



5

ALTERNATIVE LØSNINGER

VVM-REDEGØRELSE FOR DEN FASTE
FORBINDELSE OVER FEMERN BÆLT (KYST-KYST)

Femern
Sund ≈ Bælt

INDHOLD

5	ALTERNATIVE LØSNINGER	131
5.1	0-alternativet	131
5.1.1	Anvendelse af 0-alternativet i VVM-redegørelsen	131
5.1.2	Scenarier for delprojekter (landanlæg)	132
5.2	Alternative løsninger for projektet for en sænketunnel	133
5.2.1	Projektets korridor og linjeføring	133
5.2.2	Projektilpasninger	149
5.2.3	Placering af produktionssted	155
5.2.4	Håndtering af indkomne forslag fra offentlige høringer	157
5.3	Andre undersøgte tekniske løsninger	162
5.4	Skråstagsbro	163
5.4.1	Brodesign	163
5.4.2	Midlertidige anlæg og anlægsarbejder	173
5.4.3	Produktionsanlæg	176
5.4.4	Midlertidig arbejdshavn – Fehmarn	177
5.4.5	Ressourcebehov og mandsskabskrav	178
5.4.6	Tidsplan for anlægsarbejdet	178
5.4.7	Fravalg af skråstagsbroen	178
5.5	Boret tunnel	182
5.5.1	Tunneldesign	182
5.5.2	Anlægsarbejder	185
5.5.3	Ressourcebehov og mandsskabskrav	189
5.5.4	Tidsplan for anlægsarbejdet	189
5.5.5	Fravalg af boret tunnel	190
5.6	Hængebro	193
5.6.1	Brodesign	194
5.6.2	Anlægsarbejder	196
5.6.3	Mandskabskrav	198
5.6.4	Tidsplan for anlægsarbejdet	198
5.6.5	Fravalg af hængebro	198
5.6.6	Referencer	199

5 ALTERNATIVE LØSNINGER

Femern A/S har udover sænketunnelen undersøgt tre alternative tekniske løsninger herunder det foretrukne alternativ – en skråstagsbro – samt øvrige alternativer – en boret tunnel og en hængebro.

I dette kapitel beskrives først 0-alternativet og alternative løsninger i forhold til projektbeskrivelsen for en sænketunnel. Dernæst beskrives det foretrukne alternativ og de øvrige alternativer. For en nærmere redegørelse for de alternative tekniske løsninger henvises til rapporten ”Samlet teknisk rapport” fra december 2011. Rapporten er tilgængelig på www.femern.dk.

5.1 0-ALTERNATIVET

0-alternativet udgør den situation, hvor den faste forbindelse over Femern-Bælt (kyst-kyst) ikke bliver opført, og færgeoverfart mellem Rødbyhavn - Puttgarden fortsætter.

Traktaten mellem Danmark og Tyskland af 3. september 2008 fastslår, at Danmark og Tyskland hver især har ansvaret for at udbygge landanlæggene (vej- og jernbaneanlæg) i tilslutning til den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst), herunder ansvaret for at finansiere denne udbygning. Det fremgår desuden, at den danske regering forbeholder sig ret til at finansiere udbygningen af de danske landanlæg med afkast fra Femern Bælt-forbindelsen.

I 0-alternativet lægges der derfor til grund, at en ikke-realiseret af Femern Bælt-forbindelsen tillige indebærer, at hverken danske eller tyske landanlæg etableres.

Al godstogtrafik i korridoren København – Hamborg vil fortsat blive transporteret via Storebælt, og som følge heraf, antages gældende banekapacitet at kunne håndtere passagertrafikken. Endelig antages, at eksisterende vejanlæg i henholdsvis Danmark og Tyskland vil kunne håndtere den almindelige trafikvækst.

5.1.1 Anvendelse af 0-alternativet i VVM-redegørelsen

0-alternativet anvendes i miljøvurderingen til at sammenligne de miljømæssige konsekvenser af den tekniske løsning, sænketunnelen.

Det 0-alternativ, der er udgangspunkt i miljøvurderingen, er defineret ved, at vejtrafikken (baseret på FTC-rapportens trafikprognose) i 2001 er fremskrevet til 2025. Se endvidere kapitel 3 Trafik og trafikssikkerhed.

Al godstogtrafik i korridoren København - Hamborg bliver i dag transporteret via Storebælt. Antallet af passagertog vurderes på grundlag af passagertogtrafikken i 2011.

Den prognosticerede trafik for 2025 fremgår af tabel 5.1.

TABEL 5.1 Fremskreven trafik over Femern Bælt i 0-alternativet, 2025 (pr. dag)

Antal pr. dag	0-alternativet
Personbiler	6.700
Lastbiler	1.550
Busser	150
Køretøjer i alt	8.400
Passagertog	8
Godstog	-

Det fremskrevne 0-alternativ for 2025 er endvidere defineret ved, at der ikke er sket en opgradering af de danske og tyske landanlæg. Det vil sige, at jernbanen mellem Ringsted - Lübeck ikke er elektrificeret eller anlagt med dobbeltspor, at der ikke er sket en opgradering af vejforbindelsen hen over Fehmarn frem til Heiligenhafen, og at der ikke er sket en opgradering af motorvej E47 på Lolland.

Færgetrafikken mellem Rødbyhavn - Puttgarden tager udgangspunkt i 2011-tal, med en årsbasis på ca. 38.000 overfarter.

5.1.2 Scenarier for delprojekter (landanlæg)

Det samlede kyst-kyst projekt består i henhold til traktaten mellem Kongeriget Danmark og Forbundsrepublikken Tyskland om en fast forbindelse over Femern Bælt af 3. september 2008 foruden Femern Bælt-forbindelsen af følgende fire delprojekter:

- Elektrificering af jernbanen mellem Ringsted og Rødby og udbygning af jernbanestrækningen mellem Vordingborg og Rødby til dobbeltspor (undtagen på Storstrømsbroen)
- Nødvendige opgraderinger og miljømæssige forbedringer af den eksisterende motorvej på strækningen mellem Saksøbing og Rødbyhavn
- Udbygning af vejforbindelsen mellem Puttgarden og Heiligenhafen til firesporet hovedvej
- Elektrificering af jernbanestrækningen mellem Puttgarden og Lübeck og udbygning af jernbanestrækningen mellem Puttgarden og Bad Schwartau til dobbeltspor (senest syv år efter åbningen af kyst-kyst projektet) (Fehmarnsund-broen forbliver enkeltsporet)

Nedenfor gennemgås sammenhængen mellem delprojekterne.

Landanlæg, vej

Hvis ét af vejprojekterne i enten Danmark eller Tyskland (eller eventuelt begge) ikke realiseres, vurderes det ikke at få indflydelse på den forventede trafik på kyst-kyst projektet, idet det forudsættes, at det forventede trafikspring som følge af kyst-kyst projektet kan rummes på de eksisterende vejanlæg i Danmark og Tyskland.

En ikke-etablering af vejprojekterne forudsætter således ikke at medføre ændringer for vejtrafikken, og der forventes derfor heller ikke ændrede transportrelaterede miljøpåvirkninger.

Landanlæg, bane

Hvis ét af elektrificeringsarbejderne i enten Danmark eller Tyskland (eller eventuelt begge) ikke realiseres, vil jernbanestrækningen mellem Ringsted og Lübeck ikke blive fuldt elektrificeret.

Da gods, som fragtes via jernbane, i resten af Europa, transporteres via elektrificerede tog, forudsættes det derfor, at Femern Bælt-forbindelsen ikke vil blive anvendt til godstrafik.

Som konsekvens heraf må det forventes, at jernbanegodstrafikken ikke vil blive ledt over Femern Bælt, men som i dag over Storebæltsforbindelsen. Det vil betyde, at godstransportstrækningen mellem eksempelvis København og Hamborg ikke reduceres med ca. 160 km, og at den tilknyttede CO₂-reduktion ikke realiseres. Samtidig vil fraværet af godstransport på jernbanen fra Ringsted til Rødbyhavn medføre lavere påvirkning af støj end en fuldt udbygget Femern Bælt-forbindelse.

En udeladelse af at etablere dobbeltspor har umiddelbart betydning for strækningens maksimale kapacitet, men set i sammenhæng med, at godstrafikken forventes ledt over Storebælt på grund af den manglende elektrificering, vil den nuværende kapacitet være tilstrækkelig til, at den forventede trafik på ca. 40 daglige passagertog over Femern Bælt-forbindelsen kan afvikles.

Passagertogtrafikens trafikrelaterede påvirkninger vurderes således uændrede i forhold til det fuldt udbyggede kyst-kyst projekt bortset fra dieseldriftens potentielle forøgelse af lokale udledninger i forhold til el-drift samt dieseldriftens ændrede støjbillede.

5.2 ALTERNATIVE LØSNINGER FOR PROJEKTET FOR EN SÆNKETUNNEL

5.2.1 Projektets korridor og linjeføring

Som det er præsenteret i Femern A/S' Scoping-rapport (VVM Scoping-rapport, 2010) følger den fysiske planlægning af kyst-kyst projektet i overvejende grad tyske regler og procedurer for planlægning af motorveje og jernbaneanlæg.

Femern A/S har i henhold til den tyske planlovgivning (Merkblatt zur Umweltverträglichkeitsstudie in der Strassenplanung MUVS 2001, Richtlinien für die Erstellung von Umweltverträglichkeitsstudien im Strassenbau RUVS-Entwurf 2008) på et tidligt planlægningsstadium udpeget en projektkorridor for kyst-kyst projektet. Projektkorridoren er udpeget på baggrund af en vurdering af undersøgelsesområdets miljømæssige betydning – en såkaldt miljøfølsomhedsanalyse (Raumwiderstandsanalyse).

Denne fremgangsmåde har til formål at sikre, at det allerede fra starten af et projekt bliver afgjort, om projektet kan gennemføres og i givet fald, hvilke overordnede betingelser og miljøkonflikter der eventuelt måtte være.

På baggrund af miljøfølsomhedsanalysen samt anlægstekniske og sikkerhedsmæssige overvejelser har Femern A/S udpeget den mest hensigtsmæssige linjeføring. Udpegningen er sket efter en såkaldt linjeføringsanalyse (Erläuterungsbericht zur Linienfindung).

Grundlaget for udpegningen af linjeføringer har været:

- Traktat af 3. september 2008 mellem Kongeriget Danmark og Forbundsrepublikken Tyskland om en fast forbindelse over Femern Bælt
- Lov om projektering af fast forbindelse over Femern Bælt med tilhørende landanlæg i Danmark (lov nr. 285 af 15. april 2009)
- Kommuneplan 2010 - 2022 (Lolland Kommune, 2011), hvori der på dansk side er udlagt en arealreservation til den faste forbindelse øst for Rødbyhavn (figur 5.1)
- Det i Scoping-rapporten angivne undersøgelsesområde, hvor de detaljerede miljøundersøgelser er udført
- Eksisterende oplysninger om området samt indledende miljøundersøgelser (landskab, natur og kulturarv), som er foretaget af Femern A/S fra april 2009

I det følgende redegøres for resultaterne af miljøfølsomhedsanalysen og linjeføringsanalysen under ét.

FIGUR 5.1 Udlagt arealreservation i Lolland Kommunes Kommuneplan 2010 - 2022



Grundkort: © Kort & Matrikelstyrelsen

Fastlæggelse af projektkorridor

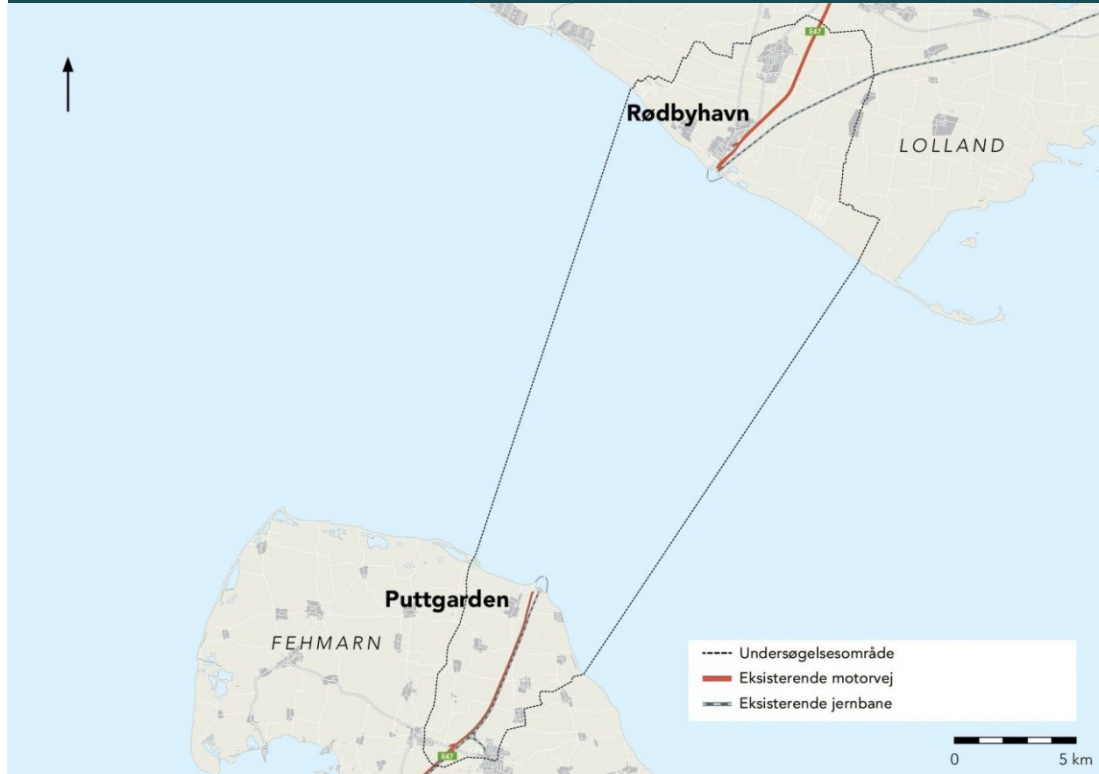
Miljøfølsomhedsanalysen har til formål på et tidligt stadie i planlægningen at identificere den projektkorridor for kyst-kyst projektet, der har mindst mulig virkning på miljøet.

Afgrænsning og metode

Miljøfølsomhedsanalysen er gennemført inden for et afgrænset geografisk område omkring Rødbyhavn og Puttgarden (figur 5.2) og er baseret på eksisterende viden. Som beskrevet i kapitel 10 Eksisterende miljømæssige forhold har Femern A/S gennemført et stort antal miljøundersøgelser med henblik på at kortlægge eksisterende forhold. Resultaterne heraf bekræfter den eksisterende viden, som miljøfølsomhedsanalysen er baseret på.

Projektkorridorer, der ligger uden for det afgrænsede område, er vurderet som ikke-hensigtsmæssige, da det vil medføre en længere forbindelse over Femern Bælt, ligesom det vil medføre etablering af større vej- og jernbaneanlæg på land for at etablere forbindelse til det eksisterende vej- og jernbanenet.

FIGUR 5.2 Undersøgelsesområde for projektkorridor og linjeføring



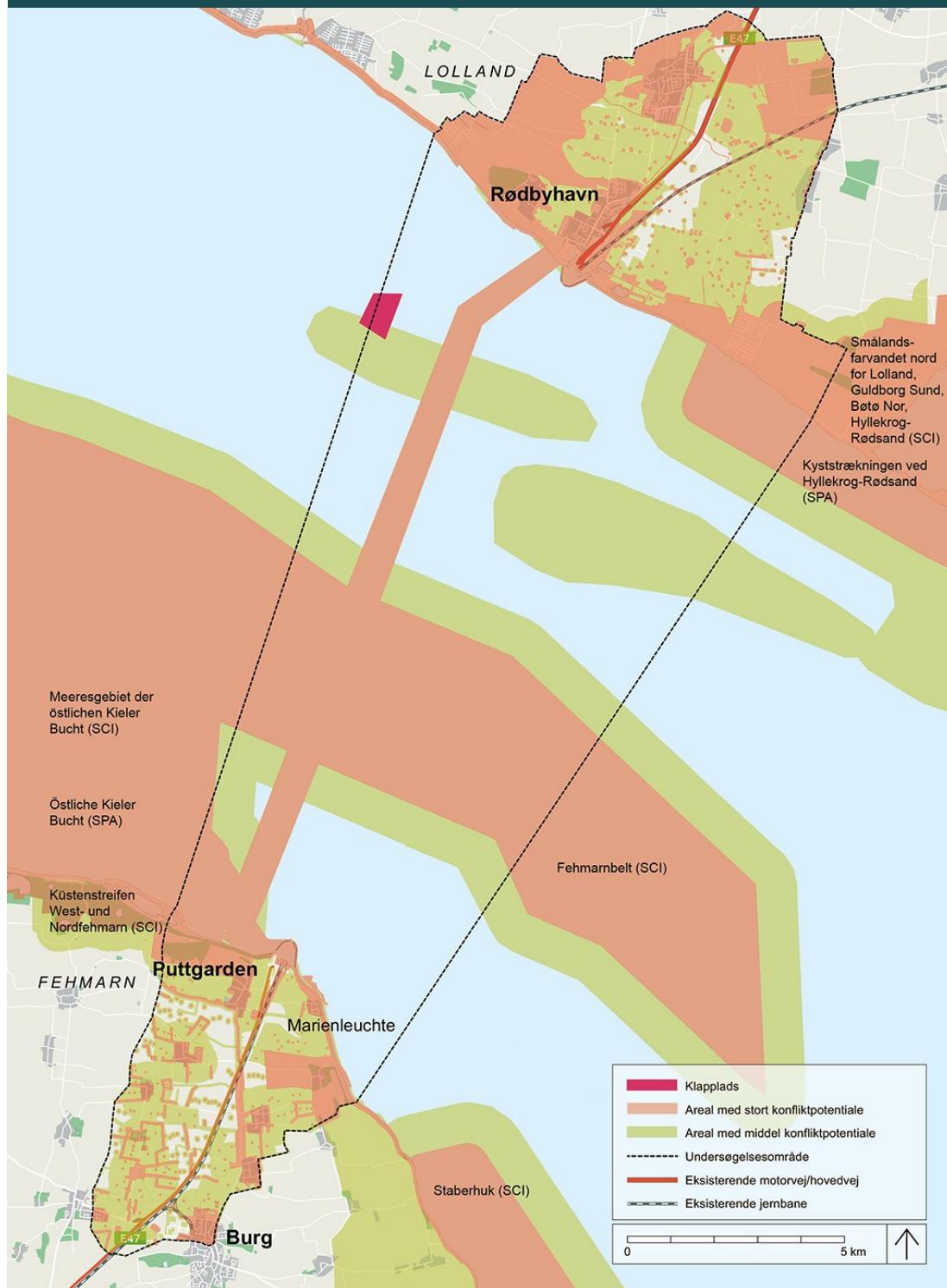
I analysen er undersøgelsesområdet inddelt i arealer med forskellig følsomhed, forstået som forskelligt konfliktniveau mellem en fast forbindelse og miljømæssige interesser. Arealernes følsomhed er inddelt i tre kategorier: Stort, middel og lille konfliktpotentiale.

Følsomheden vurderes for miljøfaktorerne: Landskab, jordbund, befolkning, plante- og dyreliv, kulturarv, materielle goder, overflade- og grundvand samt luft. I vurderingen af følsomheden indgår såvel planmæssige bindinger, som materielle værdier såsom pumpestationer, vindmøller og lignende.

Eksempelvis vil et areal, der er en del af et Natura 2000-område, blive klassificeret som et areal med stort konfliktpotentiale alene ud fra områdets beskyttelsesstatus. Rundt om Natura 2000-områder er der i miljøfølsomhedsanalysen udlagt bufferzoner. Disse zoner klassificeres som arealer med middel konfliktpotentiale.

Arealernes følsomhed er illustreret i figur 5.3. Arealer, som er vurderet til at have stort konfliktpotentiale, er markeret med rød farve, og arealer med middel konfliktpotentiale er markeret med grøn farve. Øvrige arealer er vurderet til at have lille konfliktpotentiale.

FIGUR 5.3 Arealernes konfliktpotentiale inden for undersøgelsesområdet



Note: Røde og grønne arealer illustrerer arealer, hvor der er et stort henholdsvis middel konfliktpotentiale mellem kyst-kyst projektet og miljømæssige interesser, det vil sige arealer, hvor kyst-kyst projektet vil føre til relativt større, negative virkninger. I øvrige områder er der lille konfliktpotentiale.

Identifikation af projektkorridorer

På baggrund af identifikationen af arealernes konfliktpotentiale inden for undersøgelsesområdet er den projektkorridor, som har mindst konfliktpotentiale, udpeget.

I analysen er der set på områderne: Det marine område (M), Lolland (L) og Fehmarn (F) hver for sig for til sidst at foretage en sammenfattende konklusion.

Indledningsvist er der foretaget følgende prioriteringer, der har relevans for projektkorridorens mulige omfang:

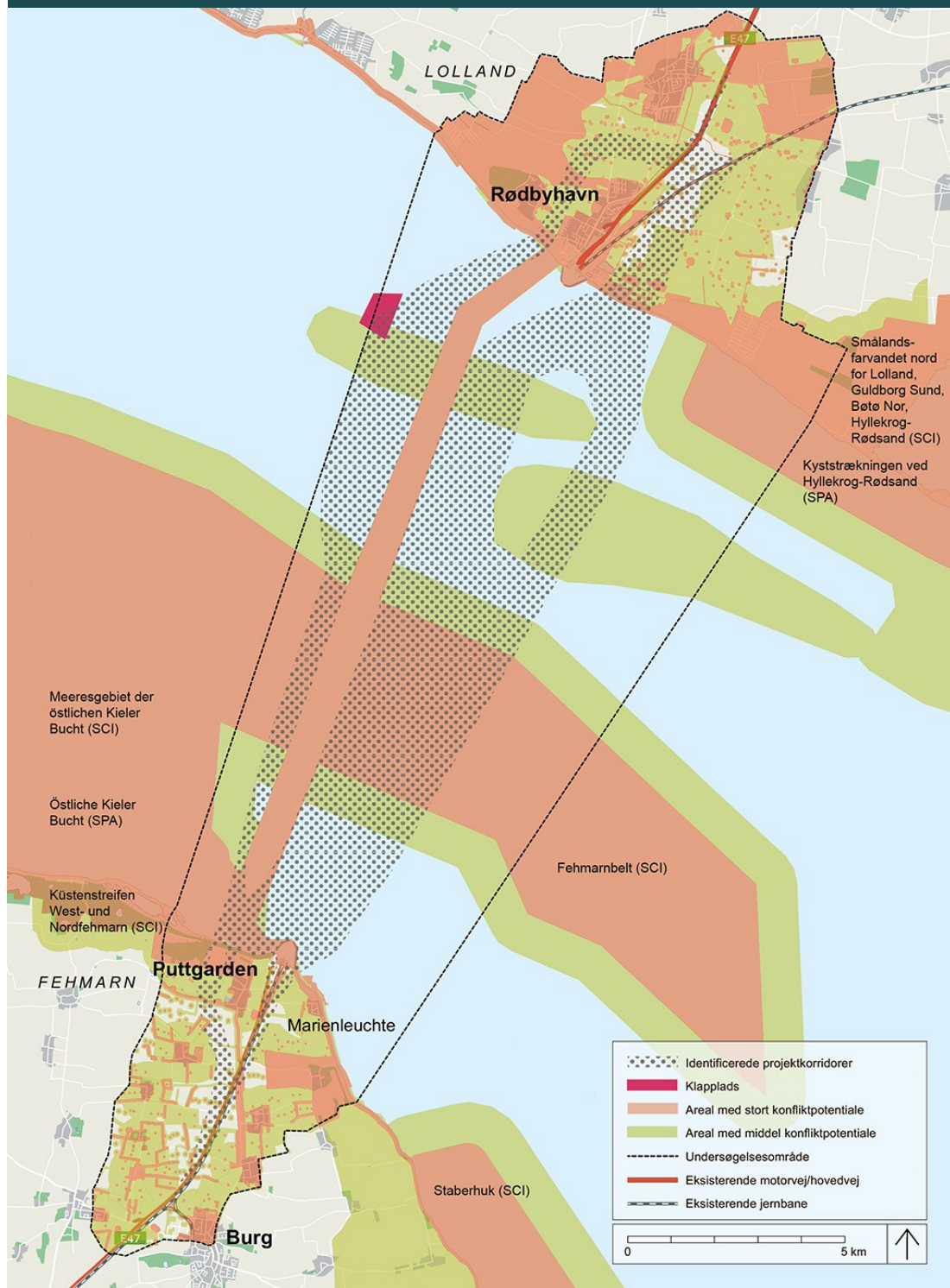
For det første er det forudsat, at projektkorridoren skal gå uden om de centrale dele af færgefaciliteterne ved henholdsvis Rødbyhavn og Puttgarden, da færgeforbindelsen skal kunne være i drift i anlægs- og driftsfasen for kyst-kyst projektet. I begrænset omfang er der inkluderet områder i periferien som f.eks. parkeringsområder, arealer til oplag af varer mv.

For det andet er det forudsat, at projektkorridoren skal gå uden om et større søkabel, som ligger i havbunden mellem Rødbyhavn havn og Puttgarden havn. Som følge heraf er projektkorridoren opdelt i en vestlig og en østlig korridor.

For det tredje er projektkorridorer, der vil medføre en markant længere forbindelse, fravalgt.

I figur 5.4 er projektkorridorerne illustreret med prikker.

FIGUR 5.4 Identificerede projektkorridorer for kyst-kyst projektet



Korridorer i det marine område

Med udgangspunkt i søkablets placering kan der i det marine område identificeres en vestlig korridor og en østlig korridor (figur 5.4).

Den østlige korridor er i sin geografiske udbredelse mod vest afgrænset af søkablet og mod øst af, at der på dansk side er lagt en bufferzone i forhold til Natura 2000-området Smålandsfarvandet nord for Lolland, Guldborgsund, Bøtø Nor, Hyllekrog-Rødsand (Sites of Community Interest (SCI)) samt kyststrækningen ved Hyllekrog-Rødsand (Special Protection Areas (SPA)).

