- Gennemskæring af erhvervsområde
- Gennemskæring af landskabeligt værdifuldt område sydvest for Helsingør, det fredede område ved Rørtangskilen sydvest for Helsingør og fredsskoven ved Egebæksvang syd for Helsingør.

I Øresund og i Sverige vil de væsentlige påvirkninger være:

- Påvirkning af det marine naturreservat Knähaken
- En hindring af vandgennemstrømningen, dog mindre end et nordligere broforbindelsesalternativ
- Rampeanlæg i det åbne land mellem Pålstorp og Rydebäck
- Gennemskæring af Naturvårdsområdet Råån.

Samlet vurdering af miljø- og planforhold: 4 (middel miljømæssig ranking).

Linjeføring C: Sydligt tracé (2) - Vej-/banetunnelforbindelse

Løsningsbeskrivelse: Som for alternativ B er denne løsning undersøgt for en separat banetunnelforbindelse samt for en kombinationen af en vej- og banetunnelforbindelse, dels som en boret tunnel og dels som en sænketunnel.

Linjeføringen er som beskrevet for vejbroforbindelsen ovenfor i alternativ C, hvilket betyder, at den borede tunnel på dansk side vil være ca. 2 km længere end sænketunnelen, og den vil derfor have en lidt større påvirkning af omgivelserne omkring Mørdrup end den borede tunnel.

Tunnelforbindelserne følger samme linjeføring på tværs af Øresund som vejforbindelsen i alternativ C, dvs. i en sydligere linje end alternativ B.

Sænketunnelen vil i anlægsfasen påvirke vandgennemstrømningen og gennemskære det marine naturreservat Knäkhaken.

I Sverige føres tunnelen igennem et område mellem Pålstorp og Rydebäck. Sænketunnelen bringes i terræn ca. 1 km længere mod vest end den borede tunnel, der føres helt frem til den eksisterende motorvej E4/E6. Baneforbindelsen føres ligeledes i tunnel frem til Vestkystbanen syd for Helsingborg, hvor der vil etableres indfletning i nordlig retning.

Vejtunnelforbindelsen har en samlet længde på ca. 17 km. Længden af den borede vej tunnel vil være omkring 15 km, mens sænketunnelens længde vil være omkring 14,4 km. Banetunnelen vil have en længde på ca. 16,3 km.

De samlede skønsmæssige anlægsomkostninger for både den borede vej tunnel og sænketunnelen vurderes til ca. 15 mia. kr.

For banetunnelløsninger vurderes anlægsomkostningerne at være på omkring 10 mia. kr. for såvel sænketunnelen som en boret tunnel med diameter på 11 m, og ca. 8 mia. kr. ved en diameter på 8 m.

En kombineret vej-/banetunnel udført som en sænketunnel vurderes at koste omkring 21 mia. kr., og omkring 25 mia. kr. for en boret tunnelloøsning (THRD).

Plan- og miljøpåvirkninger: De væsentligste plan- og miljøpåvirkninger fra en motorvejs- og banetunnelforbindelse i den sydligste af de undersøgte linjeføringer (alternativ C) vil være:

For en boret tunnelloøsning:

- Få påvirkninger - primært i anlægsfasen - af byområder og område med værdifuldt landskab sydvest for Helsingør og det fredede område ved Rørtangskilen
- Baneforbindelsen kan på svensk side berøre naturreservatet Rååns Dalgång.

For en sænketunnelloøsning:

- Påvirkninger af byområder og område med værdifuldt landskab sydvest for Helsingør samt af det fredede område ved Rørtangskilen
- Luftforurening skal vurderes i forhold til Natura 2000-området
- Påvirkning af havmiljø (planter og dyr), bl.a. ved Knähaken ved ophvirvling af sediment i anlægsfasen
- Baneforbindelsen kan berøre naturreservatet Rååns Dalgång.

Samlet vurdering af miljø- og planforhold:

- Boret tunnelloøsning: 2 (lille påvirkning)
- Sænketunnelloøsning: 8 (kraftig påvirkning).

4 Analyse af de udvalgte løsningsalternativer

Som nævnt i kapitel 3 blev det vurderet, at borede tunnelloøsninger i de sydlige linjeføringer B og C var de mest realistiske, både med hensyn til at håndtere de plan- og miljømæssige udfordringer og med hensyn til anlægsøkonomi. Nordlig vejbro (linjeføring A) og sydlig vejbro (linjeføring C) blev også drøftet, men blev fravalgt på grund af plan- og miljøforhold.

