

FEMER BÆLT-FORBINDELSEN

Forundersøgelser – Resumérapport

Marts 1999



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	FORORD	5
2	SAMMENFATNING	6
	De udførte undersøgelser	6
	Trafikanalyser	8
	Kyst-til-kyst undersøgelser – Oversigt	11
	Kyst-til-kyst undersøgelser – Konsekvenser for havmiljøet	12
	Kyst-til-kyst undersøgelser – Tekniske løsninger	14
	Vej- og baneanlæg på land	16
	Samlet vurdering	18
3	BAGGRUND OG SAMMENHÆNGE	19
	Overordnede betragtninger	19
	Trafikgrundlaget for faste forbindelser	21
	Storebælt, Øresund og Femer Bælt – Ligheder og forskelle	23
	Nogle miljømæssige perspektiver ved en fast Femer Bælt-forbindelse	26
4	UNDERSØGELSERNES FORLØB	27
	Beslutningsproces	27
	Kapacitetsniveauer for en fast forbindelse	29
	Det tidsmæssige forløb	30
5	TRAFIKANALYSER	35
	Formål og rammer	36
	Trafikmodellen	40
	Trafikprognoser	49
	Sammenligning med den historiske udvikling	61
6	KYST-TIL-KYST UNDERSØGELSER	
	<i>OVERSIGT</i>	63
	Formål, afgrænsninger og forudsætninger	64
	Det udførte arbejde	68
	Sammenhænge til øvrige undersøgelser	72
7	KYST-TIL-KYST UNDERSØGELSER	
	<i>MILJØMÆSSIGE KONSEKVENSER FOR HAVMILJØET</i>	73
	Miljøtilstand, kortlægning og dataindsamling	73
	Miljøpåvirkninger ved etablering af en fast forbindelse	86
	Miljøstrategi og -foranstaltninger	92
	Miljømæssig sammenligning af de tekniske løsninger	94
8	KYST-TIL-KYST UNDERSØGELSER	
	<i>TEKNISKE LØSNINGER</i>	97
	Projektgrundlag	98
	Specielle undersøgelser	109
	Beskrivelse af løsningsmodellerne	115
	Prisoverslag og sammenligninger af løsningsmodeller	132
9	VEJ- OG BANEANLÆG PÅ LAND	139
	Formål, afgrænsning og forudsætninger	139
	Gennemførte forundersøgelser	144
	Resultater	145
10	LITTERATURLISTE	151



FORORD

I 1991, da Danmark og Sverige indgik regeringsaftalen om Øresundsforbindelsen, erklærede Danmark sig samtidig *"rede til at arbejde for, at en fast forbindelse over Femer Bælt bliver gennemført under forudsætning af, at hensyn til miljø og økonomi kan tilgodeses"*.

I maj 1992 aftalte den danske og den tyske trafikminister at igangsætte undersøgelser med henblik på at tilvejebringe et fælles grundlag for den politiske beslutningsproces vedrørende Femer Bælt-forbindelsen; herunder det nødvendige grundlag for at kunne gennemføre miljøvurderinger i henhold til dansk, tysk og international lovgivning.

På den baggrund er der i et dansk-tysk samarbejde mellem de to landes trafikministre blevet gennemført et omfattende undersøgelsesarbejde for ca. 80 mio. kr.

I EU-Kommissionens arbejde med de såkaldte transeuropæiske transportnet (TEN) optræder Femer Bælt-forbindelsen som et projekt under kategorien *"vigtige projekter, der forudsætter yderligere undersøgelser"*, hvorfor EU har bidraget til finansieringen af undersøgelserne med 50 %.

Endelig fremgår det af regeringsgrundlaget "Godt på vej – Danmark i det 21. århundrede", at regeringen vil tage beslutning om, hvorvidt der skal etableres en fast forbindelse over Femer Bælt, når beslutningsgrundlaget foreligger.

Nærværende rapport udgør et resumé af følgende undersøgelser, der i øvrigt offentliggøres samtidig hermed:

1. Trafikprognose-undersøgelser.
2. Kyst-til-kyst-undersøgelser. Undersøgelserne omfatter teknisk-økonomiske samt geologiske undersøgelser vedrørende en fast forbindelse samt miljømæssige konsekvensundersøgelser.
3. Undersøgelser vedrørende trafikanlæg på land.

I maj-juni 1999 planlægges offentliggjort en publikation vedrørende de samfundsøkonomiske, selskabsøkonomiske og regionaløkonomiske undersøgelser.

De samlede igangværende undersøgelser vedrørende Femer Bælt-forbindelsen er herefter afsluttet.

I Danmark lægges undersøgernes resultater ud til bred offentlig debat, før Danmark og Tyskland eventuelt indgår en regeringsaftale.

Trafikministeriet

Marts 1999

SAMMENFATNING

De udførte undersøgelser

Det samlede undersøgelsesprogram styres og koordineres af et dansk-tysk embedsmandsudvalg, bestående af repræsentanter fra de danske og tyske trafikministerier. Nærværende rapport sammenfatter og giver et resumé af de udførte undersøgelser. Femer Bælt-undersøgelserne består af fire dele:

- **Trafikanalyser og prognoser** for trafikken over Østersøen i år 2010. Undersøgelserne har haft til formål at tilvejebringe prognoser for trafikudviklingen over Femer Bælt for såvel person- som godstrafik.
- **Kyst-til-kyst undersøgelser** af geologiske, miljømæssige og teknisk-økonomiske muligheder for etablering af en fast forbindelse mellem Lolland og Fehmarn. Disse undersøgelser har ud fra en række kriterier haft til formål at tilvejebringe en vurdering og en indgående beskrivelse af, hvilke tekniske løsningsmodeller der er velegnede ved etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt.
- **Undersøgelser af vej- og baneanlæg på land** i korridoren København-Hamburg. Undersøgelserne omfatter den eksisterende infrastruktur, samt tekniske, økonomiske og miljømæssige vurderinger af muligheder for udbygning heraf.
- **Økonomiske undersøgelser.** Disse undersøgelser omfatter en samfundsøkonomisk cost benefit analyse af Femer Bælt-forbindelsen, en selskabsøkonomisk analyse af en fast forbindelse, samt en undersøgelse af særlige økonomiske og sociale forhold i lokalområderne på begge sider af Femer Bælt i relation til etablering af en fast forbindelse.

