

RAPPORT

En fast forbindelse mellem Helsingør og Helsingborg

TEKNISK UTREDNING

Slutversion 2021-01-18



Ett samarbete mellan:

Trafikverket

Postadress: Trafikverket, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se

Vejdirektoratet

E-post:

vd@vd.dk

tbst@tbst.dk

Dokumenttitel: En fast forbindelse mellem Helsingør og Helsingborg – Teknisk utredning

Författare: WSP

Christian Nilsson, Uppdragsledare WSP

Dokumentdatum: 2021-01-18

Ärendenummer: TRV 2020/138306

Version: 1.0

Kontaktpersoner:

Peter Bernström, Trafikverket, huvudprojektledare

Thomas A. Sick Nielsen, Vejdirektoratet, huvudprojektledare

Andreas Hult, Trafikverket, delprojektledare anläggning

Lene Nøhr Michelsen, Vejdirektoratet, delprojektledare anläggning

Henrik Sylvan, Trafik-, Bygge, och Boligstyrelsen, delprojektledare anläggning

Sammanfattning

Bakgrund och syfte

Denna tekniska utredning har genomförts med syfte att bedöma byggbarheten av tidigare framtaget alternativ på fast förbindelse mellan Helsingør och Helsingborg. Alternativet som utretts har omfattat en järnvägstunnel för persontågstrafik och en vägtunnel. Vidare har utredningen av alternativet även inbegripit att ta fram underlag för en uppdaterad kostnadsberäkning.

Studerade järnvägs- och väglinjer

Den järnvägssträckning som utretts sträcker sig mellan Stubbedamsvej söder om Helsingør station till Helsingborgs centralstation. Järnvägstunneln beräknas till cirka 9,5 kilometer (varav 7,7 kilometer mellan Helsingør C och Helsingborg C).

Väglinjen som utretts sträcker sig söder om Helsingør och Helsingborg. Vägtunneln beräknas bli cirka 11,8 km lång. På den danska sidan sker landanslutningen strax söder om Snekkersten för att sedan ansluta till väg E47. Landanslutning på svenska sidan föreslås ske söder om Helsingborgs godsbangård/godsbaneområdet där den sedan fortsätter vidare och ansluter till väg E6 via Malmöleden.



Bedömning av byggbarhet

Väg- och järnvägsförbindelserna som utretts bedöms överlag kunna vara genomförbara och uppfylla de krav som finns. Det finns beprövad teknik och metoder samt erfarenheter till att kunna genomföra denna typ av projekt. Det har dock också identifierats en del utmaningar och behov av fördjupade utredningar.

Geologi

Bedömningen är att det finns stora geologiska och hydrogeologiska utmaningar med både järnvägs- och vägtunneln. Det finns emellertid både beprövad teknik och erfarenheter globalt för att hantera utmaningarna. Men för att projektet ska lyckas krävs det noggrann planering, omfattande

datainsamling av geologiska förutsättningar, och utredningar med inriktning på ingenjörsgelogiska prognoser för var de största geologiska riskerna kommer uppträda.

Säkerhetsförutsättningar

De tunnelutformningar som presenteras i tidigare utredningar bedöms ur ett säkerhetsperspektiv vara fullt byggbar med beaktande av gällande regelverk. Detta gäller såväl järnvägstunneln som vägtunneln. Det har förutsatts tre tvärtunnlar/flugtvejer för utrymning per kilometer tunnel i järnvägstunneln och brandgasventilation för upp till 50 MW. För vägförbindelsen har det förutsatts ett avstånd på 175 meter mellan tvärtunnlar, brandgasventilation på 100 MW och ett fast släcksystem. I senare skeden kan dessa åtgärder eventuellt reduceras genom riskanalys.

Väganslutningar

Det finns vissa utmaningar kopplat till väganslutningar på den svenska sidan. I Helsingborg antas det bli många av- och påfarter på en kort vägsträcka, vilket innebär det kommer att ställas höga krav på tydlighet i trafiklösningen. Standardkrav för utformning på motorväg kommer inte att kunna hållas. Vidare innebär terrängförhållanden att det blir en lång vägsträcka med brant lutning, vilket medför nedsatta hastigheter för tunga fordon. För att förbättra framkomligheten och minska olycksrisken bör ett stigningsfält införas på den sträcka där hastigheten beräknas bli under 60 km/h.

På den danska sidan har inga byggbarhetsproblem identifierats.

Järnvägsanslutningar

Båda stationslägesalternativen innebär byggnad i urban miljö med viktig infrastruktur som kräver ständigt pågående drift. Detta, i kombination med djupa schakter på 20–30 meter under marknivå och havsnivå, medför omfattande temporära arbeten i byggskedet för att hantera de geologiska/geotekniska förutsättningarna med begränsad påverkan på infrastruktur och närliggande verksamheter. Byggtekniken är beprövad, men kostsam och tidskrävande vilket kräver noggrann utredning och planering innan byggnad.

Väg- respektive järnvägstunnel

Bygghälsan med en tunnelbormaskin (TBM) bedöms vara god, med några riskfaktorer har identifierats. Det är extremt låg bergs/jordtäckning på den danska sidan öster om den stationsplacering som utretts medan på den svenska sidan förekommer svaghetszoner. De geologiska förhållandena med material med mycket fina fraktioner kan innebära problem för viss typ av TBM-utrustning, och då det är en lång tunnel med begränsad möjlighet till underhåll kan slitaget av TBM-utrustningen bli en kritisk risk.

Bedömning av byggbarhet ur ett miljöperspektiv

Utifrån de miljöaspekter som har utretts inom ramen för miljöanalysen bedöms i dagsläget inte byggbarheten för den redovisade väg- och järnvägslinjen påverkas. Möjligheterna att kunna genomföra åtgärder som minskar, eller kanske helt eliminerar de negativa konsekvenserna bedöms som goda.

Det finns dock en del större verksamheter i Helsingborg som kan komma att påverkas av den utredda vägförbindelsen. Det råder i dagsläget stora osäkerheter hur detta kommer att påverka byggbarheten i projektet, då sträckning och detaljer av vägförbindelsen inte är kända och beslutade. Det bedöms dock att påverkan på dessa verksamheter kommer kunna vara relativt kostnadsdrivande.

Den översiktliga analysen av effekter och konsekvenser under byggtiden visar att det finns stora möjligheter att kunna åtgärda en del av den miljöproblematik som uppstår. Byggandet av en fast förbindelse kommer generera stora mängder sand och sedimentärt berg, samt jordmassor, framförallt

vid borrningen av tunnarna under Öresund. Masshanteringen kommer därför att bli en väsentlig del av byggskedet, och är den aspekt som bedöms kunna medföra en betydande miljöpåverkan. Till masshanteringen knyts också frågor som mängden massor, upplägg, förorenade massor samt förorenat grundvatten.

Anläggningskostnad

Anläggningskostnaden är baserad på mängder som tagits fram inom väg, respektive järnväg. Två olika estimeringsmetoder har använts för att ta beräkna mängderna. På den svenska sidan tillämpades en osäkerhetsanalys enligt successivprincipen och på den danska sidan gjordes kostnadsberäkningar på mängder och erfarenhetsvärden gällande enhetspriser med ett fast tillägg för osäkerheter.

Resultat för anläggningskostnaderna blev;

- Vägsträckan: cirka 29,5 miljarder svenska kronor i 2019 års prisnivå. De uppskattade anläggningskostnaderna antas ha osäkerheter på cirka +/- 9 miljarder.
- Järnvägssträckan inklusive stationer: cirka 23,5 miljarder svenska kronor i 2019 års prisnivå. Osäkerheter för den uppskattade kostnaden antas ligga på cirka +/- 6 miljarder.
- Hela projektet (båda förbindelserna): cirka 49 miljarder svenska kronor i 2019 års prisnivå. Osäkerheter kring de uppskattade anläggningskostnaderna antas ligga på cirka +/- 11 miljarder. Projekten antas genomförs samtidigt eller i tät följd, vilket innebär att totala anläggningskostnaden inte kommer bli detsamma som att addera kostnaden för väg respektive järnvägsdelarna. Detta beror bland annat på synergieffekter och återanvändning av utrustning.

Anläggningskostnaden enligt dansk metod har beräknats i ett separat uppdrag. De mängder som legat till grund för den bedömningen har tagits fram inom ramen för detta uppdrag och är således detsamma som för beräkning för den svenska metoden.

Förslag till fortsatta utredningar

Ett antal områden har identifierats där det rekommenderas fortsatta utredningar för att tydliggöra där osäkerheter föreligger och därmed optimera förutsättningarna. Några av dessa är:

- Alternativa lokaliseringar för väg- respektive järnvägstunneln för bedömning av genomförbarhet och kostnader.
- Fördjupade studier av geologiska förutsättningar. Geofysiska undersökningar längs med de två sträckorna som utretts på både dansk och svensk sida har det, för närvarande, gjorts relativt få undersökningar och de som gjorts är i många fall 10–30 år gamla.
- TBM-drivningsprognos för att uppskatta hur lång tid borrning förmodligen kommer ta utifrån befintliga förhållande. Prognosen ska förhålla sig till bland annat jord-, berg- och materialförutsättningar, samt vattentryck för en TBM-driven tunneln.
- Vägförbindelse
 - Placering av en eventuell gränskontroll.
 - Fördjupade studier av anslutning i Helsingborgs trafikplats. Den geometriska utformningen bör utredas vidare då det finns branta lutningar som påverkar trafiken. Det bör även studeras hur trafiken fungerar med befintliga trafikplatsen.

- Fördjupade studier av byggande av tråg och påslag i sandmaterialet på dansk sida med avseende grundvatten och miljöpåverkan.
- Järnvägsförbindelsen
 - Möjligheten att koppla ihop utredda järnvägsförbindelse med nya Station-Maria tunneln för att slippa ”säckstation” samt anpassning till eventuellt framtida fullföljande av Södertunnel-projekt.
 - Utredda placering av etableringsytor i Helsingør för att klargöra om det bör vara vid hamnområdet eller tunnelmynningen.
- Avstånden för tvärtunnlar och val av byggteknik.
 - Fördjupningsarbeten om avståndet för tvärtunnlar och vilken teknik/metod som ska användas vid byggandet. Även samråd med lokala myndigheter om kraven (nationella/regionala föreskrifter) behöver genomföras då avståndskraven skiljer sig mellan länderna.
- Utvärdera mer noggrant om sänktunnel kan vara att föredra istället för TBM-lösning.
- Fördjupade utredningar av effekt och konsekvenser avseende miljö.

Innehåll

SAMMANFATTNING	3
ORDLISTA	9
1. BAKGRUND OCH SYFTE.....	10
1.1. Syfte	10
1.2. IBU-rapporten från år 2010.....	11
1.3. Fördjupningsarbeten	16
2. UTGÅNGSPUNKTER, DIMENSIONERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNING.....	17
2.1. Väg	17
2.2. Järnväg	18
2.3. Färjetrafik.....	19
3. SÄKERHETSFÖRUTSÄTTNINGAR	20
3.1. Krav för järnvägstunnel och referensprojekt	20
3.2. Krav för vägtunnel och referensprojekt	21
3.3. Bedömning av byggbarhet ur ett krav- och säkerhetsperspektiv	23
4. GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	24
4.1. Tidigare undersökningar	24
4.2. Berggrundsgeologi.....	24
4.3. Jordlager.....	28
4.4. Bedömning av byggbarhet ur ett geologiskt perspektiv	29
5. VÄGANSLUTNINGAR	30
5.1. Helsingborg	30
5.2. Helsingør	32
5.3. Bedömning av byggbarhet utifrån föreslagen vägutformning.....	33
6. JÄRNVÄGSANSLUTNINGAR	35
6.1. Helsingborg station.....	35
6.2. Helsingør station	38
6.3. Växling mellan höger och vänstertrafik	41
6.4. Bedömning av byggbarhet för föreslagna stationslägen	42
7. TUNNELKONSTRUKTION.....	43
7.1. Borrad tunnel	43
7.2. Cut and Cover	46
7.3. Ramper och Stödkonstruktioner.....	49
7.4. Bedömning av byggbarhet	51
7.5. Eventuell sänktunnel	54

8. INSTALLATIONER.....	56
8.1. Kraftmatning	56
8.2. Tunnelventilation	56
8.3. Dagvatten/regnvatten	56
8.4. Trafikledning	57
8.5. Belysning	57
8.6. Övrigt	57
8.7. Bedömning av byggbarhet	57
9. MILJÖ OCH PÅVERKAN PLANER	58
9.1. Val av miljöanalys för effekter och konsekvenser	58
9.2. Stadsutveckling.....	58
9.3. Kulturmiljö.....	60
9.4. Naturmiljö – Terresta värden.....	61
9.5. Naturmiljö – Akvatiska värden.....	61
9.6. Ytvatten.....	62
9.7. Grundvatten	63
9.8. Bedömning av byggbarhet ur ett miljöperspektiv	64
10. ETAPPLANERING OCH TEMPORÄRA ANLÄGGNINGAR	65
10.1. Etapplanering	65
10.2. Temporära anläggningar.....	65
11. ANLÄGGNINGSKOSTNAD.....	67
11.1. Metod för att ta fram anläggningskostnad	67
11.2. Beräknad anläggningskostnad	68
12. SKILLNADER FRÅN TIDIGARE ARBETEN OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	69
12.1. Skillnad från tidigare arbeten	69
12.2. Förslag till fortsatta arbeten	70
REFERENSER.....	72
BILAGA 1. Plan- och profilritning, järnväg	
BILAGA 2. Plan- och profilritning, väg	
BILAGA 3. Referensprojektmatrix	
BILAGA 4. SGU rapport - Konceptuell geologisk modell för väg- respektive järnvägstunnel mellan Helsingborg och Helsingør	
BILAGA 5. Amberg arbetsrapport – HH – Fast förbindelse	
BILAGA 6. Dimensioneringsförutsättningar Sverige och Danmark för väg	
BILAGA 7. Miljökonsekvensanalys	
BILAGA 8. Helsingborg-Helsingør Workshop 2019-02-26.	

Ordlista

Arbetsområde/arbejdsområdet - område där byggverksamhet kommer bedrivas under anläggningsarbetet. Arbetsområdet innefattar även etableringsytor såsom uppställning av kontors- och personalbodar, byggkranar och arbetsfordon mm.

Av- och påfarter/ - rampanslutningar utformade för avsväng respektive påsväng för transporter med hastigheter när huvudvägens referenshastighet.

Buller/støj - oönskat ljud. Fysiskt sett är det ingen skillnad mellan ljud och buller. Variationerna av hur störd en person blir beror bland annat på vilken typ av ljud det är, ljudets karaktär (till exempel ljudets styrka och vilka frekvenser det innehåller), tid på dygnet, vad man håller på med, om bullret är kombinerat med exempelvis vibrationer och även ens attityd till bullerkällan kan påverka.

Cut&cover-tunnel (C&C) - en C&C-tunnel konstrueras genom att det skapas ett öppet schakt där tunneln byggs. Då tunneln är klar återfylls schaktet och markytan återställs.

Dubbelspår/dobbeltspor - järnväg med ett spår för vardera körriktningen, vilket väsentligt ökar trafikkapaciteten jämfört med enkelspår.

Enkelspår järnväg/enkelt spor - med ett spår som utnyttjas för båda körriktningarna.

Horisontalradie/horisontale radier - järnvägens kurvradie i plan.

Kapacitet/kapacitet - antal tåg som kan köras på sträckan under en given tid. Högt kapacitetsutnyttjande ger en störningskänslig bana. Kapacitetsutnyttjandet bör därför inte överstiga 80%.

Normal spårvidd/Sporvidde –vanligaste förekommande måttet mellan rälernas insida.

Spår invid plattform /Normalbestemmelser for stigningsforhold (spor langs ny perron)
– längdslutningen på spåret invid plattform

Spårprofil/sporprofil - järnvägens lutning och höjdläge i längsled.

Tråg/trug - en vattentät betongkonstruktion med väggar och botten.

Utrymningsvägar/flugtveje - den väg som en utrymning ska ske.

Överskottsmassor/øverskydende jord - og bjergmasse - massor av jord eller berg som uppkommer vid schaktning eller sprängning och som inte används i bygget av järnvägen,

1. Bakgrund och syfte

I detta kapitel beskrivs syftet med den tekniska utredningen. Kapitlet innehåller även en sammanfattning av den tidigare genomförda så kallade IBU-rapporten som legat till grund för det nu genomförda arbetet. Kapitlet avslutas med att redogöra fördjupningsarbeten som genomförts.

1.1. Syfte

Syftet med denna utredning som genomförts har varit att bedöma byggbarhet utifrån gällande lagstiftning och ta fram kostnadsunderlag för en fast förbindelse mellan Helsingør och Helsingborg. Arbetet har omfattat att se över ett tidigare framtaget alternativ för järnvägs- och vägtunnlar som presenterats i den så kallade IBU-rapporten år 2010 och säkerställa att dessa uppfyller gällande standarder avseende dimensionering av säkerhetsföreskrifter för tunnlar. I de fall där det har identifierats ofullständigheter i den tidigare utredningen eller där förutsättningarna har förändrats sedan den utfördes har vissa fördjupningsarbeten gjorts.

Järnvägstunneln som utredningsarbetet omfattar sträcker sig från centrala Helsingør, genom sundet till centrala Helsingborg. Sträckan för alternativet som omfattar vägtunneln går söder om Helsingør och Helsingborg, se Figur 1.



Figur 1. Föreslagna sträckningar för väg-, respektive järnvägstunnel som studeras i denna tekniska utredningen.

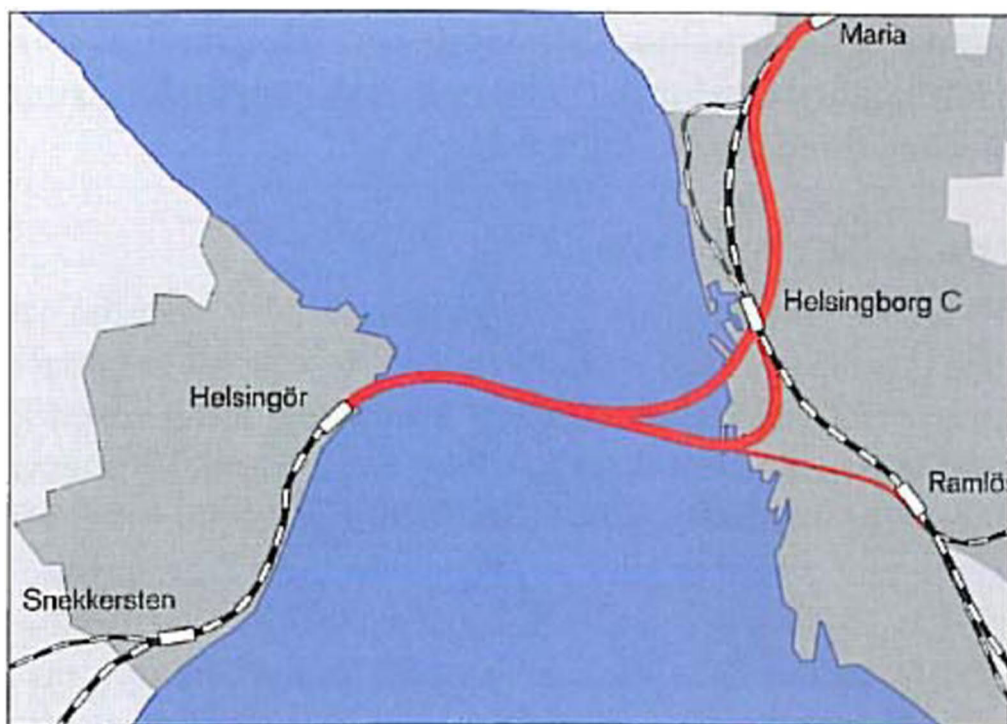
1.2. IBU-rapporten från år 2010

IBU-rapporten *Fast HH-förbindelse – tekniske analyser* syftade till att utreda och analysera möjliga sträckningar för fast förbindelse mellan Helsingør och Helsingborg för tåg- och vägtrafik¹. De tekniska undersökningarna av fast förbindelse som redovisas i rapporten baseras på tidigare erfarenheter från förstudier och anläggningar såsom Stora bältsbron, Öresundsbron och Fehmarn-Bältsbron.

Utredningen genomfördes under åren 2009–2010 och var en delaktivitet inom Interreg-projektet IBU-Öresund (Infrastruktur och Byutveckling i Öresund). I projektet deltog totalt 28 parter från både Danmark och Sverige.

Utredningen delades upp i två huvuddelar. Fokus för ena huvuddelen var att studera realistiska och genomförbara förbindelsealternativ i ett centralt läge mellan Helsingør C och Helsingborg C, se Figur 2. Alternativ på förbindelse mellan centrala Helsingør och Helsingborg att utredas mer grundligt vart följande;

- Järnvägstunnel för persontåg
- Järnvägstunnel för både person- och godståg
- Väg- och järnvägstunnel för både person- och godstrafik.

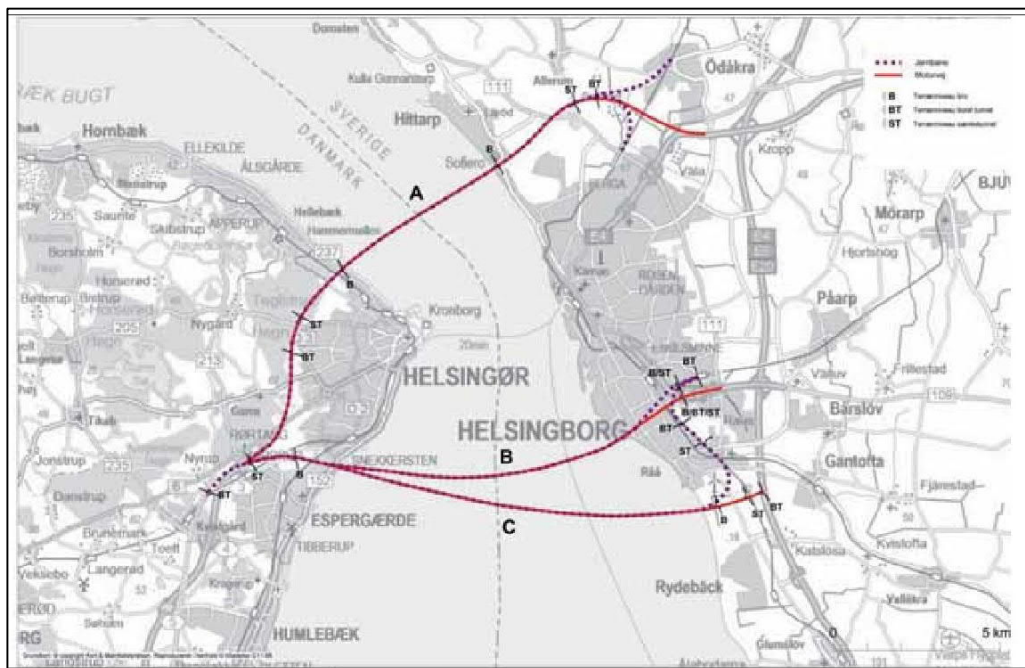


Figur 2. Linjedragning/linjeføring, centralt läge mellan Helsingborg och Helsingør. Källa: COWI/Ramböll, IBU-rapport: *Fast HH-förbindelse - tekniske analyser*, 2010. figur 2-1

¹ (Ramböll-COWI, 2010)

Den andra huvuddelen innefattade att utreda alternativ norr och söder om Helsingør och Helsingborg, se Figur 3. I likhet med utredningen av central förbindelsen så fanns även här tre utpekade alternativ som skulle undersökas. Alternativen som utreddes var;

- Vägbro i ett läge norr om Helsingborg – Helsingør (A)
- Vägbro i lägen söder om Helsingborg – Helsingør (B och C)
- Väg- och/eller godstågtunnel i lägen söder om Helsingborg – Helsingør (B och C)



Figur 3. Alternativ norr och söder om Helsingborg och Helsingør. Källa: COWI/Ramböll, IBU-rapport: Fast HH-förbindelse - tekniske analyser, 2010. figur 4.3

1.2.1. Huvudalternativ för järnvägstunneln

Av alternativen som utreddes bedömdes alternativet järnvägstunnel för enbart persontåg vara det helhetsmässigt mest lämpade valet, se Figur 2. Utredningarna för alternativen omfattade lösning med en borrhad tunnel, en sänktunnel och en kombination av borr- och sänktunnel. Vidare inkluderade arbetet också att utreda möjlig linjedragning/linjeföringen, längdprofiler, anläggningstekniska förhållanden, priser, samt miljömässiga och trafikala förhållanden. Bidragande faktor till varför tunnelloösning föredrogs var för att den inte förväntas ha någon betydande påverkan på vattenmiljön om bygget realiserar.

Borrhad tunnelloösning för järnväg

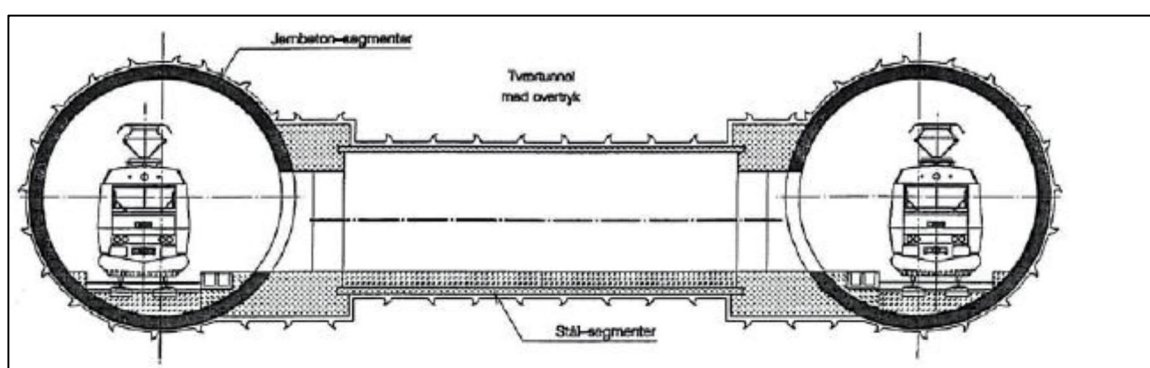
Järnvägstunneln som förordas i rapporten består av två tunnelrör med en inre diameter på 7,9 meter, vilket är detsamma som för Citytunneln i Malmö. Den yttre diametern beräknas bli 8,7 meter. Vidare antas att avståndet för tvärtunnlar och utrymningsvägar/flugtvägar ska uppgå till max 250 meter. Järnvägstunneln antas gå från Stubbedamsvej söder om Helsingør station till Helsingborgs centralstation, se Figur 4 för illustrerad princip för borrhad tunnel.