Efter behandling i arbejdsgruppen og styregruppen blev det besluttet, at den efterfølgende mere konkrete analyse i fase 2 skulle tage udgangspunkt i de borede vej- og banetunneler i linjeføring B. Analysearbejdet skal primært bestå i en:

- konkretisering af den tekniske løsning
- vurdering af de geotekniske forhold på basis af foreliggende data
- overordnet vurdering af sikkerhed i banetunnelloøsninger.

4.1 Forudsætninger for fase 2

Konkrete forudsætninger for tilslutning af vej- og baneforbindelserne til eksisterende infrastruktur i Helsingborg er drøftet og aftalt ved et møde med repræsentant for Helsingborg Kommune (Håkan Lindström).

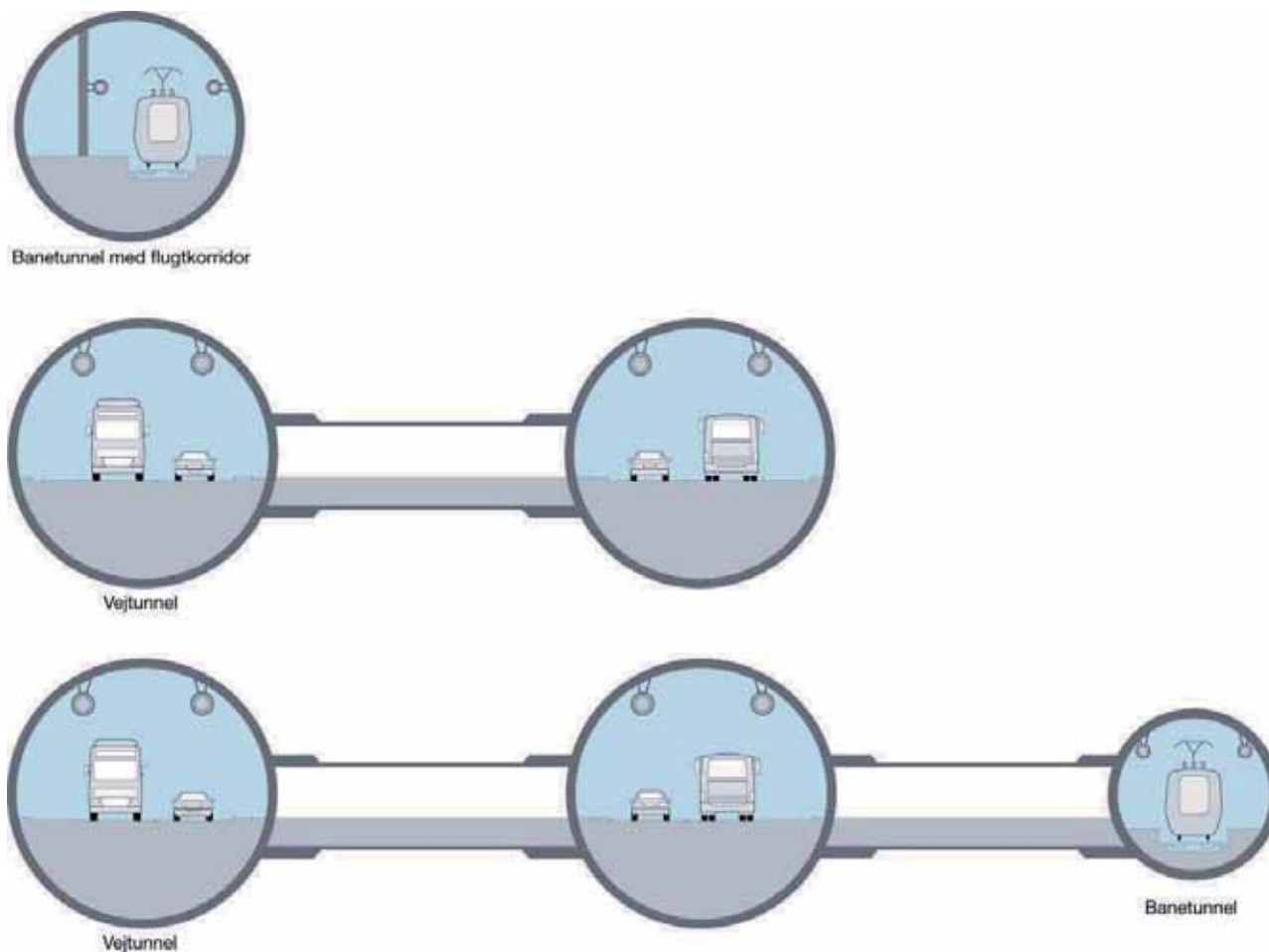
Tilsvarende forudsætninger for tilslutninger i Ring 5-korridoren ved Helsingør er drøftet med IBU3's projektleder (Henrik Sylvan).