På tysk side er afgrænsningen fastlagt ud fra, at kystområdet øst for Puttgarden, der i henhold til den tyske naturbeskyttelseslov, har en høj miljømæssig beskyttelsesstatus.

Den vestlige korridor afgrænses mod øst af søkablet. Mod vest afgrænses korridoren på tysk side i forhold til Natura 2000-områderne Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht (SCI) og Östliche Kieler Bucht (SPA), der er placeret umiddelbart ud for kysten.

På det marine område er der identificeret følgende miljømæssige konfliktpunkter:

Ca. 1 km ud for Lollands kyst er der identificeret et område med sandbølger, som har en geomorfologi, der skiller sig ud fra den generelle havbund i Femern Bælt. Sandbølgerne er i miljøfølsomhedsanalysen kategoriseret som middel konfliktpotentiale som følge af deres beskyttelsesstatus i henhold til tysk lovgivning og ikke på grund af deres økologiske funktionalitet. Sandbølgerne har ikke en særlig beskyttelsesstatus i danske farvande. Både den vestlige og den østlige korridor går gennem området med sandbølger, men af hensyn til at reducere påvirkningen af området med sandbølger er den østlige korridor i det pågældende område delt i to.

På tysk side og midt i Femern Bælt passerer begge korridorer det tyske Natura 2000-område Fehmarnbelt (SCI). Herefter passerer den østlige korridor kun områder med mindre konfliktpotentiale end den vestlige korridor, som frem mod Fehmarn primært passerer områder med stort eller middel konfliktpotentiale.

Den vestlige korridor er i den tyske del af Femern Bælt reduceret i bredden til ca. 500 m med henblik på at friholde så stor en del af arealet, som grænser op til de kystnære tyske Natura 2000-områder, som muligt. Det gælder områderne Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht (SCI), Östliche Kieler Bucht (SPA) og Küstenstrifen West- und Nordfehmarn (SCI).

På det marine område er der generelt kun mindre forskelle mellem de identificerede korridorer, dog har den østlige korridor mindre konfliktpotentiale end den vestlige korridor særligt ud for kysten ved Fehmarn, hvor den vestlige korridor grænser op til flere Natura 2000-områder.

Korridorer på Lolland

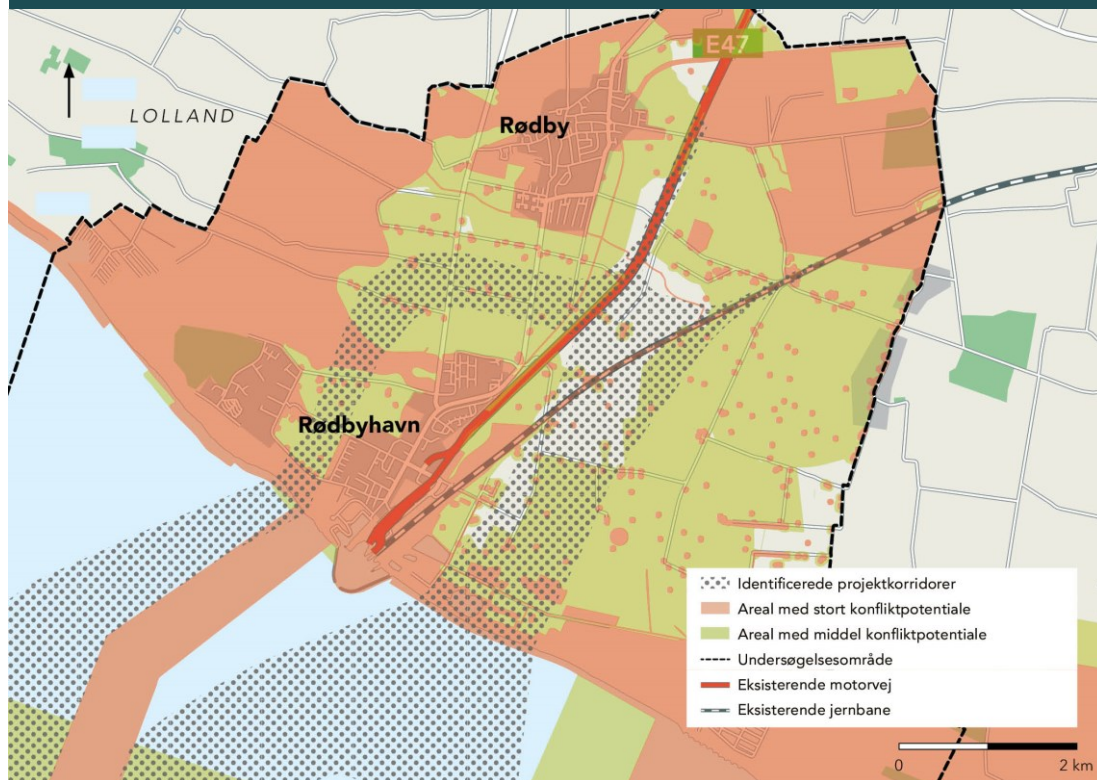
På Lolland er der identificeret to korridorer, en vestlig og en østlig korridor (figur 5.5).

Den vestlige korridor passerer kysten mellem Rødbyhavn og Lalandia i en afstand af ca. 200 - 500 m til bebyggelserne i henholdsvis Rødbyhavn og Lalandia. Et par km fra Rødbyhavn drejer den mod øst, hvor den passerer mellem Rødbyhavn og Rødby i en afstand af ca. 500 m til begge beboelsesområder. Ved eksisterende motorvej drejer korridoren mod nordøst frem til tilslutningen til det eksisterende vej- og jernbanenet.

Den østlige korridor er ca. 1 km bred og forløber i en lige linje frem mod tilslutningen til eksisterende motorvej og jernbane.

På Lolland er områderne med størst konfliktpotentiale primært beboelsesområderne ved Rødby og Rødbyhavn, feriecenteret Lalandia og sommerhusområderne ved henholdsvis Bredfjed og Hyldtofte Østersøbad. Alle områder med undtagelse af sidstnævnte område vil have størst påvirkning fra en vestlig korridor.

FIGUR 5.5 Identificerede projektkorridorer – Lolland



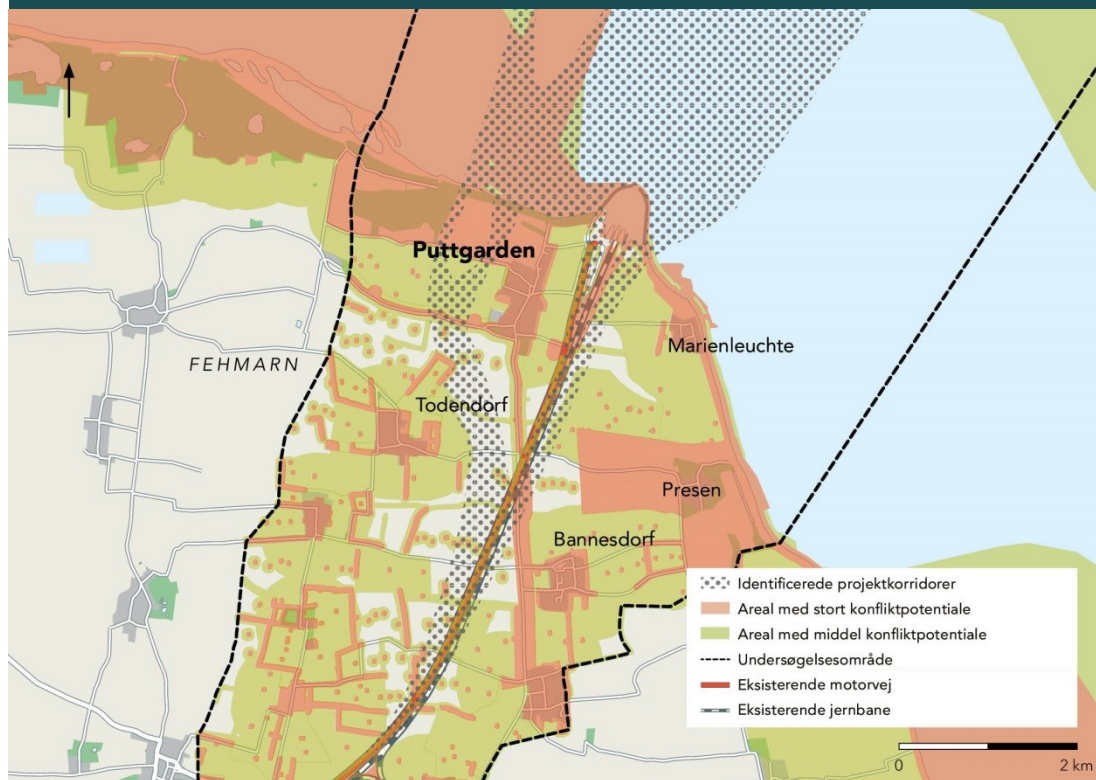
I kystområdet berører begge korridorer følsomme områder i forbindelse med diget og området bag diget. Området bag diget består af rekreative områder og levesteder for dyr og planter samt områder med landskabelige og kulturelle værdier. Der er også mindre enkeltstående § 3-områder og ejendomme i det åbne land. En detaljeret beskrivelse af de eksisterende forhold på Lolland kan findes i afsnit 10.2 Lolland.

Analysen viser, at på Lolland har en østlig korridor mindre konfliktpotentiale end en vestlig korridor.

Korridorer på Fehmarn

På Fehmarn er der identificeret tre korridorer: En korridor umiddelbart øst for Puttgarden havn, en korridor umiddelbart vest for Puttgarden havn og en korridor længere mod vest (figur 5.6).

FIGUR 5.6 Identificerede projektkorridorer – Fehmarn



På Fehmarn er de områder, som har størst konfliktpotentiale beboelsesområderne Puttgarden, Todendorf, Hinrichsdorf (vest for eksisterende vej- og jernbanenet) og Presen (øst for eksisterende vej- og jernbanenet), den nordlige kyst (vest for Puttgarden havn) med beskyttede naturområder samt kystområdet (både øst og vest for Puttgarden havn) med strande og diger.

Korridoren, som ligger umiddelbart vest for havnen ved Puttgarden, løber langs med havnens arealer og med dennes forbindelse til det eksisterende tyske vej- og jernbanenet. I kystområdet berører korridoren et område med stort eller middel konfliktpotentiale, bl.a. havnefaciliteter, en gård og et hotel. Ved Puttgarden passerer korridoren endvidere beboelsesområder. Efter Puttgarden forløber korridoren igennem områder med lille konfliktpotentiale.

Korridoren, som ligger længere vest for Puttgarden havn, er fra kysten og ca. 1 km ind i landet delt i to. Korridoren passerer fra kysten og ca. 2 km ind i landet i områder, som har stor eller middel konfliktpotentiale, bl.a. bufferzonen til Natura 2000-området *Kustenstreifen West- und Nordfehmarn* (SCI) og et strandengsområde. Både bufferzonen til Natura 2000-området og strandengsområdet har stor vigtighed for flora og fauna samt som rekreativt område. Dernæst passerer korridoren vest om beboelsen i Puttgarden.

Korridoren, som ligger umiddelbart øst for Puttgarden havn, følger det eksisterende vej- og jernbanenet. I kystområdet berører korridoren et område med stort eller middel konfliktpotentiale, bl.a. havnefaciliteter, stranden og strandengen med to mindre vandhuller. Herefter passerer korridoren områder med lille konfliktpotentiale. En deltaljeret beskrivelse af de eksisterende forhold på Fehmarn kan findes i afsnit 10.3 Fehmarn.

Den østlige korridor er den af de tre korridorer, som passerer færrest områder med stort eller middel konfliktpotentiale.

Sammenfatning - den foretrukne projektkorridor

På baggrund af miljøfølsomhedsanalysen vurderes den østlige korridor til at være den mest hensigtsmæssige projektkorridor med hensyn til grad af virkninger på miljøet.

På Lolland er den østlige korridor mest hensigtsmæssig som følge af, at den østlige korridor i modsætning til den vestlige korridor ikke berører byområderne Rødbyhavn og Rødby samt feriecenteret Lalandia. I den østlige korridor vil der primært ske en påvirkning på biologiske interesser, der dog vurderes at kunne afværges ved erstatning af de påvirkede biologiske interesser. Den østlige korridor er også i overensstemmelse med gældende planforhold på Lolland, jf. Kommuneplan 2010 - 2022 (Lolland Kommune, 2011).

På Fehmarn er den østlige korridor ligeledes mest hensigtsmæssig som følge af, at den østlige korridor i større grad følger det eksisterende vej- og jernbanenet og, i modsætning til de vestlige korridorer, ikke berører beboelsesområderne vest for vej- og jernbanenettet og den nordlige kyst med beskyttede naturområder.

Resultatet af miljøfølsomhedsanalysen blev offentliggjort i december 2010.

Fastlæggelse af linjeføring

Fastlæggelse af linjeføringen for kyst-kyst projektet er sket gennem en linjeføringsanalyse, der ligeledes følger tysk praksis og metode.

Formålet med linjeføringsanalysen er at finde den mest hensigtsmæssige placering af kyst-kyst projektet set ud fra både tekniske, miljømæssige, byggeologiske og sikkerhedsmæssige kriterier.

Linjeføringsanalysen er gennemført inden for samme undersøgelsesområde som miljøfølsomhedsanalysen (figur 5.2). De miljøfaglige argumenter i miljøfølsomhedsanalysen er brugt i linjeføringsanalysen.

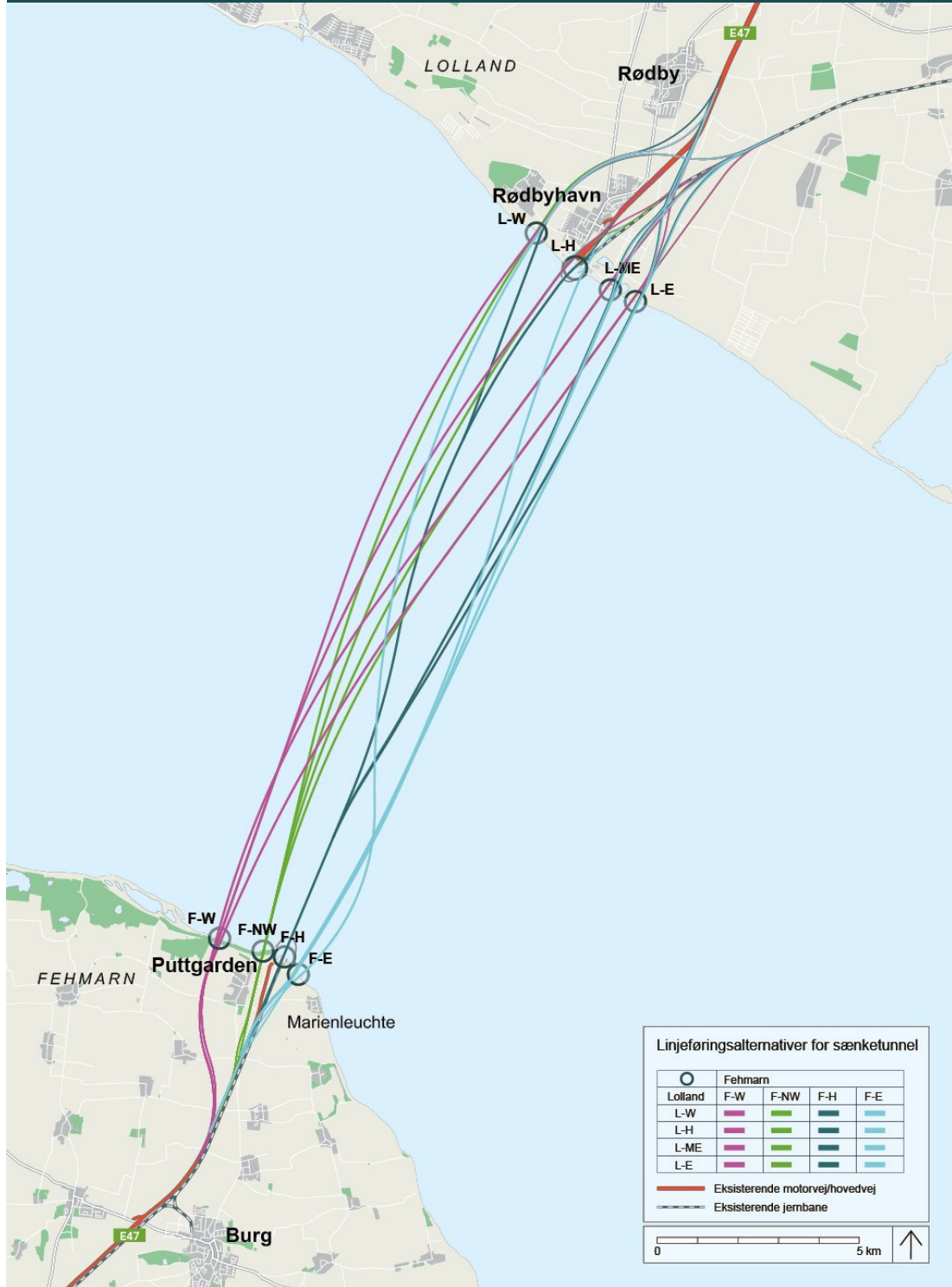
Linjeføringsanalysen er ligesom miljøfølsomhedsanalysen gennemført i en tidlig fase af projektet og baseret på eksisterende viden. Den efterfølgende projektdetaljering samt beslutning om placering af en tunnelelementfabrik på Lolland i umiddelbar tilknytning til linjeføringen har understøttet valget af linjeføring.

Identifikation af linjeføringsalternativer

Med udgangspunkt i de to identificerede korridorer (en østlig og en vestlig korridor) er der identificeret fire ilandføringspunkter på henholdsvis Lolland og Fehmarn.

Det giver 16 forskellige kombinationer af linjeføringsalternativer (figur 5.7).

FIGUR 5.7 Linjeføringsalternativer – sænketunnel



Udpegningen af linjeføring for kyst-kyst projektet er baseret på følgende begrænsninger:

- Færgedriften mellem Rødbyhavn og Puttgarden skal kunne opretholdes i anlægsfasen for kyst-kyst projektet
- Søkablet, som ligger under havbunden mellem Lolland og Fehmarn vest for de to færgehavne, må ikke blive påvirket

På baggrund af ovenstående begrænsninger er linjeføringer, som helt eller delvist gør brug af havnearealerne i Rødbyhavn havn og Puttgarden havn fravalgt, det vil sige linjeføringsalternativer, som har ilandføringspunkt enten ved Rødbyhavn havn (L-H) eller Puttgarden havn (F-H).

Derudover er de linjeføringer, som påvirker søkabelet fravalgt, det vil sige linjeføringer, som har ilandføringspunkt vest for Rødbyhavn (L-W) eller vest for Puttgarden havn (F-W).

Som følge af at den vestlige projektkorridor ud fra en miljømæssig vurdering er mindre hensigtsmæssig end den østlige projektkorridor, er de vestlige linjeføringsalternativer fravalgt. Antallet af linjeføringsalternativer er således reduceret til to.

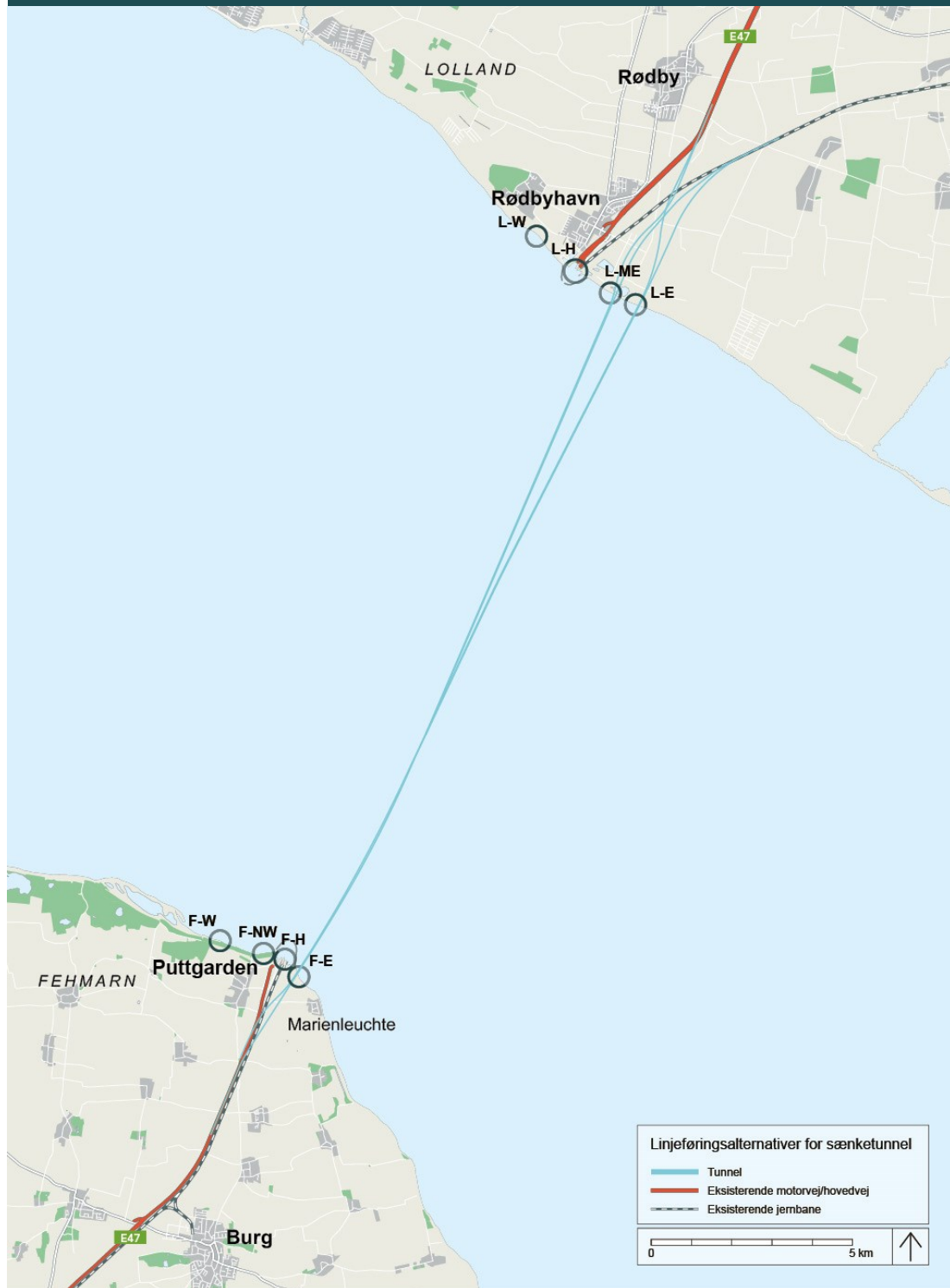
Grundet ellers teknisk vanskeligere forhold er det hensigtsmæssigt, at linjeføringen for sænketunnelen er forholdsvis retlinet. Dette bevirker, at tunnelen med de østlige ilandføringspunkter vil ramme igennem området i den danske del af Femern Bælt, der i miljøfølsomhedsanalysen ellers er fravalgt. Da sandbølger ikke har en særlig beskyttelsesstatus i Danmark, er hensynet til interesser på land for ilandføringspunkterne vægtet højere.

TABEL 5.2 Linjeføringsalternativer – sænketunnel

Lolland Fehmarn	L-W	L-H	L-ME	L-E
F-W	W-W	W-H	W-ME	W-E
F-NW	NW-W	NW-H	NW-ME	NW-E
F-H	H-W	H-H	H-ME	H-E
F-E	E-W	E-H	E-ME	E-E

De resterende to linjeføringsalternativer er illustreret i figur 5.8.

FIGUR 5.8 Resterende to linjeføringsalternativer – sænketunnel



De to linjeføringsalternativer er sammenlignet på baggrund af en vurdering af tekniske og miljømæssige fordele og ulemper.

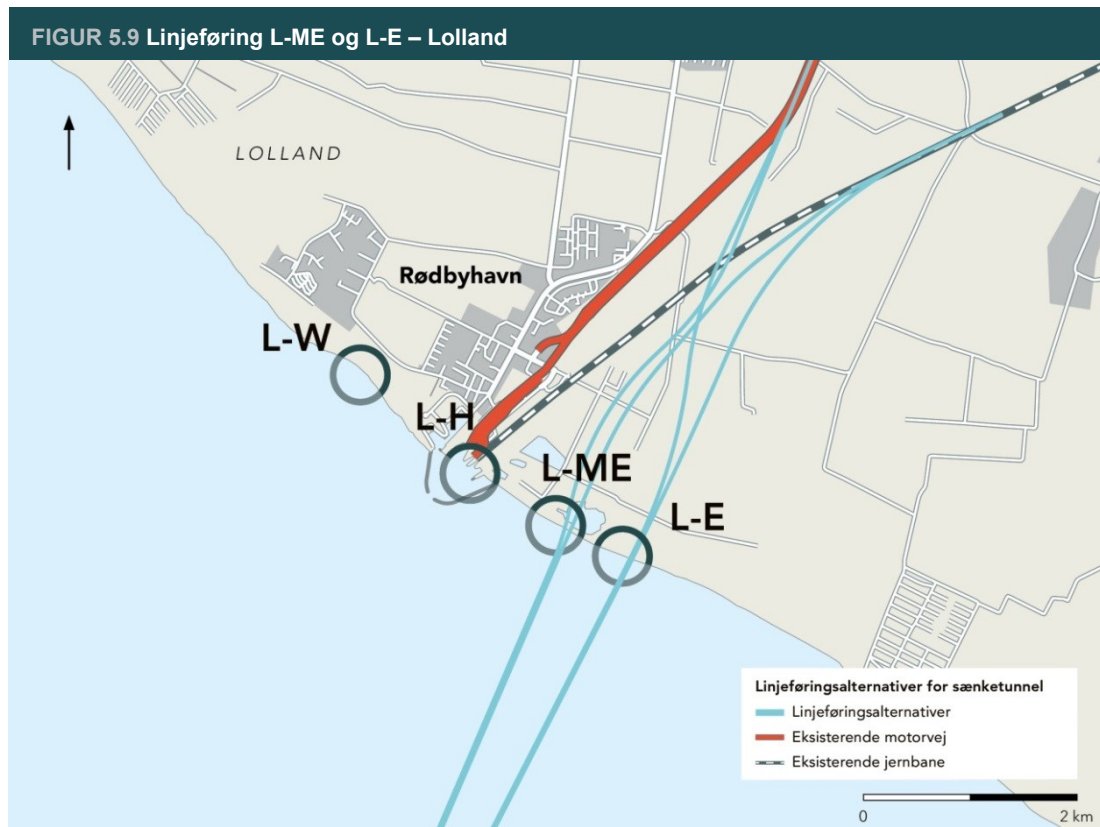
Som følge af at de to linjeføringsalternativer har samme ilandføringspunkt på Fehmarn, vedrører sammenligningen alene Lolland.