För att kunna få till en tunnelförbindelse föreslås i rapporten att en stängd tunnelborrmaskin (TBM) av typen Earth Pressure Balance Machine (EPB) eller Slurry Machine används för den borrhade delen. Denna maskintyp har möjligheten att kunna styra/avbalansera trycket mot borrhuvudet.

Tunnelborrningen antas starta i byggroten vid Helsingør station och sedan borra i riktning mot Sverige med ett mottagsschakt vid Oljehamnsleden alternativt ansluta till en Cut&Cover-tunnel (C&C). Total längd för hela tunneln (ramper, C&C-tunnel och borrarad tunnel) beräknas uppgå till cirka 10 kilometer.

Lösningen som beskrivs ovan utgår ifrån att det finns en landanslutning i Helsingør söder om Kronborg och en ny stationsdel som är placerad öster om den befintliga stationen. Den nya stationsdelen är dessutom placerad på 25–30 meters djup. Därutöver antas stationen vara utrustad med en mittperrong som är 320 meter lång och minimum bred på 12 meter. Perrongens förslagna utformning gör det möjligt att installera två rulltrappor/eskalator, vanlig trappa och hiss/elevator.

Tågtrafiken från Helsingør förutsätts ansluta söder om Helsingborg, vilket skulle innebära att tågen inte behöver vända på Helsingborgs centralstation utan kan fortsätta direkt norrut och österut. Lösningen förutsätter dock att Tågaborgstunneln och Södertunneln i Helsingborg är byggda.



Figur 4. Illustrerad princip för borrarad tunnel med två rör och tvärtunnelar². Källa: COWI/Rambøll, IBU-rapport: Fast HH-förbindelse - tekniske analyser, 2010. figur 4–1.

Bortvalda alternativ

De två andra alternativen i IBU-rapporten, järnvägstunnel för både person- och godståg samt väg- och järnvägstunnel för både person och godståg, valdes bort på grund av flera faktorer. Bidragande faktorer till valet var bland annat att en väg- och järnvägstunnel inte var miljömässigt hållbart, oavsett tunnelloösning, då det skulle innebära en vägförbindelse genom både centrala Helsingør och Helsingborg. Därutöver ansågs lösningen med kombination av borr- och sänktunnel vara alltför tekniskt riskabelt.

När det gäller alternativet för järnvägstunnel för person- och godståg bedömdes det att alla tekniska lösningar skulle bli mycket omfattande och därmed för kostsamma. Vidare skulle en tunnel kombinerad för person- och godstrafik bli dubbelt så lång jämfört med en tunnel för enbart persontåg. Det skulle även medföra stora utmaningar med att hantera stationsförhållandena på dansk sida och anslutningarna på svensk sida. Istället rekommenderades att godsproblematiken bör lösas på annat vis.

1.2.2. Huvudalternativ för norr och söder om Helsingør och Helsingborg

Av de studerade alternativen i IBU-rapporten bedömdes läge B med väg- och/eller godstågtunnel som mest lämpligast, se Figur 3. Tekniska lösningar som analyserades för de tre alternativen på

² Den dåliga bildkvaliteten beror på att figuren är hämtad från en tidigare rapport.

förbindelser var bro, vägtunnel (borrad tunnel och sänktunnel), kombinerad väg- och järnvägstunnel och borrad tunnel. Andra delar som undersöktes var bland annat lämpligast sträckning, anläggningskostnader, längdprofil ovan vatten och land, samt plan- och miljöförhållanden.

Borrad tunnellsättning för väg-och/eller godstågtunnel

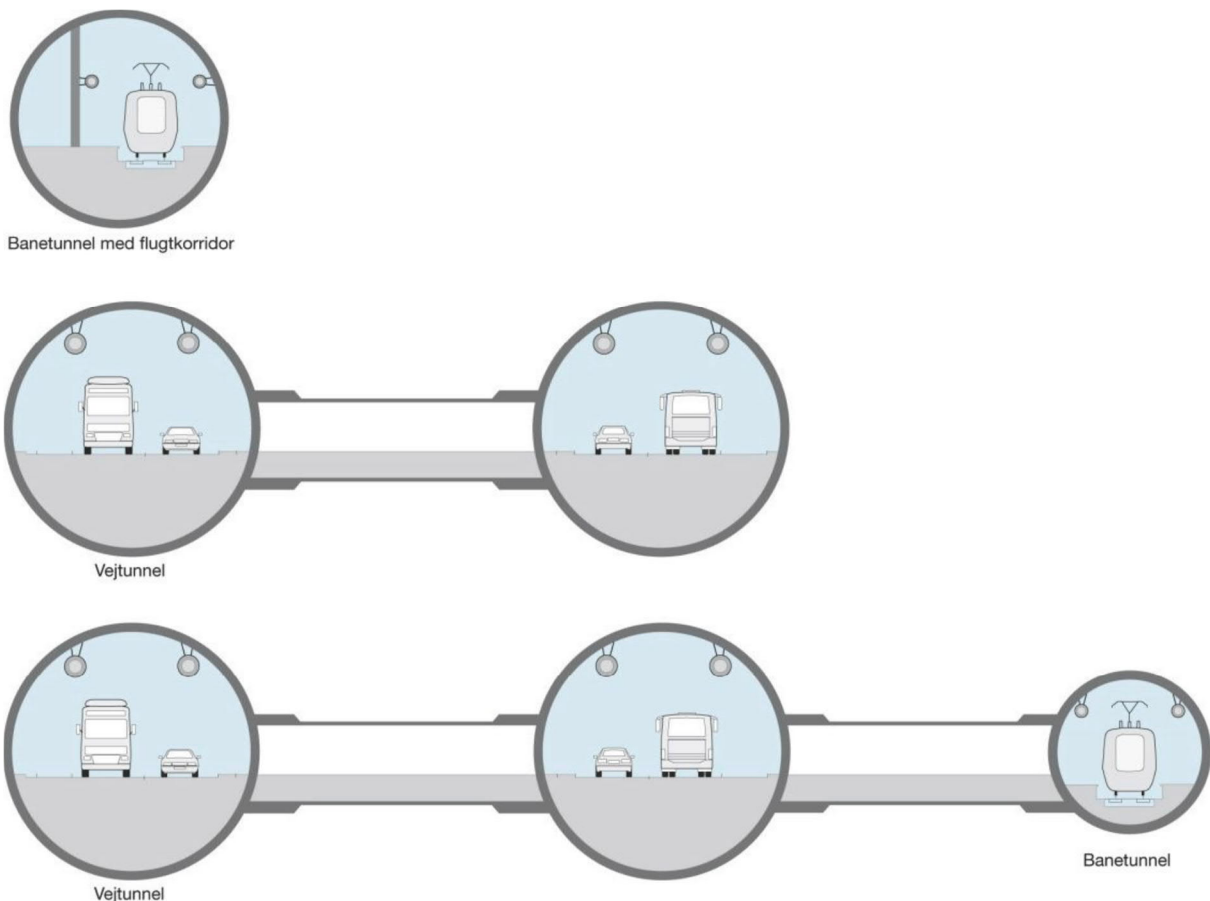
Vägförbindelsen som föreslogs i rapporten består av två tunnelrör med en inre diameter på 13 meter för respektive rör. Varje tunnelrör innehåller två körfält och en vägren, se Figur 5.

På den danska sidan föreslogs att vägtunneln går i land söder om Snekkersten. Vidare antogs att motorvägens horisontalkurva reduceras till cirka 2000 meter. Det skulle innebära att en längre del av den befintliga motorvägssträckan söder om Mørdrupsvej inte behövs byggas om eller att vägtunneln kommer behöva svängas i en stor båge upp under Snekkersten. Till följd av detta förväntas hastighetsbegränsningar införas på motorvägsrampen och i C&C-tunneln, vilket bedöms inte ska utgöra några betydande problem.

Vägtunneln föreslogs sträcka sig under Kystbanan och banförbindelsen mot Hillerød. För att kunna ansluta till den befintliga motorvägen under förutsatts även här att en C&C-tunnel och tunnelramp uppe på land anläggs.

På svensk sida föreslogs att anslutning på land skulle ske söder om Helsingborgs godsbangård/godsbaneområdet. Det skulle innebära att både ramp och C&C-tunnel kan byggas mellan Rännarbanan och motorväg E6. Vägtunneln dras och ansluts till väg E6 via Malmöleden. Förslaget innebar också att från rampen kommer det att behövas byggas väganslutningar norr mot Malmöleden. Eftersom kustterrängen är brant kommer den maximala stigningen för kortare sträckor i C&C-tunneln och rampen att uppgå till cirka 45 promille.

Alternativet omfattade även att utreda en separat tunnellsättning för godstrafik samt kombinerad väg- och godstågtunnel för samma sträcka, se översta och nedersta alternativen i Figur 5. Godstågtunneln som föreslogs innebar ett enkelspår inklusive en utrymningskorridor/flugtkorridor och har en inre diameter på cirka 11 meter. Lösningen med en kombinerad väg- och godstågtunnel innebar att linjedragningarna/linjeføringar för väg och järnväg går parallellt med varandra. Vidare inkluderade förslaget en utrymningsväg/flugtvej som, via en tvärtunnel, går från godstågtunneln till vägtunneln. Den inre diametern för godsspårtunneln skulle i denna lösning beräknas bli 8 meter. Till respektive förslag togs också en anläggningskostnad fram. I efterföljande utredningar har det dock valts att endast följa upp alternativet för vägtunneln och att gods transporteras på väg.



Figur 5. Illustrerad prinsipskiss för de tre tunnelalternativen; vägtunnel, separat tunnellsättning för godstrafik samt kombinerad väg- och godstågstunnel³. COWI/Ramböll, IBU-rapport: Fast HH-förbindelse - tekniske analyser, 2010. figur 4.1

Bortvalda alternativ

Vägbro i det nordligaste och sydligaste läget (A och C i Figur 3) valdes bort på grund av miljömässiga skäl. Bland annat medför det buller/støj vid bostadsområden i Helsingør, samt stor påverkan på landskap, vattenskyddsområden och kulturarv. Alternativ vägbro i mittersta läget (B i Figur 3) valdes i sin tur bort på grund av bland annat ökat trafikbuller och luftföroreningar i bostadsområden i Helsingborgs sydligaste delar.

1.2.3. Kostnader

Anläggningen bedömdes få en investeringskostnad på omkring 13,9 miljarder danska kronor för persontågstunneln och cirka 20,4 miljarder danska kronor för en vägtunnel (2013 års prisnivå). Kostnaderna är beräknade utifrån entreprenörsomkostnader, ett fast tillägg på 15% för projektering och byggherrekostnader samt ett risktillägg eftersom utredningen var i ett tidigt skede. Det konstaterades att det var stora osäkerheter och de förväntade kostnaderna var +30%,-20%.

³ Den dåliga bildkvaliteten beror på att figuren är hämtad från en tidigare rapport.

1.3. Fördjupningsarbeten

Under detta utredningsarbetet har det identifierats några områden där det genomförts fördjupade analyser eftersom de lösningar som presenterats i IBU-rapporten var bristfälliga eller att förutsättningarna förändrats. Dessa är:

- Stationslösning i Helsingborg.
- Väganslutning i Helsingør.
- Väganslutning i Helsingborg.
- Sänktunnel.

Fördjupningsarbetena presenteras löpande i rapporten.

2. Utgångspunkter, dimensioneringsförutsättningar och avgränsning

I detta kapitel redovisas förutsättningar för väg, respektive järnväg som denna rapport förhåller sig till. Vidare redogörs även antaganden som gjorts för arbetet i föreliggande tekniska utredning.

2.1. Väg

2.1.1. Dimensioneringsförutsättningar

Nedan följer en sammanställning av de relevantaste dimensioneringsvärden från danska och svenska befintliga regelverk för utformning av motorväg att förhålla sig till i denna rapporten, se Tabell 1. Dimensioneringsförutsättningar för svenska sidan är hämtade från dokumentet Krav för vägar och gators utformning (VGU), Trafikverkets publikation 2015:086⁴. För den danska sidan har förutsättningarna hämtats från Vejdirektoratets digitala portal Vejregelportalen⁵. En utförligare beskrivning av dimensionsförutsättningarna finns att läsa i bilaga 6 ”dimensioneringsförutsättningar Sverige och Danmark för väg”.

Tabell 1 Översikt av dimensioneringsvärden för danskt/svenskt regelverk avseende väg att förhålla sig till.

Kategori	Sverige	Danmark
Referenshastighet	120 km/h	120 km/h
Maximal önskvärd lutning väg ovan jord	6%	Upp till 7%, beroende på väglängd
Maximal önskvärd lutning tunnel	3%	
Körfältsbredd	3,5 m	Min 3,25–3,75 ¹ m
Bredd vägren	2,0 m	3,0 m
Minsta horisontalradie (120km/h)	1 200 m	2 500 m
Minsta vertikalradie för konvex radie (120km/h)	12 000 m	8 100 m
Minsta vertikalradie för konkav radie (120km/h)	6 500 m	2 100 m

1) 3,25m tillämpas på vägar för endast personbilstrafik medan 3,5m används för lastbilstrafik.

Det finns både likheter och skillnader avseende danska och svenska regelverken för vägtrafik. Exempelvis tillämpas högertrafik i båda länderna.

En skillnad mellan länderna är bredden på vägrenen som i Danmark uppgår till tre meter medan i Sverige tillämpas två meter. En annan är längslutningen som i Sverige får maximalt vara sex procent för väg ovan jord och tre procent för väg i tunnel. I Danmark får den uppgå till maximalt sju procent beroende på väglängden.

⁴ (Trafikverket, 2015a)

⁵ (Vejdirektoratet, 2019)

Generell utgångspunkt vid antagande för huvudvägen har varit att den ska hålla motorvägsstandard och uppfylla både svenska och danska regelverk, inklusive värdena i Tabell 1.

Utformningen av vägen i denna rapport avser en referenshastighet på 120km/h, vilket bland annat medför en minimiradie på 1200 meter enligt svenska dimensioneringsvärden och 2500 meter enligt danska. Det förutsätter också i detta fall att vägen vid behov anläggs med skevade kurvor. Vidare antas det också att både person- och lastbilstrafik ska trafikera den föreslagna vägsträckan vilket innebär att körfältsbredden blir 3,5 meter.

2.1.2. Trafikprognoser vägtrafik

Parallellt med denna studie har det genomförts ett arbete med att ta fram nya trafikprognoser. Då detta skrivs var det arbetet inte slutfört, men baserat på underhandskontakter och tidigare genomförda studier har det gjorts vissa antaganden. Arbetet i denna rapport baseras på att det i vägtunneln är cirka 20 000 fordon per dygn (10 000 per riktning) och cirka 2000 fordon under maxtimmen (1000 per riktning), varav 10 procent är tung trafik. Trafikvolymerna är relativt måttliga i förhållande till tunnelns kapacitet och det har därför antagits att risken för köbildning i tunneln är förhållandevis liten.

2.2. Järnväg

2.2.1. Bana

Relevanta dimensioneringsförutsättningar för spårgeometrin utgår ifrån de befintliga regelverken för järnväg som gäller i Danmark och Sverige och redovisas i Tabell 2. De danska förutsättningarna är hämtade från Banedanmarks dokument "Sporregler 1987"⁶. De svenska har i sin tur hämtats från Trafikverkets dokument "Banöverbyggnad - Spårgeometri Krav på spårets geometri vid nybyggnad, reinvestering/upprustning, underhåll och drift" (TDOK 2014:0075)⁷.

Tabell 2. Översikt av dimensioneringsvärden för danskt/svenskt regelverk avseende bana att förhålla sig till.

Kategori	Sverige	Danmark
Spår som endast är avsett för persontrafik (maximal lutning)	25 ‰	25 ‰
Spår invid plattform	10 ‰ ⁸	$p \leq 2,5 \text{ ‰}$
Normal spårvidd	1 435 mm	1 435 mm
Minsta horisontalradie i huvudspår	300 m	300 m
Minsta tillåtna vertikalradie för huvudspår-konvex radie ¹	3 000 m	5 000 m
Minsta tillåtna vertikalradie för huvudspår-konkav radie ²	2 000 m	5 000 m

1) Konvex radie = kulle, anges med positivt värde på radien.

2) Konkav radie = svacka, anges med negativt värde på radien.

⁶ (Banedanmarks, 2017)

⁷ (Trafikverket, 2015b)

⁸ Vid nybyggnation av plattform eftersträvas max 5 ‰. 2,5 ‰ gäller där regelmässig till- och frånkoppling av vagnar sker.

Järnvägsnätet i både Danmark och Sverige har en del likheter. I båda länderna tillämpas exempelvis 1435 millimeter för normal spårvidd. Vidare gäller även 25 promille i maximal lutning för persontrafik i båda länderna, se Tabell 2.

Det finns också en del skillnader gällande de tekniska egenskaperna för järnväg. I Sverige tillämpas vänstertrafik och i Danmark högertrafik. I fallet med Öresundsbron har det hanterats genom att norr om Malmö byggdes en bro som byter sida på tågen vilket utgör gränsen mellan vänster och högertrafik. En annan skillnad är att på den svenska sidan tillämpar minsta tillåtna vertikalradie för huvudspår (konvex radie) 3000 meter medan i Danmark gäller 5000 meter, se Tabell 2.

Generell utgångspunkt vid antagandet för den geometriska dimensioneringen av banan är att den ska uppfylla både danska och svenska krav och behov inklusive det som redovisas i Tabell 2. Det antas också att järnvägstunneln enbart ska trafikeras av persontåg. Godstransporter går istället via den föreslagna vägförbindelsen. Vidare ska också både höger- och vänstertrafik tillämpas på banan, vilket innebär att växel behöver installeras.

Den utformningen av banan som presenteras i denna rapport avser en största tillåtna hastighet av 80-100km/h från station till station. Plattformslängden/perronlängde för Helsingør station antas vara detsamma som angivits i IBU-rapporten, vilket är 320 meter⁹. Även kompletterande plattformen i Helsingborg antas få samma längd.

2.2.2. El

Kontaktledningssystemen i Danmark och Sverige skiljer sig i frekvens och spänning. Sverige har 16 2/3 Hz (hertz) och 16kV medan Danmark har 50 Hz och 25 kV¹⁰. Fördelen med det danska systemet är bland annat att det inte behövs omformarstationer för att skapa rätt frekvens. Det här kan exempelvis ses i fallet med Öresundsbron där danskt kontaktledningssystem används med matning från svenska sidan vilket även är att föredra för en framtida järnvägsförbindelse.

2.2.3. Signal

Danmark och Sverige har olika typer av signalsystem som inte är kompatibla med varandra. Det här innebär att tåg som ska köras på båda systemen antas måste vara utrustade för att klara båda typerna vilket är fallet på exempelvis Öresundsbron. Det pågår stora projekt i både Sverige och Danmark för att ställa om till det gemensamma europeiska signalsystemet ERTMS (European Rail Traffic Management System) vilket bör vara det aktuella systemet att installera för en framtida järnvägsförbindelse¹¹.

2.3. Färjetrafik

En förutsättning för analyserna har varit att färjetrafiken skall kunna bedrivas även under byggtiden.

⁹ När utredningen påbörjades och denna rapport togs fram förutsattes 320 meter långa plattformar. Under utredningsarbetet har det framkommit att en plattformslängd på 260m bör vara tillräckligt.

¹⁰ (Trafikverket, 2014)

¹¹ (Trafikverket, 2016c)

3. Säkerhetsförutsättningar

I följande kapitel redogörs säkerhetsförutsättningar som gäller för en väg- respektive järnvägstunnel, samt bedömning av de mer kostnadsdrivande posterna.

3.1. Krav för järnvägstunnel och referensprojekt

Kravbildens styrs dels av Trafikverkets krav och råd vid tunnelbyggande (TDOK 2016:0231 och TDOK 2016:0232)¹² som har inarbetat de europeiska kraven på driftkompabilitet (TSD) som anges i delen ”Safety in railway tunnels” (TSD-SRT)¹³. I denna anges minimikrav, men de krav som inarbetas i tunnlar säkerhetskoncept är ofta högre. I Sverige ska säkerhetskonceptet verifieras genom en säkerhetsanalys vilket innebär en kvantitativ riskanalys där resultatet ska värderas gentemot Trafikverkets uppställda mål samt kostnad och nytta. Någon sådan säkerhetsanalys utförs inte i detta skede utan i arbete studeras redan befintliga eller planerade tunnlar i Sverige och Danmark som utgör bedömningsgrund för innehållet i en eventuellt kommande förbindelse.

En sammanställning av några relevanta tunnelprojekt redovisa i Tabell 3 nedan. Det är främst avstånd mellan utrymningsvägar/flugtvejer och krav på brandgasventilation som bedöms vara de stora kostnadsbärarna (utöver tvärsnitt). Övriga tekniska installationer såsom larm, övervakning, kommunikation, styrning och släckvatten, bedöms i detta skede utgöra en mindre del av kostnaden och genomförbarheten i projektet. Se dock kapitel 8 ”Installationer” för ytterligare information.

De svenska tunnlar har ett relativt lika koncept men skiljer sig en hel del från de danska och dansk/tyska tunnlar, vilket bedöms till stor del bero på konstruktionsmetoder. Med sänktunnel är kostnaden för utrymningsvägar/flugtvejer betydligt lägre än i bergtunnlar där tvärtunnlar måste anordnas. Ingen av tunnlar utförs med släcksystem/brandslukningssystem vilket är vanligare i vägtunnlar. För befintliga/planerade tunnlar där endast persontåg trafikerar uppgår avståndet mellan utrymningsvägar till 300–350 meter i snitt. Citytunneln som är den enda borrade tunneln av dessa har 350 meter, se Tabell 3.

Förbindelsealternativet bedöms med avseende på trafikering vara mindre krävande än de ovan identifierade tunnlar då det endast är persontrafik och med relativt låg turtäthet. Längden på förbindelsen blir någonstans i mitten av spannet i tabellen. Men tunneln kommer likt Citytunneln, Citybanan och Västlänken ansluta direkt mot stationer under mark vilket är en komplicerande faktor då säkerheten annars bygger på att tågen i första hand körs ut ur tunneln vid brand.

Det går inte att redan nu fastställa exakt vilka tekniska installationer och antal utrymningsvägar som krävs. I syfte att ge ett grovt underlag för kalkyl görs bedömningen att det kommer att krävas ungefär tre tvärtunnlar/flugtvejer för utrymning per kilometer tunnel. Avseende brandventilation är det osäkert om det över huvud taget kommer att krävas i tunneldelarna. Men då det är förhållandevis långt mellan stationerna föreslås att kalkylen baseras longitudinell brandgasventilation dimensionerad för upp till 50 MW (megawatt).

Om tåg av kategori A ska trafikera tunneln krävs en ”utgångspunkt för brandbekämpning” inom tunneln. Utgångspunkt för brandbekämpning är en bestämd plats där brandbekämpningsutrustning kan användas av räddningstjänst och dit passagerare och personal kan utrymmas från ett tåg. Denna typ av koncept med specifika stopplatser inne i tunnelns finns inte i de svenska och danska tunnlar,

¹² (Trafikverket, 2016a) och (Trafikverket, 2016b)

¹³ (EU Kommissionen, 2014)

varför erfarenheten är begränsad. Ska tåg av kategori A trafikera behöver det senare utredas vidare om den plats som finns inne i motsatt tunnelrör är tillräcklig, eller om det krävs ett separat rum för utrymning eller om några ytterligare tvärtunnlar behövs där. Kostnad för en extra utrustning för brandbekämpning ingår inte i den totala investeringskalkylen, men bedöms vara marginell ur ett investeringsperspektiv.

Tabell 3. Sammanställning av tunnelprojekt

Tunnel-projekt	Trafik	Tunnel-typ	Släck-system	Utrymning /flukt cc	Brand-ventilation	Längd (km)
Citytunneln	Person-tåg	TBM	Nej	350 m	(Stationer endast)	6
Citybanan	Person-tåg	Berg	Nej	300 m	(15 MW på Stationer)	6
Fehmarn Belt	Alla Tåg	Sänk	Nej	110 m	350 MW	18
Öresunds-förbindelsen	Alla Tåg	Sänk	Nej	90 m	Uppgift saknas	3.5
Västlänken	Person-tåg	Berg	Nej	Snitt 310 m max 400 m	6 MW i tunnel (25 MW på Station)	6
Mälarbanan ¹	Alla Tåg	Betong (Cut & Cover)	Nej	240 m (snitt)	20 MW i tunnel	1.2+ 0.5
Hallandsås-tunneln	Alla Tåg	Berg	Nej	500 m	Uppgift saknas	9
Varbergstunneln	Alla Tåg	Berg	Nej	300 m	Nej	3.2
Stora Belt tunneln	Alla Tåg	Berg (TBM)	Nej	250 m	80 st, fläktar 5 m/s	8

1) Sundbybergstunneln och Huvudstatunneln

3.2. Krav för vägtunnel och referensprojekt

För vägtunnel styrs kraven av EU-direktivet om säkerhet i vägtunnlar¹⁴, som är inarbetad och kompletterad i lag om säkerhet i vägtunnlar och Transportstyrelsens föreskrift om säkerhet i vägtunnlar (TSFS 2015:27)¹⁵. Därutöver tillämpas Trafikverkets krav vid tunnelbyggande (TDOK 2016:0231)¹⁶. EU-direktivet förutsätts även vara implementerat i dansk lagstiftning (BEK 726)¹⁷, men då med en lägre kravnivå än den svenska.