De forudsatte principper og størrelser for selve tunnelrørene og sammenbindingen i redningstunneler er vist på nedenstående skitse.

Vejtunnelrørene med to kørebaner og et nødspor i hvert tunnelrør har en indre diameter på ca. 13 m.

En banetunnel til en enkeltsporet forbindelse inkl. en flugtkorridor har en diameter på ca. 11 m. En sådan principløsning er flere gange set foreslået, men så vidt vides ikke udført endnu.

Kombineres en vej- og banetunnel, kan flugtvej fra banetunnel etableres via en tværtunnel på strækningen, der hvor linjeføringerne for vej og bane forløber parallelt. Ved denne løsning kan banetunnelen udføres med en indre diameter på ca. 8 m.



Figur 4.1 Principskitser for de tre tunnelalternativer: enkeltsporet godsbanetunnel med to tunnelrør og en kombineret vej- og banetunnel med tværgående redningstunneller.

For jernbanetunnelen vil det ikke være nødvendigt med ventilation i driftsfasen, men der skal installeres ventilation for brand, således at røg fra en evt. brand kan styres.

For vej-tunnelen er der normkrav til luftkvaliteten, som gør at ventilation er nødvendig under drift. Ventilationsanlægget skal samtidig indrettes så det kan sikre røgfri flugtveje og adgang for brandvæsenet i en nødsituation.

Det cirkulære borede tunneltværsnit som har store uudnyttede arealer over og under vejbanen, giver gode muligheder for indretning af ventilationskanaler som fører ind til ventilationsåbninger på land. Det vil sige at ventilationsanlægget kan indrettes traditionelt uden ventilationsåbninger på kyst til kyst strækningen. Ventilationstårne placeres på land i området mellem kysten og tunnelmundingen. Tårnene ved mundingerne skal skønsomt være 5 m høje med et tværsnitsareal på 12m².

Som udgangspunkt for den geometriske skitsering af plan og længdeprofil er benyttet følgende min. og maks. værdier:

	Hastighed	Vertikale radier	Horisontale radier	Maksimal gradient
Veje	80 km/t	8.600 m	1.170 m	Normalt op til 35 ‰
	90 km/t	12.500 m	1.820 m	45 ‰ på kortere strækninger
	110 km/t	25.000 m	3.460 m	
Bane	Op til 200 km/t	14.000 m	1.700 m	Normalt 12,5 ‰.
	Godstog maks. 140 km t i DK			Med dispensation 15,6 ‰

Som det vil fremgå af løsningsbeskrivelserne i afsnit 4.3, har det - for at undgå, at tunnelanlæggene strækker sig alt for langt ind i landområderne i Sverige og Danmark - vist sig nødvendigt på kortere delstrækninger at benytte gradienter op til 45 ‰ for vejanlægget og 15,6 ‰ for banen. Af samme grunde er det valgt at benytte en mindre vertikal radius på motorvejen, end svarende til 110 km/t, der hvor den drejer ned i tunnelen.