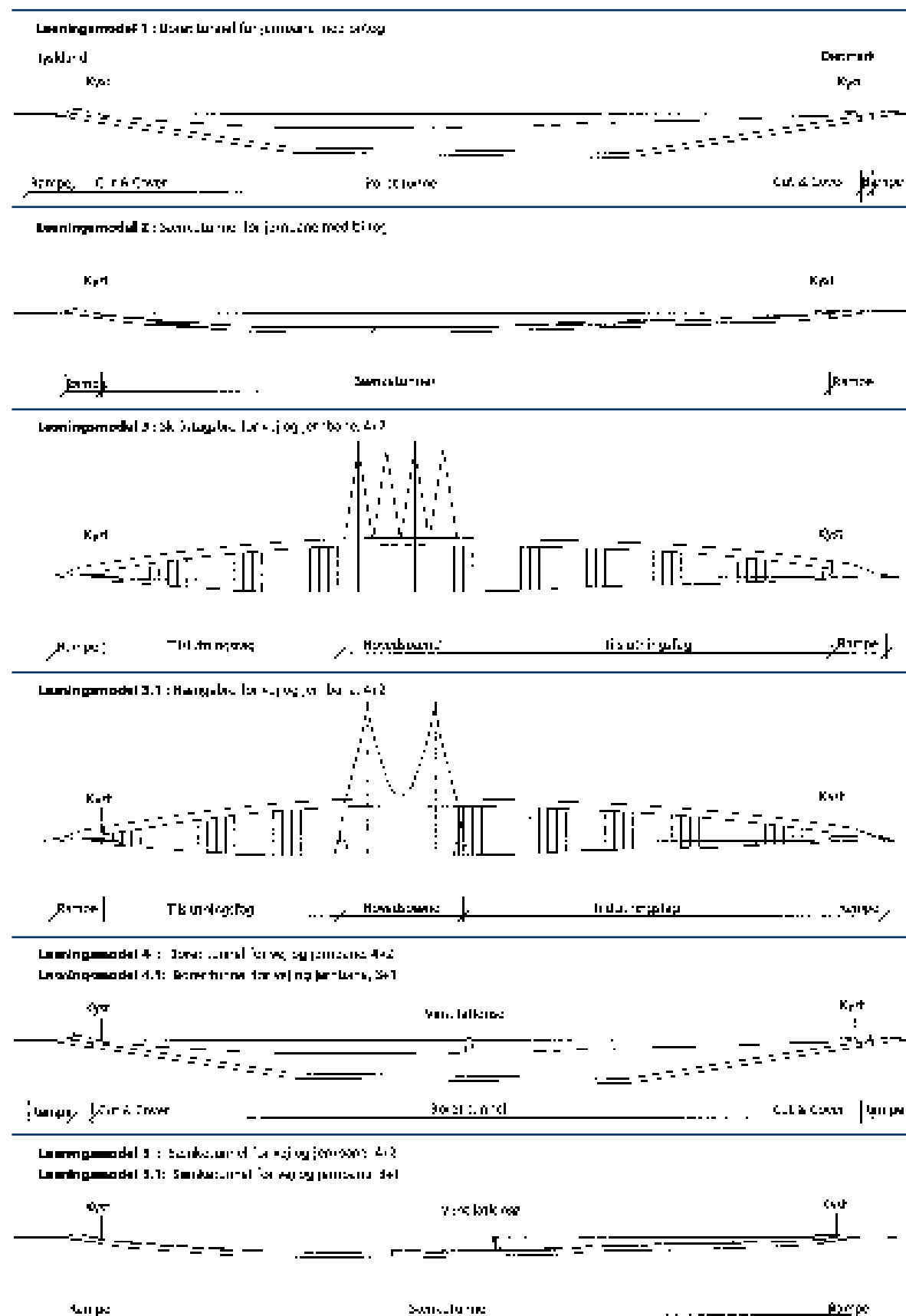
De økonomiske undersøgelser anvender i stor udstrækning oplysninger fra de øvrige tre undersøgelser. Det betyder, at undersøgelserne først kan færdiggøres, efter at de tre øvrige hovedkomponenter er afsluttet. Det forventes, at de økonomiske undersøgelser vil være afsluttet og afrapporteret i sommeren 1999, hvorefter der vil foreligge et samlet beslutningsgrundlag for Femer Bælt-forbindelsen.

Beslutningsprocedurene i forbindelse med offentlige anlægsprojekter er forskellige i Danmark og Tyskland. På den baggrund er det i det konkrete forløb vedrørende Femer Bælt-forbindelsen tilstræbt at opnå tidsmæssig overensstemmelse mellem de to landes beslutningsprocesser, således at eksempelvis høring af berørte tredjelande vil kunne ske samtidig.

Det samlede undersøgelsesprogram er tilrettelagt med henblik på at belyse de væsentlige relevante aspekter og konsekvenser af følgende 4 mulige niveauer for trafikmæssig kapacitet over Femer Bælt:

- Fortsat færgedrift, referenceniveau.
- 0+2: Ingen vejforbindelse, men dobbeltsporet jernbane med biltogsdrift.
- 3+1: 2-sporet motortrafik-vejforbindelse med et 3. spor, der kan anvendes som ekstraspør, servicespor, nødspor mv. og enkeltsporet jernbane.
- 4+2: 4-sporet motorvejsforbindelse og dobbeltsporet jernbane.

Inden for rammerne af de tre kapacitetsniveauer for en fast forbindelse er der undersøgt et antal varianter med forskellige udformninger. I den afsluttende del af undersøgelseerne er følgende 8 løsningsmodeller behandlet og skitseprojekteret.



Trafikanalyser

Faste forbindelser ændrer infrastrukturen for trafikken. Det har betydning for nationale såvel som internationale transportere i transportsystemet. Med henblik på at erhverve viden om en ny fast forbindelses konsekvenser for trafikken internt i Danmark og til vore nabolande er der behov for at analysere trafikken på en stor del af det europæiske kontinent, dog naturligvis med fokus på de områder, som ligger nærmest den påtænkte faste forbindelse.

Analysen er gennemført ved opstilling af en trafikmodel, som omfatter flere delmodeller, herunder delmodeller for henholdsvis passagertrafik og godstrafik. Modellen har følgende forudsætninger ved etablering af en fast forbindelse:

- Ved opstillingen af en referenceprognose for år 2010 – dvs. uden fast forbindelse – indgår de allerede forventede udbygninger af vej- og banenettet i Danmark og Nordtyskland, herunder åbningen af Øresundsforbindelsen.
- Ved opstilling af prognosescenarier for en fast Femer Bælt-forbindelse forudsættes det, at bil- og banenettene til Femer Bælt udbygges yderligere på både dansk og tysk side, at bil- og jernbanefærgerne mellem Rødby og Puttgarden ophører, samt at den øvrige færgetrafik over Østersøen fortsætter med uændrede priser og sejlplaner.

Der er endvidere indsamlet eksisterende statistikker om rejsemønstre, rejseomkostninger, varehandel, mv., samt oplysninger om omkostninger, priser og udviklingen i befolkning og økonomi. Endelig er der i alt gennemført mere end 18.000 interviews og spørgeskemaundersøgelser, omfattende al passager- og godstransport mellem Norden og kontinentet.

I tabellen nedenfor er vist resultatet af modelberegningerne for persontrafikken over Femer Bælt i form af trafikprognoser for de 4 kapacitetsniveauer.

Transportform Passagerer pr. årsdøgn	Basisår 1996 (Færge)	Prognose 2010			
		Reference (Færge)	0+2	Fast forbindelse 3+1 4+2	
Bane	2.000	*1.700	6.100	4.300	5.000
Personbil	8.800	10.300	11.600	15.300	15.900
Bus	3.900	4.500	4.600	5.600	5.600
Gående (færger)	4.800	3.800	2.100	1.900	1.900
I alt	19.500	20.300	24.300	27.100	28.400

Note: *385.000 passagerer om året (svarende til 1.055 passagerer pr. årsdøgn) forventes at rejse over Storebælt i referenceprognosen.

Prognosen for 1996 til 2010 viser en samlet stigning i trafikken over Femer Bælt på kun 4% ved fortsat færgedrift.

Etableringen af en fast forbindelse over Femer Bælt medfører i forhold til situationen med fortsat færgedrift en stigning i trafikken på 20% for kapacitetsniveauet 0+2, 33% for kapacitetsniveauet 3+1 og 40% for kapacitetsniveauet 4+2. Banetrafikken stiger væsentligt ved alle kapacitetsniveauer, hvilket til dels skyldes trafik, som tilbageføres fra ruten over Storebælt. Banetrafikken stiger generelt mest ved kapacitetsniveauet 0+2.

Trafikstigningen over Femer Bælt skyldes først og fremmest overført trafik fra andre ruter og transportformer og i mindre omfang nyskabt trafik. Andelen af nyskabt trafik er størst for biltrafikken.

I forhold til den samlede trafik mellem Norden og kontinentet svarer den nyskabte trafik til en stigning på 1-3%. Etableringen af en fast forbindelse over Femer Bælt medfører, at denne korridor opnår en større andel af den generelle trafiktilvækst i området.

Ved opstillingen af godstrafikmodellen er det forudsat, at der ikke umiddelbart vil ske en ændring af omfanget af den samlede godstrafik mellem Norden og kontinentet som følge af etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt. Modelberegningerne for godstrafikken fremgår af følgende tabel.