¹⁴ (Europaparlamentet, 2004)

¹⁵ (Transportstyrelsen, 2015c)

¹⁶ (Trafikverket, 2016a)

¹⁷ (Vejdirektoratet, 2008)

Aktuell tunnel är trafikmässigt relativt enkel då det inte förutsätts uppstå kö, och det inte finns några anslutningar placerade under mark. Då tunneln är cirka tolv kilometer lång åt vardera riktningen krävs dock ändå att säkerhetskonceptet anpassas för tillkommande risker, vilket även krävs om fordon lastade med farligt gods ska få trafikera tunneln. Även eventuell lutning över tre procent kan ge upphov till tillkommande krav baserat på riskanalys. I detta skede görs dock inga riskanalyser, utan säkerhetskonceptet innehåll baseras likt ovan på inventering av befintliga och planerade tunnelprojekt.

Många av de svenska tunnlar ovan är högtrafikerade trafiksystem med anslutningar under mark, vilket ger betydligt större risker för olyckor än vad denna alternativ på förbindelse bedöms få. Däremot medför förbindelsen långa insats- och utrymningsvägar/flugtvejer (inom säkert tunnelrör) eftersom det är långt mellan tillfarter. Kravbilden bedöms ändå vara lägre än för de svenska tunnlar. Hade tunneln byggts i Sverige är det möjligt (men inte givet) att den skulle byggts utan fast släcksystem baserat på kostnad i relation till nytta. Dock kan konstateras att de krav som ställs på Fehmarn-belt förbindelsen är högre än alla de svenska tunnlar trots att trafiksituationen är betydligt lugnare, se

. Det kan eventuellt bero på striktare tyska regelverk. När det gäller utrymningsvägar/flugtvejer kan dessa skapas till låg kostnad i sänktunnel, medan brandventilation och släcksystem sannolikt inte påverkas av konstruktionsmetoder. En längre tunnel klarar dock en större brandeffekt med samma antal fläktar per kilometer tunnel. Brandgasventilationen med hög effekt och framför allt sprinklersystem bidrar i första hand till att skydda anläggningen från skador och driftstopp.

Tunnlar kommer även att kräva säkerhetsrelaterade installationer främst avseende kommunikation och övervakning, vilka inte behandlas vidare här. Utan istället förutsätts utgöra basen för alla säkerhetskoncept. Dessa belyses ytterligare i kapitel 8 "installationer".

Utifrån svenska regler skulle tunneln i grunden kunna utföras utan släcksystem, med fem utrymningsvägar/flugtvejer per kilometer tunnel och med longitudinell brandgasventilation på 100 MW. När hänsyn ska tas till tunnelns längd, lutning och transport av farligt gods kan dock ytterligare säkerhetsåtgärder tillkomma. För att i detta skede inte underskatta kostnaderna för säkerhetsåtgärder föreslås att kalkylen baseras ungefär sex tvärtunnlar/flugtvejer för utrymning per kilometer tunnel. Vidare föreslås brandgasventilation för 200 MW och ett fast släcksystem. I senare skeden kan dessa åtgärder eventuellt reduceras genom riskanalys.

Tabell 4. Sammanställning av utförande av befintliga och pågående vägtunnelprojekt.

Tunnel-projekt	Kö	Trafik (fordon /dygn & rör)	Tunnel-typ	Släck-system	Utrymning / flugt cc	Brand - ventilation	Längd (total)	Bredd	ADR - restriktion
Norra länken	Ja	90-40 k	Berg	Ja	150 m	30-100 MW	3.5 (14)	10 (1+2x3.5+2)	Klass B dagtid
Förbifart Stockholm	Ja	75 k	Berg	Ja	100 m	50 MW	18 (40)	13.5 (1+3x3.5+2)	Ingen (A)
Fehmarn Belt	nej	13 k	Sänk	Ja	110 m	200 MW	18 (36)	10.4 (0.4+2x3.5+3)	Ingen (A)
Öresunds-förbindelsen	nej	10 k	Sänk	Nej	90 m	Uppgift saknas	3.5 (7)	9.75 (2kf)	B eller C dagtid
Södra Länken	nej	90 k	Berg	Nej	100 m	100 MW	5 (20)??	10 (1+2x3.5+2)	B dagtid
EU-direktivet tillåter	Ja/nej ¹			Ej krav	500 m	MW ej spec	5 km ²	1.2+Kf	E ¹
TSFS tillåter	Ja/nej ¹			Ej krav	200 m (eller RA)	MW ej spec	5 km ²	1.2+Kf	E ¹

1) längsventilation i tunnlar med kö tillåts endast efter riskhantering.

2) transport av farligt gods eller långa tunnlar tillåts, men medför att riskanalys ska bestämma om ytterligare åtgärder behövs.

3.3. Bedömning av byggbarhet ur ett krav- och säkerhetsperspektiv

De tunnelutformningar som presenteras i tidigare utredningar bedöms vara fullt byggbar med beaktande av nu gällande regelverk. Detta gäller såväl järnvägstunnelns som vägtunneln.

4. Geologiska förutsättningar

I detta kapitel finns en beskrivning av geologin på danska, respektive svenska sidan och hur det bedöms påverka byggbarheten. Delar som beskrivs är berggrundsgeologi och jordlager.

4.1. Tidigare undersökningar

Redan år 1958 utfördes på beställning av Öresundskommissionen djupa borrhningar i det aktuella området. Dessa undersökningar följdes upp av ytterligare undersökningskampanj år 1964. De aktuella sträckningarna ligger cirka 1,2–2 kilometer norr om föreslagen sträckning för järnvägstunnel i IBU-rapporten.

Åren 1976–77 utfördes förundersökningar för två korridorer på land i Danmark¹⁸, varav den ena skulle förläggas i tunnel under staden.

På den svenska sidan har i flera omgångar utförts geologiska undersökningar för tunnelanläggningar dels inför och under anläggandet av nuvarande Knutpunkten i Helsingborg färdigställd år 1991 och dels inför de så kallade Södertunneln och Tågaborgstunneln, varav de senaste utredningarna utfördes år 2007. Sveriges geologiska undersökning (SGU) har i en rapport ”Konceptuell geologisk modell för Helsingborg”¹⁹ på uppdrag av Helsingborg stad, inhämtat och sammanställt mycket historiska data. Den första rapporten kompletterades och redovisades år 2007²⁰.

Som fördjupat underlag för föreliggande tekniska utredning utförde SGU en separat utredning under första halvan av år 2019 ”Konceptuell geologisk modell för väg- respektive järnvägstunnel mellan Helsingborg och Helsingør”, (Dnr 35–1098/2019). SGU:s arbete resulterade i konceptuella modeller längs de i IBU-rapporten och denna utrednings redovisade alternativ på sträckningar för väg- respektive järnvägstunneln (se bilaga 1 och 2).

4.2. Berggrundsgeologi

4.2.1. Svenska sidan

Helsingør och Helsingborg ligger i ett område som kraftigt påverkats av förkastningsrörelser i Tornquistzonen, se Figur 6. Zonen sträcker sig från Nordsjön ner genom Kattegatt, tvärrar Skåne och fortsätter ned till södra Östersjön och Polen. Den är en regional tektonisk rörelsezon som skär genom kanten av den Baltiska skölden.

Rörelserna i Tornquistzonen har varit betydande under yngre krittid, det vill säga för cirka 70–80 miljoner år sedan. Kompressionen i jordskorpan resulterade även i stora vertikala rörelser. Rörelserna resulterade i att stora bergblock med äldre berggrund skjuvades över yngre berggrund, och en zon med kraftigt lutande lager bildades utmed förkastningszonen. Denna zon ”flexurzonen” löper strax utanför Helsingborgs hamn, se Figur 7.

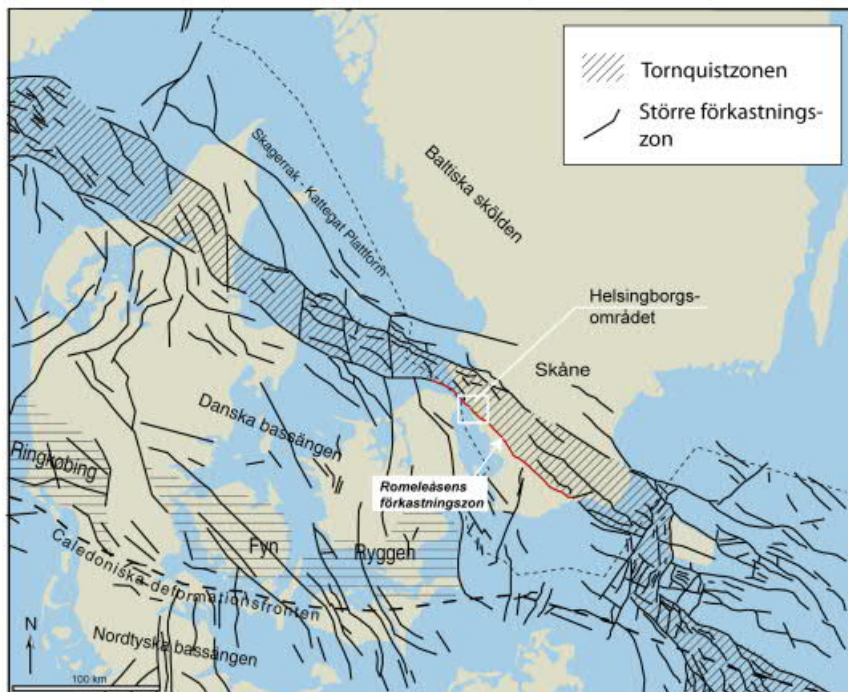
Medan Jura-bergblocket på den svenska sidan ligger ytligt och är en del av den så kallade ”Landborgen” i Helsingborg, trycktes detta bergparti ända ned till djupet 140 meter vid den danska

¹⁸ (SGU, 2005a)

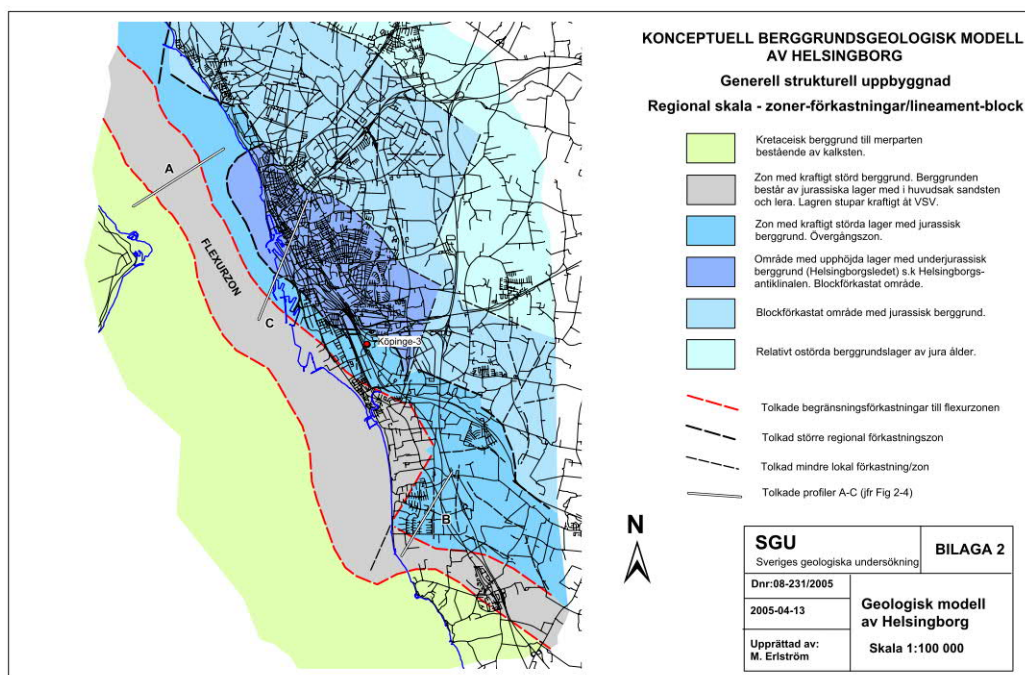
¹⁹ (SGU, 2005c)

²⁰ (SGU, 2007)

kusten. Jura-bergblocket väster om flexurzonen och danska sidan har därefter täckts av avlagringar från Krita och Danien perioderna. Ovanför kalk- och sandstenen väster om flexurzonen har mäktiga postglaciala lager av sand och silt avsatts som i den norra tunnelkorridoren bedöms vara 20–30 meter djupa och ända till 70 meter djupa vid den södra sträckningen.

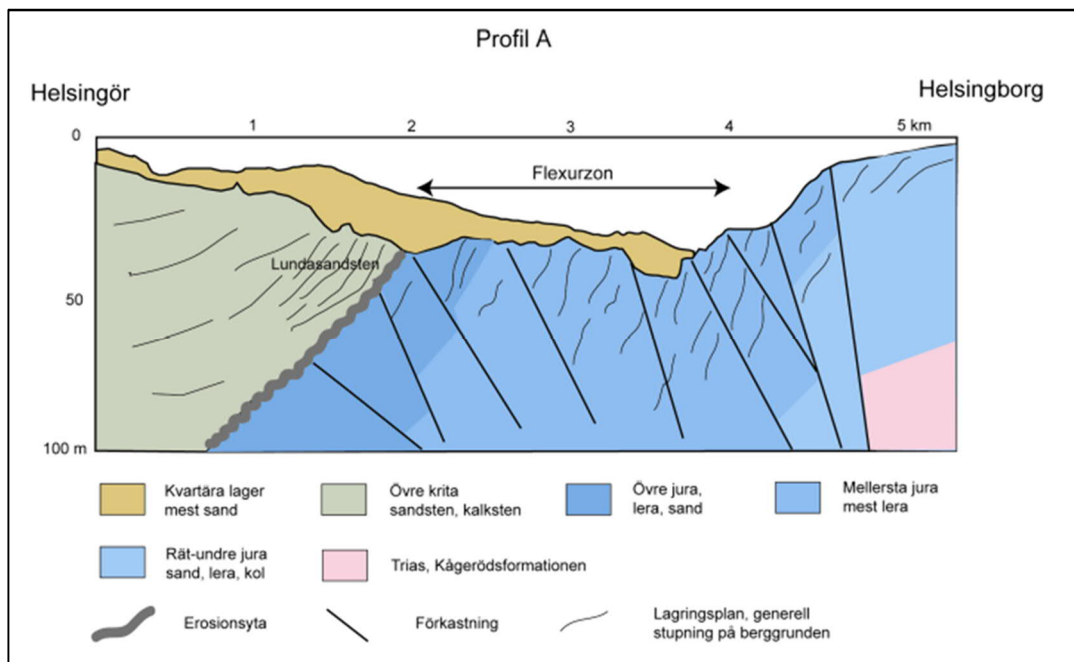


Figur 6. Förekomsten av större förkastningszoner i anslutning till Tornquistzonen och Danska Bassängen (modifierad efter Britze m.fl. 1994). Källa: SGU, Uppdaterad konceptuell modell för Helsingborg, 2007



Figur 7. Geologiska sektioner i jämförelse med justeringar. Källa: SGU, Konceptuell geologisk modell för Helsingborg (bilaga 2), 2005

I Figur 8 nedan redovisas schematiskt en tolkad sektion enligt SGU i linje A i Öresund²¹. Sektionen ligger 1–2 kilometer norr om, i IBU-rapportens, föreslagna sträcka för järnvägstunnlar²². SGU:s utredning från år 2019 bekräftar den tidigare profilens generella strukturgeologi, men är ytterligare förfinad och tolkad längs de alternativ som utretts för väg- och järnvägssträckningarna²³.



Figur 8. Schematisk illustration av berggrundens strukturella uppbyggnad mellan Helsingborg och Helsingør. Källa: SGU, Konceptuell geologisk modell för Helsingborg, 2005

Enligt den konceptuella geologiska modellen kan de förekommande bergarterna i de olika blocken i sektion A sammanfattas med sand och sandstenar, ler och lerstenar, växellagrad sand- silt-, och lersten samt kol. Okonsoliderade berglager har i figuren ovan benämnts sand och lera vilket beror på att dessa, geologiskt, tillhör berggrunden i jämförelse med kvartära bildningar av sand och lera.

Bergarterna på svenska sidan i Jura-formationen består således av lerstenar, sandstenar och sand- och lerstenar i växellagring. Under det sedimentära berget ligger urberg, men på djup som överstiger 200 meter. Bergets konsolideringsgrad kan variera från närmast jordlik, till betydligt hårdare. Enligt SGU utgör sand/sandstenar uppskattningsvis 40–60 procent av lagerföljden de övre 50 metrarna, ler/lerstenar cirka 20–30 procent och slutligen växellagrade lersten och siltsten/finkornig sandsten 20–30 procent. Organiskt material i form av vedfragment och kol förekommer ställvis. Bergrundsgeologin beskrivs utförligare i SGU:s rapport från år 2019 (se bilaga 4) där även de tolkade profilerna framgår med indelning i bergplintar.

4.2.2. Danska sidan

På den danska sidan har föreliggande utredning inte funnit motsvarande dataunderlag som på svenska sidan. Utredningen från år 2019 av SGU har dock indikerat att berggrunden väster om flexurzonen, och på de djup tunneldrivningen eventuellt genomförs (30–50 meter), består de geologiska bildningarna av i huvudsak sand och sandsten som kan vara mycket porös och vattenförande²⁴. I nuläget är utredningen hänvisad till det dataunderlag med avseende på bergrundskaraktäristika som

²¹ (SGU, 2005c)

²² (Ramböll-COWI, 2010)

²³ (SGU, 2019)

²⁴ (SGU, 2019)

framtagits på den svenska sidan, men med bedömningen om en mer homogen bergplint av sandsten på danska sidan än i Jura-bergplinten öster om flexurzonen.

I SGU:s rapport redovisas de tolkade jordlagren och bergplintarna i profiler på bilagor 1 och 2.

4.2.3. Byggbarhetstekniska egenskaper

Det sedimentära berget är vid normala ovanjordsarbeten schaktbart med grävmaskin. Schaktarbeten vertikalt i berget för mindre provgropar eller grävpålar är svårt och kräver ofta spräckning med hydraulhammare eller tjältand. Om däremot schakten har lite större volym och grävmaskiner kan komma åt berget från sidan gör den skiktade bergstrukturen att schaktarbetena går betydligt lättare genom uppbrytning av lager efter lager. Det skulle resultera i att det skiktade berget bryts då oftast ned till bergbitar i storleken 50-300 milimeter.

Horisonter med hård sandsten kan förekomma, vilket då kräver kraftigare metoder för losstagning. Erfarenheten från tågtunnelprojektet och Knutpunkten är att spräckning aldrig eller endast vid något enstaka tillfälle behövde användas. Schaktbottnar i det sedimentära berget blir i sin överyta uppmjukade på grund av vatten och den avlastning som schakten innebär. Det är därför av stor vikt att färdiga schaktbottnar skyddas mot nederbörd och belastningar från arbetsmaskiner direkt.

Bedömningen är att det sedimentära berget ska klassificeras och bedömas kopplat till klassiska geotekniska parametrar²⁵, se Tabell 5. Motsvarande förhållningssätt har använts för kalkberget i Malmö i samband med Citytunnelprojektet. I samband med tågtunnelprojektet under Knutpunkten åren 1988-1992 provades Q-metoden som klassificeringsmetod. Övriga internationellt erkända metoder som kan använda är RMR- och GSI-metod.

Ett framtida klassificeringsmetod för det sedimentära berget kan ha en stomme från någon erkänd klassificeringsmetod som sen förfinnas eller förenklas. Det är av stor vikt för projektet att en relativ enkel klassificeringsmetod utvecklas som H1-H5 (hårdhetsgrad), kan användas vid laborieprovning och vid kartering av öppna schakter, och som också kan relateras till geotekniska parametrar.

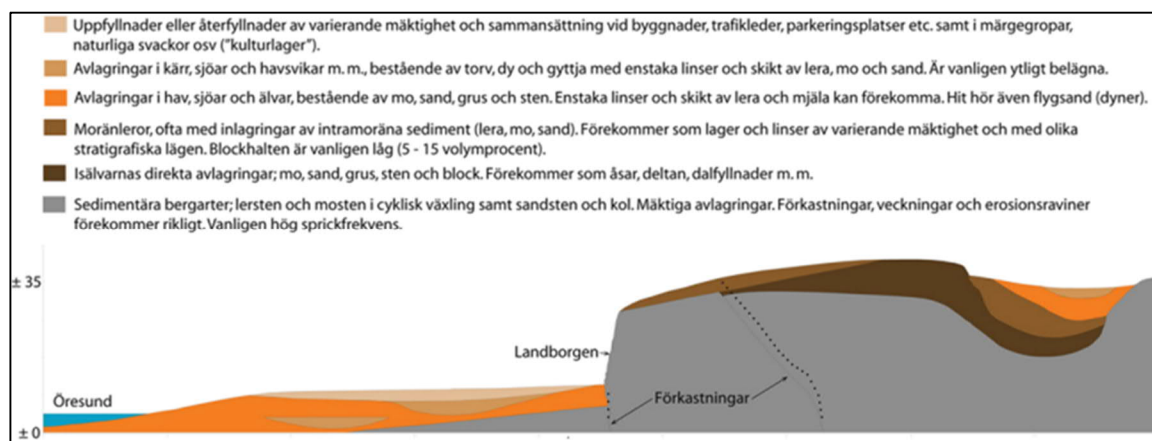
Tabell 5. Preliminära geotekniska parametrar för förekommande berglager. Källa: Tyréns, Teknisk PM för projekt järnvägstunnlar i Helsingborg, 2007

Berglager	Tunghet*	Tryck-Hållfasthet	Drag-hållfasthet	Effektiv skjuvhållfasthet		Elasticitetsmodul
	γ (kN/m ³)	σ_c (MPa)	σ_T (MPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)	E (GPa)
Sandsten/Sandsten i växellagring, lös	20-22	0,1-10	0-0,5	0-20	29-35	0,01-2
Sandsten/Sandsten i växellagring, medel	22-24	10-20	1-2	20-60	40-45	2-6
Sandsten/Sandsten i växellagring, hård	22-24	20->30	2-3	60-100	45-50	6->15
Lersten/Lersten i växellagring, lös	22-24	0,05-5	0-0,5	10-50	30-35	0,003-1
Lersten/Lersten i växellagring, medel	24-26	5-10	0,5-1,5	50-100	35-40	1-2
Lersten/Lersten i växellagring, hård	24-26	>10	>1,5	>100	40-45	2-3

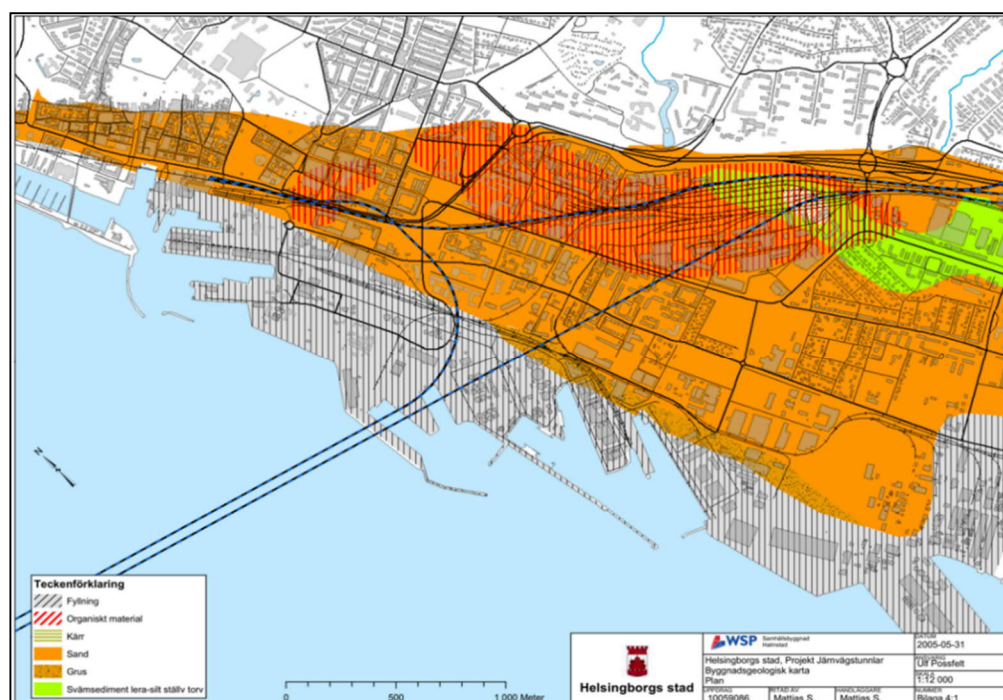
²⁵ (Amberg, 2019)

4.3. Jordlager

Jordlagren på den svenska sidan är tämligen väl utredd som underlag för föreliggande tekniska utredning, medan dataunderlaget på den danska sidan inte är lika komplett. Det bedöms dock att de på båda sidor förekommande jordlagren har likartad karakteristika drag avseende lagringsförhållanden och hållfastheter. Men sidorna har väsentligt olika mäktigheter ovanpå berggrunden. Nedanför Landborgen i Helsingborg, det vill säga väster om branten är jordtäckningen på berg i allmänhet mellan 4–8 meter, varav stora delar är utfylld mark i havet i de urbana delarna, se Figur 9. Tidigare strand/kustlinjer finns redovisade i Figur 10, taget från tidigare studier upprättade inför planering av Södertunneln²⁶. Ovanför Landborgen är lermorän vanligt, dock med ett mäktigt stråk av isälvsgrus/sand som nyttjas som grundvattentäkt.



Figur 9. Schematisk sektion över och berggrund i Helsingborg med landborgen som dominerande struktur (Turow 1980)
källa: WSP, Huvuddel B Teknisk rapport, 2005



Figur 10. Jordlager utmed Helsingborgs tidigare strand/kustlinjer källa: WSP, Huvuddel B Teknisk rapport, 2005

²⁶ (WSP, 2005)

På danska sidan har datasökning i GEUS (De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland) databas ”Jupiter” visat på mäktiga sandlager både i Helsingør och planerad landanslutning för södra tunnelsträckningen vid Sneckersten. Föreliggande information indikerar att mäktiga kvartära ler-, silt- och sandlager på 25–30 meter kan förväntas i Helsingør och stiga till 60–70 meter mäktighet vid Sneckersten (se även SGU:s utredning från år 2019 i bilaga 4).