Fastlæggelse af linjeføring

De to linjeføringsalternativer:

- L-ME: Linjeføring gående fra ca. 1 km øst for Rødbyhavn havn til umiddelbart øst for Puttgarden havn
- L-E: Linjeføring gående fra ca. 1,5 km øst for Rødbyhavn havn til umiddelbart øst for Puttgarden havn

I figur 5.9 illustreres L-ME og L-E på Lolland.



Linjeføring L-ME

L-ME's ilandføringspunkt på Lolland er ca. 1 km fra det eksisterende havneanlæg og ca. 3 km fra Hyldtofte Østersøbad og det tilstødende sommerhusområde.

Fra ilandføringspunktet deles linjeføringen for motorvej og jernbane. Vej og bane forløber tæt op ad hinanden ca. 2,5 km, hvorefter motorvejen drejer mod nord frem mod tilslutningen til den eksisterende motorvej, og baneforbindelsen drejer mod nordøst frem mod tilslutningen til den eksisterende jernbane. Tilslutning til eksisterende motorvej og jernbane sker ca. 5 km fra kysten.

Sammenlignet med L-E påvirker L-ME primært Strandholm Sø, som er beskyttet efter naturbeskyttelseslovens § 3 mod tilstandsændringer. Søen blev anlagt i forbindelse med opførelse af diget, og er en kunstig sø. Søen har både rekreativ og miljømæssig betydning. Strandholm Sø er i vandplanen målsat med god tilstand og et klorofylmål, der ligger under den højeste værdi for grænsen mellem god/moderat tilstand, da den allerede opfylder dette mål.

Erstatningsnatur forventes dog på længere sigt at kunne opveje for den tabte natur.

Med linjeføringsalternativet L-ME opnås en teknisk mindre vanskelig linjeføring som følge af, at den giver en blødere s-kurve fra ilandføringspunktet til tilslutningen til eksisterende bane end L-E, hvilket har betydning for komforten på jernbaneforbindelsen.

Den 1. juni 2011 tiltrådte forligspartierne bag den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst) Femern A/S' indstilling om at placere produktionen af tunnelelementer ved Rødbyhavn.

Produktionsanlægget forventes at dække et areal på ca. 187 ha på land og vil skulle placeres på land ud for kysten for, at tunnelelementerne kan bugseres flydende til tunnelrenden i Femern Bælt.

Med linjeføringsalternativet L-ME opnår produktionsanlægget ved Rødbyhavn den teknisk og miljømæssigt mest optimale placering umiddelbart øst for L-ME's ilandføringspunkt, hvor afstanden til både sommerhusområdet ved Hyltofte Søbad og Rødbyhavn minimerer lys- og lydgener fra produktionsanlægget. Endvidere friholdes § 3-områder med en større population af den i Danmark rødlistede bakkegøgelilje. Den nærmere placering af produktionsanlægget er beskrevet og illustreret i kapitel 4 Sænketunnel – beskrivelse af den tekniske løsning.

L-ME's ilandføringspunkt på Fehmarn er umiddelbart øst for Puttgarden havn.

Fra ilandføringspunktet på Fehmarn deles linjeføringen for motorvej og jernbane. Både motorvej og jernbane forløber tæt op ad eksisterende motorvej og jernbane (op til 400 m fra eksisterende anlæg). Motorvejen er placeret længst mod vest og krydser eksisterende jernbane ca. 2 km fra kysten via en bro, som etableres som en del af kyst-kyst projektet. Både motorvej og jernbane kobles til eksisterende vej og bane ca. 3,5 km fra kysten.

Ilandføringspunktet sikrer mulighed for opretholdelse af havnens aktiviteter og samtidig størst mulig afstand til beboelsesområderne i både Puttgarden og Marienleuchte.

Linjeføring L-E

L-E's ilandføringspunkt på Lolland er ca. 1,5 km fra det eksisterende havneanlæg og ca. 2,5 km fra Hyltofte Østersøbad og det tilstødende sommerhusområde.

Efter ilandføringspunktet deles linjeføringen for motorvej og jernbane. Vej og bane forløber tæt op ad hinanden ca. 1 km, hvorefter motorvejen drejer mod nord frem mod tilslutningen til den eksisterende motorvej, og baneforbindelsen drejer mod nordøst frem mod tilslutningen til den eksisterende jernbane. Tilslutning til eksisterende motorvej og jernbane sker ca. 5 km fra kysten.

L-E ilandføres længere fra tilslutningen til eksisterende motorvej end L-ME, hvorfor det påvirkede areal (footprint) er større for L-E end for L-ME. L-E ilandføres endvidere længere øst for eksisterende motorvej end L-ME, hvilket medfører en større opsplittning af landskabet (flere overskæringer af jordlodder) og efterlader et større areal mellem den faste forbindelse og Rødbyhavn havn, som vil være isoleret og dermed have begrænsede anvendelsesmuligheder.

Med beslutning om at placere produktionsanlægget ved Rødbyhavn er L-E både teknisk en mere vanskelig og miljømæssigt en mindre hensigtsmæssig løsning end L-ME. Det skyldes dels, at der ikke vil være plads til det samlede produktionsanlæg hverken øst eller vest for linjeføringen, dels at produktionsanlægget enten vil blive placeret tættere på Hyltofte Søbad eller Rødbyhavn til større gene for befolkningen.

L-E's ilandføringspunkt på Fehmarn er det samme, som beskrevet for linjeføring L-ME.

Den miljøfaglige sammenligning af L-ME og L-E er opsummeret i tabel 5.3.

TABEL 5.3 Vurdering af linjeføring L-ME og L-E i forhold til miljøkriterier - Lolland

Tunnel	L-ME	L-E
Mennesker	Krydser dige med rekreativ sti. Berører område med rekreative interesser (bl.a. Strandholm Sø). Tæt på Rødbyhavn.	Krydser dige med rekreativ sti. Berører relativt mindre område med rekreative interesser. Relativt længere fra Rødbyhavn.
Flora og fauna	Krydser dige. Krydser den § 3-beskyttede Strandholm Sø, hvor der er observeret rødrygget tornskade og rørhøg. Berører et område med § 3-beskyttet strandeng. Berører område, L-014, med to rødlistede billearter, lille korsløber og smalbrystet hedeløber. Berører vådområde, L-16, med stor værdi for springfrø og grønbroget tudse (bilag IV) samt den rødlistede atlingand.	Krydser dige. Berører områder med § 3-beskyttet strandeng. Berører vådområde, L-16, med stor værdi for springfrø og grønbroget tudse (bilag IV) samt den rødlistede atlingand.
Jord	Krydser lavtliggende område ved kysten.	Krydser lavtliggende område ved kysten. Længere linjeføring.
Vand	Krydser Strandholm Sø, der er § 3-beskyttet. Krydser to vandløb (Kirkenorsløbet, der har høj biologisk værdi og Næsbæk, der har middel biologisk værdi).	Krydser to vandløb (Kirkenorsløbet, der har høj biologisk værdi og Næsbæk, der har middel biologisk værdi). Krydser pumpestation.
Landskab	Krydser kystbeskyttelseslinjen. Tættere på eksisterende transportinfrastruktur og derfor mindre opsplitning af landskabet.	Krydser kystbeskyttelseslinjen. Placeret lidt længere fra eksisterende infrastruktur og derfor større opsplitning af landskabet.
Kulturarv og materielle goder	Krydser gammelt indvindingsområde og dige.	Krydser gammelt indvindingsområde og dige. Berører område med arkæologisk kulturarv. Krydser pumpestation.

Den miljøfaglige sammenligning af L-ME og L-E, når man alene sammenligner de to linjeføringsalternativer og ikke vurderer placering af produktionsanlæg viser, at det ene linjeføringsalternativ ikke har en fordel i forhold til det andet.

Ud fra en teknisk vurdering har linjeføringen med ilandføringspunktet L-ME et mere optimalt forløb end linjeføringen med ilandføringspunktet L-E.

Sammenfattende har Femern A/S vurderet, at linjeføringsalternativ L-ME er den mest hensigtsmæssige linjeføring for tunnelløsningen og lagt dette til grund for de videre arbejder. Linjeføringsalternativ L-E er derfor fravalgt.

Sammenfatning

Femern A/S offentliggjorde i december 2010 resultatet af miljøfølsomhedsanalysen, hvori det konkluderes, at den østlige korridor er den projektkorridor, der samlet har færrest virkninger på miljøet. Samtidig præsenterede Femern A/S forslag til linjeføring, som ligger inden for den østlige korridor.

Det er vurderet, at erstatningsnatur på længere sigt vil kunne mere end opveje den tabte natur som følge af linjeføring L-ME.

Dertil kommer, at L-ME giver mulighed for placering af et samlet produktionsanlæg øst for linjeføringen. Hvis linjeføringen blev placeret længere mod øst, ville det betyde, at produktionsanlægget for tunnelelementer ville blive placeret tættere på sommerhusområdet ved Hyldtofte Søbad eller alternativt tættere på Rødbyhavn med potentielle gener i form af støj, støv mv. fra produktion og trafik til følge.

Efter offentliggørelse af forslag til linjeføring har det præsenterede forslag til linjeføring ligget til grund for selskabets videre arbejder og dialog med bl.a. myndigheder og lodsejere. På baggrund af denne dialog har Femern A/S optimeret linjeføringen.

I kapitel 4 redegøres nærmere for den valgte linjeføring på Lolland.

5.2.2 Projekttilpasninger

Siden det første projekt for en sænketunnel blev offentliggjort i november 2010, har Femern A/S gennemført en supplerende idéfase og afholdt en række møder med myndigheder, lodsejere og øvrige interessenter med henblik på at drøfte projektet. På den baggrund og som følge af projektoptimeringer foretaget af selskabets rådgivere er der foretaget tilpasninger af projektet på enkelte områder. Nedenfor redegøres for de væsentligste projekttilpasninger, der vedrører den danske side.

Linjeføring og lokale veje

Gennem bl.a. møder og skriftlige bemærkninger har Femern A/S modtaget synspunkter vedrørende projekteringen af linjeføringen og lokale veje på Lolland.

Justeringerne af linjeføringen tager særligt hensyn til dels bemærkninger fra SKAT og beredskabsmyndighederne om behov for større arealer i forbindelse med betalingsanlægget, dels dialog med lodsejere, og hvor der er taget højde for allerede forlods overtagede ejendomme for til gengæld at øge afstanden til andre ejendomme.

I forhold til projektet af november 2010 er der foretaget følgende ændringer:

- Motorvejen mellem betalingsanlægget og tilslutningspunktet til den eksisterende motorvej er flyttet ca. 150 m mod vest
- Østersøvej bliver nedlagt, da forbindelsens linjeføring og produktionsanlægget til tunnelelementer er beliggende i hele vejens længde
- Ny tværvej etableres fra Strandholmsvej, der giver adgang til en ny transformerstation og regnvandsbassiner, som Femern A/S etablerer i forbindelse med kyst-kyst projektet
- Ved etablering af Færgevejs krydsning af ny motorvej og jernbane flyttes Færgevej ca. 40 m mod syd og udføres på denne strækning som en bro

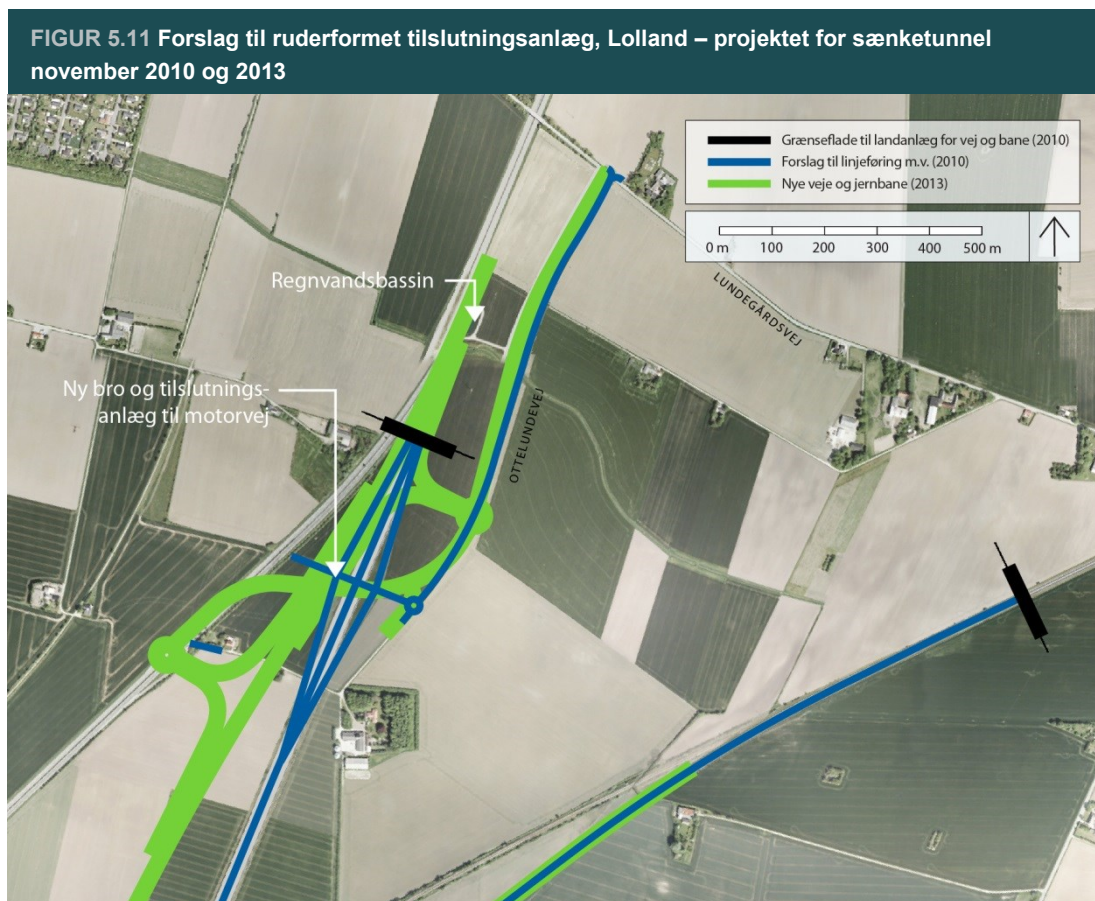
Det oprindelige linjeføringsforslag fra november 2010 og det nuværende linjeføringsforslag er illustreret i figur 5.10.

FIGUR 5.10 Forslag til linjeføringsforslag, Lolland – projektet for sænketunnel, november 2010 og 2013



Tilslutningsanlæg

I det oprindelige projekt fra 2010 er tilslutningsanlægget til den eksisterende motorvej på Lolland illustreret som et ruderformet anlæg (figur 5.11). Tilslutningsanlægget er siden ændret til et sløjfeformet anlæg (figur 5.11). Denne ændring er foretaget for at sikre en bedre trafikafvikling. Samtidig har ændringen betydning for det æstetiske udtryk, da tilslutningsanlægget i sin seneste udformning bliver lavere i forhold til det omkringliggende terræn.



Portalbygning

I forhold til projektet af november 2010 (figur 5.12), er der foretaget ændringer af portalbygningens design. Portalbygningen er gjort mindre, så afstanden mellem portalbygningen og kystlinjen ved det nye landområde bliver større. Denne ændring giver en større faunapassage syd for portalbygningen og gør portalbygningen mindre markant i landskabet (figur 5.13).

Overvågningsfaciliteterne er samtidig flyttet fra portalbygningen til området ved betalingsanlægget. Hermed er det i større grad muligt at koncentrere driftsaktiviteterne til et enkelt område.

FIGUR 5.12 Principskitse af portalbygning, Lolland – projektet for sænketunnel, november 2010



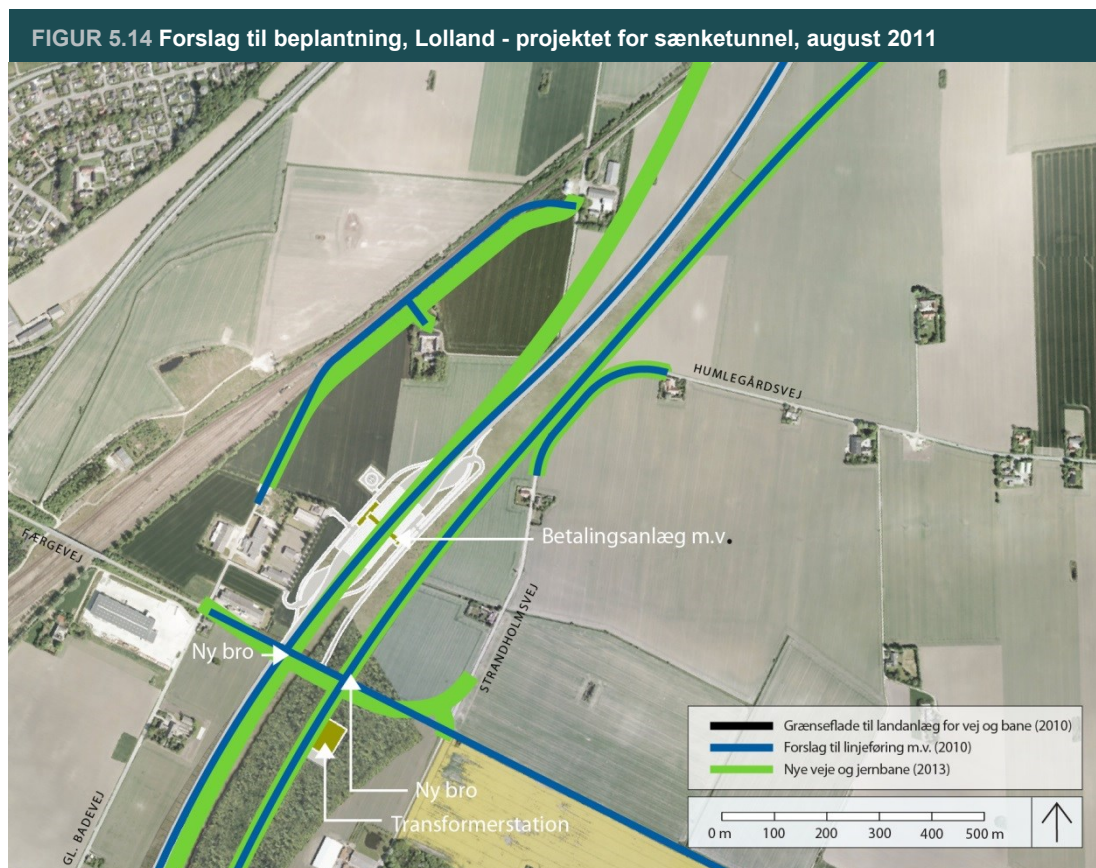
FIGUR 5.13 Portalbygning, Lolland – projektet for sænketunnel, juni 2013



Beplantningsbælte

I projektet offentliggjort i november 2010 indgik et bælte af beplantning, der er placeret umiddelbart efter ilandføringspunktet (figur 5.14).

Beplantningsområdet er blevet flyttet til området ved betalingsanlægget. Dette er hovedsagligt gjort af arkitektoniske grunde.



Landområde

I projektet fra november 2010 blev der fremlagt et forslag til et nyt landområde på Lolland, der strækker sig både øst og vest for Rødbyhavn (figur 5.15). Dette forslag indeholdt, ligesom det nuværende forslag, bl.a. områder til rekreative formål.

I forhold til det oprindelige projektet er landområdet i det nuværende projektforslag, som ligger til grund for miljøvurderingen, blevet større. Dette skyldes, at der øst for Rødbyhavn skal placeres en tunnelelementfabrik inkl. camp mv.

Det betyder, at landområdet kommer til at strække sig længere mod vest end forudsat i projektet af november 2010.

Derudover er der foretaget ændringer på baggrund af drøftelser med Lolland Kommune om indretningen af området. Ændringerne betyder, at området øst for Rødbyhavn primært er udlagt til naturområde, mens området vest for Rødbyhavn primært er udlagt som naturområde med særlige rekreative formål. Lagunestranden, der i forslaget fra 2010 var placeret øst for Rødbyhavn, er blevet flyttet til området vest for Rødbyhavn.

Endvidere indgår der i projektet, efter ønske fra Lolland Kommune, at der etableres en beskyttet lagune/soppestrand i den vestlige del af landområdet. Kommunen har ønsket, at den beskyttede lagune indrettes således, at den bl.a. kan anvendes til kajakroning og surfing, og at vandgennemstrømningen sikres via en kanal fra erhvervshavnen i Rødby havn til den nye strandlagune.

Stranden længst vest for Rødbyhavn vil blive anlagt som en af de første dele af projektet.



Lolland Kommune har fremsat ønske om, at der også udarbejdes en alternativ placering af lagunestranden, som er mere vestlig end det nuværende projektforslag, som ligger til grund for miljøvurderingen. Den alternative placering af lagunestranden er vist i figur 5.16, hvor også forslag til placering af parkeringsplads og adgangsvej til parkeringsplads fremgår. Parkeringsarealet er dimensioneret til ca. 100 biler. Adgangsvej til parkeringsarealet forløber fra enden af Søvavillonvej, over eksisterende dige og inden for arealet for det nye landområde frem til parkeringsarealet. Endelig placering og udformning af adgangsveje og parkeringsplads forventes fastlagt i dialog med Lolland Kommune.

Det er vurderet, at den alternative placering af lagunestranden både er teknisk og miljømæssigt mulig.

Som alternativ til en løsning hvor vandudveksling mellem den indre lagune og Femern Bælt sker gennem erhvervshavnen, er der desuden undersøgt en løsning, hvor der sker en vandudveksling direkte til Femern Bælt via en kanal, der etableres inden for landområdet langs den eksisterende, vestlige havnemole. Det er vurderet, at denne alternative løsning er både teknisk og miljømæssigt mulig.

FIGUR 5.16 Alternativ placering af lagunestrand med vandudløb fra den indre lagune i Femern Bælt, Lolland



5.2.3 Placering af produktionssted

Forligsparterne bag den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst) tiltrådte 1. juni 2011 Femern A/S' indstilling om, at Rødbyhavn udpeges som produktionssted for tunnelelementer til den kommende Femern Bælt-forbindelse.

Årsagen til at Femern A/S har fastlagt, hvor de væsentligste dele af kyst-kyst projektets tunnel-elementer skal produceres, skyldes præciserende retningslinjer fra Europa-Kommissionen vedrørende miljøvurdering (VVM) af store anlægsprojekter. Retningslinjerne indebærer, at de nødvendige produktionsanlæg til etableringen af den faste forbindelse skal indgå i én samlet godkendelsesproces for hele projektet.

Femern A/S havde forud for sin indstilling undersøgt over 20 lokaliteter i Danmark, Tyskland og Polen, der hver især havde tilkendegivet interesse for at stille arealer til rådighed for en produktionsfacilitet. Ved undersøgelseerne er der foretaget en screening af lokaliteternes tekniske egnethed, miljø- og planmæssige forhold, risici samt økonomiske forhold.

EU-Kommissionen har udarbejdet præciserende retningslinjer for fortolkning af VVM-direktivet, der blev vedtaget i 1985 og ændret i 1997, 2003 og 2009, som Femern A/S i et brev fra transportministeren af 16. marts 2011 blev pålagt at følge. De præciserende retningslinjer indebærer, at miljøgodkendelsen af Femern Bælt-forbindelsen og de nødvendige produktionsanlæg til etableringen af den faste forbindelse skal ses i sammenhæng og indgå i en samlet godkendelsesproces.

Femern A/S har i en indstilling af 25. maj 2011 til transportministeren fastlagt placeringen af produktionsfaciliteterne til produktion af tunnelelementer. Ved fastlæggelsen er der lagt vægt på følgende parametre: 1) teknisk egnethed 2) miljøkonsekvenser 3) tidsmæssige implikationer og 4) risici.

Femern A/S har analyseret de oplysninger, som selskabet har modtaget fra de over 20 lokaliteter, som over foråret 2011 tilkendegav interesse for at stille arealer til rådighed for en produktionsfacilitet med henblik på at fastlægge, hvilken lokalitet der vil være bedst egnet med udgangspunkt i ovenstående parametre.

Blandt de mulige lokaliteter har det været Femern A/S' klare vurdering, at Rødbyhavn er den mest hensigtsmæssige placering for produktionsfaciliteterne. Vurderingen bygger på følgende:

- Rødbyhavn opfylder alle tekniske krav. Det er således muligt at etablere otte produktionslinjer i området baseret på industriel produktion, og der er kun behov for at grave en relativt kort udskibningskanal
- Femern A/S er i besiddelse af alle nødvendige miljødata for at kunne integrere produktionspladsen i VVM-redegørelsen, idet selskabet har gennemført sit miljøundersøgelserprogram i området
- Rødbyhavn indebærer de færreste risici og de bedste kontrolmuligheder for selskabet. En placering i umiddelbar nærhed af linjeføringen minimerer transportrisikoen. Der er desuden størst mulig sikkerhed vedrørende miljødata, da Femern A/S selv har indhentet dem. En placering ved linjeføringen betyder desuden mindre risiko for klagesager, idet der kun sker en begrænset udvidelse af den kreds af personer og virksomheder, som berøres af projektet, ligesom de involverede myndigheder både lokalt og nationalt i videst muligt omfang forbliver de samme. I selve anlægsfasen vil en placering ved linjeføringen give Femern A/S de bedste betingelser for at føre løbende tilsyn og kontrol med produktionen

Indstillingen blev tiltrådt 1. juni 2011 af transportministeren og har ligget til grund for selskabets videre arbejde.