Transportform 1.000 ton pr. årsløgn	Basisår 1994 (Færge)	Prognose 2010			
		Reference (Færge)	0+2	Fast forbindelse 3+1 4+2	
Bane	10.500	*27.100	29.500	29.400	29.500
Lastbil	8.900	13.800	14.600	15.100	15.200
I alt	19.400	40.900	44.100	44.500	44.700

Note: * Denne trafik føres over Storebælt, men udtrykker den potentielle efterspørgsel.

Godstrafikken over Femer Bælt stiger i referencefremskrivningen (uden fast forbindelse) med 111%, fordelt med en stigning i banetrafikken på 157% og i vejtrafikken på 56%. Ved etablering af den faste forbindelse stiger trafikken ved alle kapacitetsniveauer med 8-9% for bane- og vejtrafikken, dog bortset fra kapacitetsniveauet 0+2, hvor lastbiltrafikken kun stiger 5%.

Som det fremgår af følgende figur, er prognosen for det gennemsnitlige daglige trafikomfang på en fast Femer Bælt-forbindelse lavere end den tilsvarende prognose for trafikken på Øresundsforbindelsen og den faktiske trafik på Storebæltsforbindelsen.

Prognoser for den gennemsnitlige daglige trafik på faste forbindelser over Femer Bælt (4+2-scenariet) og Øresund, samt faktisk trafik på Storebæltsforbindelsen på baggrund af de første seks måneders drift (angivet for åbningsåret).



Kyst-til-kyst undersøgelser

Kyst-til-kyst undersøgelserne har været rettet mod den fysiske forbindelse mellem Lolland og Fehmarn, herunder tilslutninger til de eksisterende vej- og baneanlæg på land – f.eks. terminaler til biltog – og har været opdelt i følgende 3 delundersøgelser:

- Geologiske og geotekniske undersøgelser i en korridor mellem Lolland og Fehmarn. Disse undersøgelser var færdige i efteråret 1996.
- Miljøundersøgelser af konsekvenser for havmiljøet og landområderne umiddelbart omkring tilslutningsanlæggene på Lolland og Fehmarn.
- Tekniske undersøgelser af alternative løsningsmodeller for en fast forbindelse.

Gennem hele forundersøgelserforløbet har der været en tæt koordinering mellem de tekniske og de miljømæssige undersøgelser med det formål løbende at optimere projekteringen miljømæssigt.

Kyst-til-kyst undersøgelser – konsekvenser for havmiljøet

Der er foretaget omfattende miljømæssige dataindsamlinger og kortlægninger af en lang række fysiske, miljømæssige og økologiske forhold til brug for de aktuelle miljøvurderinger og som basisdata for eventuelle fremtidige undersøgelser og overvågning.

Udvekslingen af salt vand fra Nordsøen og mere fersk vand fra Østersøen sker gennem Kattegat og Bælthavet, hvori Øresund, Storebælt og Femer Bælt udgør de vigtige passager. Dette vandskifte er af afgørende betydning for de hydrografiske og økologiske forhold i Østersøen, og det er både for Storebælts- og Øresundsforbindelsen vedtaget, at de ikke måtte påvirke dette vandskifte med nogen væsentlig effekt. I Storebælt og Øresund er dette sikret via den såkaldte 0-løsning, dvs. ved at kompensere blokeringen af strømmingen hidrørende fra den faste forbindelse via gennemførelse af afgravninger af havbunden tæt på brokonstruktionerne.

Strømningsforholdene i Femer Bælt er væsentligt mere komplicerede. Dette skyldes, at Femer Bælt har ret dybt vand – 20 til 30 m – i stort set hele bredden på ca. 18 km. Resultatet heraf er f.eks., at der på samme tid kan forekomme udstrømning i den ene side af bæltet og indstrømning i den anden og omvendt.

De permanente påvirkninger af strømningsforholdene i bæltet vil være meget små for alle undersøgte løsningsmodeller for en fast forbindelse.

Miljøstrategien i relation til strømningsforholdene består i at minimere de hydrauliske blokeringer fra konstruktionerne ved det mest hensigtsmæssige design. Det har vist sig, at etablering af en 0-løsning via kompensationsafgravninger lokalt ikke vil være praktisk mulig i Femer Bælt.

Blandt de væsentlige, økologiske forhold i området er fuglelivet. Omfattende dele af kyststrækningerne og de lavvandede områder betragtes som internationalt vigtige for fuglelivet. Dele af kystområderne på begge sider af bæltet har status som fredede områder.

Trækkende landfugle og havfugle, der krydser Femer Bælt vil kunne kollideres med pyloner og kabler for broløsningerne under vanskelige vejrforhold – det totale antal vurderes dog at være ubetydeligt.

De væsentligste tidsbegrænsede miljøpåvirkninger vil blive forårsaget af sediment-spild fra jordarbejder i havområdet. De største påvirkninger forudses for bundvegetationen, hvor væksten vil blive reduceret på grund af skyggeeffekt. For andre økologiske forhold vil de tidsbegrænsede påvirkninger blive begrænset til zoner nær arbejdsområderne i bæltet. De vigtige fødeområder for overvintrende havfugle forventes ikke at blive berørt.

Sedimentspild og andre miljøpåvirkninger under anlægsarbejderne skal begrænses mest muligt under hensyntagen til, hvad der er økologisk motiveret, teknisk muligt og økonomisk rimeligt ved

- at anvende bedst tilgængelige teknologier og hele tiden udnytte indhøstede erfaringer
- klare miljøkrav til entreprenører og miljøstyring af anlægsarbejderne
- miljøovervågning som en integreret del af myndighedernes styring af byggeriet.

Der er gennemført en miljømæssig sammenligning og rangordning af de valgte 8 tekniske løsninger. Denne rangordning inddrager alle de miljøpåvirkninger af havmiljøet, der har været behandlet i kyst-til-kyst undersøgelserne. Rangordningen er baseret på et systematiseret skøn i form af vægtede pointtal i intervallet 0-10, hvor 0 er ubetydelig påvirkning og 10 er værst:

Løsningsmodel	Rangordning (1 = mindst miljø- mæssig påvirkning)	Vægtede pointtal
1 Boret tunnel med jernbane og biltog	1	1,3
4.1 Boret tunnel med vej og jernbane, (3+1)	2/3	1,5
4 Boret tunnel med vej og jernbane, (4+2)	2/3	1,5
2 Sænketunnel med jernbane og biltog	4	2,2
5.1 Sænketunnel med vej og jernbane, (3+1)	5	2,3
5 Sænketunnel med vej og jernbane, (4+2)	6/7	2,5
3 Skråstagsbro med vej og jernbane	6/7	2,5
3.1 Hængebro med vej og jernbane	8	3,2

Hovedkonklusionerne fra rangordningen er:

- Forskellene mellem løsningsmodellerne er ikke udtalt, da alle vægtede pointtal ligger tæt på hinanden. Dette træk ændrer sig ikke ved følsomhedsanalyser.
- Der er mindst miljøpåvirkninger fra borede tunneler fulgt af sænketunneler og broer. Blandt broerne har skråstagsbroen mindre miljøpåvirkning end hængebroen.
- De borede tunneler har den mindste miljøeffekt inden for et meget bredt spektrum af vægtninger.
- Alle de vægtede pointtal er på et lavt niveau, som angiver, at miljøpåvirkningerne ligger inden for det rimelige. Det bør dog iagttages, at der for visse enkelt-påvirkninger er sat højere pointtal, mellem 4 og 6, hvilket angiver, at disse enkelt-påvirkninger bør imødegås eller afhjælpes i muligt omfang.

Kyst-til-kyst undersøgelser – Tekniske løsninger

Disse aktiviteter omfatter etablering af projektgrundlag, skitseprojektering og udarbejdelse af omkostningsoverslag for de valgte 8 løsningsmodeller, samt sammenlignende vurderinger og specifikke tekniske studier og undersøgelser. De centrale resultater er resumeret i det følgende.