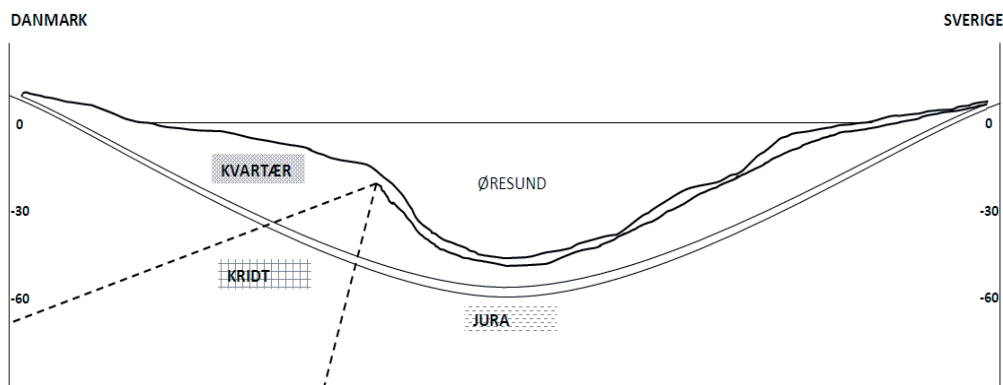
4.2 Geotekniske forhold

Der foreligger ikke geotekniske undersøgelsesresultater for den valgte linjeføring B. Undersøgelser fra tidligere studier ligger i en linje nord for Helsingør-Helsingborg centrum. Der må derfor tages udgangspunkt i ældre generelt materiale fra 1960'erne til en vurdering af de geotekniske forhold i den valgte linjeføring B for en fast forbindelse mellem Helsingør og Helsingborg.

For en boret tunnel mellem Helsingør og Helsingborg antages undergrundsforholdene i tunnelniveau langt overvejende at bestå af faste, cementerede bjergarter. En høj grad af opsprækning synes at være påvist, og det må forventes, at der i tunnelniveau vil være fuldt vandtryk. Seismiske undersøgelser har påvist forkastningsstrukturer nær overfladen, men ikke i et omfang eller af en karakter der indikerer omfattende, løse knusningszoner.

På den danske landside, hvor der er et ca. 70 m tykt lag af kvartær, skal tunnelen udføres i moræneler og sandlag. Tunnelen forventes at fortsætte i disse lag indtil et stykke ud for kysten. Herefter fortsætter tunnelen ind i kalk og faste cementerede jurabjergarter. Disse bjergarter fortsætter til tunnelens afslutning på den svenske landside.

Det kan derfor siges, at de geologiske forhold er relativt gunstige for tunnelboring, idet der overvejende er tale om faste bjergarter. På den anden side kan man forvente en høj grad af variation geologisk set på tværs af Øresund, hvilket kan indebære en øget udførelsesrisiko ved en tunnelboring.