Som underlag för tekniska bedömningar har i denna utredning bedömts att dataunderlaget gällande lagringstätheter och hållfasthet på jordlagren tagna från svenska sidan, i föreliggande utredningsskede även kan nyttjas för den danska landanslutningen²⁷. Dataunderlag för jordlagren på den svenska sidan kan ses i Tabell 6.

Tabell 6. Preliminära geotekniska parametrar för förekommande jordlager. Källa: Tyréns, Teknisk PM för projekt järnvägstunnlar i Helsingborg, 2007

Jordlager	Tunghet* γ (kN/m ³)	Hållfasthetsparametrar			Elasticitetsmodul E (MPa)
		Odränerad skjuvhållfasthet τ_{fu} (kPa)	Effektiv skjuvhållfasthet c' (kPa) ϕ' (°)		
Fyllning	18-22	0	0	29–32	5-10
Lermorän	20-22	100–200	0-20	31–33	30-60**
Sandsediment	18-22	0	0	37–40	30-60

Tabell 1. Preliminära geotekniska parametrar för förekommande jordlager

* Vattenmättad

** Lermoränen bedöms vara överkonsoliderad med ca 3 till 5* τ_{fuk} .

4.4. Bedömning av byggbarhet ur ett geologiskt perspektiv

Utredningar, workshops och analyser som genomförts inom ramen av föreliggande tekniska utredning har gett bedömningen att de aktuella anläggningarna innebär stora utmaningar med avseende på de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna. Det har emellertid konstaterats att det finns både beprövad teknik och, erfarenheter globalt, för att hantera dess utmaningar på ett robust sätt.

För att projektet ska bli lyckat med dessa förutsättningar krävs noggrann planering, omfattande datainsamling av geologiska förutsättningar, och utredningar med inriktning på ingenjörsgelogiska prognoser för var de största geologiska riskerna förväntas uppträda. Efter denna kartläggning kan de effektivaste åtgärderna i form av byggprocesser, teknik och organisation närmare definieras.

²⁷ (Amberg, 2019)

5. Vägenslutningar

I följande kapitlet redovisas utformningen av vägenslutningar till respektive landsida och dess effekter i form av bland annat ingrepp på befintlig bebyggelse, hastigheter och anslutningar till befintliga vägar.

5.1. Helsingborg

Uppdraget med att utreda möjligheten till anslutning till det befintliga vägnätet på den svenska sidan har sin utgångspunkt i underlag från tidigare IBU-rapporten men har vidarebearbetats. Lokaliseringen av anslutningen i IBU-rapporten är i stora drag logisk; anslutningen sker utanför de centrala delarna av Helsingborg, det är den genaste vägen till det övergripande vägnätet, framför allt för dem som ska norrut mot Göteborg och Stockholm²⁸. Men även för mer lokala målpunkter som söderut mot Landskrona eller österut mot Kristianstad och Blekinge. Anslutning i denna tidigare föreslagna korridor skapar också en naturlig förlängning av Malmöleden som är den nuvarande infarten till centrala Helsingborg och hamnområdet söderifrån.

När alternativet på lokaliseringen undersöks mer detaljerat kan det konstateras att det finns utmaningar när det gäller att anpassa utformningen, dels till befintliga trafiklösningar, dels till befintliga terrängförhållande. Från Malmöleden löper idag en avfartsramp mot Rusthållsgatan och industriområde Ättekulla. Från Ättekulla kommer en påfartsramp till Malmöleden i samma läge. Vidare österut sträcker sig Österleden och därefter mot E4/E6 norrut eller söderut, eller rakt fram österut mot lokala mål inåt landet. Från Österleden går det att köra på Malmöleden västerut mot de centrala delarna av Helsingborg. Från Österleden är detta även den skyltade rutten mot hamnen, se bilaga 2.

Terrängförhållandena tillför också en annan utmaning. Den utredda sträckningen påverkas av Landborgen och dess naturliga brant som löper genom de centrala delarna av Helsingborg från Pålsjö i norr till Ramlösa i söder. Den befintliga Malmöleden ligger på tvären mot denna brant, vilket innebär att den som mest ligger i tre procent längslutning. Den föreslagna sträckningen går mer vinkelrätt mot Landborgen och här stiger marknivån från cirka 13 till 40 meter på 500 meter, det vill säga mer än 5 procent naturlig lutning.

För att anse att förbindelsen är byggbar med avseende på anslutningarna till övriga vägnätet i Helsingborg har i denna tekniska utredning tolkningen gjorts att förutom anslutningen av huvudvägen till det övriga europavägsnätet måste även möjlighet till infart till centrala Helsingborg skapas. Utöver detta måste befintliga anslutning till Rusthållsgatan och Ättekulla industriområde och koppling mellan Österleden och Hamnen upprätthållas.

Oavsett vilken lösning som väljs för att skapa och upprätthålla dessa funktioner kommer det att bli många av- och påfarter på kort sträcka. Det kommer att bli många beslut för trafikanterna på kort tid, vilket kommer att ställa höga krav på tydlighet i trafiklösningen. Extra viktigt blir det med tanke på att vägförbindelsen sannolikt kommer att vara avgiftsbelagd och att trafikanten hamnar i ett annat land om personen råkar göra ett förhastat beslut. Standardkrav för avstånd mellan påfartsramp och avfartsramp på motorväg kommer inte att kunna hållas, istället kommer vävningssträckor att behöva tillämpas. För att skapa så långa vävningssträckor som möjligt för att så långt möjligt förlänga beslutstiden för trafikanterna är det av stor vikt att anslutningen sker så långt västerut som möjligt.

²⁸ (Ramböll-COWI, 2010)

Det är för att skapa så stort avstånd som möjligt mellan påfarten till Malmöleden och mynningen till vägförbindelsen. I den utredda lösningen är detta det mest kritiska avståndet.

För att undersöka hur tidigt anslutningen till Malmöleden kan ske måste både horisontal- och vertikalgeometrin studeras i detalj. Horisontalgeometrin blir i det här fallet inte det kritiska momentet. Det kan snabbt konstateras att Malmöledens raklinje helt enkel kan förlänga och fortsätta tills det behövs göra en riktningsförändring i tunneln ute i Öresund. Istället måste längslutningarna vara i fokus. Om en studerar hastighetsprofilsdiagrammet i bilaga 6 kan det konstateras att de tyngsta fordonen med en utgångshastighet på 80 km/h vid 3 procent längslutning tappar fart i 2000 meter för att sedan plana ut på cirka 55 km/h. Vid större lutningarna blir hastighetsminskningen ännu större vilket är olämpligt med tanke på den ökade risken för upphinnandepåkörning. Som en åtgärd för att minska denna risk och därmed öka trafiksäkerheten skulle ett stigningsfält kunna anläggas för de långsammaste fordonen. I de aktuella råden och anvisningarna för den svenska sidan går det inte att hitta några specifika direktiv kring när stigningsfält kan tillämpas. Istället får en gå tillbaka till VGU från år 2004 för att hitta krav på detta och då nämns 60 km/h som en gräns och stigningsfält skulle då tillämpas på den sträcka där den beräknade hastigheten underskrider 60 km/h. Med andra ord är det rimligt att tillämpa denna gräns i detta resonemang och därmed är det inte lämpligt att gå över tre procent i längslutning över en längre sträcka.

Om längslutning på tre procent ska hållas och samtidigt ansluta till befintliga Malmöleden tillräckligt tidigt för att inte hamna i konflikt med befintliga trafiklösningar måste huvudvägen börja gå upp tidigt. I väster finns en begränsning i sektion 12/000 med utformning i plan och profil; enligt underlaget för havsbotten måste den föreslagna sträckan ligga på detta djup för att skapa tillräcklig täckning på den borrarade tunneln, se bilaga 2. Längre österut, i sektion 15/300, återfinns ytterligare en begränsning, nämligen Västkustbanan, som är den intensivt trafikerade tågförbindelsen mellan Helsingborg och Malmö, se Figur 11. En längslutning på tre procent mellan dessa två punkter innebär att huvudvägen för vägförbindelsen kommer att behöva anläggas på bro över Västkustbanan. Detta innebär att huvudvägen ansluter till den befintliga marknivån, i förlängningen av Malmöleden, i sektion 15/900. Den mest kritiska påfarten till Malmöleden är idag den från väg 111, Österleden, ansluter idag vid sektion 16/500, vilket innebär att med denna lösning skapar drygt 500 meters vävningssträcka.

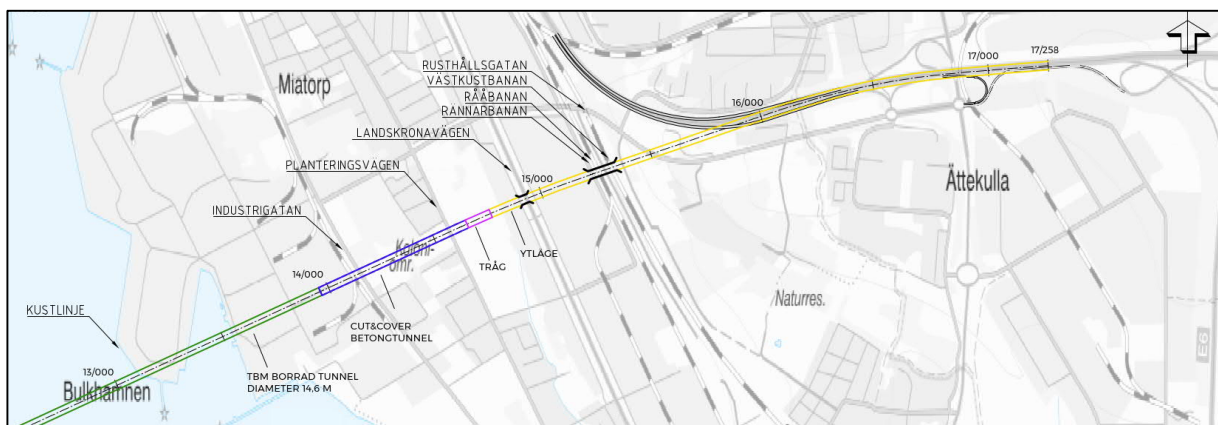
Avfart till Ättekulla ligger fortfarande för nära mynningen till förbindelsen och påfart från de centrala delarna av Helsingborg och rivs i detta utredda alternativ. Avfarten till Ättekulla kommer istället att förläggas i anslutning till väg 111, Österleden, i en klöverformad ramp. Påfart mot den nordsydliga E6 sker också i detta läge. På detta sätt inkluderas flera funktioner i en samlad trafikplats vid väg 111, Österleden vilket borde skapa större tydlighet.

Befintliga Malmöleden kommer att bevara sin funktion som infart till de centrala delarna av Helsingborg om man inte väljer att köra via väg 111, Österleden. Skillnaden från idag är att trafikanten måste köra av om den inte vill fortsätta till Danmark. Denna avfart nyttjas även av trafiken till hamnen även om lösningen medger en möjlig separat avfart till Hamnen via Landskronavägen eller Planteringsvägen. Om fordonen kommer från de centrala delarna av Helsingborg går det också att köra av Malmöleden och över vägförbindelsen i sektion 15/900 för att sen köra på mellan sektion 16/000 och 16/500 för vidare färd österut, se Figur 11.

I och med detta profilalternativ blir det ett ingrepp i befintlig bebyggelse i hamnområdet. C&C-tunneln börjar strax innan sektion 14/000 vilket innebär att Kemiras fastighet och Industrigatan berörs i byggskedet, se Figur 11. Fram till strax efter sektion 14/500 går sträckningen i ett befintligt

koloniområde. Sträckningen har justerats från tidigare utredning för att undvika bostadsområdet norr om. Planteringsvägen kommer att grävas av i byggskedet, men bedöms kunna återställas till sitt befintliga skick. Öster om Planteringsvägen berörs ett idrottsområde där det idag finns omklädningsrum och annat i enkla byggnader. Vidare ännu längre österut, där huvudvägen ligger i tråg, finns också en industrifastighet som kommer att beröras. Profillinjen når markytan strax innan Landskronavägen vilket innebär att Landskronavägen som en konsekvens av detta måste sänkas på en sträcka för att gå under vägförbindelsen. Landskronavägens vägkorridor är i detta läge mycket bred, vilket möjliggör en sänkning av profilen utan allvarigare ingrepp på omgivningen. Generellt kan sägas att ovan nämnda ingrepp troligtvis kan minimeras i ett senare skede när geometrierna detaljstuderas. På den sista delen fram till bron över Väst kustbanan kommer huvudvägen att ligga på bank som växer mot bron. Detta skapar en vägkorridor igenom den befintliga fastigheten.

Trots att profilens längslutning anpassas till max tre procent måste man räkna med ett behov av stigningsfält för de långsammaste fordonen. Enligt hastighetsprofilen är hastigheten nere i under 60 km/h efter knappt 1500 meter, vilket inträffar vid cirka sektion 14/400. Här går det inte att räkna med att hastigheten har kommit upp i 60 km/h förrän vid sektion 16/000. Det här innebär att man på en sträcka av drygt 1500 meter får räkna med ett stigningsfält, vilket påverkar storleken på konstruktionerna som tunnel, tråg och broar.



Figur 11. Landanslutning i Helsingborg för föreslagen vägsträckan.

5.2. Helsingør

På den danska sidan har olika alternativ studerats. Förutom det som presenteras i denna tekniska utredning har även en trafikplats med en halv klöverlösning utformats. Avvägningen mellan dessa handlar i stort sett om vilka trafikströmmar som ska prioriteras, den nordsydliga motorvägsströmmen mellan Helsingør och København, eller strömmen som går mellan Danmark och Sverige via vägförbindelsen. Med de tidiga och osäkra trafikprognoser som finns idag har den utformning som presenteras i denna rapport valts som förstahandsalternativ för att inte inverka för mycket på den existerande trafikströmmen mellan Helsingør och København.

Huvudvägen för vägförbindelsen följer i princip den tidigare föreslagna sträckningen i IBU-rapporten²⁹. Anslutningen sker i väster till befintliga motorväg mellan København och Helsingør vid cirka sektion 1/400 i det nuvarande broläget vid Mørdrupvej. Befintlig väg norrut mot Helsingør bevaras men byter funktion till att enbart bli en påfartsramp på motorvägen söderut mot København, se Figur 12 och bilaga 2. För att nå Helsingør måste trafikanten köra av för att därefter köra på bro

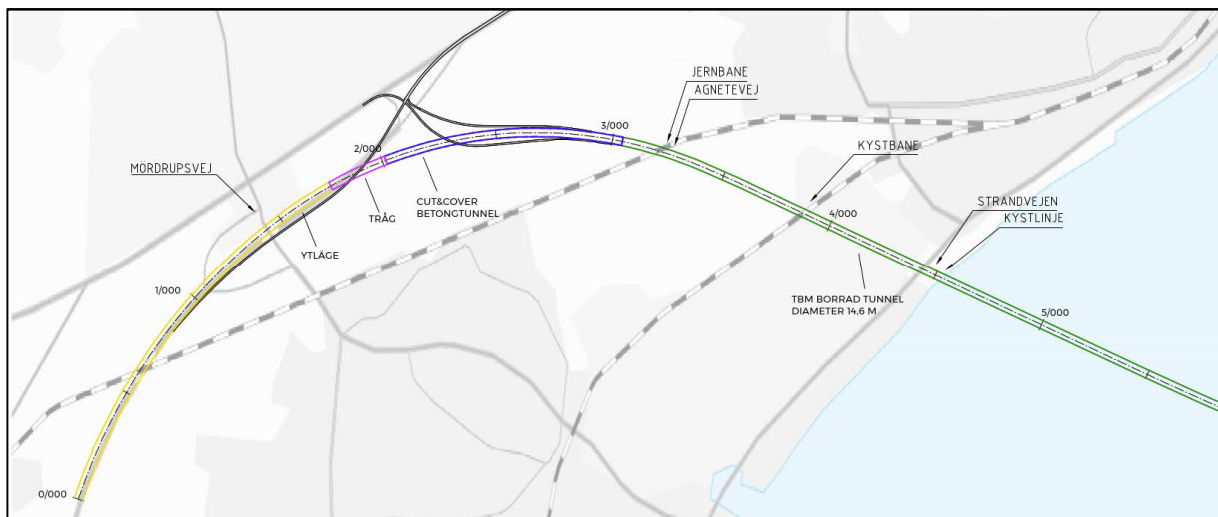
²⁹ (Ramböll-COWI, 2010)

över huvudvägen strax innan sektion 2/000. Längre norrut ansluter denna avfart till den befintliga vägen in mot Helsingør i en korsningspunkt som är signalreglerad. För att säkerställa att detta flöde inte får för stor påverkan utformas signalregleringen så att flödet prioriteras. Då kurvradien är 1 800 meter kan det bli aktuellt med en hastighetsnedsättning till 100 km/h på denna sträcka för att uppfylla dimensioneringskraven. Detta skulle dock behöva studeras mer i detalj eftersom krav på exakta kurvradier är beroende av bland annat körfältsbredd och längslutning.

Trafikanter från Sverige kan välja att stanna kvar på huvudvägen för vidare färd söderut mot København, eller kör av på avfarten mot Helsingør. Avfartsrampen kommer att vara delvis underjordisk då den påbörjas där huvudvägen fortfarande ligger i tunnel. När trafiken kommer fram till den signalreglerade korsningen är enda möjligheten att köra höger mot København. Trafikanter som har Mørdrup och Espergärde som målpunkt kommer att bli tvungna att använda nästa befintliga avfart strax sydväst om Espergärde. Denna trafikström bedöms vara liten i detta sammanhang.

Trafikanter som ska ta sig till Sverige från Helsingør kommer att kunna svänga vänster i den signalreglerade korsningen. Detta är ett av de flöden som inte kommer att vara prioriterat i signalregleringen. Liksom avfartsrampen från Sverige kommer påfartsrampen delvis vara underjordisk då den ansluter till tunneln strax innan sektion 3/000, se Figur 12. Trafikanterna som kommer via huvudvägen för vägförbindelsen hamnar strax efter sektion 2/000 i C&C-tunneln som fortsätter till strax efter sektion 3/000 där den övergår till den borrarade tunneln.

Den lokala trafiken från närliggande orter kommer att kunna nå Helsingør på ett liknande sätt som idag i den signalreglerade korsningen. Den enda skillnaden är att korsningspunkten är flyttad cirka 100 meter. Det är även i denna punkt som trafikanten når förbindelsen till Sverige genom att köra rakt fram i korsningen.



Figur 12. Landanslutning i Helsingør för föreslagen vägsträckan.

5.3. Bedömning av byggbarhet utifrån föreslagen vägutformning

Förslaget som beskrivits ovan bedöms vara byggbart, men det finns en del utmaningar på den svenska sidan. I Helsingborg kommer det bli många av- och påfarter på en kort vägsträcka vilket kommer att ställa höga krav på tydlighet i trafiklösningen. Standardkrav för utformning på motorväg kommer inte att kunna hållas. Vidare gör terrängförhållanden att det blir en lång vägsträcka med brant lutning

vilket medför nedsatta hastigheter för tunga fordon. För att förbättra framkomligheten och minska olycksrisken bör ett stigningsfält införas på den sträcka där hastigheten beräknas bli under 60 km/h. På den danska sidan har inga byggbarhetsproblem identifierats.

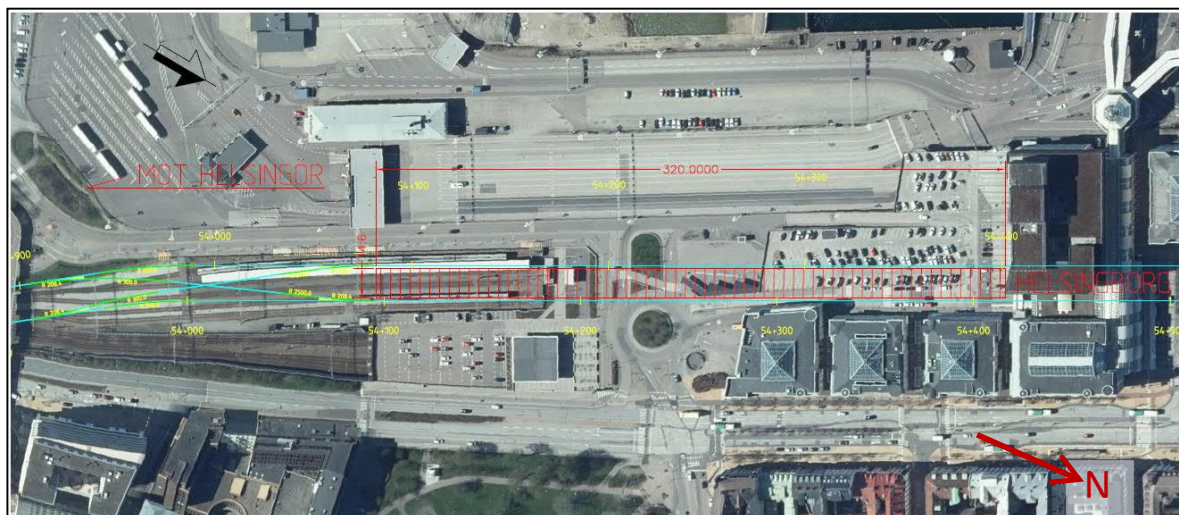
6. Järnvägsanslutningar

I detta kapitel redogörs, i följande ordning, utredda alternativ på stationslägen i Helsingborg och Helsingør, samt växlingen mellan höger- och vänstertrafik. Kapitlet avslutas med bedömning av stationslägena.

6.1. Helsingborg station

Den stationslösning som beskrivs i IBU-rapporten förutsatte att Södertunneln var färdigställd³⁰. Byggstart var planerad år 2012, men samma år beslutade Helsingborgs stads kommunfullmäktige att senarelägga byggstarten³¹. Något nytt startdatum har inte beslutats. Det framtagna alternativet för en förbindelse mellan Helsingør och Helsingborg kan dock genomföras utan att Södertunnel behöver vara på plats. I det fall det beslutas att Södertunneln skall byggas kan stationslägesalternativet som utretts i denna tekniska utredning behöva utredas igen. En möjlig förändring vore att stationen och tunnlarna samordnas med Södertunneln eller att stationen för trafik mot Helsingør läggs djupare än vad som presenteras i föreliggande utredning.

Det nya stationsläget i Helsingborg antas ha en längd som uppgår till 320 meter lång och 14–15 meter bred, det vill säga liknande mått som finns angivet för Helsingør station i IBU-rapporten³². I ett i idéalternativ skjuts det nya stationsläget något söderut i förhållande till förslagen i Helsingborgs stads utredningar, se Figur 13. Idéalternativet bygger på att det inte ska påverka omkringliggande verksamheter, se avsnitt 6.1.1 för mer detaljerad beskrivning.



Figur 13. Översikt idéförslag av placering av nytt underjordiskt stationsläge i Helsingborg.

6.1.1. Byggåtgärder

Anläggandet av ny station i Helsingborg är komplext med många faktorer som påverkar optimalt val av läge i plan och nivå. Idag ligger befintlig station delvis under en näringsfastighet (Knutpunkten) och färjeterminal och alldeles i anslutning till Järnvägsgatan som är ett huvudstråk för transporter, samt

³⁰ (Ramböll-COWI, 2010)

³¹ (Trafikverket, 2016)

³² När utredningen påbörjades och denna rapport togs fram förutsattes 320 meter långa plattformar. Under utredningsarbetet har det framkommit att en plattformslängd på 260m bör vara tillräckligt.

gång- och cykelbanor i Helsingborg. Till färjeterminalen hör också stora uppmarschtytor som behöver vara i ständig drift för färjetransporter av person- och nyttotrafik.

De befintliga anläggningarna i området har djupa grundläggningar och dragförankringar ned i berg, som skall förhindra upplyft av vattentryck. Hamnbassängerna har ofta stödväggar i stål och betong med dragförankringar i storleksordning 25 meter in från kajlinjer, som inte sällan är drivna ned till djupet cirka 12–15 meter under havets nivå. Området korsas också av stora och viktiga ledningsstråk som leder till/från havet och verksamheterna i hamnområdet. Även de geologiska förutsättningarna är komplexa med närhet till havet och marklager av sand, silt och lerlager på vittringsbenägna sedimentära bergarter med mycket varierande hållfasthet (se avsnitt 4.2.1).

Då det inte varit möjligt att i föreliggande utredning i detalj studera bästa placering i plan och höjd, har därför valts att nyttja information från Helsingborgs stads utredningar. Där är det djupaste förslaget som nämns en nivå på järnvägen av 15 meter under havets nivå, och som förläggs under Knutpunkten i direkt anslutning till dagens station. För att minska påverkan på verksamheterna i Knutpunkten skjuts, som tidigare nämnt, det nya stationsläget något söderut, se Figur 13. I föreliggande förslag krävs således att en del av parkeringsdäcket för Knutpunkten rivs och stationen sträcker sig in under och söder om Knutpunkten. Även nivåer ned till 30 meter under havets nivå (som i Helsingør) har diskuterats men inte tidigare utretts mer i detalj, därav har denna utredningen valt nivån 15 meter under havet som underlag för byggkostnader.

Ett annat idéalternativ som framkommit i utredningen är att förlägga stationen helt vid sidan av Knutpunkten i väster eller norr om denna, utan direkt kontakt med befintlig station. Båda dessa idéalternativ innebär stora ingrepp i verksamheter och i den urbana miljön. Dock bedöms alternativet med att anlägga stationen i anslutning till befintlig station medföra större påverkan jämfört med ett stationsläge utan direkt anslutning till befintlig station.

Det valda alternativet med inskissat stationsläget (se Figur 14, I) Under jura: Höganäsformationen; Sandsten, lersten, siltsten, kol

Figur 15 och Figur 16) bedöms ha motsvarande komplexitet och kostnader som de andra skissförslagen i detta tidiga utredningsläge.