Omkostningerne til projektet er opdelt i anlægsomkostninger og årlige omkostninger i driftsfasen til almindelig drift og vedligehold. Tabellen viser de beregnede omkostningsoverslag for hver af de 8 løsningsmodeller:

*Omkostningsoverslag
i millioner DKK
i 1996 priser.*

Løsningsmodel	Anlægs- omkostninger (MDKK)	Heraf omkostninger til at imødegå specifikke risici i anlægsfasen (MDKK)	Årlige omkostninger til drift og vedligeholdelse (MDKK)	Heraf omkostninger til at imødegå specifikke risici (MDKK)
1	25.085	2.892	1.101	104
2	26.216	2.665	1.103	104
3	22.496	2.704	583	73
3.1	26.440	3.144	623	76
4	32.708	4.034	513	63
4.1	22.142	2.921	407	62
5	27.932	3.043	503	62
5.1	21.271	2.276	417	63

Note: Omkostningsniveau pr. juni 1996, moms ikke inkluderet.

Med henblik på at skabe et sammenligningsgrundlag, der inddrager både længden af konstruktionsperioden og de årlige omkostninger i driftsfasen, er der beregnet nutidsværdier for hver løsningsmodel.

Nutidsværdien angiver den sum penge, projektet må råde over ved projektstart for at kunne finansiere omkostningerne i en anlægsperiode på maksimalt otte år samt en efterfølgende driftsperiode på 40 år. Der er således ikke gjort forudsætninger om indtægter ud over den værdi, anlægget forventes at have ved driftsperiodens ophør. Omkostninger, der betales i løbet af driftsfasen bliver dermed af relativt mindre betydning for projektets nutidsværdi desto højere renteniveau.

Over en periode på 48 år vil projektet være følsomt over for renteniveauet. Som eksempler er valgt to realrenteniveauer på henholdsvis 4% og 6%:

Løsningsmodel	1	2	3	3.1	4	5	4.1	5.1
NV (4%) (MDKK)	36.816	37.169	25.526	29.134	33.219	28.976	23.459	22.483
NV (6%) (MDKK)	29.648	29.831	21.783	25.197	29.704	25.429	20.730	19.620

Det fremgår, at rangordningen mellem løsningsmodellerne ud fra nutidsværdi påvirkes af renteniveauet. Ved et højt renteniveau bytter løsningsmodel 1 således plads med løsningsmodel 4.

Løsningsmodellerne adskiller sig ikke alene på pris; også deres trafikmæssige karakteristika er forskellige. Som sammenligningsgrundlag er anvendt løsningsmodellerne maksimale trafikkapacitet defineret som jernbanens kapacitet i antal tog pr. dag og vejens kapacitet i køretøjer pr. dag (årsdøgns-trafik AADT):

Løsningsmodel	1	2	3	3.1	4	5	4.1	5.1
Jernbane, (Tog pr. dag)	Mere end 400 inkl. biltog	Mere end 400 inkl. biltog	Mere end 400	Mere end 400	Mere end 400	Mere end 400	100-120	100-120
Vej, (Køretøjer pr. dag)	11.200 v/260 biltog pr. dag	11.200 v/260 biltog pr. dag	30.000	30.000	18.000*	18.000*	16.000*	13.000*

Note: * Kræver 2 ventilationsøer.

Udgifterne, der medgår til en forøgelse af vejkapaciteten op til det maksimale, er set i forhold til de samlede projektkomkostninger af begrænset omfang for samtlige løsningsmodeller med undtagelse af biltogsløsningerne.

For biltogsløsningerne vil en forøgelse af kapaciteten fra 7.000 køretøjer pr. dag til den maksimale kapacitetsgrænse på 11.200 kunne opnås ved en yderligere investering, der forøger nutidsværdien med 10-12%. For de øvrige løsningsmodeller kan den maksimale kapacitet opnås ved investeringer, der betyder, at nutidsværdierne kun forøges med 1-2%.

Set i forhold til trafikprognosen for år 2010 er der ikke et umiddelbart behov for maksimale kapaciteter på vej. Det skal dog erindres, at trafikprognosen er udført for år 2010, og at der ikke er udført yderligere fremskrivninger af trafikken. Fremtidige trafikbehov i eksempelvis 2040 er således ikke belyst. Forudsætninger om trafikudviklingen efter år 2010 vil indgå som en del af de økonomiske undersøgelser.

Undersøgelserne af mulighederne for faseopdelt udførelse har vist, at løsningsmodellerne 4.1 og 5.1 som de eneste giver en fornuftig mulighed for udvidelse i en senere fase. En supplerende af løsningsmodellerne 4.1 og 5.1 ved renteutviklingen 4% p.a. 30 år efter åbning med ekstra kapacitet 2+1 vil forøge nutidsværdierne til henholdsvis 26.100 og 25.204 MDDK. De maksimale kapaciteter kan herved øges til omkring 30.000 køretøjer/dag. Dette giver et smalt interval til nutidsværdierne for løsningsmodellerne 3 og 3.1 med samme maksimale kapaciteter.

Vej- og baneanlæg på land

Undersøgelserne af Femer Bælt-forbindelsen omfatter tekniske, økonomiske og miljømæssige analyser af vej- og baneanlæg i hele transportkorridoren København-Hamborg. Der er opstillet to udbygningsforslag for vej- og baneanlæg på land. Det ene forslag indeholder en fuld udbygning til motorvej og dobbeltsporet bane med kørestrøm, det andet forslag indeholder en mindre omfattende delvis udbygning.

De to grader af udbygning stemmer overens med de gennemførte trafikprognosers forudsætninger om vej- og baneanlæg på land. Således svarer en fuld udbygning til 0+2 og 4+2 scenarierne, mens en delvis udbygning svarer til 3+1 scenariet. Tabellen sammenfatter de skønnede omkostninger i de to forslag.

		Fuld udbygning	Delvis udbygning
Danmark	Veje	100	100
	Baner	5.600	1.400
I alt (MDKK)		5.700	1.500
Tyskland	Veje	600	0
	Baner	7.000	3.100
I alt (MDKK)		7.600	3.100

Note: Omkostningsniveau medio 1996, moms ikke inkluderet.