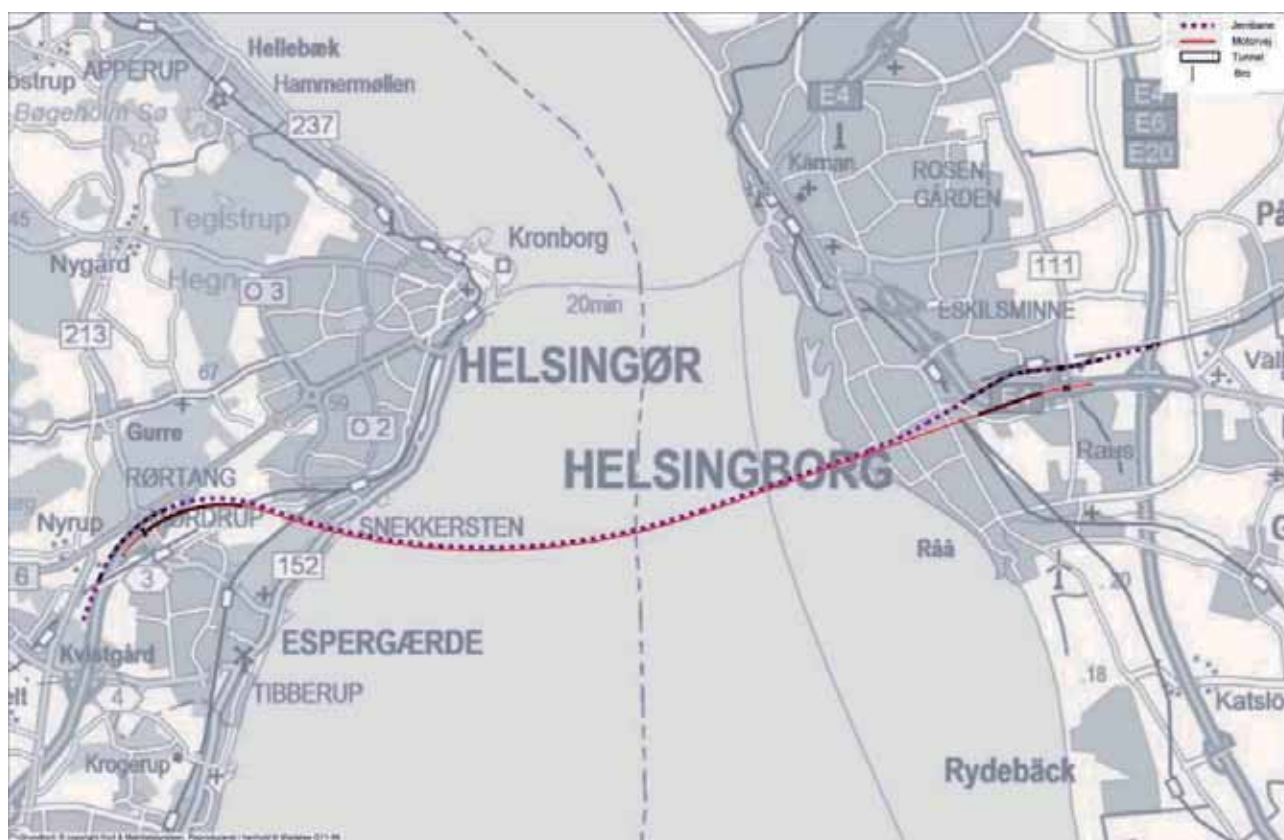


Figur 4.2 Længdesnit, der viser princip for forventet geologi i Egebæksvang - Ramlösa-linjen.

Populært sagt er forholdene til borede tunneler mellem Helsingør og Helsingborg bedre end i Storebælt, men ikke så gode som de ville være mellem København og Malmø.

4.3 Løsningsforslag

Der er skitseret et muligt forslag til linjeføring af henholdsvis vej- og banetunnel mellem Helsingborg og Helsingør i linjeføring B.



Figur 4.3 Kortskitsen viser linjeføring af vej- og banetunneler med mulige principper for tilslutning til eksisterende infrastrukturer i Sverige og Danmark.

Linjeføring med plan og længdeprofiler 1:25.000 samt planudsnit af landanlæg 1:10.000 er vedlagt som Bilagene 3, 4 og 5.

Generelle forhold

På Helsingborgsiden tilsluttes banetunnelen den eksisterende Skånebane, og vej-tunnelen tilsluttes motorvejsadgangen til E6 via Malmöleden.

På Helsingørsiden ligger motorvejen østligt i Ring 5-korridoren. Banedelen placeres derfor naturligt umiddelbart vest for motorvejen, også af hensyn til det videre forløb af banen i korridoren mod syd.

Under Øresund placeres banetunnelen derfor generelt nord for motorvejsforbindelsen.

På strækningen fra kyst til kyst kan de borede tunneler placeres optimalt for en kombineret vej- og banetunnel, hvor banetunnelen er forbundet med vej-tunnelen med redningstunneler.

Placering af tunnelportal og rampe samt C&C-tunnelstrækning (som skal etableres fra terrænniveau mellem rampen og den borede tunnelstrækning) er tilstræbt placeret med mindst mulige indgreb i by og landskab, samt i eksisterende infrastruktur.

På grund af det relativt kraftigt stigende terræn på begge sider af kystlinjerne i Sverige og Danmark er det nødvendigt på en kortere delstrækning at benytte maksimalt mulige gradienter på 15,6 % på begge sider af Øresund, for at få banetunnelen ført til terræn uden væsentlige konflikter med eksisterende infrastrukturer, og uden unødigt og væsentlig forlængelse af tunnelstrækningen. Det skal nævnes, at benyttelsen af denne maksimale gradient ikke er driftsmæssigt optimal for en godstogsforbindelse, men det vurderes at være acceptabelt for en ren godstogsforbindelse.

Løsningsforslagene fokuserer generelt på at vise de direkte tilslutningsmuligheder til den overordnede infrastruktur for bane og vej. For især vejtilslutningerne er der mange muligheder og alternativer til det øvrige vejnet, som kan og vil blive overvejet fremadrettet og set i lyset af byudviklingsmuligheder på lang sigt. Denne vurdering er ikke en del af nærværende analyse.