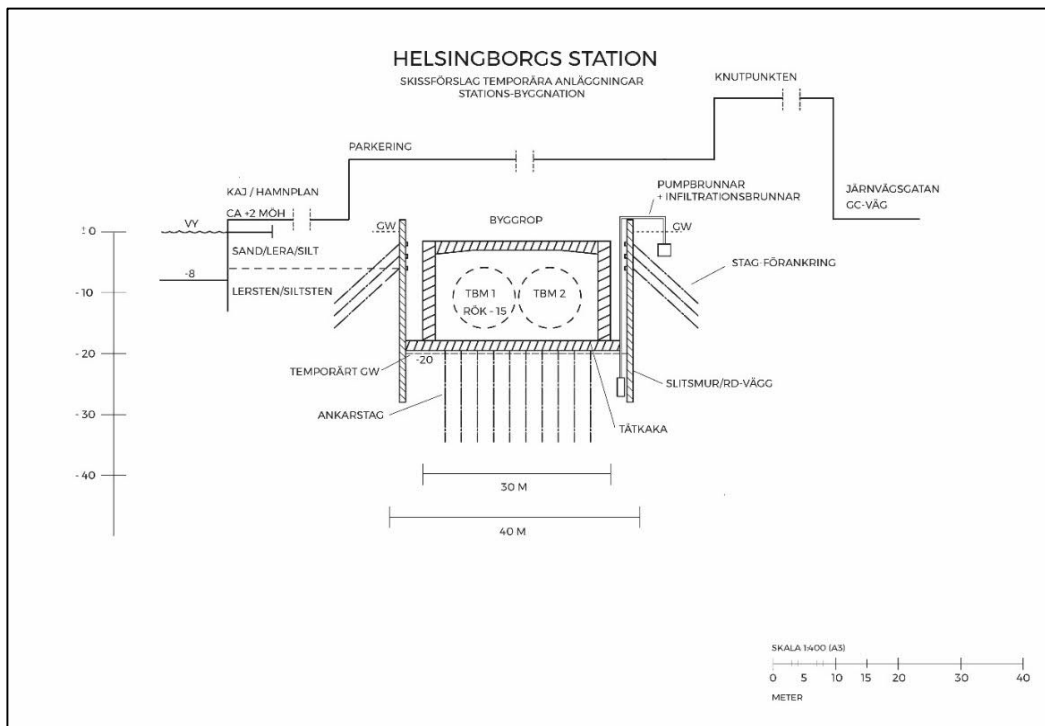
I Figur 14 nedan redovisas principskiss av de i nuläget bedömda kostnadsbärande anläggningarna för att kunna bygga en station i det utredda läget. Figuren skall endast ses som ett idéalternativ för principiell lösning. Men syftar också samtidigt till att skapa förståelse för komplexiteten och nödvändiga temporära anläggningar för att kunna bygga en station med längden cirka 400 meter, bredd cirka 30 meter och på ett djup av nästan 20 meter under havets nivå.

Bedömda byggaktiviteter:

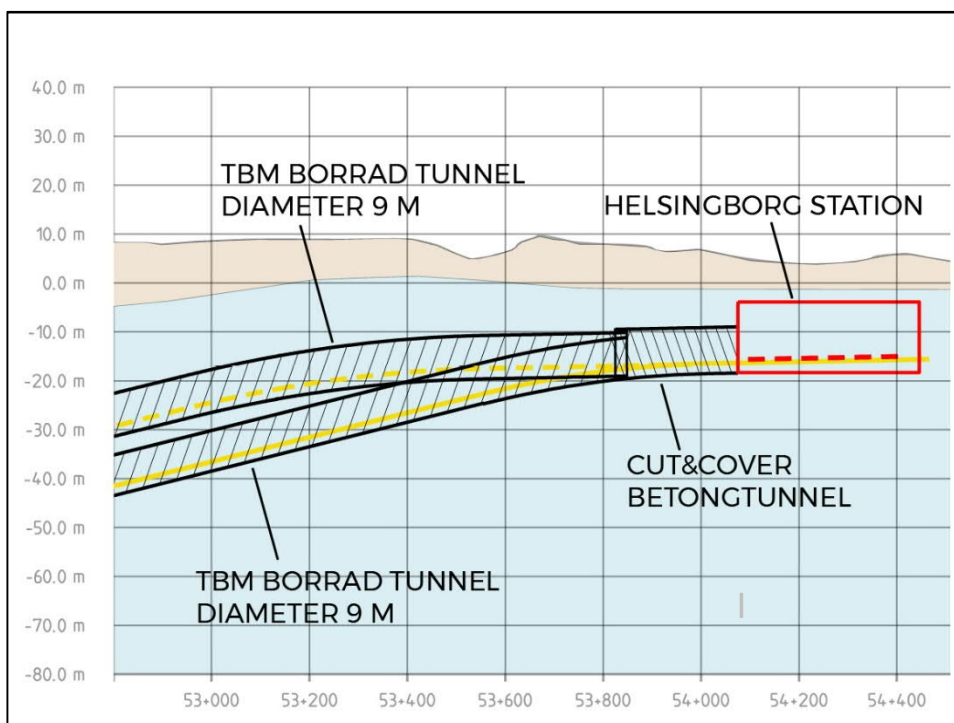
- Förberedande arbeten, exempelvis rivning P-Hus, ledningsomläggningar, eventuell marksanering.
- Byggande av temporära eller permanenta stödväggar i stål eller betong.
- Etappvis schakt inom stödväggar och stagförankringar eller stöttor.
- Anläggande av grundvattensänkknings-system och vattenhanteringssystem med återinfiltration.
- På schaktbotten anlägga en dragförankrad, vattentät bottenplatta.

- Byggande av bärverk, golv, väggar och tak i vattentät betongkonstruktion för stationen.

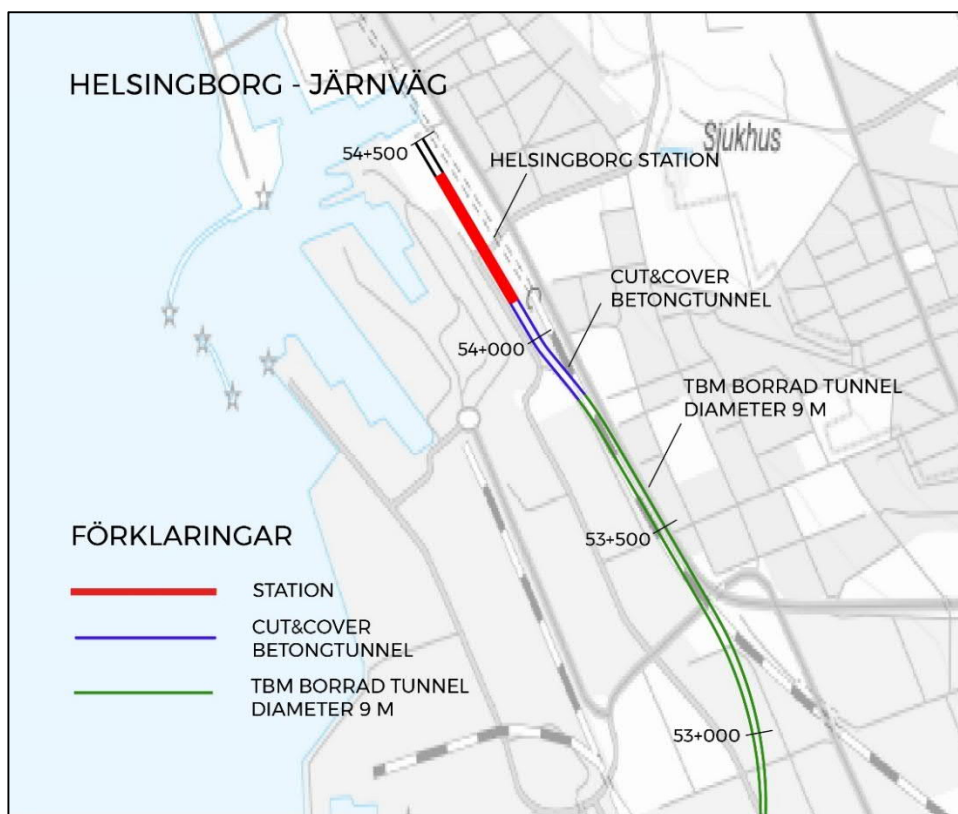
Efter ovanstående arbeten följer anläggande av bana, spår, järnvägssystem och övriga bygghälsdelar för att skapa en färdig, funktionell station för uppskattningsvis 20 000 passagerare per dygn.



Figur 14. Skiss på station Helsingborgs inklusive temporära anläggningar.



I) Under jura: Höganäsformationen; Sandsten, lersten, siltsten, kol
Figur 15. Skiss på Helsingborg station anslutande tunnel i profiläge.



Figur 16. Skiss på Helsingborg station och anslutande tunnel i planläge.

6.2. Helsingør station

Enligt IBU-rapporten utformas den underjordiska Helsingør stationen med en 320 meter lång mittliggande perrong, se Figur 17. Perrongen blir minst tolv meter bred vid uppgångarna, vilket ger plats till två rulltrappor, hissanläggning/elevator samt en fast trappa. Perrongbredden antas uppgå till 14–15 meter i norra änden med hänsyn tagen till den borrade tunneln.



Figur 17. Översikt av placering av ny underjordisk station i Helsingør. Källa: COWI/Ramböll, IBU-rapport: Fast HH-forbindelse - tekniske analyser, 2010. Figur 4–4 kompletterad med norrpil.

6.2.1. Byggåtgärder

- A) I Helsingør har föreliggande utredning valt att analysera förslaget i IBU-rapporten med ett stationsläge på djupet cirka 30 meter under havets nivå, se Figur 18, Kvartära jordlager
- B) Övre krita (maastricht)-paleocen (dan): skrivkrita, mangelsten, bryozokalksten med flinta
- C) Övre jura: Fyledalslera; lersten, lerjärnsten

Figur 19 och Figur 20. I Helsingør är den stora utmaningen att bygga en stor station i direkt anslutning till befintlig järnväg och pågående färjeverksamhet som måste fungera med minimal störning.

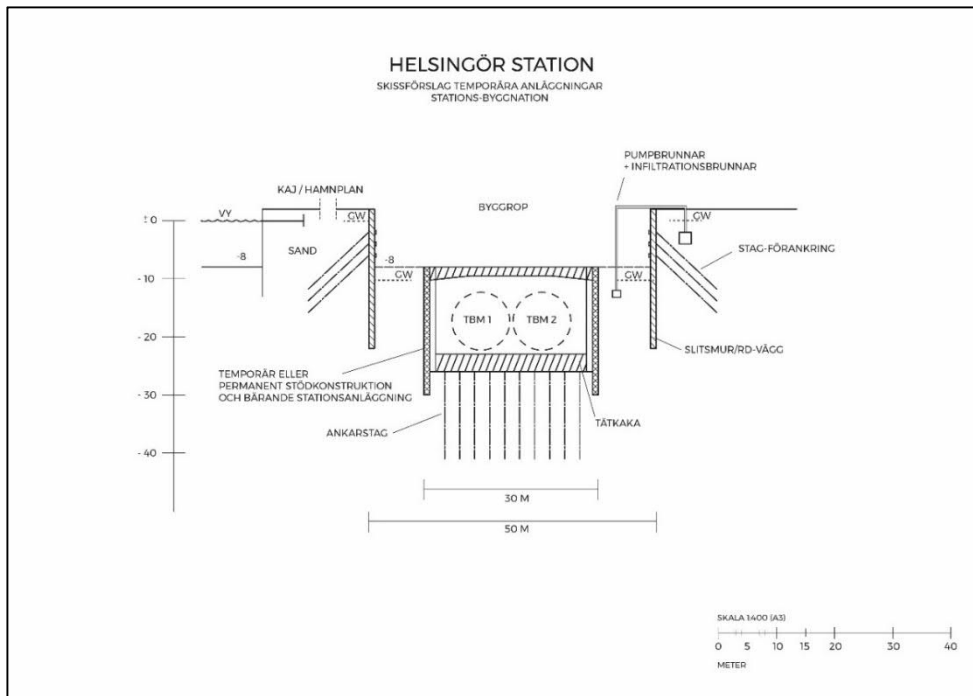
Även på danska sidan är förhållandena således komplexa, både utifrån bygglogistik som geologiska förutsättningar. Med det stora djupet kommer man ifrån fysisk kollision med befintligheter för TBM-tunneln, men själva stationsbyggnationen blir desto mer omfattande. De geologiska förutsättningarna som bedöms vara sandlager till in princip schaktbottennivå i kombination med närhet till fri havsvattenyta, medför att vattentryck och risken för inre erosion och ras av jordmassor in i schakten måste nog studeras och hanteras genom temporära anläggningar.

Det bedöms därför att schaktgropen behöver utföras i två steg för att inom täta stödväggars delvis sänka av vattentrycket, för att minska risken för genomslag i schaktbotten i byggskede. Första schaktetappen bedöms därför gå till åtta meter under havets nivå, för att därifrån sänka vattentrycket inom täta stödväggars inför slutlig etapp med schakt under vatten och byggande av bärande och vattentät ”stationslåda”, se Figur 19. På detta sätt minskas vattentrycket till cirka 60 procent mot bottenplatta och stationslåda under byggtid, mot det som kommer uppstå om arbetet utför i ett steg, och det blir också större säkerhetsmarginaler och minskat behov av dragförankring mot upplyftkrafter.

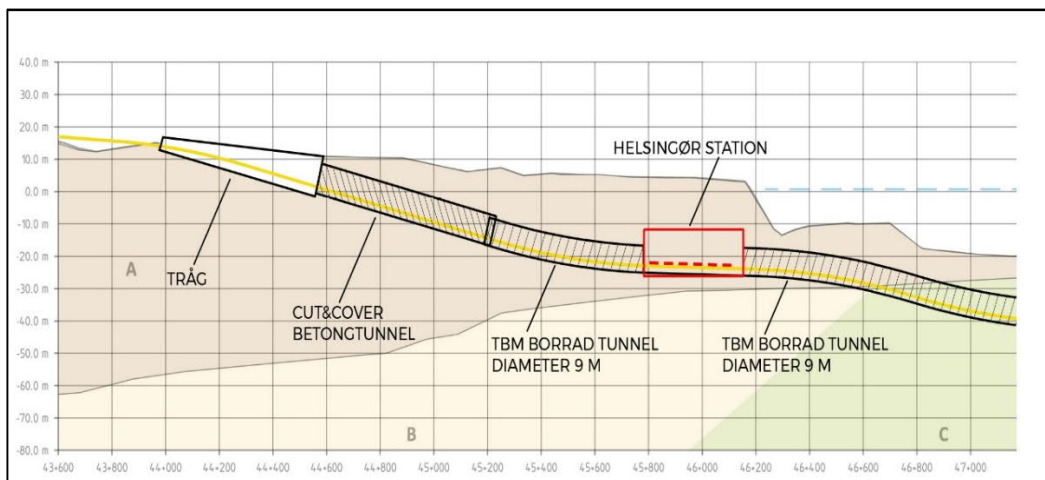
Bedömda byggaktiviteter:

- Förberedande arbeten, exempelvis, rivning, ledningsomläggningar, eventuell marksanering, temporär utfyllnad i havet för att tillskapa uppmarschtyr för färjetrafik.
- Byggande av temporära eller permanenta stödväggars i stål eller betong, etapp 1.
- Etappvis schakt inom stödväggars och stagförankringars eller stöttor.
- Anläggande av grundvattensänkings-system och vattenhanteringssystem med återinfiltration.
- Byggande av temporära eller permanenta stödväggars i stål eller betong, etapp 2.
- Etappvis schakt under vatten inom stödväggars och stöttor mot horisontalkrafter.
- På schaktbotten anlägga en dragförankrad, vattentät bottenplatta.
- Byggande av bärverk, golv, väggar och tak i vattentät betongkonstruktion för stationen.

Efter ovanstående arbeten följer anläggande av bana, spår, järnvägssystem och övriga byggdels för att skapa en färdig, funktionell station för uppskattningsvis 20 000 passagerare per dygn.



Figur 18 Skiss på Helsingørs station inklusive temporära anläggningar.



D) Kvärtära jordlager

E) Övre krita (maastricht)-paleocen (dan): skrivkrita, mägersten, bryozokalksten med flinta

F) Övre jura: Fyledalslera; lersten, lerjärnsten

Figur 19. Skiss på Helsingørs station och anslutande tunnel i profilläge.



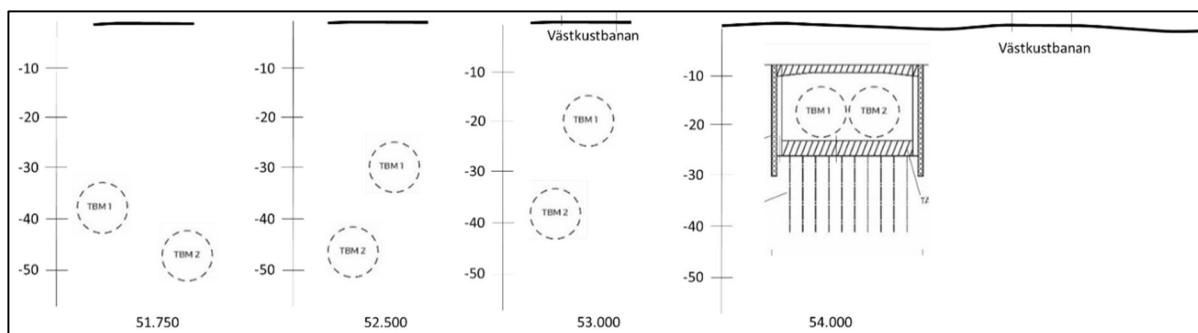
Figur 20. Skiss på Helsingørs station och anslutande tunnel i planläge.

6.3. Växling mellan höger och vänstertrafik

För att minska risken för att grundläggning av befintlig station i Helsingborg påverkas har de nya plattformarna lagts i ett djupt läge (15 meter under havsnivå) strax sydväst om befintlig station i Helsingborg. Söder om befintlig station finns en växel som är tänkt att kunna utnyttjas om något tåg behöver bogseras bort eller då drift- och underhållsåtgärder utförs i tunneln. För att inte påverka grundläggningen av Campus Helsingborg har spårn förlagts under befintliga spår på Västkustbanan.

För järnväg råder vänstertrafik i Sverige och högertrafik i Danmark. Någonstans i tunneln behöver det därför ske ett skifte mellan höger- och vänstertrafik. I den lösning som presenteras i denna tekniska utredning påbörjas växlingen vid omkring sektionen 50.500 och avslutas strax innan stationen i Helsingborg vid sektionen 54.000, se Figur 21 och bilaga 1. Den långa sträckan förklaras av att det ur byggnadsteknisk synpunkt bör vara 1,5 x tunneldiametern mellan 2 tunnlar. Figur 21 visar den principiella utformningen av anslutning mot stationen i Helsingborg samt växling mellan höger- och vänstertrafik. Under själva växlingssträckan kommer tunnelrören att gå i olika nivåer, vilket kan komma att kräva någon form av anpassad lösning för att klara utrymning/flugt av tunneln vid en nödsituation (det generella konceptet är utrymning/flugt via tvärtunnlar). En sådan lösning bedöms vara lättare att utforma på landsidan än under Öresund eller i anslutning till stationen i Helsingør.

Linjedragningen/linjeföringen mellan sektionerna 52.000 och 52.500 har anpassats så att den går söder om de cisterner som finns i hamnen i Helsingborg.



Figur 21. Principiell utformning av ny förbindelse söder om ny station i Helsingborg. Figuren visar växling mellan höger- och vänstertrafik. Tvärsnitten är mellan sektionerna 51.750 och 54.000.

6.4. Bedömning av byggbarhet för föreslagna stationslägen

De båda föreslagna stationslägena innebär byggande i urban miljö med viktig infrastruktur som kräver ständigt pågående drift. Detta i kombination med djupa schakter på 20–30 meter under marknivå och havsnivå, medför omfattande temporära arbeten i byggskedet för att hantera de geologiska/geotekniska förutsättningarna med begränsad påverkan på infrastruktur och närliggande verksamheter.

De skissade förslagen på byggteknik är dock beprövad, om än kostsam och tidskrävande, med många deletapper som skall fungera ihop på liten yta i stadsmiljö. För ett lyckat resultat av projektet krävs tidigt noggrann inventering och datainsamling av geotekniska och ingenjörsgelogiska data och vissa detaljstudier av kritiska moment och anläggningsdelar kopplat till det geografiska läget och geologiska förutsättningarna. På den svenska sidan kan mycket dataunderlag hämtas från tidigare Södertunnelprojektet, medan stationen i Helsingør kräver mer omfattande fältundersökningar och datainsamling.

7. Tunnelkonstruktion

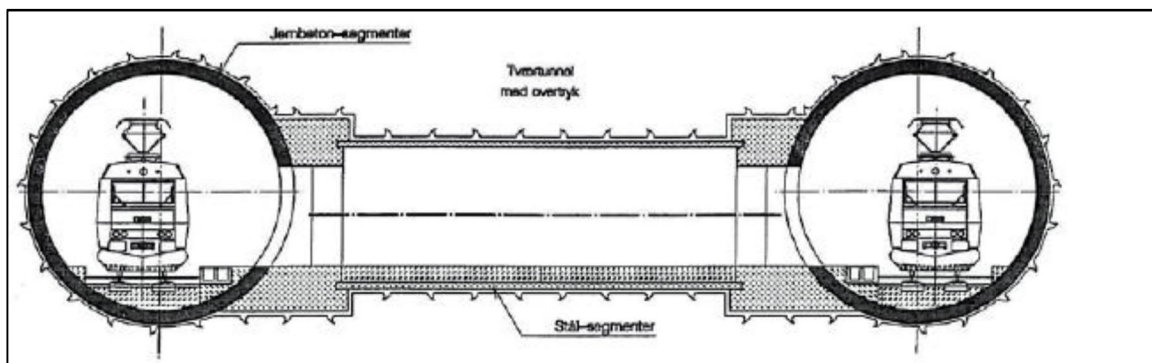
I följande kapitel finns en beskrivning av tunnelkonstruktionen. Det inleds med att beskriva utformningen av den borrarade järnvägstunneln, respektive vägtunneln. Därefter redovisas C&C-tekniken och avslutas med ramper och stödkonstruktioner.

7.1. Borrarad tunnel

7.1.1. Järnvägstunnel

Den borrarade tunneln startar i Helsingør för att sedan sträcka sig tvärs genom sundet där den ansluter till byggschaktet i Helsingborg, se bilaga 1. Totalt blir järnvägstunneln cirka 9,5 kilometer (varav 7,7 kilometer mellan Helsingborg C och Helsingør C) lång i vardera riktningen.

Tvärsektionen som föreslås har ungefär samma utformning som för Citytunneln i Malmö, se Figur 22. Tunnelrören är placerade parallellt med varandra och mellan dem finns sammanbindande tvärtunnlar som kan användas som nödutgångar. Diametern inuti tunneln föreslås till 7,9 meter, vilket är detsamma som för bland annat Leipzig City-tunneln i Tyskland, se Figur 23.



Figur 22. Illustrerad princip för borrarad tunnel med två rör och tvärtunnlar. Källa: Fast HH-förbindelse – tekniske analyser, IBU 2010, figur 4–1.

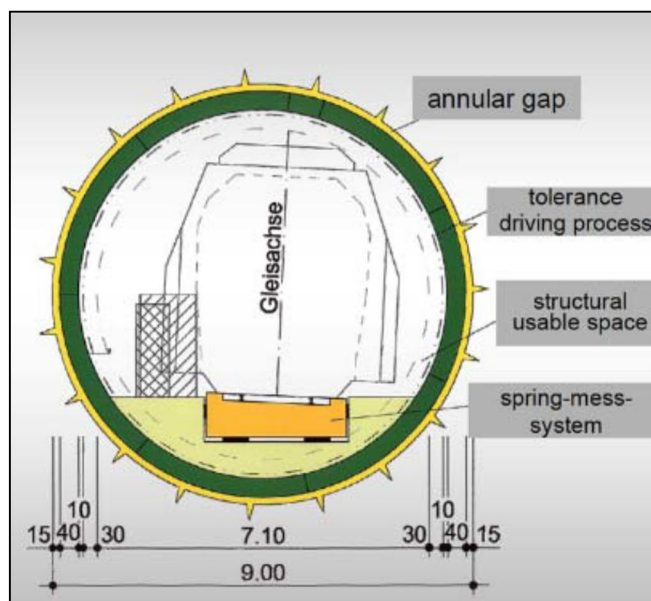
Den föreslagna tunnelutformningen skulle här kunna tillåta hastigheter upp till 100km/h. Om högre hastigheter inuti tunneln övervägs att tillåtas så rekommenderas det att göra ytterligare utredningar för att undersöka om kurvradierna kan öka. Om hastigheterna skall vara betydligt högre kan även tunnelarean vara en begränsande faktor. Om tunnarna är för små kan det begränsa den maximala möjliga hastigheten i tunneln eftersom det vid höga hastigheter blir det en hel del aerodynamisk friktion i tunneln som förbrukar mycket av dragkraften.

För att kunna hantera det höga vattentrycket föreslås segmentlining med en tjocklek på 40 centimeter, vilket är mer än Citytunneln i Malmö (35 centimeter) men mindre än Kanaltunneln mellan England-Frankrike (45 centimeter) och Hallandsåstunneln (54 centimeter). Att tjockleken inte föreslås vara detsamma som någon av de geografiskt närbelägna objekten beror på skillnader i vissa förutsättningar. I fallet med Citytunneln var vattentrycket inte alltför högt utan snarare lägre. Citytunneln ligger dessutom på relativt grunda nivåer medan denna föreslagna sträcka går ner i havet, vilket medför att tjockleken måste vara större för att kunna hålla tätt. Hallandsåsen hade i sitt fall extrema vattenförhållande och högt vattentryck vid över 100 meter, vilket är värre än för denna föreslagna sträcka.