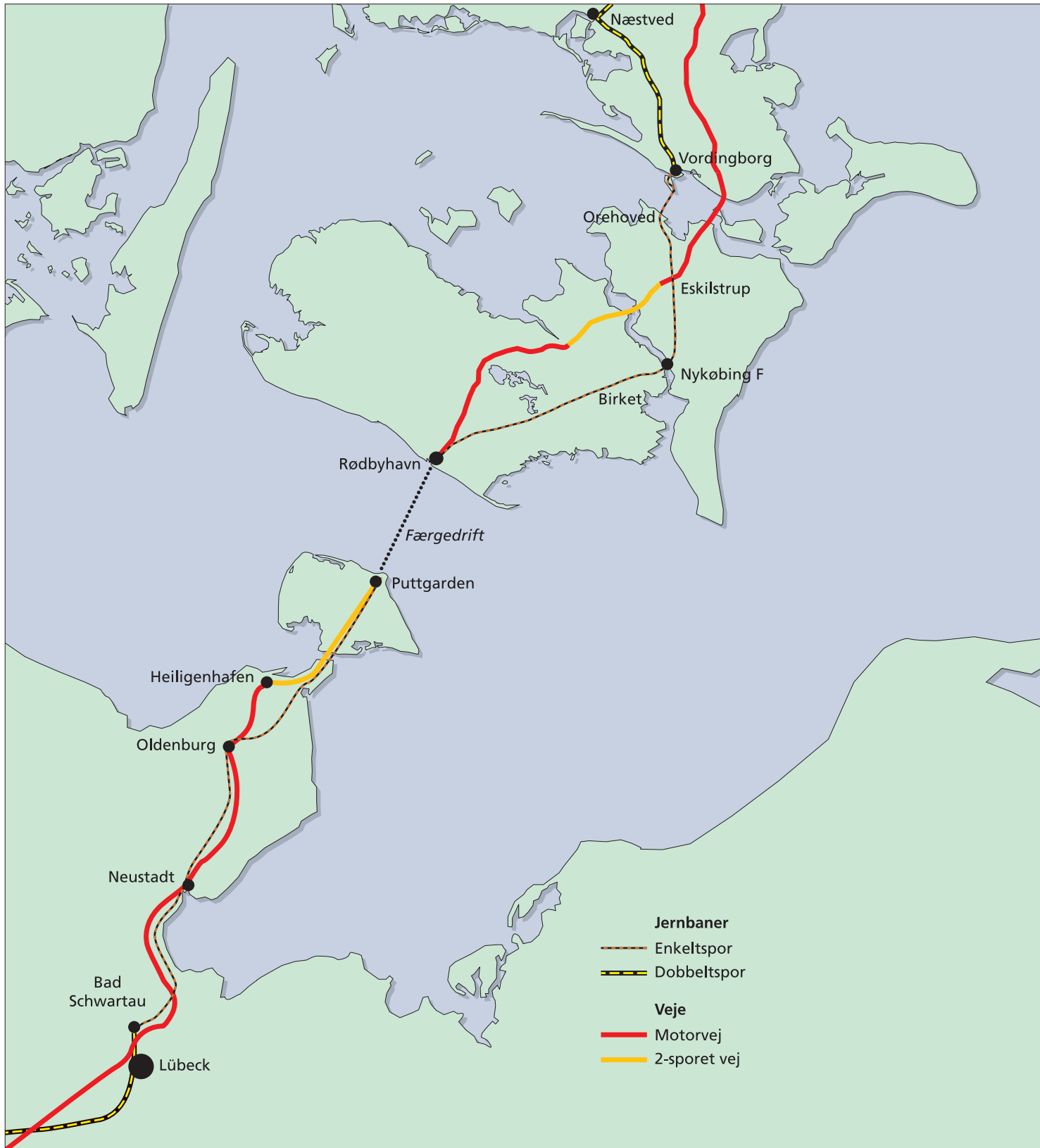
Der er i dag motorvej fra København til Rødby, bortset fra et kort stykke mellem Ønslev på Falster og Sakskøbing på Lolland. Denne strækning forudsættes opgraderet til motorvej i begge udbygningsforslag. I Tyskland slutter motorvejsnettet ved Oldenburg, hvorefter der resterer en strækning på 18,9 km frem til Puttgarden. Der bygges motorvej frem til Heiligenhafen inden år 2010 uafhængigt af, om det besluttes at etablere en fast forbindelse, se kortet næste side. Udbygning til motorvej mellem Heiligenhafen og Puttgarden indgår i forslaget om en fuld udbygning.

Kapacitetsudbygningen og forbedringen af banen i Danmark og Tyskland er undersøgt ud fra den forudsætning, at det ved en fuld udbygning skal være muligt at rejse med hurtigste togforbindelse København-Hamborg på 2½ time, samtidig med, at der afvikles to godstog pr. time i hver retning. Ved en delvis udbygning er den tilsvarende forudsætning om hurtigste rejsetid fastsat til 3 timer.

I forslaget, der indeholder en fuld udbygning til dobbeltspor, opereres med en linieføring, som fra Vordingborg fører via en ny bro over Masnedsund frem til Storstrømsbroen. Herfra følger forslaget den eksisterende bane frem til Eskilstrup. Fra Eskilstrup svinger en ny bane mod sydvest, passerer Guldborgsund i en 875 m lang tunnel og tilsluttes den eksisterende bane igen ved Birket. Fra Birket udbygges den eksisterende bane til dobbeltspor frem til tilslutningsanlægget for den faste forbindelse.

I forslaget, der indeholder en delvis udbygning til dobbeltspor, etableres ingen nye linieføringer, hvorfor banen føres i sit nuværende tracé via Nykøbing F. Hele strækningen mellem Ringsted og Rødby forbliver uden kørestrøm. I forslaget forbliver strækningerne Vordingborg-Orehoved og Eskilstrup-Birket via Nykøbing Falster enkeltsporede.

Vej- og baneanlæg i referencesituationen (uden fast forbindelse) i Danmark og Tyskland år 2010.



Samlet vurdering

Det er selvsagt overordentlig vanskeligt at gennemføre en samlet vurdering af de foreliggende oplysninger. Den fundamentale vanskelighed består i, at selve tilstedeværelsen af en fast forbindelse over Femer Bælt – ikke mindst i sammenhæng med den faste forbindelse over Øresund – med tiden vil påvirke et meget stort antal beslutninger og handlemønstre på transportområdet i det nordlige Europa. Selv med en meget avanceret prognosemodel for trafikudviklingen er det umuligt at forudsige alle effekter samt at eliminere usikkerheden i modellens skøn.

Der er imidlertid ingen tvivl om, at hvis en fast forbindelse over Femer Bælt skal blive en succes, såvel samfundsøkonomisk som miljømæssigt, skal den kunne tiltrække trafik fra andre ruter og trafikformer. Især passager- og godstrafikken fra færgeruterne i Østersøområdet vil være af interesse, da disse færgeruter repræsenterer såvel en langsom transport som en høj miljøbelastning.

Hvad kyst-til-kyst undersøgelserne angår, er det trods nogen tilbageværende usikkerhed overvejende sandsynligt, at påvirkningerne af havmiljøet vil blive af et begrænset omfang. Andre miljøforhold, herunder effekterne af ændret energiforbrug ved de forventede trafikoplægninger og miljøpåvirkninger fra materialeforbruget til en eventuel fast forbindelse og fra anlægsarbejderne bør også inddrages i forbindelse med en endelig vurdering.

Den tekniske del af kyst-til-kyst undersøgelserne forventes at være repræsentativ for de virkelige forhold. Dette skal ses på baggrund af de efterhånden meget omfattende erfaringer med denne type projekter i almindelighed, og i Danmark i særdeleshed, samt den meget omfattende dokumentation, der er etableret i forbindelse med undersøgelserne.

BAGGRUND OG SAMMENHÆNGE

Overordnede betragtninger

Formålet med dette kapitel er i en kort og oversigtlig form at præsentere nogle overordnede sammenhænge i relation til faste forbindelser generelt og nogle centrale erfaringer fra arbejdet med Storebælt og Øresund.

Det fundamentale formål med etablering af faste forbindelser er at gøre transport hurtigere og sikrere på et miljømæssigt forsvarligt grundlag, og dermed stimulere handel og øvrigt samkvem nationalt og internationalt. Faste forbindelser udføres således oftest med den hovedbegrundelse, at de skal stimulere den økonomiske udvikling og vækst. De skaber imidlertid også muligheder for at styrke udvikling og samkvem på andre områder, f.eks. socialt og kulturelt – det sker imidlertid alt sammen med udgangspunkt i hurtigere, lettere og sikrere transport. Derfor skaber faste forbindelser næsten altid øget transport.

De overordnede miljømæssige effekter heraf afhænger af, i hvor høj grad den faste forbindelse indebærer en omlægning af trafik fra mere energitunge og forurenende transportformer som fly og færger til i denne sammenhæng mindre miljøbelastende som bane og bil. Desuden medfører en øget trafikmængde – afhængig af den konkrete udformning af forbindelsen – ulemper i form af støj, uheld, barriereeffekter mv. i de berørte omgivelser.

Etablering af de faste forbindelser over Storebælt og Øresund vil i meget betydeligt omfang ændre transportstrømme og -mønstre i og omkring Danmark. Disse to forbedringer af infrastrukturen griber ind i så mange aspekter af samfundsudviklingen og menneskers og virksomheders adfærd, at det ikke er muligt at forudsige de trafikale ændringer på et særligt konkret eller detaljeret niveau. Det er derfor vanskeligt at skabe et grundlag for at pege på den nøjagtige karakter og størrelse af de positive og negative konsekvenser.