Ved mange hidtidige analyser af faste forbindelser for biltrafik har placering og udformning af betalingsanlæg været en stor udfordring. I betragtning af tidsperspektivet for etablering af en fast HH-forbindelse er det vurderet, at betaling for passage vil blive opkrævet digitalt, f.eks. i forbindelse med nationale eller grænseoverskridende betalingssystemer (road pricing). Arealbehovet for de nødvendige tekniske kontrol- og styringsfunktioner vil derfor blive af et markant mindre omfang, hvorfor det ikke er fundet hensigtsmæssigt at vurdere dette nærmere på nuværende tidspunkt.

Helsingborg

Ilandføringen sker både for vej- og banetunnel syd for godsbaneterrænet, og begge rampe- og C&C-anlæg kan placeres mellem baneanlægget Rännarbanen og motorvej E6.

Banetunnelen placeres umiddelbart syd for den nuværende sporstrækning (Skånebanen), således at det blivende indgreb i byområdet - og det midlertidige i anlægsperioden (C&C-tunnel) - minimeres. Den eksisterende bane opretholdes, således at der bliver mulighed for - efter krydsning af motorvej E6, eventuelt via en krydsningsstation - at føre et godstog tilbage mod godsbanegården og havnen i Helsingborg.

Vejtunnelen føres direkte over i tracé for motorvejsforbindelse til E6 (Malmöleden). Fra rampen må der etableres nye vejtilslutninger mod nord til Malmöleden, øst for godsbanegården. Tilslutningsanlægget ved Österleden må forudsættes helt ombygget.

Terrænet stiger stejlt omkring st. 1.400 (den gamle kystskrænt), hvorfor det er nødvendigt at benytte en maksimal gradient for motorvejen på ca. 45 ‰ over en kortere strækning i C&C-tunnel samt på rampen.

Helsingør

Vej- og banetunnel er foreslået ført i land syd for Snekkersten. For at undgå at ombygge en længere del af den eksisterende motorvejsstrækning syd for Mørdrupvej eller at føre vej-tunnelen i et stort sving op under Snekkersten, foreslås det at reducere motorvejens horisontalkurve til ca. $R = 2.000$ m. Dette betyder formentlig, at der skal indføres en hastighedsbegrænsning på motorvejsrampen og C&C-tunnelen. Dette vurderes ikke umiddelbart at være nogen væsentlig ulempe ved kørsel fra en regulær motorvej i terrænniveau til en længere tunnelstrækning.

Vejtunnelen føres under Kystbanen og baneforbindelsen til Hillerød (Lille Nord). Herfra udføres C&C-tunnel samt tunnelrampe i åbent land og tilsluttes eksisterende Helsingørmotorvej under broen, der fører Mørdrupvej over motorvejen.

Banetunnelen forbliver under terræn til passage under Mørdrupvej på grund af det relativt stejlt stigende terræn fra kystlinjen til forlængelsen af Helsingørmotorvejen. Tunnelrampen placeres syd for Mørdrupvej. På grund af terrænforholdene er det valgt at lade den nye banestrækning krydse "Lille Nord" en gang til, men nu på bro og dæmning (ved det køretekniske anlæg). Når baneforbindelsen mod syd ad transportkorridoren er nærmere fastlagt, kan udformningen af denne krydsning nærmere vurderes.

Den skitserede løsning friholder således stort set det fredede landskabsområde mellem Snekkersten og Espergærde - bortset fra det midlertidige anlægsarbejde til etableringen af banens C&C-tunnel.

4.4 Sikkerhed i banetunnel

Normalt er jernbanetunneler dobbeltsporede. Sikkerheden i dybe eller undersøiske tunneler opnås ved, at man i tilfælde af en nødsituation i et tunnelrør flygter gennem forbindelsestunneler ind i det andet tunnelrør. I en nødsituation lukkes der ned for trafikken i begge tunnelrør og passagererne kan da evakueres (med tog) fra det sikre tunnelrør. Et eksempel er Storebæltstunnelen, hvor der er tværtunneler for hver 250 m.

Det er normalt passagersikkerheden, der er i fokus, og der er ikke kendskab til regler, som sigter specifikt på rene godsbanetunneler.

Principielt skal sikkerheden for togpersonalet på godstog naturligvis også være i orden. I tilfælde af en HH-godsbaneforbindelse vil der alene være tale om evakuering af af de par mand, som er nødvendige for at køre et godstog.