Tillsammans med avstånd till omkringliggande mark blir då borrhålets diameter 9,0 meter, vilket är jämförbart med Leipzig City-tunneln i Figur 23.

Tabell 7. Sammanställning avseende dimensioner för TBM-järnväg

Mått	Totalt
Inre diameter	7,9 m
Segmentlining	0,4 m
Yttre tunneldiameter	8,7 m
Annular gap ³³	0,15 m
Borrhålets diameter	9,0 m



Figur 23. Tvärsektion i Leipzig City Tunnel. Källa: Amberg, HH – Fast Förbindelse, 2019

Längdprofil

Tunneln är som djupast cirka 50 meter under havsnivån strax innan kusten vid Helsingborg. Marktäckningen under vatten är som minst 5 meter (vid sektion 46.700) med ett vattentryck på 15 meter på tunneltak. Detta medför att marktäckningen är 0,5 gånger tunneldiametern, vilket bedömts kräva åtgärder för att säkra mot tunnleras. Den maximala lutningen beräknat till 25 promille.

Lutning

Tunnelns lutning förväntas inte påverka TBM i avseende att det medför några begränsningar. Exempelvis användes en TBM av typen EPB för att borra en tunnel i 30 graders lutning i Sankt Petersburg. Istället bedöms konstruktionskomponenter för spår vara mer känslig och blir därmed en styrande faktor.

En annan viktig fråga som behöver hanteras är logistiken för TBM. Med en "slurry-TBM" finns det inga begränsningar, medan en "EPM-TBM" finns det vissa begränsningar då ett transportband normalvis används för materialtransporter. Detta är dock inget problem för den aktuella tunneln då det är begränsade lutningar. Men transportbandet bör företrädesvis vara konstruerad av en erfaren leverantör då tillgängligheten måste vara hög för att säkerställa produktionshastigheten samt att det finns många detaljer som måste övervägas.

Vad beträffar övriga transporter såsom segmentlining, injekteringsrör för ringformen och andra försörjningsvaror finns i allmänhet två alternativ: järnväg eller MSV (Multi Service Vehicles), se Figur 24. En järnvägslösning skulle innebära att lutningen begränsas till två procent men trenden pekar mot MSV. MSV tåg har utvecklats och drivits framgångsrikt inom andra projekt varav Brennertunneln som

³³ Saknas motsvarande ord på svenska eller danska. "Annular gap" avser spalten mellan borrhålet och den yttre tunneldiametern.

byggs mellan Innsbruck i Österrike och Fortezza i Italien är ett exempel. Lutningen utgör även här ingen begränsande faktor om detta logistiksystem väljs.

Sammanfattningsvis kommer TBM och dess logistik sannolikt inte att begränsa valet avseende stationernas nivå eller tunnelns lutning.

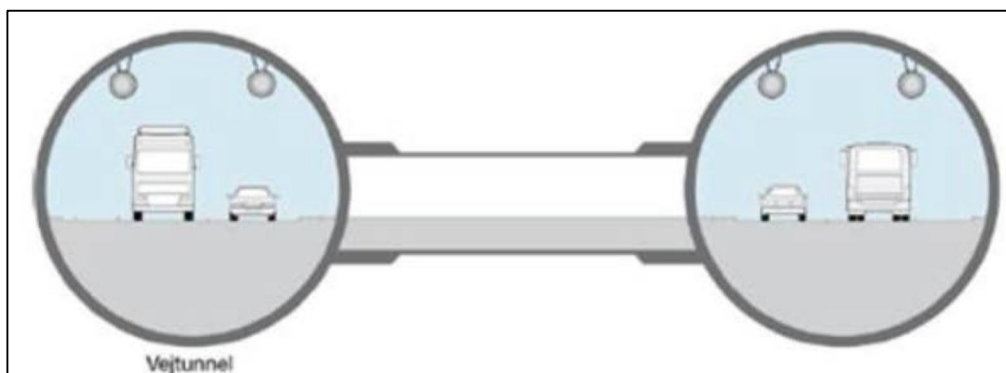


Figur 24. Multi Service Vehicles (MSV). Källa: Amberg, HH – Fast Förbindelse, 2019

7.1.2. Vägtunnel

Den borrade vägtunneln startar söder om centrala Helsingør och fortsätter genom sundet och ansluter därefter till byggschaktet i Helsingborg. Se bilaga 2 för tunnelns sträckning. Den borrade vägtunneln förväntas bli totalt cirka 11,8 kilometer lång i vardera riktningen.

Tvärsektionen för vägtunnlarna som redovisades i IBU-rapporten hade en inre diameter på 13 meter vilket ger en borrdiameter på 14,6 meter³⁴, se Figur 25 och Tabell 8. Detta går mot den övre gränsen vad som är tekniskt möjligt med den förväntade geologin och tunnellängden under Öresund. I en eventuell vidareutredning föreslås att det gör en djupare analys om det är möjligt att optimera tunnelns dimensioner. I avsnitt 7.4.2 redovisas två alternativa lösningar.



Figur 25. Tvärsektion för vägtunneln. Källa: COWI/Ramböll, IBU-rapport: Fast HH-förbindelse - tekniske analyser, 2010. figur 4.1

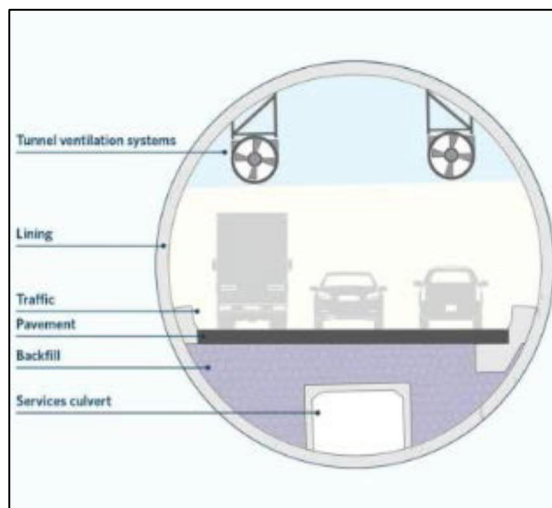
³⁴ (Ramböll-COWI, 2010)

På grund av det höga vattentrycket, tunnelns storlek, och de geologiska förutsättningarna som förutspås så föreslås segmentlining på 60 centimeter och "annular gap³⁵" på 20 centimeter. Detta skulle resultera i en borrarad tunnel med diameter 14,6 meter, vilket liknar tvärsektionen för Waterview tunneln i Aukland, se

Figur 26.

Tabell 8. Sammanställning avseende dimensioner för TBM-väg.

Mått	Totalt
Inre diameter	13 m
Segmentlining	60 cm
Yttre tunneldiameter	14,2 m
Annular gap ³⁶	0,2 m
Borrdiameter	14,6 m



Figur 26. Tvärsektion för Waterview tunneln i Aukland.

Källa: Amberg, HH – Fast Förbindelse, 2019

7.2. Cut and Cover

7.2.1. Järnväg

När tunnelprofilen medför att berg/jordtäckningen blir för låg, kommer tunnelanläggningen drivas på traditionellt sätt genom schaktning i jord- och berg. För att undvika permanent påverkan i stadsmiljö eller naturmiljö, kraftig landskapsförändring eller problem med för höga och instabila slänter eller vattenpåverkade terrasser, kommer övergången mellan permanent öppna slänter och TBM-driven tunnel behöva utföras med någon typ av betonggjuten tunnelkonstruktion. Exempel på denna lösning är tagen från tåg tunnelprojektet som idag är en del av stationen i Helsingborg, se Figur 27.

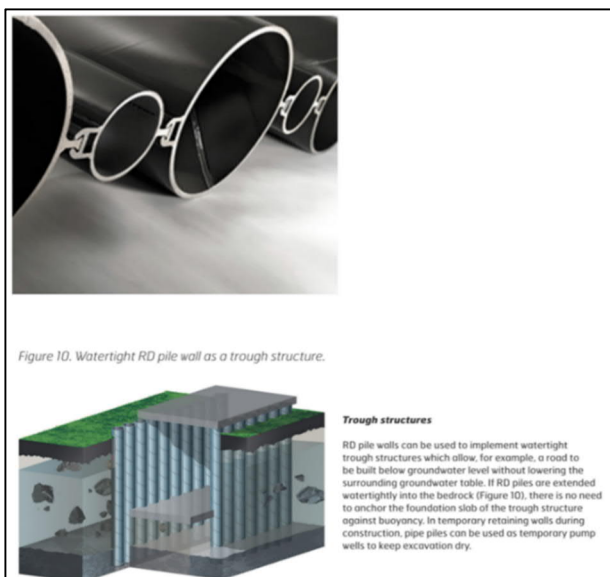
³⁵ Saknas motsvarande ord på svenska eller danska. "Annular gap" avser spalten mellan borrhålet och den yttre tunneldiametern.

³⁶ Saknas motsvarande ord på svenska eller danska. "Annular gap" avser spalten mellan borrhålet och den yttre tunneldiametern.



Figur 27. Traditionell C&C-lösning med öppen schakt och betongtunnel i Helsingborg Källa: Helsingborgs stad, presentation-HH (sida 8), 2018-10-18.

Dessa tekniska lösningar kräver ofta omfattande temporära förstärkningsåtgärder såsom sponter, slitsmurar eller sekantpåleväggar för att hålla väggar och schaktbotten stabila och torra under byggskedet, se Figur 29. I stora tunnelanläggningsprojekt försöker man ofta att välja även temporära tekniska lösningar som har motsvarande livslängd och tekniska specifikationer som den färdiga tunneln så att dessa kan nyttjas som en del av den permanenta bärande och tätande konstruktionen. Slitsmurar är idag en beprövad lösning, men även den av SSAB utvecklade så kallad RD-Wall konstruktionen skulle kunna godkännas som sådan permanent konstruktion för den erforderliga livslängden, se Figur 28. Det är av stor vikt att projektet tydliggör de krav på robusthet och livslängd som dessa typer av konstruktioner skall uppfylla inför projektering av tekniska lösningar.



Figur 28. RD-Wall konstruktion som förstärkningsåtgärdsalternativ under byggskede Källa: SSAB, produktblad RD-wall (copyright), 2015



Figur 29. Omfattande temporär förstärkning vid utbyggnaden av tågtunnlar i Helsingborg – början av 1990-talet. Källa: WSP, presentation- Workshop Helsingborg-Helsingör: Conceptual design of tunnels and underground (sida 38), 2019-02-26

7.2.2. Väg

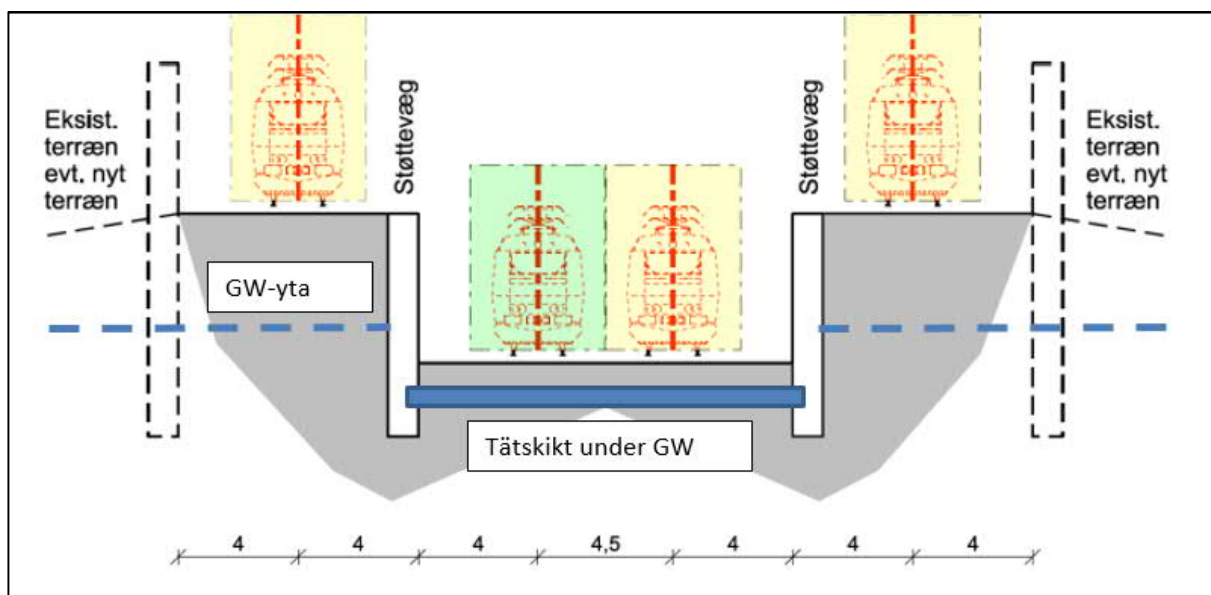
Övergången mellan borrhärdad vägtunnel och schaktad och betonggjuten tunnelsektion följer samma grundprinciper som för gällande järnvägslinje. Däremot är dimensionerna betydligt större, innebärande stora ingrepp i stads- och naturmiljö och risk för påverkan på befintliga anläggningar med djupa och breda schakter, som kommer kräva omfattande temporära stödkonstruktioner och grundvattensänkningssystem för att möjliggöra byggnation. Detta kan ses i vägprofilen i bilaga 2.

I Helsingborg är utmaningen den urbana miljön med verksamheter, bostäder och ledningssystem i drift i hamnområdet och industriområden. Medan det på danska sidan kommer bli en mycket djup schakt i startgropen för TBM som med stor sannolikhet ligger i vattenförande jordlager av sand och med närhet till Öresund och fri vattenyta. Det bedöms därför som att startgrop och C&C-lösning på den danska sidan kommer att kräva omfattande grundvattenskyddsåtgärder i byggskedet med mycket höga krav på täthet och stora insatser i form av vattenhantering och återinfiltration.

I det permanenta skedet kommer den gjutna betongkonstruktionen vara vattentät, varvid krafter från jord- och vattentryck och olyckslaster kommer dimensionera konstruktionen.

7.3. Ramper och Stödkonstruktioner

När tunnelprofilen nått så nära befintlig marknivå att höjdskillnaden är möjlig att ta upp med slanter eller med stödvägar, styrs utformningen ofta av jord- eller berglagrens tekniska egenskaper, men inte minst av förekommande grundvattennivåer eller avvattnings-förutsättningar. I IBU-rapporten redovisas en principiell teknisk lösning för anslutning till Kystbanen. I Figur 30 nedan har denna kompletterats med tätskikt under terrass, i det fall dagens grundvattenyta ligger över terrassnivå. Enligt SGU:s rapport kommer skärningar att gå i vattenförande mellansand söder om Helsingør³⁷. Skulle ett miljötillstånd godkänna permanent grundvattensänkning på hela eller delar av sträckan, kan detta skydd ersättas med avvattningssystem som kombinerat leder bort inläckande grundvatten och regnvatten.



Figur 30. Föreslagen teknisk lösning med trågkonstruktion för anslutning till Kystbanen³⁸. Källa: COWI/Ramböll, IBU-rapport: Fast HH-förbindelse - tekniske analyser, 2010. figur 4-3 kompletterad med tätskikt mot inläckande grundvatten.

Motsvarande tekniska lösning enligt figuren ovan gäller även för svenska sidan, med skillnaden att de bergtäckande jordlagren är tunnare (4–8) meter ovan det tätare sedimentära berget. I rapporten

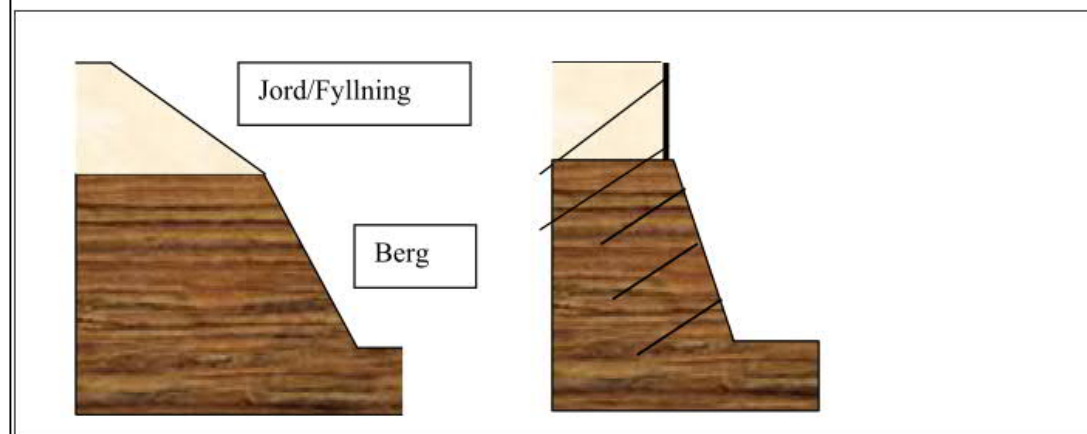
³⁷ (SGU, 2019)

³⁸ Det kan noteras att ett av tågen är grönmärkat, det framgår dock inte av underlagsrapporten varför det har en avvikande färg.

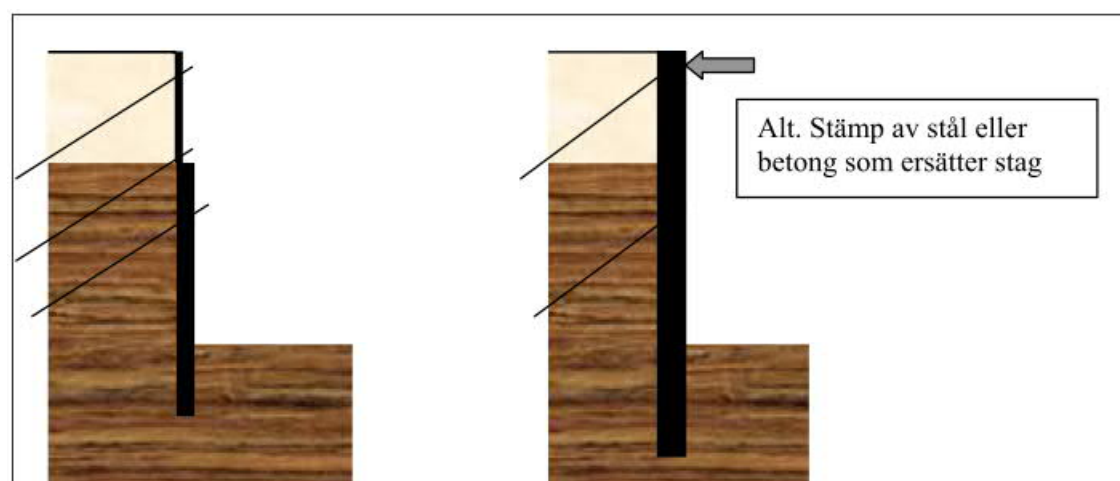
”Projekt Järnvägstunnlar Helsingborg”³⁹, beskrivs olika varianter av stödkonstruktioner, se Figur 31 och Figur 32.

Nedan beskrivs olika alternativa stödkonstruktioner för jord- och bergschakter. Det finns givetvis flera varianter av förstärkningar men huvudgrupperna beskrivs.

1. Slänt med flacka släntlutningar i jord och berg
2. Bakåtförankrad tätspons i jord följt av flack släntlutning i berg, alternativt är berget förstärkt med ”spikar” för brantare lutning.
3. Bakåtförankrad tätspons i jord följt av bakåtförankrad borrade glesspons i berg.
4. Bakåtförankrad eller framåtsträvad slitsmur av betong.



Figur 31. Alternativ på stödkonstruktioner som kan användas på järnvägstunnel på svenska sidan. Källa: Tyréns, Teknisk PM för projekt Järnvägstunnlar i Helsingborg Geoteknik, 2007



Figur 32. Fler Alternativ på stödkonstruktioner som kan användas på järnvägstunnel på svenska sidan. Källa: Tyréns, Teknisk PM för projekt Järnvägstunnlar i Helsingborg Geoteknik, 2007

De ovan beskrivna stödkonstruktionerna (Figur 31 och Figur 32) behöver även dessa styras av projektets krav på robusthet och permanent livslängd om dessa skall vara en del av anläggningens slutliga utformning. Det skall då beaktas att känsliga konstruktionsdetaljer såsom ankare och stag, måste ha mycket hög korrosionsbeständighet.

³⁹ (Malmberg Borrning AB, 2007)

För vägkonstruktionen gäller liknande principer. Det vill säga att när tunnelprofilen nått så nära befintlig marknivå att höjdskillnaden är möjlig att ta upp med slänter eller med stödväggar, styrs utformningen ofta av jord- eller berglagrens tekniska egenskaper. Men inte minst av förekommande grundvattennivåer eller avvattnings-förutsättningar. Motsvarande tekniska lösningar som redovisats för järnväg kan således nyttjas för att hantera jord- och vattentryck, samt säkerställa minimal påverkan på grundvattensituationen i området.

På den danska sidan bedöms påverkan på grundvattnet och naturmiljö vara den mest kritiska. Medan i Helsingborg kommer det bli en kombination mellan påverkan på befintliga anläggningar, vattenfrågor och påverkan beroende på jord/berg-förhållanden och grundvattentryck.

7.4. Bedömning av byggbarhet

7.4.1. Järnvägstunnel

Utifrån ett TBM-perspektiv bedöms byggbarheten av föreslagen järnvägstunnel ha goda förutsättningar. Dock medför den föreslagna linjedragningen/ linjeföringen och dess geologiska förhållande som illustreras i bilaga 1 både risker och rekommendationer som kan påverka byggbarheten och bör därför beaktas inför ett eventuellt genomförande. De största riskerna som identifierats är följande;

- Extremt låg bergs/jordtäckning på den danska sidan (kring sektion 46+700 innanför hamnområdet, se avsnitt 7.1.1 och bilaga 1).
- Förekomst av svaghetszoner på svensk sida.
- Slitaget omfattning på TBM kan bli kritisk faktor på grund av lång sträcka med begränsad möjlighet till underhåll eller underhåll under mycket högt tryck.
- De geologiska förhållandena material med mycket fina fraktioner som kan innebära problem för särskilt TBM-maskiner med EPB och slurry teknik.

Rekommendationer att beakta är följande;

- Utifrån ett geologiskt perspektiv så bedöms att omkring 90 procent av tunnels föreslagna linjedragning/ linjeföring behöver utföras med EPB-teknik.
- Borrning/schaktning genom kvartära avlagringar (~ 50 procent) kan vara problematisk för en sköldad-EPB då det även förekommer grov sand och eventuellt grus. En mer detaljerad ingenjörsgelogisk prognos krävs.
- Borrning i alltför låg berg/jordtäckning under vatten kommer att medföra stor risk för ras framför/ovanför borrhuvudet. Åtgärder för att minska risken i såna här partier behöver studeras vidare i fördjupade studier.
- Sköldad slurry-maskin möjliggör användning av ett tillgängligt skärhjul, vilket medför stor fördel i detta fall.

7.4.2. Vägtunnel

I likhet med alternativet för järnvägstunnel så bedöms även byggbarheten för föreslagen vägtunnel ha goda förutsättningar utifrån de TBM-aspekter som lyfts och geologiska förutsättningar som finns utmed tunnel (se bilaga 2). Det finns dock också här en del risker och rekommendationer som kan, på ena eller andra sättet, påverka byggbarheten. Största identifierade risker att beakta är följande;

- Begränsad tillgång till detaljerad information över de geotekniska förhållande på danska sidan.
- Förekomst av svaghetszoner på svensk sida.
- Slitaget omfattning på TBM kan bli en kritisk faktor på grund av lång sträcka med begränsad möjlighet till underhåll eller underhåll under mycket högt tryck.
- De geologiska förhållandena medför material med mycket små fraktioner på mer än 50 procent av sträckan som kan innebära problem för särskilt TBM-maskiner med EPB och slurry teknik.

TBM rekommendationer som identifierats och bör beaktas är;

- Utifrån ett geologiskt perspektiv så är omkring 50 procent av tunnels föreslagna linjedragning/ linjeföring hanteras säkrast med EPB-teknik
- Borrning/schaktning genom kvartära avlagringar (~ 50 procent) kan vara problematisk för en sköldad-EPB då det även förekommer grov sand och eventuellt grus. En mer detaljerad injegörsgeologisk prognos krävs.
- Borrning i alltför låg berg/jordtäckning under vatten kommer att medföra stor risk för ras framför/ovanför borrhuvudet. Åtgärder för att minska risken i såna här partier behöver studeras vidare i fördjupade studier.
- Sköldad slurry-maskin möjliggör användning av ett tillgängligt skärhjul, vilket medför stor fördel i detta fall.

7.4.3. Möjliga alternativ

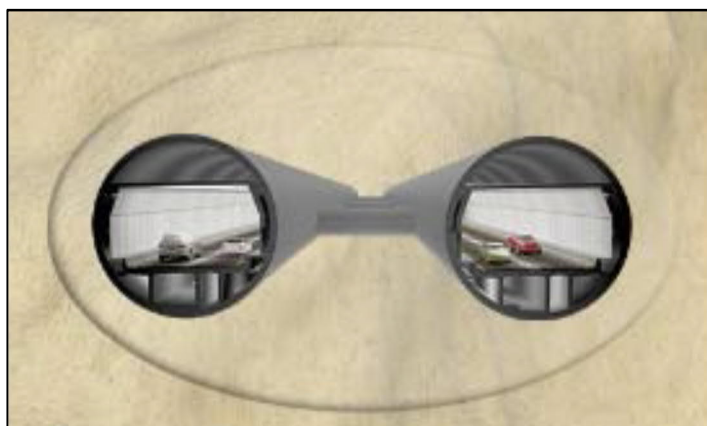
Detaljnivån i Figur 25 är inte särskilt hög men det påvisar samtidigt ändå att utrymmet i tvärsektionen kan optimeras. Några frågeställningar som behöver utredas vidare är:

- Finns det möjlighet att ha olika körfältsbredder? Ska båda körfälten vara lika stora eller kan det vänstra vara smalare och lastbilar skyldiga att köra i det högra körfältet?
- Hur stora behöver utrymningsvägarna/flugtvejerne vara?
- Vilken typ av utrymme behövs för en gångväg eller liknande vid sidan av körfälten?
- Hur fungerar drift- och underhållskonceptet? Var ligger alla kabelstationer och rören för vatten och dränering?
- Vilket material skall användas för att fylla upp tunneln under körbanan?