Det er en mulighed, at specialelementerne ikke produceres på produktionsområdet ved Rødbyhavn, idet disse har en dimension, der gør, at det kan være hensigtsmæssigt, at de produceres i en eksisterende tørdok eller flydedok. I VVM-redegørelsen indgår både produktion af standard- og specialelementer i Rødbyhavn i miljøvurderingen.

FIGUR 5.17 Undersøgte lokaliteter til produktionssteder



Ved screeningens første trin blev alle lokaliteters tekniske egnethed vurderet, hvilket resulterede i, at et antal lokaliteter blev fravalgt, da de ikke opfyldte kriterierne til bl.a. antal produktionslinjer, arealstørrelse, sejlafstand til anlægsområdet i Femern Bælt mv.

Ved screeningens andet trin blev de resterende lokaliteter vurderet i forhold til de miljø- og planmæssige forhold. På denne baggrund blev yderligere lokaliteter fravalgt.

Ved screeningens tredje trin blev de resterende lokaliteter vurderet med hensyn til økonomiske risici.

Ved screeningens fjerde og sidste trin blev der foretaget en økonomisk sammenligning af de egnede produktionssteder. Ved den økonomiske sammenligning blev lokaliteterne bl.a. vurderet på omkostninger til etablering af produktionspladsen, lønomkostninger, transportomkostninger og mulighed for stordriftsfordele. Vurderingen var, at omkostningerne ved etablering og retablering af produktionspladsen samt udgifterne til lønomkostninger og arealleje/arealerhvervelse på de egnede lokaliteter ville være på samme niveau.

I forhold til transportomkostninger har Rødbyhavn den fordel, at placeringen ved linjeføringen minimerer udgifterne til transport af tunnelelementerne. Derudover er Rødbyhavn den eneste lokalitet, hvor det vil være muligt at etablere én samlet produktion af tunnelelementer.

På baggrund af de ovenstående vurderinger af de egnede lokaliteter er det Femern A/S' vurdering, at Rødbyhavn er den mest hensigtsmæssige placering for produktionsfaciliteterne til tunnelelementer. Der er lagt afgørende vægt på at vælge den lokalitet, der bedst opfylder selskabets krav til teknisk egnethed, sikkerhed for overholdelse af tidsplan, herunder især i forhold til miljøgodkendelsen samt minimeringen af risici.

5.2.4 Håndtering af indkomne forslag fra offentlige høringer

Femern A/S inviterede den 21. juni - 6. september 2010 til en idéfase, hvor miljøundersøgelsesprogrammet samtidig blev offentliggjort.

Den 3. - 31. oktober 2011 blev der afholdt en supplerende idéfase, hvor Femern A/S' planer om etablering af landopfyldninger ved henholdsvis Rødbyhavn og Puttgarden, placering af produktionsanlæg ved Rødbyhavn samt indvinding af råstoffer blev præsenteret.

I de to høringer indkom i alt 31 høringssvar, heraf 20 i idéfasen og 11 i den supplerende idéfase.

Høringssvarene er afrapporteret i særskilte høringsnotater, der er offentliggjort på www.femern.dk

I det følgende redegøres udelukkende for de høringssvar, der indeholder forslag til ændringer af projektet og bemærkningerne hertil. Forslagene er opdelt under henholdsvis 1) alternativ brug af havbundsmaterialer og 2) øvrige forslag. Der henvises til høringsnotaterne for en fuldstændig gennemgang af forslag og bemærkninger.

Forslag om alternativ brug af havbundsmaterialer

En sænketunnel forventes at indebære udgravning af op til 19 mio. m³ havbundsmateriale. Mængden af havbundsmaterialer fordeler sig skønsmæssigt på ca. 15 mio. m³ til udgravningen af selve tunneltracéet og 4 mio. m³ til udgravningen af arbejdshavn, sejltrede mv. til brug for produktionsstedet ved Rødbyhavn.

Femern A/S har i vurderingen af, hvordan de opgravede havbundsmaterialer kan håndteres overordnet set lagt følgende forhold til grund: 1) mulighed for at anvende materialer til erstatning af natur, som tabes som følge af kyst-kyst projektets aktiviteter på Lolland, 2) forekomst af Natura 2000-områder, 3) anlægsteknik og 4) anlægsøkonomi.

Nedenfor uddybes forholdenes indflydelse på Femern A/S' vurdering.

Kyst-kyst projektet medfører bl.a., at der på Lolland inddrages natur, der er beskyttet af naturbeskyttelseslovens § 3. Derfor ønsker Femern A/S primært at anvende havbundsmaterialerne til at etablere nyt land, hvor tilsvarende natur kan etableres som erstatning for tabt natur.

Specielt de internationale naturbeskyttelsesområder (de såkaldte Natura 2000-områder) i og omkring Femern Bælt er et væsentligt miljøforhold, der begrænser mulighederne for at placere havbundsmaterialer. De placeringer Femern A/S planlægger med ligger uden for Natura 2000-områderne.

Anlægstekniske forhold omhandler primært processerne vedrørende håndteringen af det opgravede materiale fra opgravningsstedet til den endelige placering, herunder at der i processen tages de nødvendige hensyn til plan- og miljøforhold.

De foreslåede nye landområder ved henholdsvis Rødbyhavn og Puttgarden ligger inden for de områder, som Femern A/S har undersøgt som en del af det godkendte miljøundersøgelserprogram. Endvidere ligger landområderne tæt på linjeføringen, hvilket reducerer den nødvendige transport af havbundsmaterialerne.

Femern A/S har til opgave at sikre, at håndteringen af de opgravede materialer sker på en anlægsøkonomisk forsvarlig måde. Faktorer af betydning i den sammenhæng er bl.a. transportafstand, indbygningsmetoder og miljømæssige hensyn ved håndteringen.

De indkomne forslag er blevet underlagt en samlet vurdering af bl.a. miljømæssige forhold, anlægsteknik samt anlægsøkonomi for at fastslå, om forslagene udgør ligeværdige eller bedre løsninger, end den Femern A/S har lagt til grund for projektets samlede udformning.

Femern A/S er åben for en dialog med interesserede parter om eventuel afhændelse af en mindre mængde af de opgravede havbundsmaterialer til en interesseret part. Anvendelse af havbundsmaterialerne til andet formål vil kræve, at den interesserede part forestår og indhenter alle nødvendige miljøtilladelser, samt at alternative forslag ikke medfører væsentlige ulemper for kyst-kyst projektet, herunder meromkostninger, forsinkelser af projektet mv. Hvis mindre mængder havbundsmaterialer afsættes til en interesseret part, vil det planlagte landområde vest for Rødbyhavn blive lavere, mens udbredelsen af landområdet ikke forventes at blive ændret. Dette er med forbehold for, hvilken retlig løsning for håndtering af havbundsmaterialerne, der anvendes.

Ejerforholdet til landområdet forventes at blive fastlagt i anlægsloven.

Nedenfor følger forslagene til alternativ anvendelse af havbundsmaterialerne:

Forslag: Ø ud for Falsters østkyst

Det foreslås, at der af havbundsmaterialer fra tunneludgravningen etableres en ny ø kaldet "Marieø" ud for Falsters østkyst. Forslaget skal ses som en kombination af et ønske om at udnytte materialeoverskuddet, der opstår ved udgravningen af tunnelrenden med et projekt, der bl.a. skal danne ramme om forskellige naturoplevelser for turister, skoleklasser og konference-deltagere mv.

Bemærkninger til forslag

Ved etablering af en kunstig ø ud for Falsters østkyst er den mængde fyldmaterialer, der skal anvendes ved forslaget, oplyst til at udgøre 8 mio. m³.

Ved sejlads syd om Gedser ligger den alternative placering ca. 65 km fra Rødbyhavn. Forslaget rummer en række ubekendte forhold, men når det tages i betragtning, at der i kyst-kyst projektet indgår en anvendelse af havbundsmaterialer til erstatningsnatur, er det på det foreliggende grundlag vurderingen, at kyst-kyst projektet ikke kan levere den nødvendige fyldmængde, ligesom sand og stenmaterialer ikke vil kunne leveres af Femern A/S. En mindre mængde er teknisk set mulig. Anlægsøkonomisk vurderes forslaget at være væsentligt dyrere at realisere sammenlignet med Femern A/S' projektforslag. Det skyldes bl.a. øgede transportomkostninger på grund af større afstand fra anlægsarbejderne i Femern Bælt til "Marieø" ved Falster.

Det er ikke muligt på det foreliggende grundlag at vurdere anlægsomkostningerne fuldstændigt. Det vil bl.a. kræve en mere uddybende beskrivelse af de enkelte faser i det foreslåede projekt samt en bedre belysning af det samlede behov for sand og stenmaterialer mv. Umiddelbart må det dog vurderes, at der er tale om et temmelig omkostningsfyldt projekt. Dertil kommer, at projektet vil kræve en række selvstændige miljømæssige tiltag, som yderligere kan påvirke anlægsøkonomien, ligesom den større transportafstand vil medføre en større CO₂-udledning set i forhold til Femern A/S' projektforslag.

Forslag: Landopfyldning ved Ålehoved eller Vindeholme Skoven

Det foreslås, at landopfyldningen vest for Rødbyhavn opgives og i stedet for udføres ved Ålehovedet, alternativt ud for Vindeholme Skoven, hvis det ikke er muligt at opnå tilladelse ved Ålehoved.

Bemærkninger til forslag

Ved en flytning af landopfyldningen vest for Rødbyhavn til en placering ved Ålehoved eller Vindeholme Skoven, er den mængde fyldmaterialer, der skal anvendes ved forslaget oplyst til at udgøre 6 - 7 mio. m³ fordelt på et areal på 1 mio. m². De alternative placeringer ligger henholdsvis ca. 19 og 25 km fra Rødbyhavn.

Femern A/S vurderer, at ikke alle former for opgravede havbundsmaterialer vil være lige egnede til forslaget. Givet det konkrete forslag, i den form det foreligger, og når det tages i betragtning, at der i kyst-kyst projektet indgår en anvendelse af havbundsmaterialer til erstatningsnatur, er det på det foreliggende grundlag vurderingen, at kyst-kyst projektet ikke kan levere hele den nødvendige fyldmængde. En mindre mængde er teknisk set mulig.

Det er vanskeligt på det foreliggende grundlag at vurdere anlægsomkostningerne. Det kræver en bedre beskrivelse af, hvordan havbundsmaterialerne planlægges håndteret. Dog vil der være en meromkostning på grund af den større afstand fra anlægsarbejderne i Femern Bælt til det foreslåede indbygningssted. Endvidere ligger begge alternative placeringer i Natura 2000-området H260 Femern Bælt (DK00VA260), hvilket kan vanskeliggøre eller indebære særlige vilkår for tilladelserne til landopfyldning.

Forslag: Udførelse af landopfyldning uden nedbrudsbeskyttelse

Det foreslås, at opfyldningsområdet fra 500 m øst for nedføringsområdet og til Hyldtofte Østersøbad udføres uden nedbrudssikring.

Bemærkninger til forslag

Den østligste del af landopfyldningen planlægges at blive udført som en klint uden kystsikring, det vil sige uden nedbrudssikring. Dermed kan klinten bidrage til kystfodring i området. Se afsnit 4.4.1 Nyt landområde ved Lolland, for en uddybende beskrivelse af det nye landområde ved Lolland.

Forslag: Klimasikring af Lollands lavtliggende områder

Det foreslås, at materialet fra tunneludgravningen anvendes til at klimasikre de lavtliggende områder på Lolland mod fremtidige forventede havstigninger.

Bemærkninger til forslag

Femern A/S har som en del af projekteringsarbejderne vurderet muligheden for at anvende dele af havbundsmaterialerne til forhøjelse af det 63 km lange dige på Lolland. En forhøjelse af diget på 1 m vurderes skønsmæssigt kun at omfatte i størrelsesorden ca. 1 mio. m³ havbunds-materialer. Hermed udestår fortsat en anvendelse af op til 18 mio. m³ materiale. En forhøjelse af diget vil således udgøre en betydelig merudgift for Femern A/S, hvis selskabet skal betale, uden at dette resulterer i en betydelig reduktion af mængden af havbundsmaterialer.

Forslag: Ø mellem Langeland og Lolland

Det foreslås, at de opgravede havbundsmaterialer fra tunneludgravningen bruges til at etablere en kunstig ø mellem Langeland og Lolland. Fra øen skal der bygges en lavbro til Lollands kyst. Formålet er at reducere sejltiden.

Bemærkninger til forslag

Forslaget er ikke nærmere beskrevet og indeholder derfor en række ukendte faktorer om bl.a. bygherre, projektudformning, investeringer i infrastruktur med henblik på at realisere det beskrevne formål; reduceret sejltid mellem Spodsbjerg og Lolland.

Forslaget vurderes ikke at være en bedre løsning, hvorfor Femern A/S ikke har set forslaget som et ligeværdigt alternativ til landområderne ved Rødbyhavn.

Forslag: Udnyttelse af havbundsmaterialerne som råstoffer

Det foreslås, at materialerne, der opgraves fra havbunden i forbindelse med etablering af sænketunnelen, anvendes til fortsat drift af produktionsfaciliteten ved Rødbyhavn med henblik på bl.a. forsyning af byggematerialer til Region Sjælland, København og dele af Nordtyskland.

Det foreslås, at det indvundne areal opdeles i en række bassiner, som skal bruges som midlertidige depoter for forskellige råstoffraktioner og ferskvand fra Rødbyfjord inddæmningen.

Bemærkninger til forslag

Etablering af de nye landområder har til formål at nyttiggøre det opgravede havbundsmateriale med henblik på bl.a. at tilvejebringe den nødvendige naturmæssige kompensation som følge af anlægget af kyst-kyst projektet. Etablering af eksempelvis bassiner i dette område til brug for midlertidige depoter for forskellige råstoffraktioner muliggør ikke dette formål.

Øvrige forslag

Femern A/S modtog desuden forslag med følgende indhold:

Forslag: Adgangsforhold til landområdet

Det foreslås, at der holdes fokus på at skabe bedre turist- og badeforhold ved at sikre adgangsforhold til områderne. Derfor foreslås etablering af en strandvej fra Hagesvej i Rødbyhavn syd om Lalandia Feriecenter og videre til Bredfjed.

Det foreslås endvidere, at der af hensyn til livredning ved svømmeulykker samt handicapkørsel etableres en ny vej på Hagesdige (Hagesvej 14 og 16) over kystsikringsdiget ud til lagunen. Af hensyn til tilgængeligheden for bl.a. handicappede foreslås det, at vejen skal kunne benyttes til

kørsel med motorkøretøjer i to retninger. Endvidere foreslås det, at der etableres parkeringspladser på det nye landområde i umiddelbar nærhed til lagunen.

Det foreslås i den forbindelse, at Femern A/S skal stå for vedligeholdelse af lagunen, vejen ud til området, parkeringsplads, toilet, tangoprensning samt udgravning ved tilsanding eller tilførsel af sand.

Bemærkninger til forslag

Etablering af adgangsforhold til landopfyldningen vest for Rødbyhavn var på tidspunktet for offentliggørelsen af det supplerende debatoplæg ikke fastlagt og forventes først endeligt fastlagt i sidste del af anlægsfasen. I nærværende VVM-redegørelse indgår et forslag om etablering af adgangsforhold, p-pladser mv. (afsnit 4.4.1). Femern A/S vil lade de foreslåede veje mv. indgå i drøftelserne med Lolland Kommune, om hvordan trafikbetjeningen til/fra det nye landområde skal etableres.

Forslag: Bevaring af badestrand vest for Rødbyhavn

Det foreslås, at den eksisterende strand vest for Rødbyhavn bevares.

Bemærkninger til forslag

Femern A/S har undersøgt muligheden for at udforme landanlægget på en måde, der inden for rammen af landområdets ydre afgrænsning friholder den eksisterende strand vest for Rødbyhavn. På baggrund af de tilkendegivelser Femern A/S har modtaget fra Lolland Kommune, fastholdes imidlertid det hidtidige forslag, der også ligger til grund for VVM-redegørelsen (afsnit 4.4.1).

Forslag: Varig anvendelse af produktionsområdet og arbejdshavn

Det foreslås, at det gøres muligt at anvende produktionsanlægget på permanent basis, såfremt der opstår en erhvervmæssig interesse for at anvende produktionsområdet til andet formål.

Som supplement hertil foreslås det, at nedrivnings- og planlægningsfasen pristages særskilt som en option, og at der først efterfølgende tages stilling til, om produktionsanlæg og havnefaciliteter skal fjernes, eller om der kan findes en varig anvendelse.

Såfremt der kan findes en varig anvendelse af produktionsanlægget og havnefaciliteter mv., foreslås det, at det i udbudsforretningen fastsættes beløb til nedrivning og reetablering indskydes i en fond, der får til opgave at ombygge og tilpasse produktionsanlæg og arbejdshavn til varige erhvervsaktiviteter og herudover i det hele taget fremme erhvervsøkonomisk aktivitet og udvikling i området.

Bemærkninger til forslag

Femern A/S har i planlægningen af Femern Bælt-forbindelsen forudsat, at den til kyst-kyst projektet opførte tunnelementfabrik ved Rødbyhavn nedtages, når tunnelementproduktionen er tilendebragt.

Området, hvor tunnelementfabrikken er planlagt placeret, indgår efter anlægsfasen som en del af det nye østlige landområde, der er tænkt etableret som ny natur med bl.a. naturlagune og strandeng til erstatning af natur, som tabes som følge af etableringen af kyst-kyst projektet.

Ud fra en ren anlægsteknisk betragtning er det muligt at indføre en klausul i anlægskontrakterne, hvor opgaven med at nedtage fabrikken prissættes, og ansvaret herfor overdrages til tredjepart. Om en sådan klausul på en hensigtsmæssig måde kan indarbejdes i kontrakterne, vil blive vurderet i forbindelse med udarbejdelsen af udbudsmaterialet af de store anlægskontrakter.

Det er imidlertid Femern A/S' udgangspunkt for en eventuel overtagelse af fabrikken, at den interesserede part bl.a.:

- Forestår alle miljøundersøgelser og -tilladelser for videreførelse af fabrikken
- Håndterer oplagrede mængder havbundsmaterialer på arealet, der er midlertidigt placeret rundt om tunnelfabrikken og på opfyldningsområderne

- Holder Femern A/S økonomisk skadesløs for omkostninger til ombygning af fabrikken
- Indgår i løsning af forhold vedrørende erstatningsnatur, idet Femern A/S planlægger at etablere erstatningsnatur på det nye landområde

Forslag: Etablering af turistattraktion ved Rødbyhavn

Flere af de indkomne forslag handler om muligheden for at opføre en turistattraktion i Rødbyhavn. Herunder er der forslag, der foreslår, at dele af det opgravede havbundsmateriale benyttes til formålet.

Der foreslås, at der opføres en turistattraktion øst for Rødbyhavn og umiddelbart efter den kommende Femern Bælt-forbindelses betalingsanlæg. Attraktionen skal bestå af en arkitektonisk spektakulær museumsbygning samt et udendørs areal, der skal rumme et forskningsbaseret og avanceret miljø- og energimuseum samt oplevelsescenter. Attraktionen skal ifølge forslaget finansieres af stat, kommune, sponsorer fra virksomheder og fonde samt parkeringsafgifter og entré.

Det foreslås også, at det opgravede havbundsmateriale fra tunneludgravningen samles i en bunke med henblik på at danne Danmarks højeste punkt. Forslaget bygger endvidere på, at der etableres et indendørs skicenter forsynet med grøn energi.

Bemærkninger til forslag

Det er ikke inden for selskabet Femern A/S' formålsbeskrivelse i sig selv at etablere museum, skicenter eller lignende. Får selskabet en henvendelse fra en interesseret part, der ønsker at aftage en nærmere bestemt mængde af de opgravede havbundsmaterialer, vil selskabet se positivt på henvendelsen med udgangspunkt i de ovenfor beskrevne forhold.

De indkomne forslag har ikke resulteret i behov hos Femern A/S for at foretage projektmæssige ændringer.

Forslag: Tryghedsskabende initiativer for cyklister såfremt en broløsning vælges

Det foreslås, at der foretages undersøgelser af konsekvenser samt miljø- og sundhedsfordele ved at give mulighed for at cykle over Femern Bælt-forbindelsen.

Derudover foreslås det, at der tages initiativ til at forbedre mulighederne for cyklister i området, da den forventede øgede trafik på vejene kan skabe stor utryghed blandt cyklister.

Bemærkninger til forslag

Sænketunnelen er ikke projekteret til at inkludere en cykelsti. Det indgår dog i Femern A/S' arbejde at undersøge afviklingen af cykeltrafik over Femern Bælt efter åbningen af Femern Bælt-forbindelsen.

Forslag: Afsættelse af et areal til en togstation i Rødbyhavn

Det foreslås, at der reserveres areal til en togstation i Rødbyhavn.

Bemærkninger til forslag

Spørgsmålet om eventuel etablering af ny jernbanestation på Lolland som erstatning af Rødby Færge Station indgår som en del af Banedanmarks undersøgelser vedrørende opgraderingen af de danske jernbanelandlæg. Der henvises til Banedanmarks VVM-redegørelse for de danske jernbaneanlæg Ringsted - Holeby, der kan læses på www.bane.dk.

5.3 ANDRE UNDERSØGTE TEKNISKE LØSNINGER

I medfør af projekteringsloven har Femern A/S udarbejdet projekter for en sænketunnel og en skråstagsbro.

På baggrund af selskabets undersøgelser er det vurderingen, at en sænketunnel samlet set vil indebære færrest risici både i anlægsfasen og i driftsfasen. Femern A/S har derfor anbefalet, at

en sænketunnel indgår i de videre arbejder som den foretrukne løsning. Forligskredsen bag kystkyst projektet tilsluttede sig på denne baggrund den 1. februar 2011 selskabets indstilling om, at den foretrukne tekniske løsning er en sænketunnel. For en redegørelse for Femern A/S' anbefaling henvises til www.femern.dk.

VVM-redegørelsen fokuserer således på en præsentation og miljøvurdering af en sænketunnel som den tekniske løsning for Femern Bælt-forbindelsen.

Udover en sænketunnel har Femern A/S undersøgt tre andre tekniske løsninger: En skråstagsbro, en boret tunnel og en hængebro. De alternative tekniske løsninger er beskrevet og vurderet i de følgende tre afsnit.

De alternative tekniske løsninger indgår også i projektansøgningen til den tyske myndighedsproces. Som en konsekvens af den tyske VVM-praksis indgår i den tyske miljøvurdering (UVS-rapporten) betydeligt flere detaljer vedrørende projektet for en skråstagsbro og projektet for en boret tunnelløsning. Derudover indeholder UVS-rapporten en vurdering af sænketunnelen. Selve projektansøgningen til brug for de tyske myndigheders godkendelsesproces er baseret på sænketunnelen.

5.4 SKRÅSTAGSBRO

I de følgende afsnit bliver projektet for en skråstagsbro beskrevet. Endvidere redegøres der for fravalget af skråstagsbroen til fordel for sænketunnelen.

Beskrivelsen af en skråstagsbro er baseret på et projekt udarbejdet af Femern A/S' rådgivere COWI A/S og Obermeyer.

FIGUR 5.18 Principskitse af en skråstagsbro over Femern Bælt



5.4.1 Brodesign

Projektet for en skråstagsbro består af en hovedbro og to tilslutningsbroer.

Broens samlede længde er 17,6 km fra landfæste til landfæste. Hovedbroen er designet med seks brofag med en samlet længde på 2.414 m, og de to tilslutningsbroer, der forbinder hovedbroen med kysten, er designet med en længde på 9.412 m mod Lolland og 5.748 m mod Fehmarn.

Hovedbroen er designet med to hovedfag på hver 724 m og en fri gennemsejlingshøjde over havoverfladen på mindst 66,2 m, mens tilslutningsbrofagene hovedsageligt er 200 m lange.

Vejbanens højde stiger fra 20,9 m ved landfæstet på Lolland til 82,2 m ved midterpylonen og falder derefter til 24,9 m ved landfæstet på Fehmarn.

Projektet for en skrånstagsbro indeholder desuden to inddæmmede halvøer ud for Lollands og Fehmarns kyst ud til en vanddybde på 5 - 6 m, som forbinder tilslutningsbroerne med kysterne, samt anlæg på land, der forbinder motorvejen og jernbanen med den eksisterende infrastruktur.

Beskrivelsen af skrånstagsbroens design er opdelt i broelementer, tekniske installationer og sikkerhedsmæssige forhold, linjeføring, permanente anlæg på Lolland og Fehmarn samt nye landområder på Lolland og Fehmarn.

Broelementerne

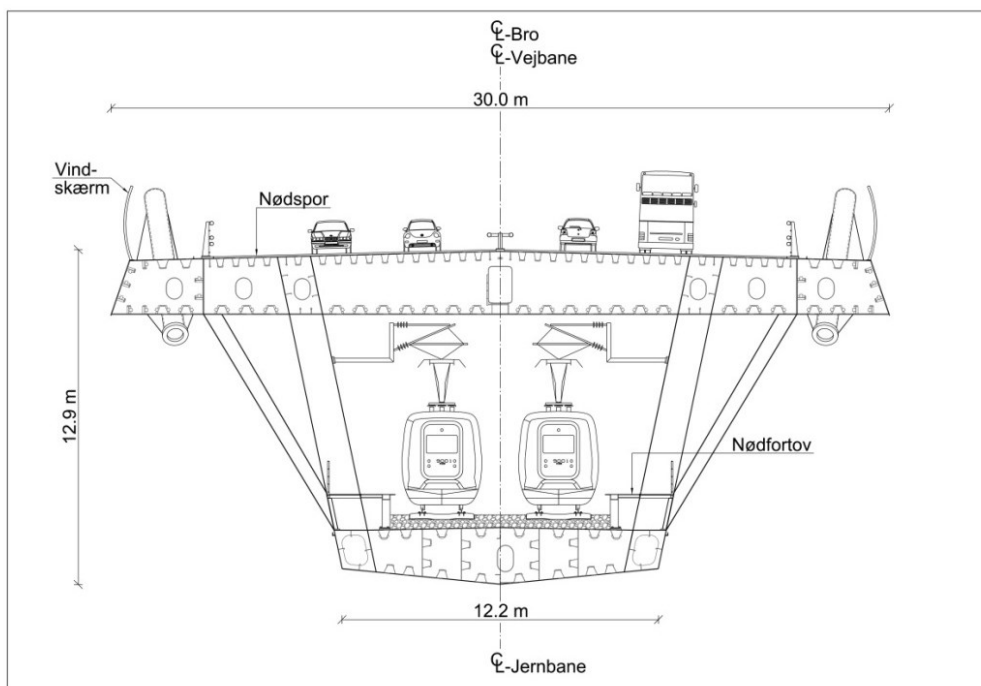
Projektet indeholder en hovedbro med tre pyloner og to tilslutningsbroer med 74 bropiller.