Man kan hævde, at dette heller ikke er noget mål i sig selv; udviklingen af infrastrukturen sker primært med det formål at etablere et forbedret grundlag for samfundsudviklingen. Når grundlaget eksisterer, er det herefter op til beslutningstagere, virksomheder og borgerne i almindelighed at udnytte de forbedrede muligheder til at skabe en ønsket udvikling i samfundet, økonomisk og materielt såvel som med hensyn til trivsel, miljø og livskvalitet. Ikke desto mindre er der i realiteten et udbredt ønske om på forhånd at få klarlagt de eksakte konsekvenser af de store samfundsinvesteringer i udbygning af infrastruktur i transportsektoren.

Det er imidlertid kun muligt at beskrive konsekvenserne til en vis grænse – især når der er tale om så omfattende ændringer i transportmulighederne, som de faste forbindelser udgør. Begrænsningerne skyldes i høj grad det forhold, at trafikprognoser i så stor skala, som der her er tale om, er behæftet med betydelige usikkerheder med en tidshorisont på blot 5-10 år ud i fremtiden. Dette skal ses i sammenhæng med, at etablering af en fast forbindelse typisk kræver en konstruktionsperiode på 6-8 år og en tilsvarende periode til forundersøgelser, planlægning og beslutningstagning – i alt en periode på mindst 10-15 år.

Trafikgrundlaget for faste forbindelser

Når en fast forbindelse erstatter eller supplerer færgefart i en transportkorridor, vil der, som nævnt, ofte skabes øget trafik. Den forøgede trafikmængde og kendskabet hertil udgør et meget væsentligt element i den samlede vurdering af projektets konsekvenser, fordi

- den ny trafik i korridoren skaber – sammen med tidsgevinsterne for den eksisterende trafik – grundlag for væsentlige samfundsøkonomiske gevinster som direkte følge af forbindelsens etablering, og dermed også et forbedret grundlag for forrentning af forbindelsen.
- den ny trafik i korridoren – sammen med ændringerne af den eksisterende trafik – giver anledning til en række konsekvenser for miljøet.

Ved at se på hvilke typer af øget trafik, der typisk opstår som følge af faste forbindelser, har man mulighed for at danne sig et indtryk af balancen mellem negative og positive konsekvenser for miljøet samt sætte disse i forhold til mulige samfundsmæssige gevinster. Årsagerne eller mekanismerne, der ligger til grund for den ny trafik i korridoren, kan overordnet struktureres i følgende fire hovedgrupper:

1. ***Øget transport fra trafikomlægninger:*** Øget transport i korridoren på baggrund af, at regional, national eller international trafik vælger nye ruter eller trafikformer, der fører den gennem korridoren. Dette sker, fordi etableringen af en fast forbindelse tilbyder en billigere, hurtigere eller på anden måde mere attraktiv transportrute eller transportform end de alternativer, der blev anvendt tidligere. Den øgede trafik, som stammer herfra, viser sig i løbet af relativt kort tid – typisk få år.
2. ***Øget lokal og regional transport, kort sigt:*** Øget transport i korridoren fra lokalområder og regioner beliggende ved forbindelsen. Den forøgede transport skyldes helt overvejende den væsentligt reducerede rejsetid, der mærkes relativt stærkt i dette område. Det indebærer bl.a., at folk i disse områder i højere grad begynder at arbejde eller bo "på den anden side" og oftere besøger hinanden, samt at virksomheder på begge sider får forøget deres umiddelbare opland og dermed måske potentialet for vækst. Effekten viser sig efter kort tid og er størst ved indenlandske forbindelser, hvor relationerne i forvejen er veludviklede. Effekten udgør det såkaldte "trafik-spring".
3. ***Øget lokal og regional transport, langt sigt:*** Øget transport i korridoren på grund af synergi mellem virksomheder og lokalsamfund i form af udvikling og styrkelse af hele regionens kompetencer, hvilket igen styrker den økonomiske aktivitet. Mekanismen kan blive af stor betydning, hvis der er uudnyttede potentialer for samkvem. Det vil særligt være tilfældet, hvis der er tale om væsentlige befolknings- og erhvervscentre på begge sider, og hvis samkvemmet i forvejen har været begrænset af andre faktorer end den fysiske. Kontrol ved landegrænser, sprogforskelle, forskel i valuta og modstridende lovgivning er alle eksempler herpå. Derfor kommer udviklingen oftest ikke af sig selv blot som følge af en delvis eliminering af den tidsmæssige barriere – den må støttes af lovgivere, virksomheder og initiativrige personer. Til gengæld kan denne mekanisme få stor betydning på længere sigt.
4. ***Øget transport fra økonomisk vækst:*** Øget transport i korridoren på grund af den snævre sammenhæng mellem økonomisk vækst og forøget behov for transport. Denne vækstmekanisme for trafikken i korridoren vil have betydning uanset etableringen af en fast forbindelse. Den gradvise integration af markederne for varer og tjenesteydelser i Europa bevirker, at bidraget fra vækst i international transport må forventes at komme forholdsvis stærkere til udtryk fremover end det tilsvarende bidrag fra væksten i den nationale økonomi.

Storebælt, Øresund og Femer Bælt – ligheder og forskelle

Potentialet for vækst i transporten via de aktuelle tre faste forbindelser i og omkring Danmark kan vurderes ud fra de mekanismer, der er beskrevet i afsnittet ovenfor. En sådan systematiseret beskrivelse af mulighederne giver baggrund for en bedømmelse af den omtalte balance mellem negative og positive konsekvenser for miljøet sat over for de samfundsøkonomiske gevinster, der kan realiseres ved at etablere faste forbindelser.

For alle tre forbindelser gælder det, at der er potentielle bidrag fra samtlige de ovennævnte mekanismer plus måske nogle yderligere, som vil være af mindre betydning i det samlede billede.

Storebæltsforbindelsens øgede trafikgrundlag har vist sig at være baseret på trafikomlægninger og på øget lokal og regional transport. Især bidraget fra øget lokal og regional trafik – trafikspringet – har vist sig væsentligt, sandsynligvis fordi der er tale om en indenlandsk forbindelse med et i forvejen stort antal etablerede sociale og økonomiske relationer.

Omlægningerne af trafikken har især påvirket færge- og flytrafikken, hvor en del transport er ændret til vej og bane, hvilket giver en væsentlig positiv miljøeffekt på grund af det heraf udløste fald i det samlede nationale energiforbrug til transport. Effekten kan bl.a. belyses ved, at transport af en bil eller lastbil over selve Storebælt nu kun kræver et energiforbrug på 1/6 i forhold til tidligere. Årsagen hertil er i alt væsentligt, at energiforbruget til færgedrift er meget stort.

De positive miljøeffekter for det samlede energiforbrug modvirkes naturligvis af den øgede lokale og regionale transport, men der er stadig en betydelig nettogevinst efter det realiserede trafikspring. Samtidig har erfaringerne vist, at de meget omtalte og grundigt behandlede vandmiljøproblemer i forbindelse med Storebæltsforbindelsen har kunnet løses som en integreret del af den konkrete realisering af projektet. Overordnet er der derfor grundlag for at konkludere, at miljøproblemerne som følge af en fast Storebæltsforbindelse har haft et overskueligt omfang og i alt væsentligt har kunnet løses i praksis.

På langt sigt må det forventes, at trafikken vil blive forøget i takt med den generelle økonomiske udvikling. Potentialet i øget lokal og regional trafik må til gengæld forventes at være af mindre omfang, da den tidsmæssige afstand mellem landsdelene har været den dominerende barriere for social og økonomisk integration. Denne afstand blev væsentligt reduceret efter åbningen af først bane- og dernæst vejforbindelsen.

Øresundsforbindelsens øgede trafikgrundlag må forventes at blive sammensat på en væsentligt anderledes måde end Storebæltsforbindelsens.