Utifrån detta föreslår vi att följande alternativ nedan bör utredas.

Alternativ – "serviceutrymmeselement"

Användning av prefabricerade serviceutrymmen under vägdäcket. De flesta kabelsystemen samt vatten- och dräneringsrören kan installeras där, vilket innebär de kan servas och underhållas utan att man behöver gå in i själva tunneln. Detta begränsar trafikstörningarna när underhållsarbete utförs. Det blir också möjligt att utföra underhållsarbete under dagtid och därmed undvika nattidsarbete. En annan fördel är att mängden betong för att fylla upp det utrymme som inte behövs under vägen minskas betydligt. Liknande koncept har använts i andra projekt, till exempel Waterview projektet i Aukland (se Figur 26) och TM-CLK projektet i Hong Kong, se Figur 33.



Figur 33. Tvärsektion, CLK-projektet i Hongkong. Källa: Amberg, HH – Fast Förbindelse, 2019

Alternativ – "optimerade körfältskoncept"

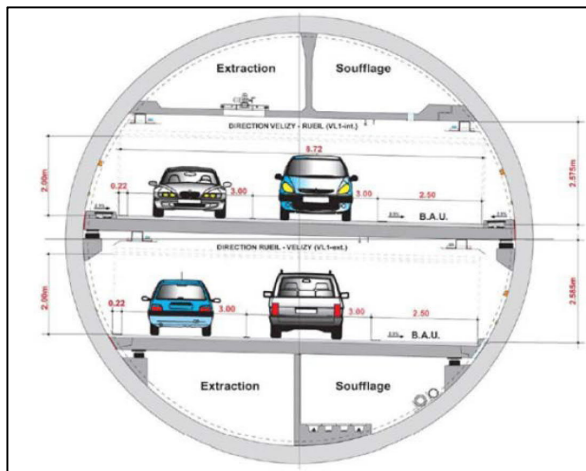
Eftersom endast två körfält (plus en utrymningsväg/flugtvej) är planerad för detta projekt så finns det potentialen att kunna optimera den nödvändiga bredden för tunneln. Det här har gjorts och kan ses i exempelvis:

- Socatop projektet i Paris hade två körfält för lätta fordon (inga lastbilar tillåts köra) som var 3 meter breda och en 2,5 meter bred vägren, se Figur 34.
- Elbtunneln i Hamburg består av 2 stycken körfält som båda är 3,75 meter breda och en vägren som är 2 meter bred, se Figur 35.

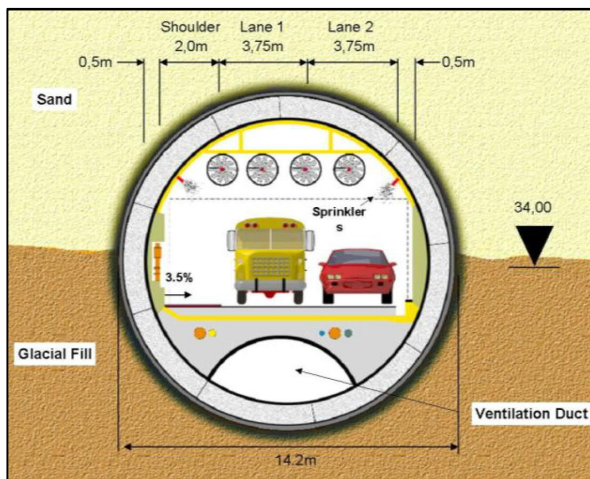
En optimering skulle i detta fall innebära att följande delar övervägs istället;

- Ett 3 meter brett körfält för lätt trafik
- Ett 3,75 meter brett körfält för lätt och tung trafik
- En 2,5 meter bred vägren.

Det här skulle resultera i att den inre diametern beräknas bli cirka tolv meter. Diametern för TBM blir cirka 13,6 meter, vilket är en meter mindre än tvärsnittet i IBU-utredningen. Tvärsnittsarean minskar från 167 kvadratmeter till 145 kvadratmeter, det vill säga cirka 13 procent.



Figur 34. Tvärsektion, Socratop tunneln i Paris. Källa: Amberg, HH – Fast Förbindelse, 2019



Figur 35. Tvärsektion, Elbtunneln i Hamburg. Källa: Amberg, HH – Fast Förbindelse, 2019

7.5. Eventuell sänktunnel

Inom ramen för denna utredning har det gjorts en översiktlig analys av för- och nackdelar med en sänktunnel jämfört med en TBM-lösning. Analysen baseras på konsultgruppens erfarenhet och en workshop som genomfördes tillsammans med experter i Malmö i februari år 2019, se bilaga 8 för mer information genomförda workshopen.

En sänktunnel kan tillverkas långt ifrån Öresund och bogseras dit med fartyg. Längdsegmenten är vanligtvis 160–220 meter långa.

Några av de fördelar med en sänktunnel som identifierats är att den inte går lika djupt under Öresund. Det här gör att det finns möjlighet till en kortare tunnel eftersom denna inte behöver gå lika långt in på land för att nå ytläge. Eftersom en sänktunnel ligger nära havsbotten bedöms även de geologiska riskerna vara mindre. Eftersom den inte går lika djupt så blir inte heller vattentrycket i tunneln lika högt.

En sänktunnel är sannolikt en billigare lösning än TBM. Allra mest ekonomisk fördel bedöms det vara om väg- och järnvägstunneln byggs jämte varandra eftersom det då enbart krävs muddring på ett ställe.

Säkerhetskonceptet kan dessutom lösas enklare med en sänktunnel. Eftersom tunnlar ligger jämte varandra så krävs inte tvärtunnlar för utrymning, och det är möjligt att ha kortare avstånd mellan utrymningsvägar/flugtvejer utan att det får stor påverkan på kostnader.

Den största nackdelen med en sänktunnel är att det är högre miljörisker eftersom det krävs muddring av havsbotten och att vattenströmmarna kan komma att påverkas under byggtiden.

Slutsatsen är att en sänktunnellösning bör utvärderas mer noggrant innan den avfärdas.

8. Installationer

I det här kapitlet ges en överblick över typer av tekniska installationer som förutses behövas för föreslagna sträckning och som styrs delvis av kraven för järnväg och väg i både Danmark och Sverige. Men även utifrån ett framtidsperspektiv då bland annat flertalet tekniska trafiklösningar troligen har utvecklats och även implementerats i infrastrukturen.

8.1. Kraftmatning

För att säkerställa säkerheten i tunnelarna behöver de strömförsörjas via ett mycket säkert elkraftssystem. Tunnelarna delas in i olika områden som var för sig är fristående och har dubbla inkommande elkraftsmatningar som även kan försörjas med lokalt placerade generatorer (till exempel diesellaggregat) eller batterier i minst en timme vid ett strömavbrott.

8.2. Tunnelventilation

Inne i vägtunneln bör en anläggning med impulsfläktar (lik Fehmarn bält) installeras som dimensioneras dels för att upprätthålla ett tillräckligt stort inflöde av friskluft genom tunnelmynningarna för att sänka halten av föroreningar från vägtrafiken, dels för att kunna hantera en brand med 200 MW brandeffekt. I järnvägstunneln installeras anläggning med impulsfläktar som är dimensionerad för brandeffekt 50 MW. Vidare placeras övertrycksventilation för varje tvärtunnel, totalt 28 stycken.

För att reducera koncentrationer av föroreningar utomhus nära tunnelmynningarna till följd av utläckande luft från tunneln bedöms frånluftsfläktstationer inklusive avluftstorn behöva placeras utmed vägsträckningen, en på svensk sida respektive dansk sida. Stationerna ska ha kapacitet på 400 m³/s styck.

8.3. Dagvatten/regnvatten

Trafikdagvatten innehåller olika föroreningar som genereras av trafik, slitage och korrosion av material i vägar och konstruktioner i anslutning till vägområdet. Det kommer även in föroreningar i form av nedfall av luftburna ämnen, vid halkbekämpning vintertid eller tvätt av tunneln. Önskad ämnen kan även uppkomma vid olyckor där det kan bli läckage eller förorenat vatten från sprinkler eller brandkår vid brandbekämpning.

För att skydda vattenmiljön behöver dagvattnet/regnvattnet renas. En dagvattenanläggning består av:

- **Fördröjningsanläggningar.** Här görs en första grovresning av dagvatten/regnvatten vid stora nederbördsmängder. Dessa anläggs i anslutning till tunnelmynningar.
- En **VA-station** där vattnet renas.
- **Avsättningsmagasin.** I avsättningsmagasin får vattnet sedimentera innan det släpps ut. Vid behov så töms slam från magasinerna.

I områden som är känsliga för grundvattensänkningar kan även infiltrationsanläggningar behövas anläggas. Infiltrationsanläggningar används för att säkerställa att det inte blir stora förändringar av grundvattnet, något som annars skulle kunna påverka vegetation och orsaka sättningar av byggnader.

8.4. Trafikledning

För att hantera trafikinformationen installeras en anläggning av enklare slag innehållande bland annat bommar vid den svenska landanslutning. Samma typ av anläggning placeras även vid den danska landanslutningen. Vidare placeras en operatörsplats/ledningscentral vid respektive landanslutning för räddningstjänst samt underhållspersonal.

8.5. Belysning

För hantering av belysning på väg så bör det installeras enklare belysningsanläggningar på respektive landsida. Belysningen för vägtunneln bör ha en normal prestanda (sektionering) samt nödbelysning. Belysningsanläggningar placeras också utmed föreslagna järnvägssträckan, varav en vid svenska landanslutningen, respektive danska landanslutningen. Även en anläggning installeras för själva järnvägstunneln.

8.6. Övrigt

Andra installationer som bör finnas på plats för väg är intelligenta trafiksystem (ITS) och/eller variabla meddelandeskyltar (VMS) för att hantera trafikflöden. Anläggningarna kan vara av enklare slag och finns på båda landsidorna.

I både väg- och järnvägstunneln behövs även anläggningar för Kameraövervakning (CCTV), informationssystem, Security, Safety (inklusive nödljus), telesystem, styr- och övervakningssystem. Det är för att kunna hantera säkerheten. Gällande järnväg behövs också en liknande anläggning vid respektive landanslutning.

I ett förhöjt internationellt säkerhetsläge kan det finnas behov av ytor för gränskontroller. Tillkomsten av gränskontroller får bedömas och beslutas i ett kommande skede liksom omfattningen av densamma avseende ytanspråk, byggnader och tekniklösningar.

8.7. Bedömning av byggbarhet

Det bedöms inte finnas några installationer som påverkar byggbarheten av tunnelarna.

9. Miljö och påverkan planer

I detta kapitel behandlas en sammanfattning av den upprättade miljöanalysen. Det inleds med en allmän beskrivning av miljöanalysen och dess utgångspunkter. Därefter beskrivs konsekvenser och effekter inom olika miljöaspekter. Kapitlet avslutas med att bedöma byggbarheten utifrån ett miljöperspektiv. Analysen kan ses i sin helhet i bilaga 7.

9.1. Val av miljöanalys för effekter och konsekvenser

Miljöanalysen utgår ifrån ett existerande nuläge och gör förutsägelser om hur en fast förbindelse kan komma att ändra ett framskrivet nuläge. De aspekter som konsekvensbedöms har avgränsats till de aspekter som bedöms erhålla så stora negativa konsekvenser att genomförandet av projektet enligt den studerade lösningen inte skulle kunna uppföras. Bedömningar av effekter och konsekvenser av har utgått från följande anläggningsförutsättningar:

1. Tunnelrören förutsätts anläggas med betonginklädnad (lining) samt med tätt material. Detta medför att ingen dränerande effekt uppstår mellan berg och betonginklädnaden. Tråg förutsätts byggas täta.
2. Rening av vägdagvatten kommer att ske med exempelvis dagvattendammar, och/eller ledning till dagvattennät.
3. Sanering av de delar av Kemiras verksamhetsområde som berörs av projektet kommer att genomföras.

För att förstå omfattningen av effekter och konsekvenser för de miljöaspekter som har utretts, har dessa utvärderats mot ett jämförelsealternativ. Jämförelsealternativet innehåller uppgifter om hur nuvarande miljöförhållanden förväntas utveckla sig om den planerade verksamheten eller åtgärden inte kommer till stånd. En sådan utveckling benämns projektets noll- eller referensalternativ.

9.2. Stadsutveckling

9.2.1. Förutsättningar

Det aktuella utredningsområdet, både på den danska och den svenska sidan berörs av ett antal stadsutvecklingsplaner och verksamheter som direkt kan påverkas av eller kan komma att påverka en framtida fast förbindelse mellan Helsingør och Helsingborg. Den svenska sidan berörs av följande planer och program:

- Fördjupad Åtgärdsvalsstudie – Västkustbanan, Maria Station till Helsingborgs C
- ÖP 2010 – En strategisk översiktsplan för Helsingborgs utveckling
- Stadsplan 2017
- FÖP H+
- Gällande detaljplaner i Helsingborg

Den danska sidan berörs av följande planer och program:

- Kommuneplan 2013–2025 för Helsingør

- Planstrategi åren 2015–2027 för Helsingør
- Byrumsplanen för Helsingør
- Lokalplaner i Helsingør

På den svenska sidan finns också ett antal större verksamheter, exempelvis Kemira, som kan komma beröras av projektet. På den danska sidan finns inga större och betydande verksamheter som kan påverkas av projektet.

9.2.2. Effekter och konsekvenser

En fast förbindelse bedöms främja målen i den regionala samhällsplaneringen om att skapa ett utbud av olika typer av boenden, arbetsplatser och miljöer och erbjuda människor möjlighet att välja bostadsort efter egna preferenser och krav. Förbindelsen kommer att öka tillgängligheten med bil till Öresundsregionens arbetsmarknad påtagligt. Positiva konsekvenser bedöms uppstå. Helsingborgs stad stödjer Trafikverkets utpekande av en fast förbindelse som riksintresse för kommunikationer enligt kapitlet 3 i miljöbalken. Hänsyn till den fasta förbindelsen bör tas i den framtida samhällsplaneringen.

Vid studier av de kommunala planerna, på både den danska och den svenska sidan, har få konflikter identifierats med att uppföra en vägförbindelse mellan Helsingør Helsingborg. I de allra flesta fall stödjer stadsplaneringen en fast förbindelse, och ser nytta med projektet.

Ett antal större verksamheter i Helsingborg kan komma att påverkas av den studerade väglinjen. Det råder i dagsläget stora osäkerheter i hur verksamheterna kommer att påverkas, då sträckning och detaljer av väglinjen inte är kända och beslutade. Därför kan inte konsekvenserna bedömas. I en framtida planläggningsprocess bör utgångspunkten vara att verksamheterna skall påverkas i så liten utsträckning som möjligt. Den studerade väglinjen berör bland annat Kemiras verksamhetsområde. Hela Kemiras område bedöms vara förorenat av olika kemikalier. Dock är det område som den studerade väglinjen berör det område som bedöms vara minst förorenat. I samband med att en fast förbindelse uppförs kan det bli aktuellt med en sanering av miljögifter inom de delar av Kemiras område som berörs, vilket medför positiva konsekvenser. Den studerade järnvägslinjen kan komma att påverka utvecklingen inom H+, hamnledens sträckning och utvecklingen av hamnens södra delar. I dagsläget kan dock inte ytterligare slutsatser dras av påverkan på H+-området, då det i detta skede råder stor osäkerhet kring utformning, anpassningar och åtgärder. För övrigt görs samma bedömning som för den studerade väglinjen.

Referensalternativet

Om en fast förbindelse inte uppförs bedöms Öresundsregionen inte kunna utgöra en integrerad och välfungerande arbetsmarknad. Regionen kommer inte att utvecklas i samma utsträckning. Den ökade trafiken över Öresundsbron kommer att vara ohållbar då färjorna kontinuerligt kommer att behöva trafikera sundet för att kunna hantera den ökade trafiken. Detta innebär stora konflikter med den båttrafik som går igenom sundet. Sammanfattningsvis bedöms referensalternativet medföra stora negativa konsekvenser för stadsutvecklingen.

9.3. Kulturmiljö

9.3.1. Förutsättningar

Inom utredningsområdets direkta närhet, på den svenska sidan, förekommer tre riksintressen för kulturmiljövården. Dessa utgörs av Helsingborg (M15), Ramlösa Brunn (M17) och Rååns dalgång (M10). I utredningsområdets direkta närhet finns också tre områden som Länsstyrelsen i Skåne län har pekat ut i kulturmiljöprogrammet för länet. Utpekandet utgör inget lagligt skydd, men indikerar att plan- och bygglagens ständiga skydd för kulturmiljöer skall tillämpas.

Helsingborgs kommun har också pekat ut sex miljöer inom utredningsområdet som bedöms vara särskilt värdefulla ur kulturmiljösynpunkt. Dessa utgörs av Helsingborgs stadskärna, Gåsebäck och Husarområdet, Planteringen, Eskilsminne, Ramlösa och Råå. Ett antal registrerade fornlämningar kan också komma att beröras.

På den danska sidan finns ett antal registrerade fornlämningar, samt ett antal registrerade diger som ligger inom utredningsområdet. Kring stationsläget och centrala Helsingør redovisar också Slots- og Kulturstyrelsen ett stort antal Fredede Bygninger som ligger inom eller i direkt närhet av utredningsområdet

Längs med den studerade järnvägssträckningen på den danska sidan finns flertalet byggnader som har klassats ha Høj bevarandevärlding av Slots- og Kulturstyrelsen. Längs med den studerade järnvägssträckningen finns också ett stort antal byggnader som värderats till SAVE klass 1–3.

9.3.2. Effekter och konsekvenser

I detta tidiga skede är det svårt att konstatera eller bedöma graden av konsekvenser på kulturmiljön. Det råder stora osäkerheter i bedömningen beroende på att en del förutsättningar och åtgärder i dagsläget inte är kända, såsom utbredning av tunnelmynningar etcetera.

Utan anpassningsåtgärder, bedöms stora negativa konsekvenser för kulturmiljö kunna uppstå i Helsingborg i anslutning till den studerade trafikplatsen som ansluter till Malmöleden. I Helsingør bedöms konsekvenserna på kulturmiljö som små till måttliga negativa vid den studerade nya trafikplatsen söder om Helsingør.

En anpassad lokalisering med minimerade intrång i kulturhistoriska värden bedöms dock kunna vara mycket möjlig längs med väglinjen. En lokalisering utan direkt påverkan på nationella värden så som riksintressens uttryck samt fornlämningar och med reducerad påverkan på lokala/regionala värden, så som utpekad bebyggelse torde vara möjlig. Med en anpassad lokalisering av väglinjen bedöms de negativa konsekvenserna för kulturmiljö som små till måttliga.

Utan anpassningsåtgärder för kulturmiljön finns det risk för att måttliga negativa konsekvenser för kulturmiljö uppstår där den studerade järnvägslinjen går genom Helsingørs tätbebyggda område. I Helsingborg bedöms stora negativa konsekvenser för kulturmiljö kunna uppstå vid det nya stationsläget vid Järnvägsatan.

Liksom för väglinjen, bedöms det vara mycket möjligt med en anpassad lokalisering för järnvägslinjen. Med anpassningsåtgärder bedöms de negativa konsekvenserna för kulturmiljö som små till måttliga.

Referensalternativet

Konsekvenserna vid ett referensalternativ bedöms som obetydliga.

9.4. Naturmiljö – Terresta värden

9.4.1. Förutsättningar

På den svenska sidan av Öresund berörs två skyddade områden av aktuellt projekt, ett marint (Knähakens naturreservat) och ett terrester (Ättekulla naturreservat). Inga ytterligare dokumenterade nataturvärden på land som kan ha betydelse för projektet har påträffats vid genomgång av tillgängligt material.

Ungefär 30 olika fågelarter, däribland härmsångare, näktergal och svarthätta, häckar inom Ättekulla naturreservat. Vanlig groda, åkergroda och vanlig padda har påträffats i ett anlagt vatten. Vid sökning efter fridlysta och eller rödlistade arter i Artportalen (2019-02-15) mellan år 2000 och år 2019 noterades åtta rödlistade arter. Strax norr om Ättekulla naturreservat, norr om Rusthållsvägen finns förekomst av idegran noterad. Arten är fridlyst enligt 8 § artskyddsförordningen (SFS 2007:845).

I Danmark berörs ett antal naturområden av projektet. Endast ett område, Bergmansdalsvej Kystskrænt, omfattas av tågspårets studerade sträckning. Sträckningen av studerad vägtunnel berör naturområdena Rørtang Kystkilen, Gurre sø, Kongernes Nordsjælland och ett naturbeskyttelsesintresser. Endast de fredade områdena Rørtang Kystkilen och Bergmansdalsvej Kystskrænt samt Natura 2000-området Gurre sø har rättsligt skydd.

I Danmark är bland annat mindre vattensamlingar, mossar och vattendrag generellt skyddade naturtyper. Flertalet av dessa naturtyper finns noterade i nära anslutning till utredningsområdet. Större vattensalamander, mindre vattensalamander, vanliga padda och vanlig groda finns noterade i flera av dessa mindre vattensamlingar och mossar.

9.4.2. Effekter och konsekvenser

Den studerade väglinjen bedöms medföra måttliga negativa konsekvenser på naturmiljön jämfört med referensalternativet. Huvudsakligen till följd av fysiska intrång samt bullerpåverkan på det skyddade området Rørtang Kystkilen.

De negativa konsekvenserna på den terrestra naturmiljön till följd av järnvägslinjen bedöms som obetydliga/inga.

Referensalternativet

Konsekvenserna för referensalternativet bedöms som obetydliga.

9.5. Naturmiljö – Akvatiska värden

Öresund är en, i marinekologisk mening, speciell plats. Här möts Östersjöns avrinnande bräckta vatten och Kattegatts tillrinnande saltvatten. Två hav med starka strömmar skapar en sällsynt sammanblandning av olika marina naturmiljöer på gränsen av sina utbredningsområden. Kusten i sundet rymmer allt från brant klippkust i norr till sandstränder och sandrev i söder.

Öresund är ett hem för mer än 1500 arter av djur och växter, varav mer än 50 regelbundet förekommande fiskarter. Även tumlare och säl har starka förekomster. På grunda botten finns ovanligt vida och rika ålgräsängar och blåmusselbankar samt en stor del av Östersjöns naturmiljöer. Från ungefär 25 meters djup är salthalten hög och här finns några av Öresunds hemligheter som exempelvis unika samhällen med kräftdjur och hästmusslor, samt en stor del av Västerhavets övriga naturmiljöer. På den svenska sidan Öresund berörs ett marint skyddat område av projektet, Knähakens naturreservat. På den danska sidan berörs inga skyddade marina miljöer.

Vid en sökning i Artportalen redovisas 13 arter inom naturreservatet Knähaken som är fridlysta, rödlistade och/eller omfattas av habitatdirektivet. Naturreservatets rika bottenfauna utgör en viktig födokälla för torsk och havskatt. Under lektiden förekommer lekmogna torskar i området. Andra fiskar som noterats är tejstefisk, skäggsimpa, klorocka och pigghaj. Sandskädda, rödspätta, rödtunga och sjötunga förekommer också, då mjukbotten är viktiga födosöksområden för plattfisk. Tumlare, vilken är rödlistad som sårbar (VU), är fridlyst samt upptagen i habitatdirektivet har noterats inom reservatet.

9.5.1. Effekter och konsekvenser

Sammantaget bedöms den studerade väglinjen mellan Helsingør och Helsingborg medföra obetydliga/inga konsekvenser på Öresund. Förbindelsen kommer innebära att färjeförbindelsen mellan Helsingborg och Helsingør inte kommer vara lika omfattande som i nuläget. Den reducerade färjetrafiken bedöms leda till minskade störningar för den marina miljön. Detta ger en positiv konsekvens för den marina miljön, främst för arterna tumlare och säl. Samma bedömning för den studerade järnvägslinjen som för väglinjen.

Referensalternativet

Konsekvenserna för referensalternativet bedöms som obetydliga. En något ökad färjetrafik år 2030 bedöms inte få någon effekt på den akvatiska miljön.

9.6. Ytvatten

9.6.1. Förutsättningar

Både den studerade väg- och järnvägslinjen ligger inom vattenförekomsten ”Helsingborgsområdet” (SE562290-124131) enligt Länsstyrelsens VISS. Vattenförekomsten har kvalitetskrav måttlig ekologisk status till år 2027. Detta motiveras med att hamnen i Helsingborg har en så stor påverkan på den ekologiska statusen att det aldrig går att få god status så länge hamnen finns. Men då hamnen har ett väsentligt samhällsintresse så sänks kraven för vattenförekomsten.

För andra kvalitetsfaktorer och andra verksamheter som inte berörs av hamnverksamheten så ska god ekologisk status 2027 gälla. För kemisk status så uppnår den inte god även om överskridande ämnen (kvicksilver och bromerade difenyleter) räknas bort. Detta på grund av ämnet antracen som har förhöjda värden i sediment mot gällande gränsvärden. För vattenförekomsten finns det relativt lite undersökningar och mätningar som gjorts därav är ett flertal faktorer ej klassade.

På den danska sidan kan fyra havsvattenförekomster komma att beröras då gränsen för dem går precis vid hamnen i Helsingør. Vattenförekomsterna delas även upp beroende på avstånd från kusten, med gränser en sjömil, respektive tolv sjömil ut från kusten.

9.6.2. Effekter och konsekvenser

För vattenförekomster som omfattas av miljökvalitetsnormerna för vatten gäller att status inte får försämrats, då kan inte tillsynsmyndigheten tillåta projektet. Den studerade väglinjens konsekvenser bedöms som obetydliga. Samma bedömning för den studerade järnvägslinjen som för väglinjen.

Referensalternativet

Konsekvenserna för referensalternativet bedöms som obetydliga.