Skrånstagsbroen består af en brodrager i to dæk. På øverste dæk er vejdelen med en firesporet kørebane plus nødspor. På nederste dæk er en tosporet jernbane.

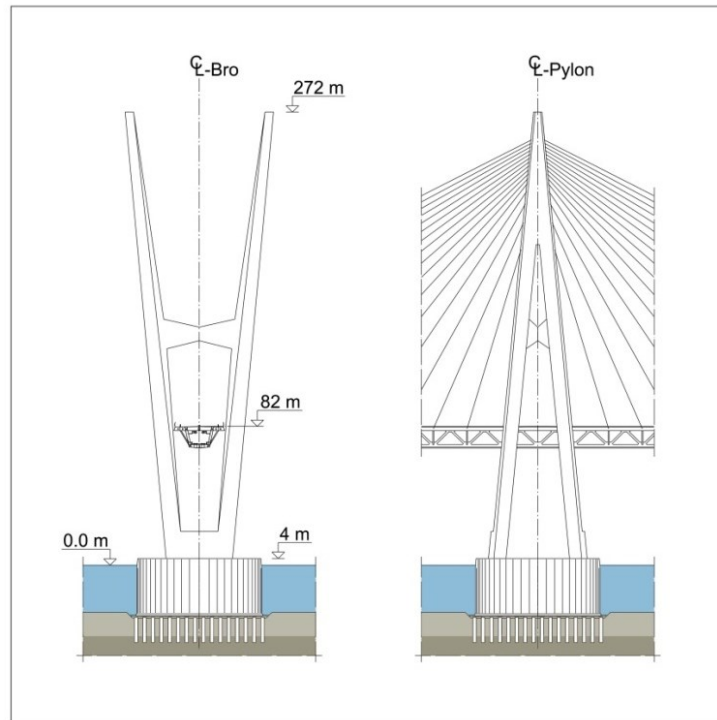
Det øverste dæk er designet som en lukket stålkasse, hvor skrånstagnene er forankret ved yderkanten. En stålgiiterdragerkonstruktion forbinder vejdækket med den underliggende tosporede jernbane på en lukket stålkasse.

Tilslutningsbroernes overbygning er som hovedbroens dog med den forskel, at brodrageren er en kompositkonstruktion med et øvre betondæk, en mellemliggende stålgiiterkonstruktion og et nedre staldæk.

FIGUR 5.19 Principskitse af hovedbroen tværsnit – skrånstagsbro



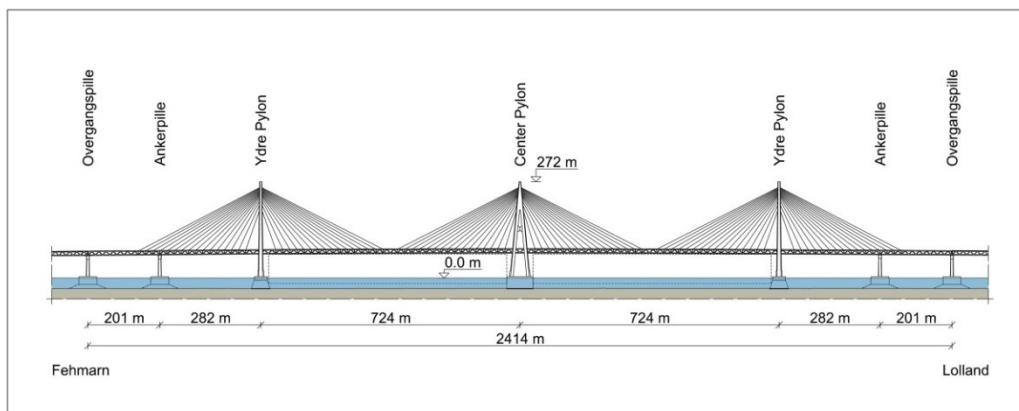
FIGUR 5.20 Principskitse af en midterpylon – skråstagsbro



De tre pyloner består ifølge projektet af en midterpylon med fire ben og to yderpyloner med hver to ben, der forankrer skråstagnene. Midterpylonen er V-formet set i linjeføringsretningen og A-formet set fra siden. De to ben i hvert A er adskilt under kabelforankringszonen fra en højde på 190 m og nedefter. Yderpylonerne er lodrette set fra siden og V-formede set i linjeføringsretningen.

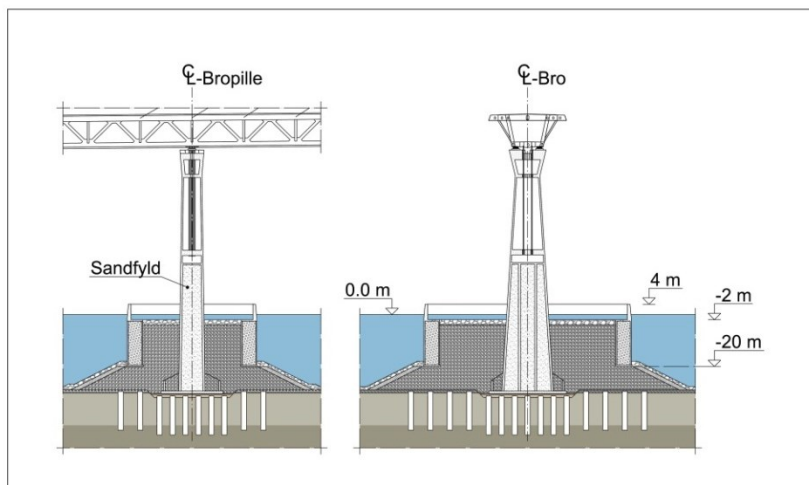
Pylonhøjden er 272 m.

FIGUR 5.21 Principskitse af hovedbroen opstalt - skråstagsbro



Ankerpillernes funktion er at forankre trækkræfter fra kablerne til bro pillen. Den næste bro pille kaldes en overgangspille, idet den etablerer overgangen fra hovedbroen til tilslutningsbroen. Anker- og overgangspillerne har samme facon som tilslutningsbroernes piller.

FIGUR 5.22 Principskitse af ankerpillernes udformning – skråstagsbro



Rundt om anker- og overgangspillerne er der ifølge projektet konstruktioner til beskyttelse mod påsejling. Pylonernes sænkekasser er dimensioneret til både at understøtte broen og til at modstå påsejling.

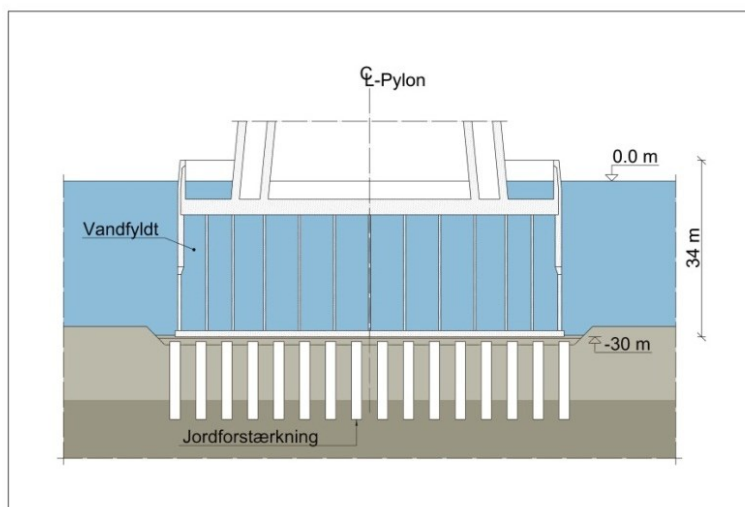
Sænkekasser udgør fundamentet for pylonerne og for broens bropiller. Sænkekassen til midterpylonen er cirkelformet for, at vandgennemstrømningen påvirkes mindst muligt.

Sænkekassens ydervæg stikker op over vandoverfladen, så den er synlig for skibe, og den er forsynet med åbninger under vandoverfladen, der sikrer udskiftning af vandet bag væggen.

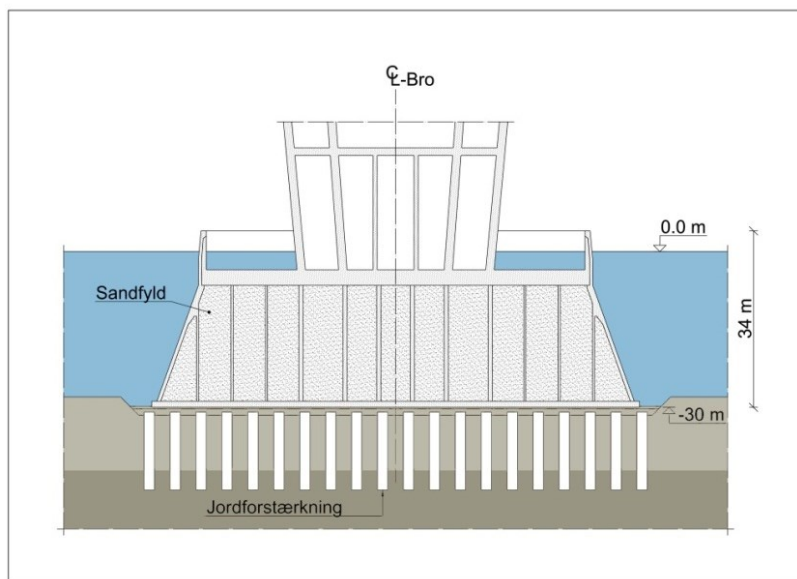
Yderpylonernes sænkekasser er elliptiske og fyldt med sand, så de kan modstå belastningen fra skibsstød. Lige som ved midterpylonen stikker ydervæggen op over vandoverfladen. Sænkekasserne til anker- og overgangspillerne er mindre end pylonernes.

Tilslutningsbroernes sænkekasser er næsten identiske med sænkekasserne til anker- og overgangspillerne.

FIGUR 5.23 Principskitse af snit i midterpylonens sænkekasse – skråstagsbro



FIGUR 5.24 Principskitse af snit i yderpylonens sænkekasse – skråstagsbro



Tekniske installationer og sikkerhedsmæssige forhold

Via et centralt kontrol- og overvågningscenter på Lolland forudsættes det i projektet, at hele det tekniske anlæg er overvåget 24 timer i døgnet. Overvågning sker med videoovervågning af trafikforholdene og aktiv kontrol af trafikken samt status over driften for væsentlige tekniske systemer.

Jernbanedækket forsynes med evakueringsbelysning (for hver 25 m er der pile, der peger hen mod den nærmeste trappe til vejniveau) og sikkerhedsbelysning på rækværk. Pylonerne bliver oplyst. Undersiden af brodragerne og pylonerne samt pillerne omkring sejltrederne er i henhold til projektet oplyst for at fremhæve gennemsejlingsåbningen til skibstrafikken. Der etableres ikke en generel belysning på vej- og jernbanedækket.

Afløbsvand fra vejbanen samt jernbanen vil ifølge projektet blive opsamlet og behandlet i kombinerede olieudskillere og sandfang, før det ledes ud i havet.

Kommunikationssystemer i form af telefon og radio er ifølge projektet installeret, således at der kan foretages nødopkald om assistance i tilfælde af brand eller ulykker.

Et vejtrafikstyringssystem forudsættes i projektet installeret på broen for at mindske risikoen for ulykker på vejen og for at medvirke til at begrænse omfanget af de ulykker, der sker.

Der vil være trappegange og elevatorer mellem jernbanen og vejdækket for hver 400 m på begge sider af jernbanedækket. Disse kan eksempelvis blive anvendt ved evakuering af passagerer fra tog og til brand- og redningspersonale.

Brandslukning på broen vil ifølge projektet blive udført af brandvæsenet med lastbiler med vandtanke. Stigrør mellem vejbane og jernbanedæk etableres pr. 100 m. Der vil være faciliteter til påfyldning af vandtanke i begge ender af broen, ligesom der vil være vand til brandslukning ved togenes nødstoppladser i begge ender af broen.

Der vil desuden være systemer til automatisk brandslukning i teknikrum, hvor der kan opstå brand i det elektriske udstyr.

Linjeføring

Ifølge projektet er linjeføringen placeret umiddelbart øst for Puttgården havn, krydser Femern Bælt i en blød S-kurve og når Lolland ca. 1,5 km øst for Rødbyhavn.

Linjeføringen og ilandføringspunkterne er fastlagt efter en proces, der inkluderer miljømæssige, tekniske og økonomiske forhold.

FIGUR 5.25 Forslag til horisontal linjeføring – skråstagsbro



Permanente anlæg på land

Projektet for skråstagsbro indeholder udover selve broen også permanente anlæg på land både på Lolland og Fehmarn. De permanente anlæg gennemgås nedenfor.

Permanente anlæg på Lolland

Broens ilandføringspunkt er ifølge projektet beliggende ca. 1,5 km øst for Rødbyhavn.

De samlede anlæg på Lolland udgør:

- Landfæste placeret på en ny halvø
- Omlægning eller ændringer af enkelte lokale veje og broer
- Kontrol- og overvågningscenter samt betalingsanlæg med tilhørende arealer til politi- og toldkontrol

- Tilslutningsanlæg til motorvej



Ny halvø

Landfæste placeres ifølge projektet på en ny halvø med en længde på ca. 480 m uden for den eksisterende kystlinje. Vejdækket på broen vil ved landfæstet være hævet ca. 21 m over terræn og ca. 600 m fra eksisterende kystlinje inde på land ligge i niveau med eksisterende terræn.

Halvøen består ifølge designet af dels afgravet materiale fra udgravninger til brofundamenterne, dels af indvundet sandmateriale.

Halvøen er udformet, så den får en højde på ca. 2 m over daglig vande og omkranses af et dige med stenbrudsfyld og et ydre beskyttelseslag af store sten.

FIGUR 5.27 Principskitse af halvøen ved Lolland – skråstagsbro



Ændring af lokale veje

Østersøvej vil ifølge projektet blive ført under motorvej og jernbane tæt på den nuværende kystlinje. Her vil stien på det eksisterende dige ligeledes blive ført under vej og jernbane. Der vil derfor fremover være mulighed for at komme på tværs af den faste forbindelse ad Østersøvej, den nye tværvej og Lundegårdsvej/Mosevej/Ladhavevej.

Betalingsanlæg mv.

Betalingsanlæg, overvågningscenter samt befæstet område til myndigheder, bl.a. politi- og toldkontrol etableres ifølge projektet ud for Færgevej. Færgevej afbrydes og vil fungere som hovedadgangsvejen til betalingsanlæggets vestlige side. Adgangen til den østlige side af betalingsanlægget sker fra nyetableret vej.

Nyt tilslutningsanlæg til motorvejen

I projektet indgår et nyt tilslutningsanlæg til motorvejen ca. 1.200 m nord for betalingsanlægget.

Ifølge projektet vil der være forbindelse mellem tilslutningsanlægget og en nyetableret tværgående lokalvej mellem Darketvej og den eksisterende motorvej. Det vil være muligt via den eksisterende motorvej og tværvejen at føre fremtidig trafik til/fra Rødbyhavns færgehavn.

Permanente anlæg på Fehmarn

Ifølge projektet er broens ilandføringspunkt umiddelbart øst for Puttgarden havn.

De samlede anlæg på Fehmarn udgør:

- Landfæste placeret på ny halvø
- Omlægning eller ændring af enkelte lokale veje



Ny halvø

Broens landfæste placeres ifølge projektet på en ny halvø med en længde på ca. 580 m ud fra eksisterende kystlinje.

Vejdækket på broen vil ved landfæstet være hævet ca. 25 m over terræn og ca. 600 m fra eksisterende kystlinje inde på land ligge i niveau med eksisterende terræn.

Halvøen etableres dels med afgravet materiale fra udgravninger til brofundamentterne, dels med indvundet sandmateriale.

Halvøen er ifølge projektet udformet, så den får en højde på ca. 2 m over daglig vande og omkranses af et dige med stenbrudsfyld og et beskyttelseslag af store sten.



Jernbanen løber først på en dæmning fra halvøen ind i landet og senere i en udgravning frem til tilslutningen til den eksisterende jernbane.

Ændring af lokale veje

Projektet giver adgang til Marienleuchte via en ny vej med forbindelse til vejen mod Presen. Vejen løber øst for jernbanelinjen og forlænges, så den giver adgang til halvøen og landfæstet af hensyn til vedligeholdelse og drift. Vejunderføringen til den eksisterende vej til Marienleuchte bevares i designet.

Nye landområder på Lolland og Fehmarn

Selv om landanlæggene i projektet er udformet forskelligt på Lolland og Fehmarn, er princippet og byggemetoden den samme.

Anlæg af halvøer

Ifølge projektet skal halvøen anlægges på et tidligt tidspunkt, da det vil være nødvendigt, at der er adgang via halvøen og dæmningen, når landfæstet og tilslutningsbroens overbygning skal bygges.

På halvøen anlægges overgangskonstruktion og viadukt.

I projektet indgår, at betalingsanlæg med faciliteter til politi- og toldkontrol anlægges på Lolland, mens der på Fehmarn anlægges kontrolanlæg og motorvejsoverføring.

Ifølge projektet krydser den nye motorvej på Lolland den eksisterende, enkeltsporede jernbane bag Rødbyhavn i en afstand på ca. 3 km bag kystlinjen. På grund af den fortsatte drift af færgehavnen i anlægsperioden vil sporet være i drift indtil broens åbning. En åbning på 20 m i motorvejsforbindelsen kan derfor ikke lukkes. Af hensyn til trafikken i anlægsperioden vil der ifølge projektet blive etableret en niveauskæring med jernbanen forsynet med signalregulering. Denne skal bruges som omkørsel i de første uger efter broens åbning, hvor lukningen af den eksisterende jernbanelinje kan foretages. På det tidspunkt vil de manglende 20 m motorvej blive anlagt.

På grund af motorvejsoverføringen er lignende procedure ikke nødvendig på Fehmarn.

5.4.2 Midlertidige anlæg og anlægsarbejder

Ifølge projektet er størstedelen af broen forudsat præfabrikeret på land på store elementfabrikker, hvorfra elementerne sejles ud til brostedet, hvor de vil blive monteret. Kun de tre pyloner vil skulle støbes på stedet. Der vil skulle etableres midlertidige arbejdshavne på Lolland og Fehmarn.

Anlægsarbejderne på havbunden omfatter jordforbedring med borede betonpæle, udgravning til og placering af fyld rundt om sænkekasserne, injicering med mørtel under sænkekasserne samt etablering af erosionsbeskyttelse. Anlæg til beskyttelse mod skibsstød omfatter også anlægsarbejde på havet i form af opfyldning med skærver under og i sænkekassen.

Gravearbejderne til sænkekasserne tænkes udført af gravemaskiner med hydraulisk grab.

Pylonbenene vil i henhold til projektet blive støbt på stedet. Under konstruktion af pylonerne fungerer sænkekasserne som arbejdsplatforme, og pramme vil blive benyttet som ekstra arbejdsområde til flydende betonblande anlæg. Betonen pumpes fra betonblande anlægget til støbestedet. Arbejdsstederne vil blive supporteret fra midlertidige arbejdshavne på Lolland eller Fehmarn.

I projektet indgår det, at der vil blive etableret et VTS-system i anlægsfasen, der informerer skibstrafikken om de aktuelle anlægsaktiviteter, der foregår i Femern Bælt.

Det antages ifølge projektet, at fyldmaterialet til dæmningen på halvøen samt til vejen på land og jernbanedæmningen primært leveres til arbejdshavnene på pramme og små bulk carryere og derfra transporteres til arbejdspladserne med dumpere. Den samlede fyldmængde til dæmningerne anslås til omtrent 200.000 m³. Der forudsættes ca. 100 skibssendinger gennem havnen, hvis alt materiale leveres via havnen. Spidsbelastningsperioden for skibssendinger via havnen anslås til otte om måneden.

Antallet af lastbiler til og fra byggepladsen forventes ifølge projektet at være 10 - 30 om dagen over fire år.

Midlertidige produktionsområder på Lolland og Fehmarn

Produktionsanlæg ved Rødbyhavn

Sænkekasser og pilleskafter til tilslutningsbroernes underbygning, ankerpillerne og overgangspillerne samt anlæg til beskyttelse mod skibsstød til hovedbroen er forudsat produceret på et nyanlagt produktionsområde øst for Rødbyhavn.

I henhold til projektet kombineres produktionsstedet i Rødbyhavn med arbejdshavnen på Lolland til konstruktion af broen og landanlæggene på Lolland.

Der forudsættes et produktionsområde på ca. 370.000 m².

Et område, der er placeret mellem den eksisterende færgehavn i Rødbyhavn og linjeføringen, er forudsat reserveret til etablering af produktions- og hjælpefaciliteter hertil.

Når anlægsarbejdet i forbindelse med broen er færdigt, vil produktionsanlægget ifølge forslaget blive nedlagt.

FIGUR 5.30 Principskitse af produktionsområde, Rødbyhavn - skråstagsbro



- P Præfabrikation af underbygning til tilslutningsbro
- P1 Produktionslinje til sænkekasser – trin 1
- P2 Produktionslinje til sænkekasser – trin 2
- P3 Lastekaj – sænkekasser
- P4 Forskalling/armeringskurve, lager
- P5 Præfabrikation af armeringsstænger – sænkekasser
- P6 Produktionslinje til pilleskaffer
- P7 Lastekaj – pilleskaffer
- P8 Forskalling/armeringskurve, lager
- P9 Præfabrikation af armeringsstænger – pilleskaffer
- P10 Blande anlæg
- P11 Tilslagslager
- P12 Losning – tilslag
- P13 Losning – materialer og udstyr
- P14 Generelt lager
- P15 Værksted
- P16 Byggepladskontor
- P17 Parkering
- P18 Ledig plads – flydekran samt oplagring af udstyr

- AS Støtte til konstruktion af tilslutningsbroens overbygning
- AS1 Byggepladskontor, laboratorium og parkering
- AS2 Diverse arbejder
- AS3 Værksteder og lager
- AS4 Blande anlæg, tildannelse af armeringsstænger og lager
- AS5 Lager og materiel, parkering
- M Støtte til konstruktion af hovedbroen
- M1 Byggepladskontorer, laboratorium og parkering
- M2 Værksted og lager
- M3 Lager
- M4 Tildannelse af armeringsstænger og lager
- L Støtte til konstruktion af landanlæg
- L1 Byggepladskontorer, laboratorium og parkering
- L2 Værksted og lager
- L3 Tildannelse og oplagring af armeringsstænger

- C Mandskabslejr
- C1 Parkering
- C2 Indkvartering
- C3 Kantine
- G Generelle faciliteter
- G1 Passagerterminal

Noter:

1. Område til midlertidig deponering af afgravet materiale er ikke vist. Besluttet efter gennemgang af samlet jordbalance.
2. Det endelige forløb af Østersøvej fastlægges efter nedrivning af det berørte produktionsanlæg.
3. Afvandingskanal på østsiden og pumpestation vil fortsat være i drift. De vil ikke blive påvirket af produktionsstedet.
4. Primære højdeangivelser:
 - Overside af dige +3,60m
 - Lanceringsdrager +3,50m
 - Kajområde +2,00m
 - Generelt pladsområde +0,50m

Trafik i anlægsfasen på Lolland

Der etableres ifølge projektet en arbejdshavn inden for produktionsområdet. Havnen bliver udgravet til en dybde på 6 - 7,5 m. Mængden af afgravet materiale på stedet anslås at være 850.000 m³. Det forventes, at det afgravede materiale anvendes til indbygning i halvøen ud for kysten på Lolland.

Materiale til f.eks. fyld til dæmninger og tilslagsmateriale, der ifølge projektet skal bruges til betonfremstillingen, forudsættes i al væsentlighed leveret med skib til byggepladsen via den midlertidige arbejdshavn. Mængden af tung trafik på offentlige veje i nærheden af byggepladsen forventes derfor at være relativt moderat i anlægsperioden.

Ifølge projektet er der adgang til produktionsområdet primært via Østersøvej fra motorvejen, der fører til færgehavnen i Rødbyhavn. Det forventes, at kapaciteten på den eksisterende Østersøvej skal forøges.

Inden for produktionsområdet anlægges asfalterede veje til brug for intern transport af materialer, udstyr og personale. Vejene er generelt 15 m brede og anlægges, så de kan bære tung trafik med lastbiler. Trafikken vil primært bestå af personbiler og busser, der transporterer personale og mandskab til og fra byggepladsen.

Produktionsanlæg til sænkekasser og pilleskafter

Projektets produktionsanlæg består af to produktionslinjer – én til fremstilling af sænkekasser og én til fremstilling af pilleskafter. Hver linje består af en række identiske anlæg, der kører parallelt.

Sænkekasselinjerne forudsætter etablering af 10 individuelle støbepositioner, og støbningen af pilleskafterne forudsætter etablering af 12 støbepositioner. Hver linje serviceres af et værksted for præfabrikation af armeringskurve.

De færdige sænkekasser og pilleskafter sejles til anlægskorridoren i Femern Bælt.

Begge produktionslinjer serviceres af to betonblande anlæg.

Til sænkekasser, pilleskafter, ankerpiller mv. forventes der at skulle bruges i alt ca. 270.000 m³ beton, der skal støbes over en periode på ca. 30 måneder.

Betonblande anlæggene producerer ifølge projektet desuden færdigblandet beton til støbning i brolinjen af samlinger mellem sænkekasser og pilleskafter mv. Her transporteres betonen i betonblandebiler, der køres om bord på pendulfærger og derefter sejles ud til arbejdsstedet.