Effekten af øget lokal og regional transport kan formentlig også blive væsentlig i år 2000, hvor Øresundsforbindelsen åbner. Men den vil være af relativt mindre betydning end på Storebælt, fordi der er færre eksisterende sociale og økonomiske relationer mellem de to samfund på hver side af sundet.

Effekten af trafikoplægninger vil nok også spille en rolle, men igen i mindre omfang end på Storebælt. Den faste forbindelse vil yderligere kunne udnytte sit potentiale for trafikoplægninger, hvis en fast forbindelse over Femer Bælt senere skulle blive en realitet, idet faste forbindelser over Øresund og Femer Bælt i forening vil udgøre en sammenhængende, hurtig og sikker korridor for international transport mellem Skandinavien og resten af Vest- og Centraleuropa.

Det anderledes perspektiv ved den faste forbindelse over Øresund i forhold til Storebæltsforbindelsen er muligheden for gradvist at udnytte det store potentiale, der består i at integrere de to samfund på hver sin side af Øresund-København og Malmø-"Øresundsregionen". Dette potentiale for synergi har indtil videre kun kunnet udnyttes i begrænset omfang. For at det kan udnyttes fuldt ud, skal der arbejdes aktivt med at reducere en række barrierer mellem arbejdsmarkedene, i uddannelsessystemerne, i bosætningsmulighederne mv. Den fysiske barriere på tværs af Øresundsregionen bliver markant mindre i år 2000, men det er, som nævnt, ikke i sig selv nok til at realisere synergien.

Med sin i forvejen høje andel af international trafik vil effekten af generel økonomisk vækst slå stærkere igennem på Øresund, end det kan forventes på Storebælt. Set samlet er det derfor de to sidstnævnte mekanismer, der på længere sigt vil blive væsentlige for den samlede vurdering af konsekvenserne af denne faste forbindelse.

Ved etablering af Øresundsforbindelsen må der også overordnet set forventes en positiv miljøeffekt fra reduktioner i det samlede energiforbrug til transport – i alt væsentligt af de samme årsager som ved Storebælt. Også for Øresundsforbindelsen søges vandmiljøproblemerne løst som en integreret del af projektets realisering og efter samme principper som i Storebælt.

Med udgangspunkt i de ovenstående betragtninger må det forøgede trafikgrundlag for en mulig *Femer Bælt-forbindelse* igen antages at få en væsentlig anden sammensætning end for de faste forbindelser over Storebælt og Øresund.

Effekten af øget lokal eller regional trafik vil være begrænset, det gælder både på kort og på langt sigt. Det skyldes, at de geografiske barrierer mellem de to dominerende centre i korridoren – dvs. Hamborg og København – fortsat vil bestå af eksempelvis en togtur på 2½ time, hvilket i praksis udelukker egentlig integration af arbejdsmarkedene. Potentialerne i integration af lokalsamfundene nord og syd for Femer Bælt er dog til stede, blot er potentialet klart mindre end i Øresundsregionen. Samtidig vil udnyttelsen af potentialet som nævnt være afhængig af en lokal, regional og national indsats fra erhvervsliv og lovgivere samt initiativer fra enkeltpersoner.

Den markante bidragyder til et øget trafikgrundlag vil på kort sigt være omlægninger af trafikken fra andre korridorer og transportformer. Ikke mindst må det vurderes, at korridoren vil være særdeles attraktiv for transport af gods. Eksempelvis spares 160 km på bane på strækningen København-Hamborg.

Omlægninger skal i alt væsentligt ske i eksisterende, internationale trafikstrømme mellem Skandinavien og det øvrige Europa – her er altså ikke primært tale om omlægninger af lokale trafikstrømme, men i høj grad om nationale og internationale strømme over store afstande, dels strømme, der i forvejen bevæger sig på vej og bane og via færger, dels – men i mindre omfang – flytrafik.

Væksten i økonomien og det deraf afledte transportbehov vil være en markant bidragyder til øget trafik på Femer Bælt. Det skyldes, at trafikken i høj grad er international og i mange tilfælde alene benytter Danmark som transitforbindelse. Da der, som beskrevet, alt andet lige må forventes en højere vækst i international end i lokal transport, vil dette i særligt grad bidrage til trafikmængderne på Femer Bælt set i et langsigtet perspektiv.

Det springende punkt i vurderingen af de samfundsøkonomiske og miljømæssige balancer for en fast Femer Bælt-forbindelse er derfor, om tilstrækkelige trafikomlægninger – særligt af godstrafikken – rent faktisk vil finde sted. Potentialet er betydeligt, hvilket klart fremgår af de mange færgeruter i Østersøområdet – spørgsmålet er, om en Femer Bælt-forbindelse vil være attraktiv nok til at skabe de nødvendige trafikomlægninger.

Sammenfattende kan man sige, at mens Storebæltsforbindelsen var et rent dansk projekt og Øresundsforbindelsen væsentligst er et Øresundsregionsprojekt, vil Femer Bælt-forbindelsen i givet fald i høj grad være et skandinavisk-nordeuropæisk projekt. En Femer-forbindelse indgår som en prioriteret del af de anlægsaktiviteter, som EU bl.a. støtter økonomisk med henblik på at skabe et trans-europæisk netværk af transportkorridorer, der skal medvirke til at sikre hurtigere, mere sikker og miljøvenlig transport til personer, varer og tjenester mellem de europæiske lande.

Nogle miljømæssige perspektiver ved en fast Femer Bælt-forbindelse

"Bæredygtig mobilitet" er en trafikpolitisk målsætning i Danmark, dvs. at behovet for mobilitet skal tilgodeses, uden at det sker på bekostning af miljøet. Denne målsætning skal bl.a. ses i sammenhæng med målsætningen om at begrænse emissionerne af CO₂.

Et centralt punkt i vurderingen af en eventuel fast Femer Bælt-forbindelse er derfor, om den lever op til de overordnede målsætninger om bæredygtig mobilitet, samt at den ikke i væsentligt omfang bidrager til at forøge bl.a. CO₂-emissionerne. For Storebælt har det vist sig, at forbindelsen indtil videre har bidraget til en begrænsning af CO₂-emissionerne, idet der er tale om en betydelig samlet energibesparelse. Også for Øresundsforbindelsens vedkommende forventes en netto energibesparelse.

"Energibalancen" for en Femer Bælt-forbindelse vil være afhængig af, i hvor høj grad, der sker en overførsel af trafik til den faste forbindelse fra de eksisterende færgeforbindelser, som er væsentligt mere energiforbrugende pr. person- og tonkilometer end tog- og biltransport over den faste forbindelse. Jo mere trafik på den faste forbindelse og jo flere nedlagte færgeruter, jo bedre energibalance for forbindelsen. Da en del af de konkurrerende færgeruter endvidere har meget lange sejl-tider over Østersøen, kan potentialet for energibesparelser måske vise sig at være særlig stort her.

I takt med, at potentialet for økonomisk og social integration mellem samfund nord og syd for forbindelsen udnyttes og i takt med, at der eventuelt skabes trafik som følge af den generelle økonomiske udvikling i samfundet, vil det samlede energiregnskab for trafikken i korridoren kunne blive negativt. Denne problemstilling kan imidlertid ikke tilskrives de faste forbindelser alene; det er en problemstilling for transportsektoren som helhed.

Med de erfaringer, vi har i dag, er de faste forbindelser i sig selv en fordel for såvel produktiviteten i transportsektoren som for miljøeffektiviteten af det samlede transportsystem. Dette gælder dog naturligvis kun i det omfang, de konkrete forbindelser designes, udføres og drives miljømæssigt forsvarligt i almindelighed, og i tilstrækkelig grad medfører erstatning af mere miljøbelastende transportmidler som fly og færger med mindre belastende som tog og bil.