Ved en enkeltsporet jernbane har man naturligvis ikke muligheden for at etablere tværtunneler/flugtveje til et parallelt jernbanetunnelrør. Derfor er der tænkt følgende løsningsmuligheder for en HH enkeltsporet godsbanetunnel:

- Flugtvej til parallel vejttunnel
- Flugtvej gennem, nødkorridor.

Flugtvej til parallel vejttunnel

Hvis godsbanetunnelen løber parallelt med vejttunnelen, kan der etableres tværtunneler/flugtveje til vejttunnelen f.eks. pr. 500 m i overensstemmelse med EU-reglerne. For tunnelstrækninger under land kan man også vælge at etablere nødsakke med adgang til det fri.

Jernbanetunnel med nødkorridor

Hvis der kun etableres en enkeltsporet godstunnel, uden mulighed for tværtunneler til en vejttunnel eller nødsakke til jordoverfladen, kan man udvide tunnelrøret og her skabe en flugtkorridor parallelt med jernbanen (alternativt koncept, jf. EU-reglerne), som vist i afsnit 4.1 i Figur 4.1. Flugtkorridoren adskilles fra selve jernbanerøret med en brandsikker skillevæg og nødkorridoren har separat friskluftforsyning. Nøddøre kan etableres ret tæt, f.eks. med 100 m afstand.

Der er ikke kendte eksempler på, at en nødkorridor adskilt fra selve tunnelen ved en væg er udført i praksis, men Groene Hart jernbanetunnelen i Holland er udført efter et lignende princip: Den har to jernbanespor i et stort tunnelrør. Jernbanesporene er adskilt af en væg, således at den ene halvdel af tunnelrøret er sikkert i tilfælde af en nødsituation.

Operation af et enkelt godsbanerør

Med kun et enkelt godsbanerør vil der være trafik i begge retninger i samme rør. Man kunne derfor forestille sig en øget risiko for kollision i tunnelen, hvis der sker et svigt i styringen af togdriften.

Denne risiko er dog ikke anderledes end for andre enkeltsporede togstrækninger, men konsekvenserne kan naturligvis være større i en tunnel end på en fri strækning.

Desuden kan det nævnes, at f.eks. Storebæltstunnelen, selv om den har to rør, i perioder opereres med kun et rør, når der foregår vedligehold i det modsatte rør.

5 Anlægsøkonomi

De løsningsmuligheder der er beskrevet og analyseret i det foranstående består hver for sig af forskellige tekniske hovedelementer og konstruktioner. I alle tre tilfælde er der tale om borede tunnelløsninger, men af forskellige størrelse afhængig af om der er tale om tunnelrør til biltrafik eller tog, hvordan redningsforholdene er tænkt udført etc. De borede strækninger udgør den længste del af konstruktionerne, men som tidligere anført omfatter løsningerne også strækninger udført som C&C-tunneler samt åbne rampestrækninger fra tunnelportalen op til terræn.

Enhedspriser

For hvert af disse hovedelementer/hovedkonstruktioner er der vurderet en gennemsnitlig enhedspris pr. km. Disse enhedspriser omfatter såvel selve konstruktionerne som de tekniske installationer. Konstruktioner til redning af personer er også indeholdt i prisen hvad enten det drejer sig om tværgående redningstunneler mellem to parallelle rør eller der er indbygget en flugtkorridor. For vej-tunnelen omfatter enhedsprisen også de færdige belægninger, mens bane-tunnelerne omfatter selve tunnelkonstruktionerne, samt baneteknik (spor, kørestrøm, signaler etc.), som groft er indregnet med en kilometerpris på 50 mio. kr. pr. spor.

	Banetunnel (ensporet/enkeltrør)	Banetunnel med flugtkorridor (ensporet/enkeltrør)	Vejtunnel (dobbeltrør)
Element/Enhedspris	Mio. kr. / km	Mio. kr. / km	Mio. kr. / km
Boret tunnel	500	600	1000
Cut and cover tunneler (landtunneler med åben udgravning og i lille dybde)	300	350	700
Rampe (åben nedkørsel til tunnel)	200	200	300

Den samlede pris for de tre skitserede løsningsmuligheder vises i skemaet på næste side sammen med prisen for en 2-sporet banetunnel.

Enhedspriserne er opgjort i mio.kr. og omfatter alene "entreprenøromkostninger". Priserne er eksklusive moms.