Pålæsnings- og aflæsningsfaciliteter

I henhold til projektet leveres materialer primært til produktionsområdet med skib og sekundært med lastbil. I den midlertidige arbejdshavn forudsættes det, at der bliver anlagt et kajanlæg til små bulk carriers (DWL ≤ 4.000 t) til aflæsning af cement og tilslag til betonproduktionen. Fra kajen transporteres materialerne på transportbånd til tilslagslageret.

Armeringsstål (ca. 55.000 t) forventes ligeledes leveret til produktionsområdet med skib. Fra kajen transporteres armeringen med lastbil til armeringsværkstederne. Alternativt kan armeringen leveres med lastbil via de eksisterende adgangsveje.

De præfabrikerede elementer transporteres fra byggepladsen af en flydekran direkte til broens linjeføring med henblik på montage. For at flydekranen skal kunne få fat i elementerne, vil der blive anlagt to udskibningsmoler – én til sænkekasser og én til pilleskafter.

5.4.3 Produktionsanlæg

I henhold til projektet er skrånstagsbroens og tilslutningsbroernes overbygning forudsat produceret på eksisterende skibsværft eller tilsvarende, f.eks. Lindø Industripark A/S / Odense Havn ligesom sænkekasserne for de tre pyloner er forudsat præfabrikeret i eksisterende tørdok.

FIGUR 5.31 Principskitse af produktionsområde, Lindø Industripark A/S / Odense Havn - skrånstagsbro



- | | | | | | |
|----|---|----|--|----|---|
| A | Montagelinjer for stål til tilslutningsbro | PA | Malerværksteder til tilslutningsbro | Q | Losse- og lastekajer |
| A1 | Lagerområde til stålelementer efter losning | PM | Malerværksteder til hovedbro | Q1 | Lossekaj |
| A2 | Stålmontagepladser | R | Præfabrikationslinje til armeringskurve | Q2 | Brodragere til tilslutningsbro, lastekaj |
| A3 | 60m- og 80m-montagepladser | R1 | Lagerområde til armeringsstænger | Q3 | Lastning af brodragersegmenter til hovedb |
| A4 | 200m-montagepladser og maling af samlinger | R2 | Præfabrikations- og lagerområde til armeringskurve | F | Forskallingslinje |
| M | Montagelinjer for stål til hovedbro | C | Betonstøbeplads | F1 | Lagerpladser til forskallingselementer |
| M1 | Lagerområde til stålelementer efter losning | C1 | Lagerplads til ståldragere | F2 | Rengøring og klargøring af forskalling |
| M2 | Stålmontagepladser | C2 | Montage af indre og ydre forskalling | F3 | Afforskalling og fjernelse af forskalling |
| M3 | Montagepladser til stålkasser | C3 | Montage af armeringskurve | B | Betonblandeanlæg |
| M4 | 20m-samlepladser | C4 | Flytbar boverdækning til støbepladsen | B1 | Blandeanlæg |
| M5 | Lagerområde til færdige 20m-elementer | C5 | Støbning af dækket | B2 | Lagerområde til betonmaterialer |
| | | C6 | Forspænding og fjernelse af forskalling | | |
| | | C7 | Færdiggørelse og klargøring til afskibning | | |
| | | C8 | Oplagring indtil tilstrækkelig styrke er opnået | | |
| | | C9 | Oplagring indtil tilstrækkelig styrke er opnået | | |

Det antages i designet, at den eksisterende eksterne infrastruktur, herunder forsyning af elektricitet, vand samt spildevandsbehandling, er tilstrækkelig.

De flydende betonblandeanlæg, der skal bruges på et senere tidspunkt til konstruktion af pylonerne i Femern Bælt, bruges også til fremstilling af beton til sænkekasserne i tørdokanlæg.

Det forudsættes i designet, at fremstillingen af stålkonstruktionerne til hovedbroen vil kunne finde sted ved Lindø Industripark A/S / Odense Havn, og at stålpladerne produceres af et europæisk stålværk og leveres til byggepladsen med skib.

Armeringsstål, cement og tilslagsmaterialer til beton er forudsat leveret til byggepladsen med skib.

Standardbrodragerne til tilslutningsbroen er 200 m lange og har en anslået vægt på 8.000 t.

De færdige brodragere til tilslutningsbroen transporteres med pram til brolinjen i Femern Bælt.

Trafik i anlægsfasen ved Lindø Industripark A/S / Odense Havn

I henhold til projektet er de interne veje på byggepladsen tilstrækkelige til de fleste transportaktiviteter på pladsen.

Området ved Odense Havn skal dog forberedes til fremstilling af brodragere til tilslutningsbroerne, og der vil være behov for interne veje til transport af brodragere og brodragersegmenter med selvkørende mange-akslede blokvogne.

Det forventes, at den eksterne infrastruktur er tilstrækkelig til fremstilling af konstruktionerne til broen.

Det forventes ikke, at den tunge trafik på de offentlige veje vil blive forøget i anlægsperioden, da næsten alle materialer, der skal bruges, herunder stålplader, betontilslag, armeringsstål osv. leveres med skib til byggepladsen.

5.4.4 Midlertidig arbejdshavn – Fehmarn

Det indgår i projektet, at der til håndtering af materialer til og fra arbejdspladsen på Fehmarn anlægges en midlertidig havn med passende laste- og lossefaciliteter.

Arbejdshavnen benyttes ligeledes til transport af personale og i begrænset omfang materiale til tilslutnings- og hovedbroen.

For at reducere omfanget af kajen langs kysten udformes kajen i en vinkel, så en del af den er placeret langs halvøen. Det er meningen, at fortøjning af mindre skibe, som f.eks. arbejdsbåde, både til mandskabstransport og slæbebåde, skal ske ved en let anløbsbro, der er placeret vinkelret på kysten langs molen over for halvøen. Kajerne tænkes anlagt med spunsvægge. Anløbsbro til fortøjning af mindre skibe kan anlægges som en pontonbro.

Havnen og adgangskanalen bliver udgravet til en dybde på 6 m. Mængden af afgravet materiale på stedet anslås at være 260.000 m³. Det forventes, at det afgravede materiale kan benyttes som fyld i kajerne i molerne og i halvøen på Fehmarn.

Trafik i anlægsfasen på Fehmarn

Det følger af projektet, at mængden af trafik på offentlige veje i nærheden af byggepladsen vil være relativt moderat i anlægsfasen, da materialer, herunder fyld til dæmning og tilslag til beton, primært vil blive leveret til byggepladsen via havnen. Trafikken vil derfor være domineret af personbiler, der transporterer personale til og fra byggepladsen.

Antallet af lastbiler til og fra byggepladsen forventes at ligge inden for intervallet 10 - 30 om dagen. Dette antal vil være større, hvis entreprenøren på landanlæggene foretrækker, at dele af fyldet til dæmningerne leveres til byggepladsen på lastbiler fra en grusgrav i lokalområdet.

Når anlægsarbejdet i forbindelse med broen er færdig, fjernes de midlertidige anlæg.

5.4.5 Ressourcebehov og mandsskabskrav

Tabel 5.4 angiver projektets overslag over de vigtigste materialeressourcer, der kræves til det permanente anlæg af en skråstagsbro over Femern Bælt.

TABEL 5.4 Anslåede ressourcebehov - skråstagsbro

Materiale	Mængde
Konstruktionsstål	283.000 t
Malet området på stålkonstruktion	1.133.000 m ²
Skråstag	6.100 t
Forspændt armering	5.100 t
Armeringsstål	158.000 t
Betonpæle til jordforbedring	110.000 t
Konstruktionsbeton	790.000 m ³
Gravearbejde og opfyldning	1.400.000 m ³
Sandfyld til sænkekasser og opfyldning rundt om sænkekasser	305.000 t
Skærver til sænkekasser og opfyldning rundt om sænkekasser	444.000 t
Erosionsbeskyttelsessten	257.000 t
Store sten til diger	125.000 t
Fyld til halvøer og dæmninger	829.500 m ³

Den direkte og indirekte beskæftigelse anslås samlet set at medføre arbejdspladser svarende til ca. 32.000.000 mandetimer i anlægsperioden.

5.4.6 Tidsplan for anlægsarbejdet

Ifølge projektet er anlægsperioden for en skråstagsbro over Femern Bælt vurderet til at vare ca. seks år.

5.4.7 Fravalg af skråstagsbroen

I november 2010 anbefalede Femern A/S transportministeren og forligskredsen bag kyst-kyst projektet, at sænketunnelen skulle indgå i de videre arbejder som den foretrukne løsning. Anbefalingen er offentliggjort på www.femern.dk.

Anbefalingen var baseret på selskabets vurderinger af projekterne for tekniske løsninger samt en foreløbig miljøvurdering baseret på eksisterende data. Efterfølgende har Femern A/S foretaget egentlige miljøvurderinger af henholdsvis en sænketunnel og en skråstagsbro baseret på de nye miljødata, som Femern A/S har tilvejebragt i 2008 – 2010.

I henhold til Femern A/S' anbefaling fra november 2010 er en skråstagsbro fravalgt som teknisk løsning efter en sammenligning med sænketunnelen på følgende seks parametre: 1) miljø, 2) sejladsikkerhed, 3) sikkerhed og beredskab, 4) tekniske risici, 5) tidsplan og 6) økonomi. Fravalget er sket på baggrund af en samlet vurdering af fordele og ulemper ved de to løsninger. Nedenfor redegøres nærmere for fordele og ulemper ved en skråstagsbro.

Miljø

Miljøvurderingerne viser, at både projektet for en skråstagsbro og projektet for en sænketunnel indebærer påvirkninger af miljøet i Femern Bælt samt på Lolland og Fehmarn.

Miljøeffekterne ved en broløsning er forskellige fra den undersøgte sænketunnelløsnings effekter. Skråstagsbroens virkninger er i højere grad permanente og knyttet til broens virkning på hydrografien og fugletræk i området, hvorimod sænketunnelprojektets virkninger primært relateres til de marine gravearbejder i anlægsperioden.

Beregningerne viser, at en bro har en påviselig, men dog begrænset virkning på vandudvekslingen i Femern Bælt og dermed potentielt kan påvirke Østersøens hydrografiske forhold.

Ovenstående virkninger af skråstagsbroen vurderes, bortset fra den potentielle påvirkning på Østersøens hydrografiske forhold, at kunne håndteres gennem afværgeforanstaltninger.

Den gennemførte foreløbige Natura 2000-vurdering af skråstagsbroen viser, at væsentlige permanente virkninger på fem tyske Natura 2000-områder (DE 1633-491, DE 1530-491, DE 1332-301, DE 1631-392, DE 1532-391) øst og vest for linjeføringen ikke kan udelukkes, herunder en væsentlig påvirkning på den prioriterede naturtype 1150 Kystlaguner i SCI DE 1532-391 "Küstenstreifen West- und Nordfehmann" heller ikke udelukkes. Endelige vurderes skråstagsbroens strukturelaserede barriereeffekt på fugle kun i nogen grad at kunne afværges, men ikke helt at kunne undgås.

I en sammenligning af skråstagsbroprojektets og sænketunnelprojektets samlede virkninger på de omkringliggende Natura 2000-områder vurderes det at være forbundet med væsentligt færre, miljømæssige konflikter at etablere Femern Bælt-forbindelsen som en sænketunnel. For mere information om miljøvurderingen af en skråstagsbro henvises til baggrundsrapporterne om miljøvurdering af kyst-kyst projektet, hvori både sænketunnelen og skråstagsbroen indgår. Baggrundsrapporterne er offentliggjort på www.femern.dk.

Sejladssikkerhed

Femern Bælt er et tæt trafikeret farvand med 48.000 skibspassagerer om året (2006), herunder mange tankskibe. Det er desuden forventningen, at skibstrafikken vil stige væsentligt frem mod 2030 (mellem 80.000 - 110.000 skibspassagerer).

Ud fra sejladssikkerhedsmæssige hensyn er det klart, at en tunnel vil indebære færre risici end en bro.

Risikoanalyserne viser dog, at sejladssikkerheden (det vil sige sikkerheden set fra skibenes synspunkt) forbedres, såfremt broen udformes med to gennemsejlingsfag på mindst 724 m, og der samtidig indføres et VTS-system dækkende området fra det sydlige Storebælt til Kadetrenden i forhold til en situation uden bro og fortsat færgefart.

Påsejlingsrisikoen er vurderet af Femern A/S' rådgiver og viser, at der vil forekomme en påsejling af brokonstruktionen ca. hvert tredje år. Kun i sjældne tilfælde vil der ske skader på broen, som vil indebære en afbrydelse af trafikken eller afstedkomme væsentlige reparationsomkostninger. Sandsynligheden for, at skibskollisioner mod broen medfører en længerevarende (tre måneder) afbrydelse, er dog ringe, nemlig én gang pr. 500 år.

En broløsning vil altid indebære en risiko for, at kollisioner mellem skibe og bro vil afstedkomme en miljøulykke, f.eks. i form af udslip af olie, kemikalier mv. Risikoen herfor vurderes dog som relativ lille og på samme niveau som risikoen i dag som følge af skib-skib kollisioner, grundstødninger, mv.

Den del af skråstagsbroens anlægsfase, hvor der foregår marine aktiviteter, strækker sig over en periode på omkring tre år. Det fremgår af projektet, at der igennem hele denne periode vil være aktiviteter i gang for at konstruere de tre pyloner til hovedbroen og samtidig flere forskellige aktiviteter i relation til de to tilslutningsbroer. Det betyder, at den internationale skibstrafik gennem hele perioden vil skulle ledes igennem hovedbroens to gennemsejlingsfag og får dermed samme sejladssikkerhedsforhold som i driftsfasen. Den lokale trafik vil skulle ledes forbi anlægsarbejderne nær Lollands og Fehmarns kyst.

Med henblik på at opretholde sejladssikkerheden gennem både anlægs- og driftsfasen vil det være muligt at indføre en række risikoreducerende tiltag svarende til de tiltag, der ønskes gennemført under anlægsfasen for sænketunnelen.

Ved indførelse af de risikoreducerende tiltag er det Femern A/S' vurdering, at der ville kunne etableres tilfredsstillende sejladsforhold og sejladsikkerhed for den i projektet præsenterede skråstagsbro både under anlæg og drift.

Sikkerhed og beredskab

Det er afgørende, at en kommende Femern Bælt-forbindelse lever op til et højt sikkerhedsniveau, og at der er et effektivt beredskab på plads, såfremt uheldet er ude.

Både projektet for en skråstagsbro og sænketunnelen lever op til kravet om et højt sikkerhedsniveau, idet begge løsninger har et højere sikkerhedsniveau (målt ved risikoen for dødsulykker) end almindelige motorvejs- eller jernbaneanlæg.

Tekniske risici

Det er selskabets faglige vurdering, at en skråstagsbro med to spænd på 724 m vil være en større teknisk udfordring at bygge end en sænketunnel.

Der vil være tale om de største spænd, som nogensinde er bygget for en skråstagsbro til både vej- og jernbanetrafik, og de vil begge være over 200 m længere end spændet på Øresundsbroen. Det vil samtidig ske i et farvand, hvor vejforholdene ofte er barske, og hvor skibsintensiteten er høj. Det skønnes at indebære ikke uvæsentlige risici i anlægsfasen både for fordyrelser, forsinkelser og arbejdsulykker.

Detailprojekteringsrisici er især centreret omkring skråstagsbroen, hvor kombinationen af fri frembygning og de lange kabler vil kræve den yderste omhu i koordineringen af arbejdet og detailprojekteringen. De lange kabler i kombination med de fritstående pyloner kræver dæmpning af svingninger, som skal baseres på ekstrapoleringer på baggrund af f.eks. erfaringerne fra Øresundsbroen. Skråstagsbroens detailprojektering er derfor karakteriseret ved at være et udviklingsarbejde med dertilhørende udfordringer.

Tilslutningsbroernes dragere er stort set ens, men underbygningerne er forskellige både i form, størrelse og højde på grund af broens kurvede forløb.

Anlægsarbejdet er desuden karakteriseret ved mange tunge og nøjagtige løft og placering af broelementer. Brodragerne, der vejer op til 8.000 t, skal løftes op til en højde af 80 m til oversiden af brodrager og placeres med cm's nøjagtighed. Brofundamentet, der vejer op til ca. 5.000 t, skal placeres på 30 - 40 m's vanddybde også med cm's nøjagtighed.

Metodevalg, herunder det anvendte løfteudstyrs robusthed, er et væsentligt element for at opnå en rettidig gennemførelse. For indeværende findes der ikke sådant materiel, men der bygges nye løfteenheder, der vil kunne klare opgaven.

En sænketunnel vil også være en betydelig teknisk udfordring bl.a. som følge af de ofte barske vejforhold og den høje skibsintensitet i Femern Bælt. En sænketunnel indebærer dog ikke tilsvarende tekniske aktiviteter, da der grundlæggende er tale om at gennemføre den samme operation som ved konstruktionen af Øresundsforbindelsens sænketunneldel (Drogdentunnelen), bare mange flere gange og på noget større vanddybder (op til 30 - 40 m). Dermed vil den øgede længde af den samlede tunnel ikke i samme grad betyde en forøgelse af risiciene, som det er tilfældet ved en forøgelse af brospændet i skråstagsbroens gennemsejlingsfag.

Tidsplan

På baggrund af projekterne for en skråstagsbro og en sænketunnel er det Femern A/S' vurdering, at en skråstagsbro vil kunne bygges på ca. seks år, og en sænketunnel vil kunne bygges på ca. 6,5 år.

Økonomi

I forbindelse med fremlæggelse af Femern A/S' anbefaling om valg af teknisk løsning til brug for myndighedsbehandling i november 2010 blev der udarbejdet et konsolideret anlægsoverslag for den projekterede sænketunnel og den projekterede skråstagsbro. Det konsoliderede anlægsover-

slag er udarbejdet inden beslutning om etablering af produktionssted i Danmark. Det konsoliderede anlægsoverslag kan findes på www.femern.dk

Det fremgår af det konsoliderede anlægsoverslag for den projekterede skråstagsbro, at Femern A/S vurderer, at den projekterede skråstagsbro samlet vil koste 38,5 mia. kr. (ekskl. produktionsfabrik i Danmark). Hvilket stort set svarer til anlægsoverslaget for sænketunnelen (ekskl. produktionsfabrik i Danmark).

Drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne for de to projekter er beregnet på baggrund af erfaringerne fra Øresundsforbindelsen. Overslagene, som naturligvis er behæftet med en vis usikkerhed viser, at omkostningerne er noget højere for en tunnelløsning end for en bro.

Når ovennævnte anlægsoverslag samt skøn over drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne tages i betragtning, og det samtidig antages, at den samlede byggetid for de to projekter vil være 6 år (skråstagsbro) henholdsvis 6,5 år (sænketunnel), vil tilbagebetalingstiden for de to projekter, når det hele gøres op, være stort set den samme.

Det indebærer, at projekterne ud fra en samlet økonomisk betragtning må betragtes som ligeværdige.

Sammenfatning

Miljøeffekterne ved en bro-løsning og en sænketunnelløsning er forskellige.

Skråstagsbroens virkninger er i højere grad permanente og knyttet til broens virkning på hydrografien og fugletræk i området, hvorimod sænketunnelprojektets virkninger primært relateres til de marine gravearbejder i anlægsperioden. Skråstagsbroens generelle virkninger vurderes dog at kunne håndteres gennem afværgeforanstaltninger.

I forhold til virkningen på de omkringliggende Natura 2000-områder kan væsentlige permanente virkninger på fem tyske Natura 2000-områder ikke udelukkes, herunder en væsentlig virkning på den prioriterede naturtype 1150 Kystlaguner i SCI DE 1532-391 "Küstenstreifen West- und Nordfehmann" heller ikke udelukkes. Endeligt vurderes skråstagsbroens strukturelle barrierereffekt på fugle kun i nogen grad at kunne afværges, men ikke helt at kunne undgås.

I en sammenligning af skråstagsbroprojektets og sænketunnelprojektets samlede virkninger på de omkringliggende Natura 2000-områder vurderes det at være forbundet med væsentligt færre miljømæssige konflikter at etablere Femern Bælt-forbindelsen som en sænketunnel.

I driftsfasen vil en bro alt andet lige betyde en større risiko for skibstrafikken end en sænketunnel. Femern A/S vurderer dog, at det vil være muligt både i en anlægs- og driftsfase for en skråstagsbro at etablere tilfredsstillende sejladsforhold og sikkerhed.

Skråstagsbroen og sænketunnelen er designet til at leve op til samme sikkerhedsniveau, og begge løsninger har et højere sikkerhedsniveau end almindelige motorvejs- eller jernbaneanlæg.

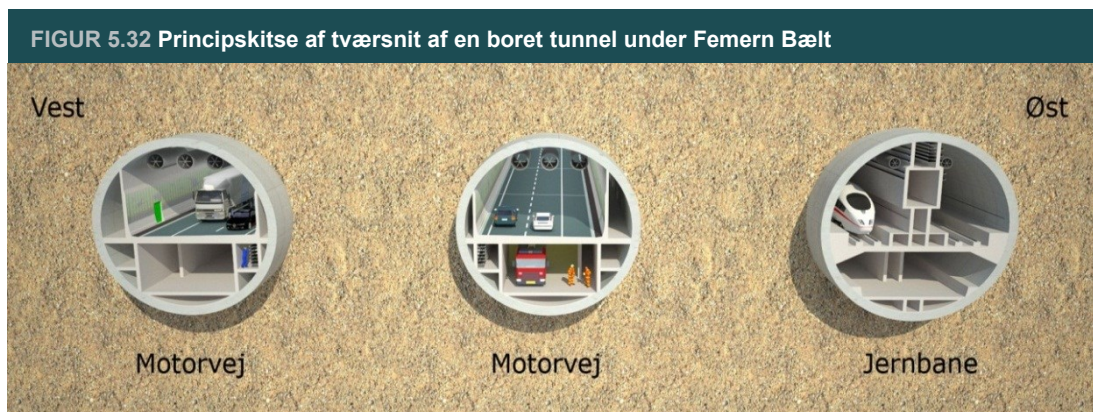
Det er Femern A/S' vurdering, at den projekterede skråstagsbro indebærer flere og større tekniske risici end den projekterede sænketunnel. Dette skyldes primært, at skråstagsbroen er designet med de største spænd, som nogensinde er bygget for en skråstagsbro til både vej- og jernbanetrafik, og de vil begge være over 200 m længere end på Øresundsbroen.

Anlægsperioden for den skitserede skråstagsbro er vurderet til seks år, hvilket er et halvt år mindre end for sænketunnelen. Endeligt er anlægsomkostningerne for den skitserede skråstagsbro på samme niveau som for sænketunnelen.

5.5 BORET TUNNEL

Beskrivelsen af en boret tunnelloøsning er baseret på et projekt udarbejdet af Femern A/S' rådgivere Rambøll-Arup-TEC.

I følgende afsnit bliver projektet for en boret tunnel beskrevet med fokus på de forhold, som adskiller sig væsentligt fra sænketunnelens design og anlægsmetode (kapitel 4). Endvidere redegøres for, hvorfor Femern A/S har fravalgt at arbejde videre med dette alternativ.



5.5.1 Tunneldesign

Projektet for den borede tunnel består af tre cirkulære tunneler. En tunnel med plads til to jernbanespor og to tunneler, der hver rummer en ensrettet motorvejsforbindelse med nødspor i hver sin retning.

Jernbanetunnelen har en samlet længde på 21,2 km, og vejstunnelerne er 19,6 km. Motorvejens fysiske grænsefladesnit med det eksisterende trafik anlæg på land er identisk med sænketunnelprojektet på Fehmarn, mens jernbanens grænsefladesnit ligger 2 km længere inde i land på Fehmarn sammenlignet med sænketunnelprojektet. På Lolland ligger motorvejens fysiske grænsefladesnit ca. 250 m længere inde i land, og jernbanens grænsefladesnit ligger ca. 700 m længere inde i land på Lolland sammenlignet med sænketunnelprojektet. Dette skyldes, at portalerne er dybere beliggende end for sænketunnelprojektet og, at de er placeret længere inde i landet.

Jernbanetunnelen har en indvendig diameter på 15,2 m, mens de to vejstunneler har en indvendig diameter på 14,2 m.

Motorvejstunnelerne

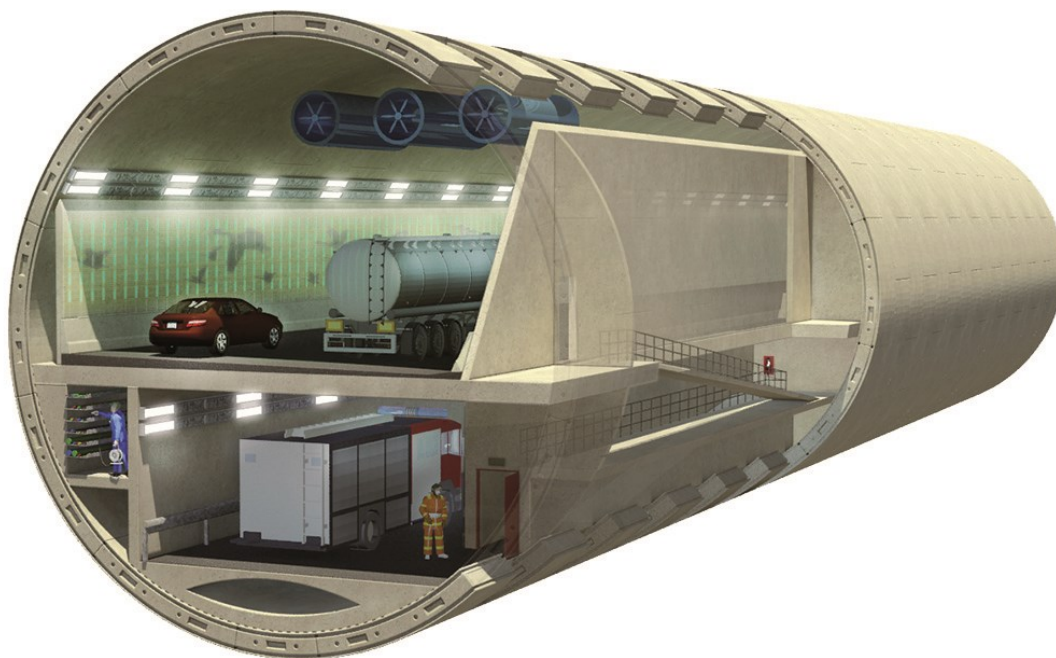
I projektet er motorvejstunnelerne placeret vest for jernbanetunnelen.