9.7. Grundvatten

Inom utredningsområdet varierar grundvattennivåerna. Nivåerna påverkas av infrastruktur, anläggningar, uttag ur brunnar och förändrad grundvattenbildning på grund av förändringar av markanvändningen. Dessutom förändras nivåerna av naturliga variationer i grundvattenbildningen (i princip nettonederbörden). Grundvattnet inom utredningsområdet används till dricksvattenförsörjning i både Danmark och Sverige samt av både Helsingør Kommune och Helsingborgs stad.

Hela utredningsområdet omfattas av grundvattenförekomsten Helsingborgssandstenen (SE621791-130957) sedimentär bergförekomst. Inom utredningsområdet finns två vattenskyddsområden på den svenska sidan som berörs.

På den danska sidan omfattar hela det aktuella utredningsområdet av grundvattenförekomsterna DK_2_12_365, 368, 373 och 375. Samtliga grundvattenförekomster inom vattendistriktet Sjælland är utpekade som dricksvattenförekomster. Förekomsterna delas upp i tre typer: terrängnära, regionala och djupa. Utredningsområdet berör också *"Områder med særlige drikkevandsintresser (OSD)"*. Dessa områden utgör utpekade grundvattenresurser. En stor del av det södra utredningsområdet ligger inom ett sådant område. Utredningsområdet berör också en liten del av *"Områder med drikkevandsintresser (OD)"*. Inom de södra delarna av utredningsområdet finns två områden som klassificeras som *"Borringsnære beskyttelsesområden BNBO"*. Utredningsområdet ligger också inom område för grundvattenbildning.

9.7.1. Effekter och konsekvenser

Konsekvenserna kan bli stora där brunnar kommer i direkt konflikt med den studerade väglinjen på den danska sidan vid Snekkerstenværket och/eller Espergærdeværket, samt på den svenska sidan vid Ramlösa hälsobrunns fabrik på Ättekulla. Väglinjen kan emellertid optimeras ytterligare så att de negativa konsekvenserna minskar. Hur stora konsekvenserna i slutändan blir är dock i dagsläget svårt att avgöra då det finns detaljer som i nuläget inte är kända. För övrigt bedöms konsekvenserna på grundvatten bli obetydliga eftersom tunneln avses konstrueras tät.

Den studerade järnvägslinjen bedöms medföra obetydliga konsekvenser på grundvatten då tunneln avses konstrueras tät.

Referensalternativet

Konsekvenserna för referensalternativet bedöms som obetydliga.

9.8. Bedömning av byggbarhet ur ett miljöperspektiv

Utifrån de miljöaspekter som har utretts inom ramen för miljöanalysen bedöms i dagsläget inte byggbarheten för den redovisade väg- och järnvägslinjen påverkas. Möjligheterna att kunna genomföra åtgärder som minskar, eller kanske helt eliminerar de negativa konsekvenserna bedöms som goda.

Ett antal större verksamheter i Helsingborg kan komma att påverkas av den studerade väglinjen. Det råder i dagsläget stora osäkerheter hur detta kommer att påverka byggbarheten i projektet, då sträckning och detaljer av väglinjen inte är kända och beslutade. Påverkan på dessa verksamheter bedöms kunna vara relativt kostnadsdrivande.

Den översiktliga analysen av effekter och konsekvenser under byggtiden visar att det finns stora möjligheter att kunna åtgärda en del av den miljöproblematik som uppstår. Byggandet av den fasta förbindelsen kommer generera stora mängder sand och sedimentärt berg, samt jordmassor, framförallt vid borrhningen av tunnlarna under Öresund. Masshanteringen kommer att bli en väsentlig del av byggskedet, och är den aspekt som bedöms kunna medföra en betydande miljöpåverkan. Till masshanteringen knyts också frågor som mängden massor, upplägg, förorenade massor samt förorenat grundvatten. Då det i dagsläget råder stora osäkerheter i metod av byggnation, mängden massor, andelen förorenade massor, lokalisering av upplag etcetera bör ytterligare studier genomföras innan en bedömning kan göras hur masshanteringen påverkar byggbarheten samt miljöaspekter i projektet.

10. Etapplanering och temporära anläggningar

I detta kapitel ges en övergripande beskrivning av möjlig etapplanering och några av de större utmaningar om byggandet av förbindelsen genomförs. Även ytor för etablerings- och arbetsområde redovisas.

10.1. Etapplanering

Landanslutningarna kommer, med stor sannolikhet, huvudsakligen för både väg och järnväg byggas med traditionella och beprövade byggmetoder. Stora byggutmaningar är stationen i Helsingør samt landanslutningen (Södertunneln) inklusive den tillbyggda/ombyggda stationen i Helsingborg. Inga fördjupningsstudier har genomförts i denna tekniska utredning för dessa delar. I nästkommande projekteringsuppdrag måste byggbarheten för dessa delar i detalj studeras. Vatten i stora mängder, byggnation inom spont på stora djup samt närheten till befintlig bebyggelse, vägar och järnvägar kommer att ställa stora krav på deltagarnas yrkesskicklighet.

En produktionsförutsättning som diskuterades på workshopen i februari år 2019 i Malmö var antalet TBM som ska borra under Öresund. Deltagarna på workshopen ansåg här att en bormaskin per tunnelrör är det mest ekonomiska. Tid mellan borrstart för respektive maskin och startplats antas vara cirka tre månader. Logistiken kring stationsbyggnationen av nya stationen i Helsingør är också en annan utmaning då färjetrafiken ska fungera under hela produktionstiden. Ett sätt kan vara att bygga vägtunnlarna före järnvägstunnlarna eftersom det då skulle bli färre fordon som använder färjan mellan Helsingør och Helsingborg. Sammanfattning från workshopen kan läsas i bilaga 8.

10.2. Temporära anläggningar

Stora ytor för etablerings- och arbetsområde kommer att krävas vid ett stort bygge som denna förbindelse. Ytor på den danska sidan antas ha de bästa förutsättningarna för etablering och drift av TBM. Det här innebär att all logistik kring TBM kommer att ske från den danska sidan. Det medför också då att ytor på den danska sidan kommer att vara mycket större än på den svenska sidan. I detta tidiga skede antas följande;

- TBM startar i Danmark.
- En slurry-TBM kommer att användas och för denna maskin krävs en separationsanläggning.
- Separationsanläggningen, skiljer bentoniten från de borrhade massorna, ligger inom etablerings- och arbetsområdet.
- Borrhade massor transporteras på transportband till närmaste hamn och lastas på båt/pråm.
- Båten/pråmen fraktar de borrhade massorna till anvisad tipplats t.ex. plats där nya landytor önskas byggas.
- Tunnelelementen antas komma till etablerings- och arbetsområdet per järnväg eller båt.
- Det antas att ett lager av tunnelelement på ca en veckas produktion finns lagrade på etablerings- och arbetsområdet.
- Antas att TBM till järnvägstunneln levereras per båt till en temporär hamn byggd intill den plats som TBM kommer att starta sitt borrhningsarbete från.

- Vidare antas att TBM till vägtunneln kommer att levereras på lastbil som kör på den närliggande motorvägen.

Utifrån dessa antaganden har följande behov av ytor i respektive land för järnväg-, (Tabell 9) respektive vägprojektet (

Tabell 10), tagits fram. Generellt kan sägas om ytor, ”ju större, desto bättre”. Om det finns god tillgång till ytor kommer logistiken kring byggprojektet att fungera bättre under projektets olika faser. Om ytorna ej är väl tilltagna kommer entreprenörernas flexibilitet att påverkas för de arbeten som ska utföras. Aktuella förutsättning kommer då att återspeglas i projektets kostnader och produktionstider. Bedömda ytor har bedömts utifrån aktuella förutsättningar på plats. Ytornas storlek är starkt kopplade till storleken på TBM.

Tabell 9. Ytor för järnvägstunnel.

	Danska sidan (m2)	Svenska sidan (m2)
Montage plats för TBM	8 000	-
Asfalterad yta	5 000	5 000
Separation plant	2 000	-
Hantering av borrhade massor	5 000	-
Bentonittankar	2 000	-
Yta för tunnelsegment	2 000	-
Verkstad	1 000	200
Lager för övrigt material	2 000	1 000
Vattenreningsanläggning	1 000	500
Yta för containrar	4 000	2 000
Lager för betong/ injekteringsmaterial	1 500	-
Övrigt	3 500	3 000
Totalt för järnvägstunnel:	37 000	12 000

Tabell 10. Ytor för vägtunnel.

	Danska sidan (m2)	Svenska sidan (m2)
Montage plats för TBM	12 000	-
Asfalterad yta	10 000	5 000
Separation plant	2 000	-
Hantering av borrhade massor	5 000	-
Bentonittankar	2 000	-
Yta för tunnelsegment	3 000	-
Verkstad	1 000	200
Lager för övrigt material	3 000	1 000
Vattenreningsanläggning	1 000	500
Yta för containrar	6 000	2 000
Lager för betong/ injekteringsmaterial	1 500	-
Övrigt	13 500	6 000
Totalt för vägtunnel:	60 000	15 000

11. Anläggningskostnad

Kapitlet inleds med en allmän beskrivning av metod som använts vid framtagandet av mängder som sedermera utgjort underlag för att beräkna anläggningskostnader av förslaget. Därefter följer en redovisning av anläggningskostnaderna som tagits fram på svenska sidan, respektive danska sidan.

11.1. Metod för att ta fram anläggningskostnad

Arbetet med anläggningskostnad har haft sin tyngdpunkt på att ta fram mängder som är kalkylerbara och skapa förutsättningar för framtagning av kostnader enligt två olika estimeringsmetoder. En som tillämpas i Sverige osäkerhetsanalys enligt successivprincipen och en, som i Danmark kostnadsberäkningar på mängder och erfarenhetsvärden gällande enhetspriser med ett fast tillägg för osäkerheter.

Arbetet har genomförts i tre huvudetapper:

- Etapp 1, planerings- och förberedelsearbete.
- Etapp 2, sammanställande av mängder uppdelade i kompetensområden och geografi.
- Etapp 3, omvandla sammanställda data över mängder till ett material som kan användas vid workshop för framtagande av två anläggningskalkyler, en för järnväg och en för väg.

11.1.1. Etapp 1.

I den första etappen planerades arbetet med att ta fram mängder som skulle möjliggöra framtagande av material inför den planerade workshopen för anläggningskostnads-kalkylen. Planeringsarbetet genomfördes tillsammans med Trafikverket, Vejdirektoratet, Trafik bygge og boligstyrelsen, workshopledaren för osäkerhetsanalysen och WSP. Vid planeringsmötena diskuterades gällande metod för framtagande av anläggningskostnad, vilket inkluderade hantering av information om mängder och genomförande av osäkerhetsanalysen. Saker som bestämdes var struktur för genomförande av arbetet och detaljeringsgrad för anläggningskostnader. Bland annat bestämdes att Trafikverket skulle genomföra en osäkerhetsanalys enligt successivprincipen med representanter från beställare och olika konsulter som deltar för att beräkna kostnader för genomförande av projektet. På dansk sida sker kalkylarbetet med hjälp av ett datorbaserat verktyg som behandlar data om estimerade mängder i relation till erfarenhetsvärlden och nyckeltal från tidigare projekt. Vidare bestämdes även metod som WSP skulle använda sig av för att ta fram mängder, vilket omfattade att ta fram förberedande underlag inför genomförandet av intervjuer med teknikspecialister.

11.1.2. Etapp 2.

Nästa etapp omfattade framtagande av mängder. För att ta fram mängderna planerades och genomfördes intervjuer. För att kunna beräkna mängder som verkar rimliga såg WSP:s arbetsgrupp behovet av att ta fram referenser från andra genomförda projekt. Arbetsgruppen tog därför fram en matris innehållande referensprojekt, se bilaga 3. Referensprojektmatrisen utgjorde underlag till intervjuerna och nyttjades i olika utsträckningar av teknikspecialisterna. Referensprojekten användes för att kunna jämföra olika projekts utmaningar med de utmaningar som denna förbindelsen står inför.

Mängderna som togs fram sammanställdes därefter i ett Excel-dokument. En samgranskning av det sammanställda materialet säkerställde kvaliteten samt verifierade att mängder inte togs upp dubbelt eller missades. Viktiga gränsdragningsfrågor dryftades vid dessa möten vilket ökade förståelsen för en mer optimal anläggningsutformning.

11.1.3. Etapp 3.

Den tredje etappen bestod av att omvandla, mängderna som tagits fram, till övergripande kostnadsposter som skulle användas vid osäkerhetsanalysen. Det har gjorts i nära samverkan med workshopledaren och uppdragsbeställarna via avstämningar och löpande kontakt. Materialet har även disponerats i samråd med workshopledaren.

För kalkyl enligt den danska metoden används både rådata i Excel-format samt sammanställning av mängder inför det svenska kalkylseminariet.

11.2. Beräknad anläggningskostnad

Anläggningskostnaden är baserad på mängder som tagits fram av olika teknikspecialister inom väg, respektive järnväg. Samma mängdbeteckning användes för att ta fram anläggningskostnad enligt dansk metod⁴⁰ respektive svensk metod.

11.2.1. Svensk metod

Den 4–5 september år 2019 genomfördes en osäkerhetsanalys enligt successivprincipen i Malmö. Deltagarna på övningen var en blandning av generalister och specialister från anläggningsbranschen och representerade beställare, konsulter samt entreprenörer.

Resultaten från osäkerhetsanalysen blev att anläggningskostnaden uppskattades enligt följande;

- Vägsträckan: cirka 29,5 miljarder svenska kronor i 2019 års prisnivå. De uppskattade anläggningskostnaderna antas ha osäkerheter på cirka +/- 9 miljarder.
- Järnvägssträckan inklusive stationer: cirka 23,5 miljarder svenska kronor i 2019 års prisnivå. Osäkerheter för den uppskattade kostnaden antas ligga på cirka +/- 6 miljarder.
- Hela projektet (båda förbindelserna): cirka 49 miljarder svenska kronor i 2019 års prisnivå. Osäkerheter kring de uppskattade anläggningskostnaderna antas ligga på cirka +/- 11 miljarder. Projektet antas genomföras samtidigt eller i tät följd, vilket innebär att totala anläggningskostnaden inte kommer bli detsamma som att addera kostnaderna för väg respektive järnvägsdelarna. Detta beror bland annat på synergieffekter och återanvändning av utrustning.

11.2.2. Dansk metod

Anläggningskostnaden enligt dansk metod har beräknats i ett separat uppdrag. De mängder som legat till grund för den bedömningen har tagits fram inom ramen för detta uppdrag och är således detsamma som för beräkning för den svenska metoden.

⁴⁰ Kostnadsbedömningen enligt dansk metod har utförts i ett annat deluppdrag.

12. Skillnader från tidigare arbeten och förslag till fortsatt arbete

I detta kapitel finns en redovisning av skillnaderna mellan denna tekniska utredning och IBU-rapporten, samt förslag till fortsatta arbeten som identifierats.

12.1. Skillnad från tidigare arbeten

Den här tekniska utredningen utgår, som tidigare nämnt, ifrån arbetet som redovisats i IBU-rapporten. Det finns dock vissa större skillnader avseende förutsättningar och utformning i föreliggande tekniska utredning jämfört med IBU-rapporten. Skillnaderna redogörs i Tabell 11.

Tabell 11. Skillnader avseende antaganden mellan denna rapport och IBU-rapporten.

Antagande	Teknisk utredning	IBU-rapporten
Linjedragning/linjeföring järnvägstunneln	Tunnelborrningen antas starta söder om Helsingør station och slutar strax söder om Helsingborg station.	Tunnelborrningen antas starta i byggroten vid Helsingør station och slutar vid Oljehamnsleden.
Byggande av Södertunneln, Helsingborg	Södertunnel förutsätts inte är byggd.	Södertunnel förutsätts är byggd.
Utbyggnad av Helsingborg station	Utbyggnad genomförs.	Utbyggnad ej aktuell.
Avstånd tvärtunnlar	Avstånd antas uppgå till 350 meter i järnvägstunneln.	Avstånd antas uppgå till 250 meter i järnvägstunneln.
Linjedragning/linjeföring väg	Tunnellinjen mynnar väster om Malmöleden och Väst kustbanan och går på vägbro över dessa.	Tunnellinjen mynnar öster om Väst kustbanan och ansluter direkt till trafikplatsen.
Trafikplatser	Trafikplatsen på den danska sidan är omarbetad. Anslutningarna till övrigt trafikanät på svenska sidan har justerats. Ny Avfart och påfart till väg 111, samt justering av anslutningar till Malmöleden.	I Helsingør ansluter vägen till befintlig E47 vid Trafikplats Espergaerde där trafikplatsen består av en fyrvägsruter. I Helsingborg ansluter vägen direkt till Malmöleden och den befintliga trafikplatsen Helsingborg S.
Vägprofil - längslutning	För att den befintliga trafikplatsen Ättekulla ska fungera och för att minska hastighetsspridningen mellan lätta och tunga fordonstyper justerades profilen på den svenska sidan. Då profilen justerades innebar det att vägen behövde gå över västkustbanan och inte under som tidigare. Längslutningen minskades till 3 procent.	Föreslagen profil har 4,5 procent längslutning på den svenska sidan.

12.2. Förslag till fortsatta arbeten

Under framtagande av denna rapport har ett antal områden identifierats där det rekommenderas fortsatta studier för att tydliggöra där osäkerheter föreligger och därmed optimera förutsättningarna.

Andra lokaliseringar

- I detta skede har för närvarande endast en linjedragning/linjeföring för vägförbindelse respektive järnvägsförbindelse utredds mer grundligt. Den är inte optimerad, därav kan det vara av intresse att titta på ytterligare alternativ och bedöma dess genomförbarhet och kostnader.

Geologiska förutsättningar och påverkan på TBM

- I samband med ytterligare utredningar föreslås att en TBM-drivningsprognos genomförs för att uppskatta hur lång tid borrhning tar med befintliga förhållande. Prognosen ska förhålla sig till bland annat jord-, berg- och materialförutsättningar, samt vattentryck för en TBM-driven tunneln. Vidare bör en särskild utredning göras som baseras på tunnelprojekt i världen som byggts i likartade förhållanden.
- Geofysiska undersökningar längs med de två föreslagna sträckorna på både dansk och svensk sida, för närvarande har det gjorts relativt få undersökningar och de som gjorts är i många fall 10–30 år gamla. Ytterligare undersökningar skulle möjliggöra att skapa än mer heltäckande bild av områdets geologi.

Vägförbindelse

- I ett förhöjt internationellt säkerhetsläge kan det finnas behov av ytor för gränskontroller. Tillkomsten av en sådan funktion får bedömas och beslutas i ett kommande skede liksom omfattningen av densamma avseende ytanspråk, byggnader och tekniklösningar.
- Fördjupade studier av anslutning i Helsingborgs trafikplats. Den geometriska utformningen bör studeras vidare då det finns branta lutningar som påverkar trafiken. Det bör även studeras hur trafiken fungerar med befintliga trafikplatsen.
- Fördjupade studier av vägbroar över västkustbanan.
- Fördjupade studier av byggande av tråg och påslag i sandmaterialet på dansk sida med avseende grundvatten och miljöpåverkan.
- Det pågår en förändring av fordonsflottan mot en större andel fordon som har eldrift. Det skulle därför behövas en vidare utredning om eventuellt behov av laddningsstationer för el-fordon vid respektive landanslutning.

Järnvägsförbindelsen

- Utreda möjligheten att koppla ihop utrett alternativ på järnvägsförbindelse med nya Station-Maria tunneln för att slippa ”säckstation”, då kanske med helt annan sträckning och stationsplacering i Helsingborg än detta alternativ.

- Ytterligare utredningar som genomförs bör även beakta och anpassa till eventuellt framtida fullföljande av Södertunnel-projekt. Detsamma gäller även till framtida spårtunnel till Maria station från Helsingborg C.
- Utredda placering av etableringsytor i Helsingør för att klargöra om det bör vara vid hamnområdet eller tunnelmynningen.
- För att få till mest optimal lösning av linjedragning/ linjeföring behöver spårgeometrin (lutningar, radier, hastigheter, höjder etc.) utredas ytterligare.

Fördjupningar avseende stationernas utformning

- Stationslägena för både Helsingør och Helsingborg avseende optimal geografisk placering och djup bör fördjupas vidare. Exempelvis säkerställa att den geografiska placeringen anpassas till befintliga och framtida anläggningar av järnvägsanslutningar. På den svenska sidan kan det funderas över om stationen i Helsingborg ska ligga i nord-syd-läge för att därigenom möjliggöra en kortare tunnel. I fallet med station Helsingør kan det med fördel utredas om stationen ska ligga på det föreslagna läget eller eventuellt omplaceras mer inåt centrum.
- Se över framtida behov av kapacitet för respektive station. Även utformningen av exempelvis plattformslängder, rulltrappor, hissar samt anpassning till framtida stadsmiljö behöver göras fortsatta arbeten kring i kommande utredningsskeden.

Avstånden för tvärtunnlar och val av byggteknik.

- Fördjupningsarbeten om avståndet för tvärtunnlar och vilken teknik/metod som ska användas vid byggandet. Även samråd med lokala myndigheter om kraven (nationella/regionala föreskrifter) behöver genomföras då avståndskraven skiljer sig mellan länderna.

Alternativt sänktunnel

- Utvärdera mer noggrant om sänktunnel kan vara att föredra istället för TBM-lösning. Detta har enbart gjorts på översiktlig nivå i denna tekniska utredning men det som framkommit är att det finns både för- och nackdelar värt att begrunda.

Effekt och konsekvenser avseende miljö.

- Utvärdera vidare effekter och konsekvenser avseende miljö i samband med ytterligare utredningar. Nya avgränsningar gällande tid, geografi och miljöaspekter behöver då genomföras.
- I ett tidigt skede ta i beaktande att samråd enligt Esbokonvektionen kommer att behöva genomföras då projektet är ett gränsöverskridande projekt.

Byggherreorganisation

- Utredda hur byggherreorganisation ska formas – ska det vara två olika (en för järnvägsförbindelse respektive vägförbindelse), eller en som omfattar båda? Ska organisationen också vara ett konsortium eller ha en annan form?
- Utredda fördelaktigaste tidsplanering av järnvägsförbindelse respektive vägförbindelse. Samordnad upphandling eller bara projekt i samverkan?

Referenser

- Amberg. (2019). *HH - Fast Förbindelse (draft), Regensburg, Amberg Engineering, 3. Mai 2019, Seite 19 von 30.*
- Banedanmarks. (2017). *Sporregler 1987 till och med rettelseblade 290 daterat 1/5 2017.*
- EU Kommissionen. (2014). *KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 1303/2014 av den 18 november 2014 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende "säkerhet i järnvägstunnlar" i järnvägssystemet i Europeiska unionen.*
- Europaparlamentet. (2004). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/54/EG av den 29 april 2004 om minimikrav för säkerhet i tunnlar som ingår i det transeuropeiska vägnätet (EUT L 167, 30.4.2004, s. 39–91).*
- Helsingborgs stad. (2018). *Presentation - HH om Helsingborg, Helsingör, Väganslutning Helsingborg och spåranslutning Helsingborg, 2018-10-18.*
- Malmberg Borning AB. (2007). *Projekt järnvägstunnlar Helsingborg, Factual Report, RGeo, Report 1-7. Malmberg Borning AB, 2007-07-13 (1).*
- Ramböll-COWI. (2010). *Fast HH-förbindelse – tekniske analyser, Ramböll-COWI, 2010.*
- SGU. (2005a). *Uppdatering av geologisk modell för Helsingborg, brunnborrningar, Ulf Sivhed, SGU, 2005-12-12 .*
- SGU. (2005b). *Projekt järnvägstunnlar, Helsingborg norra delen, Gruvor och schakt,Ulf Sivhed, SGU, 2005-03-16 .*
- SGU. (2005c). *Konceptuell geologisk modell för Helsingborg, M. Erlström, SGU, 2005-04-13.*
- SGU. (2007). *Uppdaterad konceptuell modell för Helsingborg, M. Erlström, SGU, 2007-09-27.*
- SGU. (2007). *Uppdaterad konceptuell modell för Helsingborg, M. Erlström, SGU, 2007-09-28.*
- SGU. (2019). *Konceptuell geologisk modell för väg- respektive järnvägstunnel mellan Helsingborg och Helsingör, Mikael Erlström,SGU, 2019-08.*
- SSAB. (2015). *RD-Wall konstruktion som förstärkningsåtgärdsalternativ under byggskede:produktblad RD-wall (copyright), 2015.*
- Trafikverket. (2014). *Järnvägens elanläggningar.*
- Trafikverket. (2015a). *Krav för vägar och gators utformning (TDOK 2015:086).*
- Trafikverket. (2015b). *Banöverbyggnad - Spårgeometri Krav på spårets geometri vid nybyggnad, reinvestering/upprustning, underhåll och drift (TDOK 2014:0075).*
- Trafikverket. (2016). *Fördjupad Åtgärdsvalsstudie – Västkustbanan Maria station - Helsingborg C.*

- Trafikverket. (2016a). *Krav Tunnelbyggande (TDOK 2016:0231)*.
- Trafikverket. (2016b). *Råd Tunnelbyggande (TDOK 2016:0232)*.
- Trafikverket. (2016c). *ERTMS - Nytt Signalsystem*.
- Transportsyttelsen. (2015c). *Föreskrift om säkerhet i vägtunnlar (TSFS 2015:27)*.
- Tyréns. (2007). *Teknisk PM för projekt järnvägstunnlar i Helsingborg, Tyréns, 2007-11-02*.
- Vejdirektoratet . (2008). *Bekendtgørelse nr 726, Bekendtgørelse om minimumssikkerhedskrav for tunneler i det transeuropæiske vejnet*.
- Vejdirektoratet. (2019). *Vejdirektoratets digitala portal Vejregelportalen*.
- WSP. (2005). *Huvuddel B Teknisk rapport, WSP, 2005-05-31*.
- WSP. (2019). *Workshop Helsingborg-Helsingör: Conceptual design of tunnels and underground, 2019-02-26*.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Borlänge
Telefon: 0771-921 921

www.trafikverket.se