Enhedspriserne er uden tillæg og omfatter således principielt ikke omkostninger vedrørende projektering og bygherreadministration og heller ikke mulige udgifter til arealerhvervelse, deponering af eventuel forurennet jord etc. Det er forud-

sat at den udborede jord kan anvendes til opfyldning i relativ kort afstand fra tunnelen, således at der ikke bliver tale om usædvanlige udgifter til deponering.

Enhedspriserne er skønnet af COWI dels på baggrund af lignende tunnelprojekter i Danmark/Sverige - Københavns Metro og Malmø Citytunnel - dels på baggrund af en række projekter verden over.

Projekter, der i høj grad er sammenlignelige (dvs. lange undersøiske dobbelt-rørstunnel for vej), er de seneste år bygget i Østasien, blandt andre Tokyo Bay tunnelen i Japan, samt flere krydsninger under Yangtze floden i Nanjing og ved Shanghai. Af tunneler, som i nogen grad er sammenlignelige (kortere eller mindre/større dimension), kan i Europa nævnes tre. Elb tunnelrør i Hamborg, Westerscheldetunnelen i Holland og Herrentunnelen i Lübeck.

Priserne for udstyret til borede tunneler er i stort omfang internationale, men arbejdskraften er især i Kina billig. Derfor kan man ikke anvende de Østasiatiske tunneler direkte som prisreference.

De her anvendte enhedspriser er derfor først og fremmest baseret på erfaringspriser fra nordeuropæiske projekter som Københavns Metro og Malmø City-tunnel.

Skøn over anlægsomkostninger

I nedenstående tabel er præsenteret skøn over de samlede anlægsomkostninger for hver af de tre skitserede løsninger.

Desuden er der udarbejdet et prisskøn for en 2-sporet banetunnel udført som et separat anlæg med tværgående redningstunneler.

Alternativ	1	2	3	4
	Banetunnel med flugtkorridor	Vejtunnel	Vejtunnel og banetunnel	Banetunnel (dobbeltør)
Tunnel, Kyst – Kyst	6	9	12	10
Tunnel og rampe på land	4	4	8	7
Pris (mia. kr.) i alt	10	13	20*	17**

*: 1+2 minus fradrag for mindre jernbanetunnel samt synergieffekt ved større anlægsarbejde plus tillæg for tværtunneler til vejrør.

** : 1+1 minus fradrag for mindre jernbanetunnel plus tillæg for tværtunneler mellem jernbanerør.

Tunnelerne er forlænget ind i land. Dette er dels givet af landskabets højdeforhold, men skyldes også hensyn til bebyggelse og miljøforhold. Som det fremgår af tabellen hidrører en væsentlig del af forbindelsens samlede pris fra strækninger under land. Anlæggets længde er i den foreslåede linjeføring godt 14 km for vej og knap 17 km for bane. Heraf udgør kyst-kyst delen kun ca. 8 km.

For alternativ 1 "Banetunnel med flugtkorridor" er det forudsat at tunnelen har en intern flugtkorridor.

Vejtunnelen kombineret med et enkelt jernbanetunnelrør, alternativ 3, er forudsat at blive bygget på samme tid. Hvis banetunnelen udføres efterfølgende og via tværtunneler forbindes til vejtunnelerne, vil der være en vis ekstraudgift – skønsmæssigt af størrelsesordenen 1-2 mia. kr. Der er ikke vurderet på eventuelt driftstab ved nedsat kapacitet af vejtunnelen ved senere tilslutning af jernbanetunnelen.

Usikkerhed på anlægsskønnene

Da der ikke er bygget anlæg af tilsvarende karakter (lang undersøisk boret tunnel) i Skandinavien siden Storebæltstunnelen, findes der ikke direkte nye prisreferencer.

Usikkerheden på anlægsskønnene er på det nuværende meget foreløbige stade stor - mindst af størrelsesordenen +30 %/-20 %.

Usikkerheden knytter sig naturligvis til den lave detaljeringsgrad af anlæggene i denne fase, men hertil kommer en usikkerhed om de faktiske geologiske forhold i den valgte linjeføring.

Erfaringsmæssigt vil der knytte sig en større usikkerhed på skøn over anlægsomkostninger for borede tunneler (end f.eks. broer og sænketunneler), hvor man netop borer sig gennem jorden/geologien i hele linjeføringen, og hvor man dermed under byggeriet er yderst afhængige af at have geologiske forhold under kontrol.