Hvert vejrør rummer to kørespor, et nødspor med kantstriber, betonautoværn langs væggene samt installation af jetventilatorer og skiltning i toppen af de cirkulære tværsnit.

Vejrørene indeholder desuden en ca. 2 m bred brandsikker sidegang med adgang fra nødsporet via brandsikre døre for hver ca. 100 m. Fra gangen er der samtidig adgang til niveauerne under vejdækket (i underretagen) via trapper eller ramper.

I projektet indeholder dækket under vejen kabelkanal, teknikrum, rednings- og servicefaciliteter samt et spor til redningskøretøjer.

FIGUR 5.33 Principskitse af tværsnit af motorvejsrør – boret tunnel

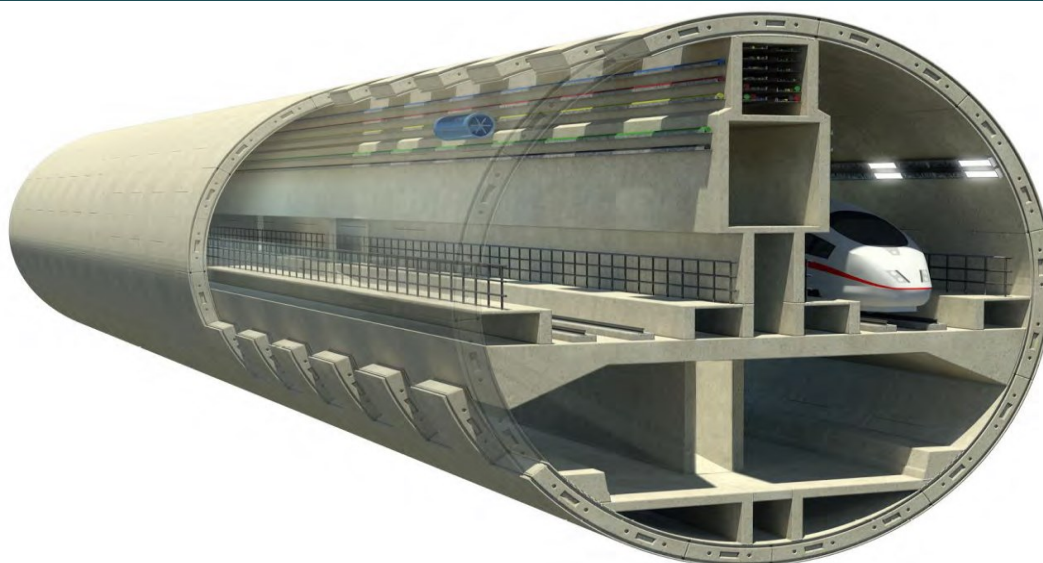


Jernbanetunnelen

I projektet er jernbanetunnelen adskilt på midten af en brandsikker midtergang og er således opdelt i to brandadskilte sektioner, som hver har en bredde på cirka 6 m. Jernbaneskinneerne er monteret direkte på betondækket. Der indgår nødfortove på begge sider af hvert spor, og der er monteret ventilatorer i toppen af hvert rør.

I projektet er jernbanerørene dimensioneret til at tillade tog at passere med hastigheder på op til 200 km/t.

FIGUR 5.34 Principskitse af tværsnit af jernbanen med to separate sektioner – boret tunnel



Jernbanerørets øvrige indhold beskrives nedenfor:

- Niveau 0: Gang i niveau med jernbanedækket med direkte adgang fra hvert jernbanerør. Indvendig gangbredde er 1,1 m
- Niveau +1: Teknikrum med adgang for vedligeholdelsespersonale via trappe fra niveau 0. Indvendig bredde er 2,5 m
- Niveau +2: Gang til kabelføringer. Adgang til dette niveau foregår via trappe eller stige fra niveau 1. Indvendig bredde af kabelføringsgangen er 1,8 m
- Niveau -1: Adgangsgangvej for rednings- og servicekøretøjer. Adgang til dette niveau fra jernbanedækket i niveau 0 foregår via ramper eller trapper. Der etableres tilhørende adgangsveje for redningskøretøjer i begge portalanlæg

Portalbygningerne

Projektet for en boret tunnel indeholder portalbygninger for hvert tunnelrør som indeholder teknisk udstyr til brug for den daglige drift.

I projektet er portalbygningerne på Lolland placeret ovenpå cut-and-cover-delen af tunnelerne. Portalbygningerne på Fehmarn er placeret under jorden, således at bygningerne ikke bliver synlige i det åbne landskab. Samme design er anvendt for sænketunnelen.

FIGUR 5.35 Principskitse af portalbygning og ramper, Lolland – boret tunnel



I projektet for en boret tunnel indgår, at trapper og kabelbrønde i vejportalerne integreres mellem vognbanerne, mens jernbaneportalerne vil rumme eventuelle skakter og trapper på ydersiden af jernbaneprofilet. I projektet indgår endvidere, at hovedsamlebrøndene for drænvand fra tunnelrørene er placeret under portalbygningerne.

For at modvirke opdrift og sikre en stabil borefront, skal dybden af den borede tunnel være tilstrækkelig til at efterlade et jorddække over tunnelen, der som minimum er lig med tunnelrørets diameter. Derfor ligger tunnelramperne og portalerne relativt dybt, og de skal derfor placeres længere inde i landet i forhold til en sænketunnel, hvor disse bygninger kan opføres inden for de nye fremskudte landopfyldningsområder.

FIGUR 5.36 Principskitse af portalbygning og ramper, Fehmarn – boret tunnel



5.5.2 Anlægsarbejder

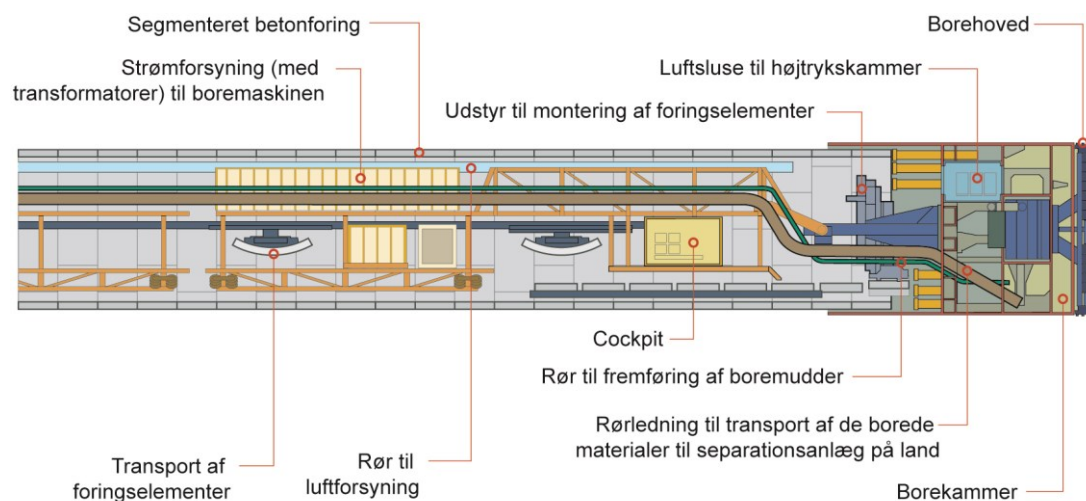
Dette afsnit beskriver de byggeaktiviteter, der er forbundet med det i projektet beskrevne projekt for en boret tunnel. Der fokuseres på tunneldelen, herunder udboringen og de dertilhørende portal- og rampeområder.

Boremethode

I projektet indgår brug af seks tunnelboremaskiner til boring af de tre separate tunnelrør. Tre boremaskiner starter boringen på Lolland og tre starter boringen på Fehmarn. De seks boremaskiner mødes parvis under Femern Bælt, hvor de enkelte tunnelrør støbes sammen.

En tunnelboremaskine er en rullende fabrik, der er designet således, at den kan håndtere de forskellige jordbundsforhold under Femern Bælt.

FIGUR 5.37 Principskitse af en tunnelboremaskine – boret tunnel



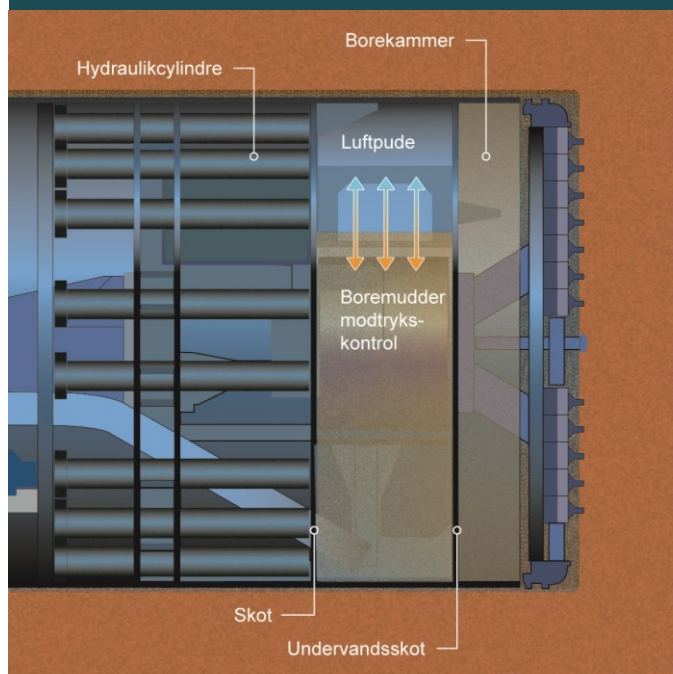
Selve boringen foregår ved, at havbunden foran tunnelboremaskinen løsnes ved hjælp af en række skæreskiver og skæretænder, der er monteret i det roterende borehoved i forenden af tunnelboremaskinen. Hærdede tænder anvendes til at skære/løsne de blødere materialer, mens

cirkelformede skiver nedbryder stenblokke. Borehovedet roterer langsomt (typisk 3 - 5 omdrejninger pr. minut) samtidigt med, at det presses fremad. Det udborede havbundsmateriale transporteres ind i et opsamlingskammer via huller i borehovedet som vist på figur 5.37.

Borehovedet er indesluttet i et stålskjold, som afskærmer mod havbundsmaterialet, indtil den permanente betonforing (betonringe) kan placeres.

Borehovedet specialfremstilles, så det passer til de konkrete jordbundsforhold og til størrelsen samt længden af den borede tunnel. I projektet indgår, at de seks tunnelboremaskiner er såkaldte "slurry-shield"-tunnelboremaskiner. Disse boremaskiner opererer ved hjælp af en speciel blanding af bentonitholdigt boremudder, der dels stabiliserer borefronten (havbundsmaterialet) foran selve borehovedet, dels anvendes til opblandet transport af de udborede materialer ved pumpning igennem en rørledning til de respektive separationsanlæg på land.

FIGUR 5.38 Principskitse af mixshield-tunnelboremaskine med dobbelt samlingskammer – boret tunnel



En særlig udgave af "slurry-shield"-tunnelboremaskinen er en mixshield-tunnelboremaskine, som er en tunnelboremaskine med et dobbeltkammersystem, der nøjagtigt kan styre fladetrykket ved hjælp af en kombination af boremudder og trykluft.

Til denne type tunnelboremaskine kan der skabes adgang til borehovedet for vedligeholdelse under atmosfæriske forhold uden, at der er risiko for, at boremaskinen og dens back-up-system oversvømmes i tilfælde af højt vandtryk på borefronten.

Adgangen til arbejdskammeret kan foregå via tryksluger i tunnelboremaskinens forreste skot. Trykslugerne gør det muligt for ikke-specialuddannet tunnelpersonale at operere under et tryk på op til 3,6 bar. Ved overfladetryk på over 3,6 bar kræves specialdykkere for at komme ind i arbejdskammeret. I projektet for en boret tunnel er det vurderet, at op til 70 pct. af reparationerne vil foregå ved tryk på over 3,6 bar.

Alt havbundsmateriale pumpes til store separationsanlæg, der skiller det udborede materiale fra boremudderet, som bliver genbrugt. I projektet indgår, at hovedparten af de borede materialer anvendes som opfyldning af nye landområder ud for begge kyster. Langt størstedelen placeres langs med Lollands sydkyst.

Produktion af tunnelboremaskiner

I projektet indgår, at tunnelboremaskinerne produceres uden for produktionsområdet af en specialiseret producent.

Selve indkøbet af tunnelboremaskinerne, med kontraktforhandlinger, design, fremstilling, levering og montering på stedet, er udfordrende aktiviteter. Fremstillingen af de seks tunnelboremaskiner er estimeret til at vare ca. 12 måneder. Derudover er det vigtigt for den i projektet præsenterede tidsplan, at portalanlæggene er klar til det tidspunkt, hvor de seks maskiner leveres og opstilles.

Separationsanlæg og lagerområde til de borede materialer

Projektet for en boret tunnel indeholder en samlet mængde udboret havbundsmateriale på ca. 19,2 mio. m³ (inkl. bulking factor på 1,3), der ilandføres ligeligt fordelt mellem Lolland og Fehmarn. Det er vanskeligt at forudsige, hvilken form og mængde det udgravede ler har ved indgangen til separationsanlægget. I værste fald er en stor del af leret blevet opløst i boremudderet, hvilket betyder, at selv et stort separationsanlæg vil have svært ved at separere leret fra boremudderet med henblik på genbrug til landopfyldning.

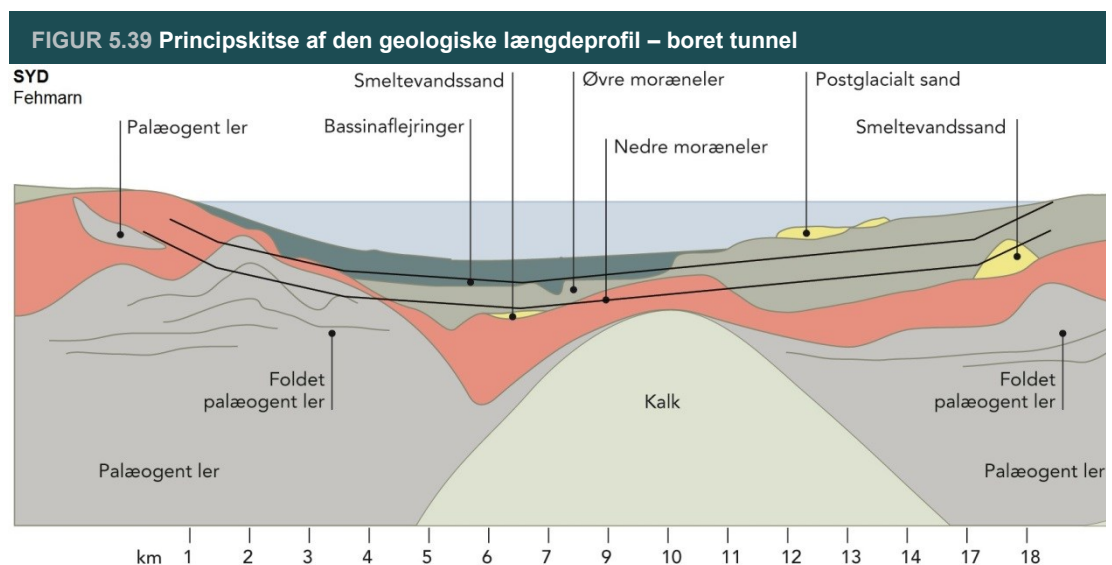
Mulighederne for genbrug af de forskellige fraktioner af det udborede faste materiale afhænger i stor udstrækning af vandindholdet og materialets deraf følgende beskaffenhed. Projektet forudsætter, at alt materialet fra separationsanlæggene i en vis udstrækning kan anvendes til landopfyldning.

De geologiske forhold i Femern Bælt

Anlægsrisiciene ved en boret tunnel under Femern Bælt er tæt forbundet med geologien. Som følge af istiden er jordbundsforholdene uhomogene i området.

Både den danske og den tyske side af Femern Bælt har let skrånende områder tæt på kysterne. På den danske side med hældninger på 0,33 pct. og på den tyske side med lidt større hældninger på 0,66 pct. Mod midten af Femern Bælt bliver disse gradienter gradvist mindre og ender i det dybeste niveau på omkring 29 m.

De jordarter, der bores igennem langs linjeføringen, omfatter både en øvre og nedre kvartær del, der består af glaciale aflejringer (moræneler og morænesand) efterfulgt af en geologisk set ældre palæogen del, der består af meget plastisk til ekstremt plastisk ler. Den tyske side er domineret af det palæogene ler og noget moræneler, mens midten og den danske side er domineret af tykke aflejringer af moræneler.



Midlertidige produktionsområder på Lolland og Fehmarn

I projektet for en boret tunnel indgår midlertidige produktionsområder, der er nødvendige til konstruktion af tunnelerne og portalbygningerne.

I projektet indgår, at produktionsområdet vil indeholde følgende aktiviteter:

- Fabrik til forstøbte tunnelsegmenter
- Lagerområde til forstøbte segmenter
- Separationsanlæg til håndtering af de udborede jordmaterialer med dertilhørende lagerplads
- Anlæg for produktion af boremudder til de enkelte boremaskiner
- Kontor- og værkstedsfaciliteter

FIGUR 5.40 Principskitse af produktionsområdet, Lolland – boret tunnel



FIGUR 5.41 Principskitse af produktionsområdet, Fehmarn – boret tunnel



I projektet indgår, at der skal fremstilles i alt 330.000 segmenter til betonforingen i løbet af en periode på 3,5 år, hvilket vil kræve betonstøbefaciliteter med høj kapacitet og med tilsvarende lagerplads til hærdning og opbevaring. Derudover skal der produceres elementer til vej- og jern-

banedæk samt skillevægge. Både segment- og elementproduktionsstederne foreslås placeret tæt på de enkelte tunnelportaler.

Lagerområdet skal have et fast underlag, og det vil endvidere være nødvendigt at etablere en midlertidig belægning på vejene til kørsel med arbejds køretøjer.

I projektet er det samlede område til hvert separationsanlæg vurderet til ca. 3,6 ha inkl. lagerplads til midlertidig opbevaring af de filtrerede materialer. Der vil være behov for et område på ca. 1,5 ha (100 m x 150 m) til selve installationen af separationsanlæggets komponenter, mens behovet for ekstra plads til midlertidig oplagring afhænger af den tilstødende logistikkæde for den videre transport med lastbiler, tog og/eller pramme.

Lagerpladsen skal typisk kunne rumme udgravningsmateriale svarende til ca. fem dages produktion, hvilket er ca. 44.000 t eller 22.000 m³.

I henhold til projektets tidsplan skal tunnelportalerne bygges samtidig med produktion og levering af tunnelboremaskinerne med henblik på at sikre, at borearbejdet kan starte så snart tunnelboremaskinerne er leveret.

5.5.3 Ressourcebehov og mandskabskrav

Tabel 5.5 angiver det omtrentlige behov for nogle af de ressourcer, der er nødvendige for etableringen af en boret tunnel.

TABEL 5.5 Ressourcebehov – boret tunnel	
Mængder	Boret tunnel
Beton til tunnelementer	1.842.000 m ³
Armering	448.000 t
Ballastbeton/indvendig beton; i alt	1.280.000 m ³
Bygningsbeton, portal, ramper og cut- and-cover	274.000 m ³
Samlet afgravet mængde – på stedet (ekskl. bulking faktor)	14.800.000 m ³ **
Landopfyldningsområdets areal i alt	3.300.000 m ²
Samlet mængde af genopfyldning i tunnelrenden	n. a.
Ferskvandsforsyning	612.000 m ³
Elektricitet	1.230 GWh

Note: *Tunnelrende og arbejdshavne **Borede materialer og arbejdshavne

Det anslås, at det totale antal mandetimer, der skal bruges til opførelsen af en boret tunnel under Femern Bælt, er ca. 30.000.000 timer.

5.5.4 Tidsplan for anlægsarbejdet

Projektet for en boret tunnel indeholder en tidsplan for færdiggørelse af projektet inden for ca. otte år fra underskrivelse af den første anlægskontrakt.

Projektets kompleksitet, den lange tunnelboring samt tunnelernes store diameter giver det borede tunnelprojekt en speciel risikoprofil, der kan få en alvorlig indvirkning på tidsplanen.

Den kritiske del af tidsplanen knytter sig især til anskaffelsen af de seks tunnelboremaskiner, opstart af boreprocessen og installation af det faste udstyr.

5.5.5 Fravalg af boret tunnel

En boret tunnelloøsning er fravalgt som teknisk løsning efter en sammenligning med sænketunnelen på følgende seks parametre: 1) miljø, 2) sejladsikkerhed, 3) sikkerhed og beredskab, 4) tekniske risici, 5) tidsplan og 6) økonomi.

Fravalget er sket på baggrund af en samlet vurdering af fordele og ulemper ved de to løsninger. Nedenfor redegøres nærmere for fordele og ulemper ved en boret tunnel.

Miljø

Der er udarbejdet en miljøvurdering af projektet for en boret tunnelloøsning. Miljøvurderingen viser, at den borede tunnelloøsning på nogle områder vurderes at være en dårligere miljømæssig løsning end sænketunnelloøsningen, mens den på andre områder vurderes at være en bedre miljømæssig løsning end sænketunnelloøsningen.

Den borede tunnel vurderes at være en miljømæssig dårligere løsning end en sænketunnel på følgende områder:

- Den borede tunnelloøsning vil på grund af en længere produktionstid på 1,5 år forårsage større midlertidige virkninger på miljøet end en sænketunnelloøsning
- Den borede tunnelloøsning vil kræve et langt højere energiforbrug end sænketunnelloøsningen og deraf afledt drivhusgasudslip på ekstra 0,7 mio. t CO₂, svarende til en forøgelse med 39 pct.
- Den borede tunnelloøsning vil som følge af, at der kræves væsentlig større produktionsfaciliteter på Fehmarn end ved en sænketunnel, have en større midlertidig virkning på miljøet end en sænketunnelloøsning

Den borede tunnel vurderes at være en miljømæssig bedre løsning end en sænketunnel på følgende områder:

- Den borede tunnelloøsning vil på grund af det mindre sedimentspild påvirke de marine miljøforhold i enten samme eller mindre omfang end sænketunnelloøsningen
- Den borede tunnelloøsning kræver et mindre areal til anlægsaktiviteter og produktionsfaciliteter på Lolland end sænketunnelloøsningen, og er dermed mindre belastende for området
- Den borede tunnel påvirker ikke det tyske Natura 2000-område placeret midt i Femern Bælt (DE 1332-301)

Der er dog nogen usikkerhed forbundet med vurderingen af den borede tunnel. Usikkerheden kan primært henføres til de tekniske udfordringer, der knytter sig til at sikre, at det udborede materiale inden for en kort tidshorisont bliver anvendeligt for etableringen af det nye landområde på Lolland med den tilsigtede naturmæssige værdi, herunder som erstatning for natur, der påvirkes andre steder i projektområdet.

Sammenfattende vurderes det, at den borede tunnelloøsning vil have en lille miljømæssig fordel sammenlignet med sænketunnelprojektet, hvis fokus lægges på det marine område. Den borede tunnel undgår direkte indgreb i havbunden i det tyske Natura 2000-område placeret midt i Femern Bælt og har et mindre sedimentspild i det marine område. Til gengæld har den længere anlægsfase, en større CO₂-udledning i anlægsfasen, en større virkning i rampeområdet på Fehmarn og en usikker tidshorisont for den tilsigtede anvendelse af det udborede materiale.

Sejladssikkerhed

I driftsfasen påvirker hverken en boret tunnelloøsning eller sænketunnelen skibstrafikken i Femern Bælt.

I anlægsfasen påvirker begge tunnelloøsninger skibstrafikken i Femern Bælt i forbindelse med gravearbejdet, hvor skibstrafikken vil skulle tage hensyn til transporter af udboret/opgravet materiale, som sejles fra Fehmarn til Lollands kyst. Langt størstedelen af det udborede/opgravede materiale vil blive transporteret til den danske kyst med pramme med henblik på landopfyldning på Lolland.

Ud over transporten af opgravet materiale påvirker sænketunnelen også skibstrafikken i forbindelse med opgravningen, nedsænkning af tunnelelementer samt tilbagefyldning omkring tunnelelementerne, som alt sammen foregår fra havoverfladen. Dette vil imidlertid blive søgt afbødet bl.a. ved etablering af et VTS-system, som vil informere skibstrafikken om de aktuelle anlægsaktiviteter, der foregår i Femern Bælt.

En boret tunnel vil samlet set have færre marine aktiviteter end en sænketunnel.

Sikkerhed og beredskab

Den borede tunnelløsning er designet til at leve op til samme sikkerhedsniveau som sænketunnelen.

I den borede tunnelløsning er flugtveje og indsatsveje placeret under vej- og jernbanedækket. Det betyder, at bil- og togpassagerne har mulighed for at flygte til et sikkert redningsareal under vej- og jernbanedækket via trapper eller ramper. Tilsvarende har brand- og redningskøretøjer adgang til ulykkesområdet via etagen under vej- og jernbanedækket og adgang til selve ulykkesstedet via trapper og ramper.

I modsætning til sænketunnelen består den borede tunnelløsning af tre separate rør uden tværforbindinger, og der vil derfor ikke være adgang til/fra ulykkesstedet fra de øvrige tunnelrør.

Tekniske risici

En borede tunnelløsning vil i sine enkeltelementer blive udført ved brug af kendte teknologier. På en række parametre findes der imidlertid ingen lignende borede tunneler, som både har den aktuelle størrelse (diameter og længde) og er udført i jordbundsforhold svarende til Femern Bælt.

Den borede tunnelløsning vil kræve boremaskiner med meget store diametre, tæt på de største diametre, der hidtil er anvendt til borede tunneler. Den største boremaskine er ikke prøvet over så store afstande som mellem Danmark og Tyskland under Femern Bælt, under højt vandtryk og i den type varierende jordbundsforhold, som findes under Femern Bælt. En fast forbindelse anlagt som en borede tunnelløsning under Femern Bælt synes således at overskride grænserne for, hvad der regnes som gennembrøvet (state-of-the-art) anlægsteknologi.

Til sammenligning vil sænketunnelen blive opført ved brug af velkendte metoder og teknologier herunder med hensyn til gravearbejderne, produktion af tunnelelementer samt transport og nedsænkning af tunnelelementer.

I forhold til en sænketunnel vurderes en borede tunnelløsning derfor at være forbundet med flere og større anlægstekniske risici.

Jordbundsforholdene i Femern Bælt

En primær risikofaktor ved en borede tunnelløsning er som nævnt jordbundsforholdene i projektområdet.

Femern A/S har udført en række geologiske/geotekniske undersøgelser, som viser, at projektområdet består af komplekse jordbundsforhold. De øvre havbundslag består af post- og sen-glaciale aflejringer (gytje, sand, silt samt ler), underliggende lag består af glaciale aflejringer (moræner og smeltevandssand) og herunder lag af palæogent ler, der består af højplastisk ler og kridt. Endeligt er der fundet områder med store stenblokke.

De stærkt varierende jordbundsforhold i projektområdet repræsenterer en betydelig risiko for en hvilken som helst boremetode bl.a. på grund af den potentielle risiko for at støde på store stenblokke forankret i en ustabil masse, hvilket gør det svært for tunnelboremaskinerne at knuse stenene. Havbundsmaterialernes meget slibende effekt vil kræve en høj vedligeholdelsesfrekvens for borehovedet. Endvidere kan hydraulisk instabilitet forårsage, at der trænger havbundsmaterialer ind i borekammeret ved vedligehold. Endeligt forudses håndteringen af de udborede masser af højplastisk ler at være kompliceret. Forhold som betyder stor risiko for øgede omkostninger og forsinkelser for en borede tunnel.

Til sammenligning vil havbundsmaterialer, som ikke på forhånd er forudset, udelukkende kunne påvirke anlægget af sænketunnelen under gravearbejdet, og da udgravningen af tunnelrenden sker fra overfladen af havbunden, og havbunden kan undersøges, før tunnelelementerne sænkes ned, er denne risiko begrænset.

De varierende jordbundsforhold og forekomsten af store stenblokke i Femern Bælt udgør derfor en væsentlig større risiko for en boret tunnellsøsnings med hensyn til anlægstid og økonomi end for en sænketunnel.

Produktion af tunnelboremaskiner

Der er en række tekniske risici forbundet med produktionen af tunnelboremaskiner.

Til brug for udførelsen af en boret tunnellsøsnings under Femern Bælt vil der skulle designes og produceres seks tunnelboremaskiner, med en diameter på op til ca. 17 m, som hver kan bore ca. 10 km (fra kysten til midten af Femern Bælt), og som kan håndtere det høje vandtryk på op til 6 bar foran borehovedet, de uhomogene jordbundsforhold samt forekomsten af store stenblokke.

Hvert af disse forhold kan der tages højde for i designet af tunnelboremaskinerne, men Femern A/S er ikke bekendt med fortilfælde, hvor tunnelboremaskiner samtidig har skullet håndtere både den store diameter, længden samt de varierende jordbundsforhold. Dertil kommer, at når tunnelboremaskinerne er produceret, vil deres fleksibilitet i forhold til at tilpasse sig uforudsete materialer være begrænset.

Erfaringen med at designe de tunnelboremaskiner, der vil være nødvendige for anlæg af den skitserede borede tunnellsøsnings, er på verdensplan lille. Der vil derfor være betydelig risiko for tunnelboremaskinernes ydeevne samt for tid og økonomi.

De seks tunnelboremaskinernes ydeevne er afgørende for udførelsen af den skitserede borede tunnellsøsnings. Fejler blot én af maskinerne, vil det betyde risiko for forsinkelser i forhold til den samlede tidsplan for projektet og risiko for fordyrelser af projektet.

Til sammenligning er typen af sænketunnellsøsnings meget anvendt i Europa og Asien. En sænketunnel under Femern Bælt vil blive den længste sænketunnel af sin slags, men den vil blive anlagt ved brug af kendt teknologi for udgravning, produktion af tunnelelementer samt transport og nedsænkning af tunnelelementer.

For en mere detaljeret sammenligning af anlægsmetoderne for sænketunnelen og den borede tunnellsøsnings se "Samlet teknisk rapport" (Femern A/S, 2011) og "Technical description of key issues of tunnel solutions" (Femern A/S, 2012) på www.femern.dk.

Tidsplan

Anlægsperioden for en boret tunnel er estimeret til otte år, hvilket er halvandet år længere end anlægsperioden for sænketunnelen.

Tidsplanen inkluderer produktion af seks tunnelboremaskiner. For at kunne holde anlægsperioden nede på otte år er det nødvendigt, at tunnelboremaskinerne produceres mere eller mindre samtidig. Det kræver stor produktionskapacitet, hvilket vil bidrage til at minimere antallet af mulige producenter.

Som følge af at anlægget af en boret tunnel under Femern Bælt synes at overskride grænserne for, hvad der regnes som gennemprøvet anlægsteknologi samt det begrænsede antal mulige producenter af det krævede antal tunnelboremaskiner, vurderer Femern A/S, at der er større risiko for forsinkelser i anlægsfasen for en boret tunnel end for en sænketunnel.

Økonomi

De estimerede anlægsomkostninger for en boret tunnellsøsnings er ca. 50,8 mia. kr. (2008-priser). Til sammenligning er en boret tunnel ca. 10 mia. kr. dyrere end sænketunnelen svarende til ca. 25 pct.

De estimerede anlægsomkostninger er beregnet på baggrund af de udarbejdede projekter for sænketunnel og boret tunnel. De samlede anlægsomkostninger inkluderer omkostninger til rådgivning og bygherreorganisationen, reserver mv.

De forventede drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for en boret tunnelloøsning er beregnet til 677 mio. kr. årligt, hvilket er ca. 128 mio. kr. mere end for sænketunnelen svarende til ca. 23 pct.

Både anlægsomkostningerne og drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne er højere for en boret tunnelloøsning som følge af, at den borede tunnelloøsning med sine tre separate tunnelrør uden tværpasager har en betydelig større volumen. Den borede tunnelloøsning er også længere, kræver flere tekniske installationer og har en længere anlægsperiode end sænketunnelen.

På baggrund af de betydelig højere anlægsomkostninger vurderer Femern A/S, at den borede tunnel ud fra et økonomisk synspunkt er væsentlig mere risikofyldt end sænketunnelen.

Sammenfatning

Miljøeffekterne ved en boret tunnelloøsning og en sænketunnelloøsning er forskellige, men dog af en sådan karakter, at ingen af virkningerne på miljøet, set ud fra en rent miljøfaglig vurdering vil være diskvalificerede. Den borede tunnel vurderes ud fra en isoleret miljømæssig betragtning og med fokus på det marine miljø at have en lille omend usikker miljømæssig fordel sammenlignet med sænketunnelprojektet. Dette skyldes, at den borede tunnelloøsning undgår direkte indgreb i havbunden i det tyske Natura 2000-område placeret midt i Femern Bælt og har et mindre sedimentspild i det marine område. Til gengæld har den større midlertidige virkninger i rampeområdet på Fehmarn, en større CO₂-udledning i en lidt længere anlægsfase og en teknisk usikkerhed omkring en umiddelbar anvendelse af det udborede vandholdige materiale til de planlagte nye landområder.

Skibstrafikken i Femern Bælt påvirkes i driftsfasen hverken af en boret tunnelloøsning eller en sænketunnel. I anlægsfasen vil den borede tunnelloøsning have færre marine aktiviteter end en sænketunnel.

Den skitserede borede tunnelloøsning er designet til at leve op til samme sikkerhedsniveau som sænketunnelen, men i modsætning til sænketunnelen består den af tre separate rør uden tværfordelinger, og der vil derfor ikke være adgang til/fra ulykkesstedet fra de øvrige tunnelrør.

Den skitserede borede tunnelloøsning synes at overskride grænserne for, hvad der regnes som gennemprøvet anlægsteknologi, mens sænketunnelen opføres ved brug af velkendte metoder og teknologier. Der er derfor flere og større anlægstekniske risici forbundet med opførelsen af den borede tunnelloøsning end sænketunnelen.

Anlægsperioden for den skitserede borede tunnelloøsning er halvandet år længere end for sænketunnelen, og risikoen for en endnu længere anlægsperiode er større for den borede tunnelloøsning. Endeligt har den skitserede borede tunnelloøsning betydelig højere anlægs-omkostninger end sænketunnelen.

5.6 HÆNGBRO

Beskrivelsen af en hængebro er baseret på et projekt udarbejdet af Femerns A/S' rådgivere COWI A/S og Obermeyer.

I det følgende beskrives projektet for en hængebro med fokus på de forhold, som adskiller sig væsentligt fra skråstagsbroens konstruktion. Endvidere redegøres for årsagerne til, at Femern A/S har fravalgt at arbejde videre med dette alternativ.

FIGUR 5.42 Principskitse af en hængebro over Femern Bælt



5.6.1 Brodesign

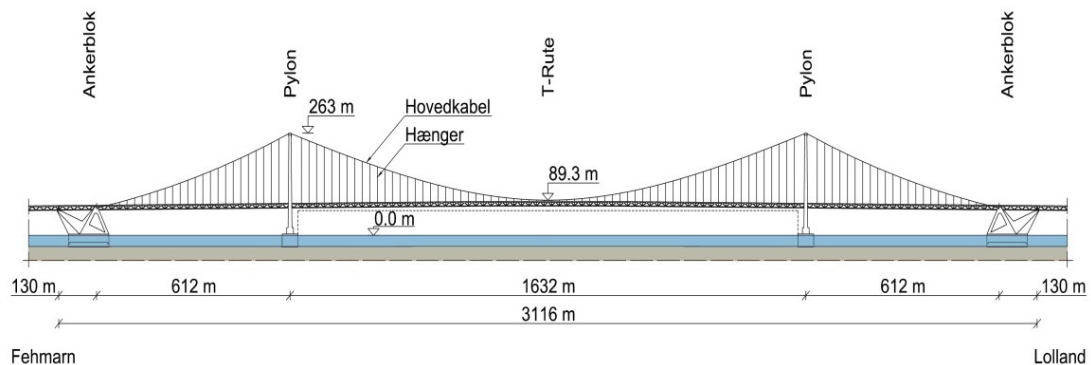
Ifølge projektet består hængebroen af følgende: En hovedbro med fem brofag og en samlet længde på ca. 3.116 m samt to tilslutningsbroer, der forbinder hovedbroen med kysten med 9.072 m mod Lolland og 5.388 m mod Fehmarn. Tilslutningsfagene er ca. 200 m. Hængebroen har et gennemsejlingsfag på 1.632 m og en frihøjde over havoverfladen på mindst 66,2 m. I projektet indgår to inddæmmede halvøer ud for henholdsvis Lollands og Fehmarns kyst ud til en vanddybde på ca. 5 - 6 m, som forbinder tilslutningsbroerne med kysten samt et landanlæg, der forbinder vejen og jernbanen med den eksisterende infrastruktur

Den samlede bro længde forventes at være ca. 18 km mellem tilslutningsbroernes landfæster med 71 bropiller samt to pyloner og to ankerblokke til hovedbroen.

Hovedbro

Hovedbroen er udformet som en hængebro med to pyloner og et hovedfag på 1.632 m. Hovedfaget vil være næsten identisk med hovedfaget på Storebæltsbroens østbro.

FIGUR 5.43 Principskitse af hovedbro opstalt – hængebro



Pylonerne og ankerblokkene er udformet til at kunne modstå belastningerne fra overbygningen og belastninger fra skibsstød. Endvidere er der taget hensyn til æstetiske aspekter.

Ankerblokken understøtter overbygningen i to punkter, som er 130 m fra hinanden, for at opnå et stift endefag op mod dilatationssamlingen.

Brofagernes spændvidder giver en samlet længde på 3.116 m.

Overbygning

Det indgår i projektet, at hængebroens overbygning består af en brodrager i to dæk med en firesporet motorvej på øverste dæk og en tosporet jernbane på nederste dæk. Det øverste kørebandedæk er konstrueret som en lukket stålkasse, hvor hængekablerne er forankret i yderkanten. En gitterdragerkonstruktion under vejdækket bærer den tosporede jernbane. Der er nødfortove inde i gitterdragerne sammen med kabelbakker til forskellige formål herunder elektricitet og kommunikation.

Pyloner

I projektet har pylonerne en højde på 263 m over havets overflade.

FIGUR 5.44 Principskitse af en pylon – hængebro



Pylonen har ben, der skråner svagt indad mod toppen og er forbundet med en enkelt tværbjælke i pylonens top. Fundamentet er forsynet med en tværbjælke med en højde, der svarer til den øvre tværbjælke. Den beskytter desuden mod skibsstød og fordeler samtidig den koncentrerede vægt fra pylonens ben mere jævnt til sænkekassen.

I bunden har benene et trapezformet tværsnit, som gradvis forandrer sig til et kvadratisk tværsnit i toppen udelukkende ved hjælp af plane overflader. Pylonernes ben har afrundede hjørner for at reducere vindbelastningen.

Den øverste tværbjælke skal have en betydelig højde for at opnå tilstrækkelig stivhed mod vindbelastningen vinkelret på broen.

Pylonerne graves ned i havbunden ved hjælp af sænkekasser, der fungerer som pylonens fundament.

Ankerblokke

Det indgår i projektet, at den øverste del af ankerblokken består af en stor rammestruktur med spredkamre, hvor frontbenene bærer spredesadlerne samt en tværbjælke i toppen, som forbinder disse elementer og understøtter brodrageren.

Ud over denne ramme er der et meget stort ballastkammer, som hælder bagud for også at understøtte drageren. Dette design giver god mulighed for at afbalancere hele ankerblokken ved at placere tungt ballastfyld i det bagudlænende kammer.

Det øverste af ankerblokken er synligt over vandspejlet (figur 5.45).

FIGUR 5.45 Principskitse af en ankerblok – hængebro



Ankerblokkens aflange sænkekasse, der fungerer som fundament, har tilstrækkelig kapacitet til at overføre de store vandrette kræfter fra hovedkablet til jorden, men den har ikke ekstra kapacitet til at modstå belastningerne fra skibsstød.

Rundt om ankerblokkene er der udarbejdet en cirkulær ringstruktur. Ringstruktur beskytter hovedbroen og kan repareres uden at forstyrre trafikken på broen.

5.6.2 Anlægsarbejder

Konstruktion af hovedbroens underbygning (midlertidige anlæg)

Pylonernes sænkekasser og fundamenter

Ifølge projektet består pylonernes fundament af præfabrikerede sænkekasser med en massiv 3 m tyk topplade, der støbes på stedet i Femern Bælt, i toppen af den præfabrikerede sænkekasse.

Pylonens nedre del består af cellestrukturer fra toppladen, hvor pylonbenene starter, og denne vil også blive støbt på stedet. Det forventes, at de nederste dele af de to sænkekasser til pylonerne vil blive præfabrikeret i en tørdok på Lindø Industripark A/S / Odense Havn.

Når den nederste del af sænkekassen er støbt færdig, fyldes tørdokken, og de delvist færdige sænkekasser bugseres til en midlertidig opbevaringsplads, hvor de i flydende tilstand kan færdiggøres til deres fulde højde på 34 m.

Ifølge projektet bør den midlertidige byggeplads være et sted tæt på kysten og have en vanddybde på 15 m. Det kunne være nær Puttgarden Havn øst for broens linjeføring, og byggeriet kunne understøttes af de midlertidige arbejdshavne på Lolland og Fehmarn.

Når ydervæggene er færdiggjorte, bugseres sænkekasserne hen til deres endelige placering og sænkes, så de kommer til at hvile på tre forud-installerede betonplader. Derefter fyldes hulrummet mellem sænkekassens bundplade og det opgravede havbundsmateriale med mørtel.

Toppladen oven på sænkekassen støbes på stedet, hvorefter pylonernes nedre sektion støbes. Der vil være betonblandeanlæg og andre byggefaciliteter på pramme, som fortøjes til sænkekasserne.

Konstruktion af pyloner

Det forventes ifølge projektet, at pylonerne bliver støbt på stedet ved brug af klatreforskalling med en løftehøjde på ca. 4 m.

Alle fire pylonben konstrueres parallelt. Under konstruktionen af pylonerne fungerer sænkekasserne som arbejdsplatforme, og der benyttes pramme til at skabe ekstra arbejds- og lager-

område samt til det flydende betonblandeanlæg. Betonen pumpes fra blandeanlægget til støbestedet. Arbejdsstederne understøttes fra den midlertidige arbejdshavn, der etableres på Lolland eller Fehmarn.

Konstruktion af ankerblokke

Ifølge projektet bygges sænkekasserne til de to ankerblokke i samme tørdok som sænkekasserne til pylonerne, efter at sidstnævnte er færdige, da det tager kortere tid at bygge ankerblokkene end pylonerne.

Bugsering, færdiggørelse af sænkekasserne på den midlertidige plads samt placering og støbning på stedet af overdelen udføres på samme måde som ved sænkekasserne til pylonerne.

Konstruktion af beskyttelsesringe til beskyttelse mod påsejling

Rundt om ankerblokkene og de første tilslutningsbropiller er der ifølge projektet konstruktioner til beskyttelse mod påsejling. Beskyttelsesringene til ankerblokkene er konstrueret i otte elementer for at holde vægten af hvert element under 3.500 t. Ellers er konstruktionen den samme som ved skråstagsbroen.

Opsætning af kabler

Når pyloner og ankerblokke er færdige, monteres hovedkablerne ved hjælp af en af følgende metoder:

- Præfabrikerede parallelle kabler, hvor hvert kabel består af 127 wirer med en diameter på 5,3 mm
- Luftspinding, hvor individuelle wirer på 5 mm samles på stedet ved at trække dem fra den ene ankerblok til den anden over pylonsadlerne

Præfabrikerede parallelle kabler er den foretrukne metode i Japan, og luftspinding er den mest anvendte metode i Europa og Amerika. Luftspinding blev anvendt til Storebæltsbroens østbro, og er den forudsatte metode i dette projekt.

Tilslutningsbroerne

Hovedbroerne ender ifølge projektet ved to tilslutningsbroer. Den sydlige tilslutningsbro er 5.388 m lang og består af 27 fag og 26 piller. Den nordlige tilslutningsbro er 9.072 m lang og har 46 fag og 45 piller.

Konstruktion af hovedbroens overbygning

Præfabrikation af brodragere

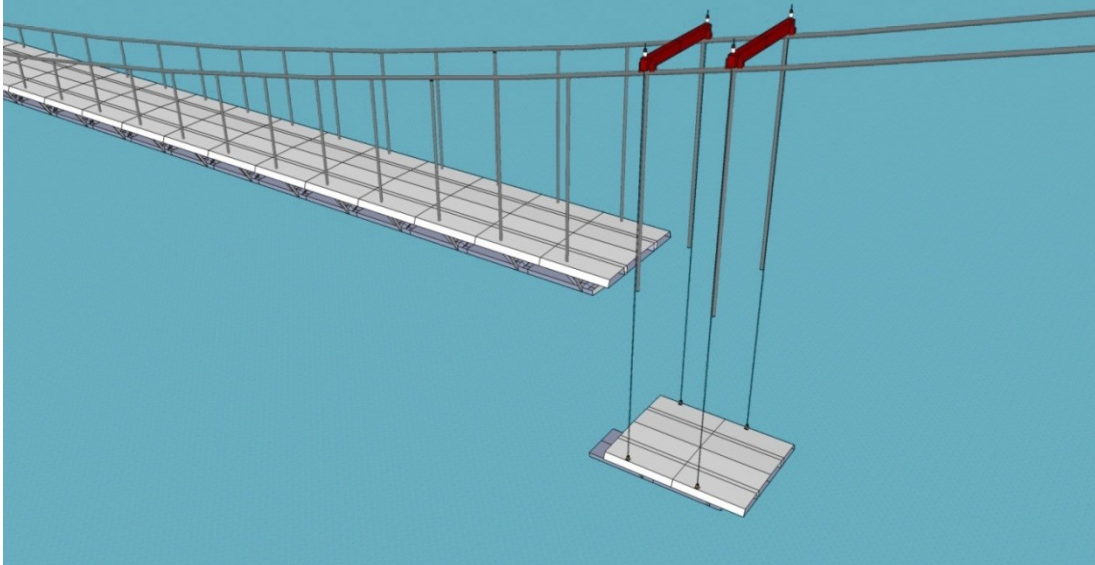
Hovedbroens brodragere består ifølge projektet af 40 m lange sektioner, der vejer mellem 1.000 - 1.200 t. Det forventes, at fremstillingen af stålkonstruktionerne til hovedbroen vil finde sted ved Lindø Industripark A/S / Odense Havn.

Transport og losning af de færdige dragersektioner sker med hydrauliske trailere. Dragersektionerne losses om bord på en pram med egen motor og transporteres til brostedet.

Brodrageren monteres med udgangspunkt i midten af hovedfaget. De 40 m lange drager-elementer løftes med kran fra en pram til brodækniveauet med midlertidige ophæng fra hovedkablerne. Ved pylonerne og ved ankerblokkene monteres brodragerelementerne ved hjælp af en flydekran.

Efter montage af brodragerelementerne svejses samlingerne i kørebanedæk, jernbanedæk og diagonaler. Der vil være arbejdsplatforme til svejsningen, så der er adgang til alle svejse-samlinger.

FIGUR 5.46 Principskitse af montage af en 40 m lang brodragersektion – hængebro



De permanente lodrette hængekabler monteres.

Det afsluttende arbejde vil herefter omfatte:

- Malerarbejde ved samlingerne
- Påføring af det sidste lag maling
- Montage af autoværn, vindskærme og sikkerhedsrækværk
- Vejbelægning
- Opsætning af overvågnings- og evalueringsudstyr

5.6.3 Mandskabskrav

Det anslås i projektet, at det totale antal mandetimer, der skal bruges til opførelsen af en hængebro over Femern Bælt er ca. 35.000.000 timer.

5.6.4 Tidsplan for anlægsarbejdet

Den anslåede overordnede tidsplan for byggeriet af hængebroen er ifølge projektet 6,5 år fra kontraktunderskrivelse til broens åbning.

5.6.5 Fravalg af hængebro

Hængebroen er på et tidligt tidspunkt fravalgt som teknisk løsning efter sammenligning med en skråstagsbro på baggrund af kriterierne: 1) miljø, 2) sejladsikkerhed, 3) tekniske risici, 4) tidsplan og 5) økonomi.

Nedenfor redegøres nærmere for fravalget af hængebroen.

Miljø

Den miljømæssige vurdering af projektet for en hængebro er baseret på en sammenligning med den foreløbige vurdering af projektet for en skråstagsbro forud for Femern A/S' anbefaling fra november 2010 om at lade sænketunnelen indgå i de videre arbejder som den foretrukne løsning.

Miljøeffekterne ved en hængebro svarer til miljøeffekterne for en skråstagsbro. De primære virkninger af en hængebro er relateret til vandgennemstrømningen (hydrografien), samt at der er usikkerhed om en broløsning hindrer et frit fugletræk i området. Således viser en foreløbig Natura 2000-vurdering, at væsentlige virkninger på to tyske Natura 2000-fuglebeskyttelsesområder (DE 1633-491 og DE 1530-491) øst og vest for linjeføringen ikke kan udelukkes.

Det vurderes, at hængebroens store ankerblokke og ringe rundt om ankerblokkene, der beskytter mod sejladstrafik, vil medføre større permanente virkninger på vandgennemstrømningen (hydrografien) sammenlignet med virkningerne fra en skråstagsbro.

Sejladssikkerhed

En hængebro vil være til mindre gene for navigationssikkerheden end en skråstagsbro. Forskellen på sejladssikkerheden mellem de to broløsninger er dog minimal.

Tekniske risici

En afgørende årsag til fravalget af hængebro er, at der forekommer en nedbøjningsgrad på broen på op til 4 - 5 m, når to godstog passerer hinanden. Nedbøjningen vil være til stor gene for den øvrige trafik på broen.

Nedbøjningen forekommer ikke på en skråstagsbro.

Desuden er det vanskeligt at konstruere de store ankerblokke på en vanddybde på ca. 30 m og med relativt dårlige jordbundsforhold.

Økonomi

En hængebro er væsentligt dyrere at opføre sammenlignet med de øvrige alternativer. Prisforskellen sammenlignet med skråstagsbroen er ca. 10 pct. Dertil kommer, at der på grund af den udfordrende konstruktion af hængebroens ankerklodser er en risiko for uforudsete omkostninger.

Der er ikke lavet et sammenligneligt anlægsoverslag og rentabilitetsberegninger for hængebroen, da det tidligt i processen stod klart, at hængebroen ville blive væsentligt dyrere i forhold til de øvrige alternative løsninger.

Tidsplan

Anlægsperioden for en hængebro er estimeret til 6,5 år, hvilket er et halvt år længere, end det vil tage at opføre en skråstagsbro.

Sammenfatning

På baggrund af ovenstående sammenligning af hængebroen og skråstagsbroen som foretrukket broløsning som fast forbindelse over Femern Bælt har Femern A/S vurderet, at en skråstagsbro er en bedre og billigere teknisk løsning sammenlignet med en hængebro.

5.6.6 Referencer

Fehmarnbelt Fixed Link (2011), Raumwiderstandsanalyse und Ermittlung relativ konfliktarmer Korridore

Sammenfatning Miljøfølsomhedsanalyse (Udkast) (2010), Den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst)

Fehmarnbelt Fixed Link (2011), Erläuterungsbericht zur Linienfindung

VVM-Scoping-rapport (2010), Forslag til miljøundersøgelserprogram for den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst)

Merkblatt zur Umweltverträglichkeitsstudie in der Strassenplanung MUVS 2001

Richtlinien für die Erstellung von Umweltverträglichkeitsstudien im Strassenbau RUVS-Entwurf 2008

Traktat af 3. september 2008 mellem Kongeriget Danmark og Forbundsrepublikken Tyskland om en fast forbindelse over Femern Bælt

Lov nr. 285 af 15. april 2009, lov om projektering af fast forbindelse over Femern Bælt med tilhørende landanlæg i Danmark

Lolland Kommune (2011), Kommuneplan 2010 - 2022