UNDERSØGELSERNES FORLØB

Beslutningsproces

Trafikministeriet i Danmark og Bundesministerium für Verkehr i Tyskland har gennem forløbet været de ansvarlige myndigheder for styring og koordinering af Femer Bælt undersøgelse. Undersøgelserne blev påbegyndt i 1995 og forventes afsluttet i sommeren 1999. Herefter er det hensigten, at resultaterne skal lægges ud til offentlig debat i Danmark, før Danmark og Tyskland eventuelt indgår en regeringsaftale om forbindelsen.

Beslutningsprocedurerne i forbindelse med offentlige anlægsprojekter af denne størrelse er forskellige i Danmark og Tyskland. I Danmark vil et undersøgelsesprogram, som det gennemførte, kunne danne basis for udarbejdelse af en anlægslov, såfremt det bliver besluttet fra politisk side at fremlægge en sådan for Folketinget. Samtidig skal undersøgelserne kunne danne grundlag for de miljøkonsekvensvurderinger, som skal foretages ifølge direktivet om Vurdering af Virkninger på Miljøet (VVM-direktivet) og Espoo-konventionen (høring af berørte tredjelande i Østersøregionen).

I Tyskland derimod vil undersøgelsesprogrammet i første omgang blive betragtet som et feasibility-studie, altså en vurdering af om anlægsprojektet er teknisk, økonomisk og miljømæssigt muligt og ønskeligt. Hvis regeringen på denne baggrund vurderer, at der er et behov for en fast forbindelse, bliver det optaget i et katalog, Bundesverkehrswegeplan, over offentlige anlægsprojekter på transportområdet. I kataloget rangordnes projekterne ud fra en bedømmelse af deres samfundsøkonomiske nytteværdi, hvilket indebærer, at projekterne i kataloget kun gennemføres i det omfang, der er økonomiske ressourcer hertil.

Ved projekter, der gennemføres sammen med andre stater, har den tyske regering dog mulighed for at afvige fra den ovenfor omtalte procedure. Regeringen kan for sådanne situationer vælge at forelægge projektet for den tyske Bundestag med anmodning om særskilt godkendelse. Først efter en sådan særskilt godkendelse eller efter optagelse i Bundesverkehrswegeplan omfattes projektet af egentlige planlægningsprocedurer, som vi kender dem i Danmark. Dette indbefatter bl.a. offentlig høring i overensstemmelse med VVM-direktivet og høring af berørte tredielande.

På den baggrund er det i det konkrete forløb omkring Femer Bælt-forbindelsen tilstræbt at opnå tidsmæssig overensstemmelse mellem de to landes beslutningsprocesser, således at eksempelvis høring af berørte tredielande vil kunne ske samtidig. Status for projektet er derfor formelt set et feasibility studie frem til en eventuel regeringsaftale.

Inden en politisk beslutning i Danmark, og i god tid inden indgåelse af en eventuel regeringsaftale mellem Tyskland og Danmark, udgiver Trafikministeriet resultaterne af de økonomiske undersøgelser. Disse resultater, som forventes i sommeren 1999, udgør sammen med resultaterne i nærværende rapport grundlaget for en offentlig debat om Femer Bælt-forbindelsen.

Kapacitetsniveauer for en fast forbindelse

Med henblik på at analysere forskellige modeller for og konsekvenser af en fast Femer Bælt-forbindelse blev der fra undersøgelsens start opstillet en række kapacitetsmæssige alternativer. Disse kapacitetsniveauer er af de forskellige undersøgelser brugt som basis for analyser og design og kan beskrives som følger, idet kapacitetsniveauet "3+1" betyder 3 vejbaner og 1 jernbanespor:

Uden fast forbindelse:

Fortsat færgedrift med hurtige færges (ca. 45 minutters overfartstid) med et stort antal daglige afgangene året rundt. Dette såkaldte referencescenarie er blevet brugt i trafikanalysen og udgør principielt en 0+0 forbindelse.

Med fast forbindelse:

En ren jernbaneforbindelse

- Med eller uden biltog til at overføre vejtrafik – den undersøgte jernbaneforbindelse har to jernbanespor – en 0+2 forbindelse.
- Uden biltog og med et enkelt jernbanespor – en 0+1 forbindelse.

Begge disse kapacitetsniveauer er undersøgt for udførelse som såvel borede tunneler som sænketunneler.

Kombineret vej- og jernbaneforbindelse

I denne sammenhæng er der blevet arbejdet med tre kapacitetsniveauer:

- To vejbaner og et jernbanespor – en 2+1 forbindelse.
- Tre vejbaner og et jernbanespor – en 3+1 forbindelse.
- Fire vejbaner og to jernbanespor – en 4+2 forbindelse.

Hvert af disse tre kapacitetsniveauer har været vurderet for udførelse som borede tunneler, sænketunneler og broer (hængebro eller skråstagsbro).

Alt i alt har undersøgelserne altså analyseret mindst fem forskellige kapacitetsniveauer for en fast forbindelse: 0+1, 0+2, 2+1, 3+1 og 4+2, samt et antal funktions- og konstruktionsmæssige varianter.

Det tidsmæssige forløb

1995 – 1996

Trafikanalyserne

Trafikanalyserne var de første undersøgelser, der blev igangsat. Herefter fulgte de øvrige undersøgelser i løbet af efteråret 1995 med undtagelse af de økonomiske analyser, som først kunne påbegyndes i 1998, da de skulle baseres på resultaterne af de øvrige undersøgelser.

Trafikanalyserne havde til formål at tilvejebringe en beskrivelse af trafikudviklingen over Østersøen for såvel persontrafik som gods med vægten lagt på den nord-sydgående trafik over Femer Bælt. Prognosen for år 2010 fokuserer på fire scenarier, som svarer til fire kapacitetsniveauer: Fortsat færgefart, samt henholdsvis 0+2, 3+1 og 4+2 kapacitetsniveauerne for en fast forbindelse.

Kyst-til-kyst undersøgelserne

Kyst-til-kyst undersøgelserne er opdelt i tre del-komponenter: Geologiske, miljømæssige og tekniske undersøgelser.

De geologiske undersøgelser har leveret faktuelle data og information til brug for primært de tekniske undersøgelser, men også for miljøundersøgelserne. Samtidig har miljøundersøgelserne og de tekniske undersøgelser haft et højt niveau af gensidig informationsudveksling med det formål i videst muligt omfang at få indarbejdet relevante miljøkrav og -hensyn i det tekniske arbejde.

Miljøanalyserne og de tekniske undersøgelser blev delt op i en fase 1 og en fase 2. I fase 1 blev 7 grundlæggende løsningsmodeller med en række underordnede varianter analyseret (se figuren til højre), således at det var muligt på baggrund af de fremkomne tekniske og miljømæssige oplysninger at vælge hvilke løsningsmodeller, der skulle arbejdes videre med i fase 2.

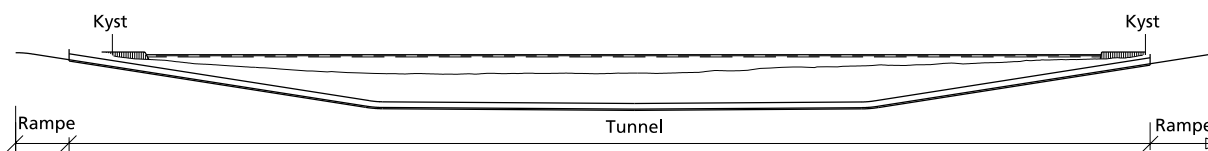
I løbet af fase 1 blev de 7 grundlæggende løsningsmodeller analyseret med følgende udformninger – i alt over 20 varianter:

- dobbeltsporet jernbane med eller uden biltog (0+2), eller
- enkeltsporet jernbane uden biltog (0+1) for modellerne 1 og 2;
- firesporet vej og dobbeltsporet jernbane (4+2) for modellerne 3-7, eller
- dobbeltsporet vej og enkeltsporet jernbane (2+1), ligeledes for modellerne 3-7.

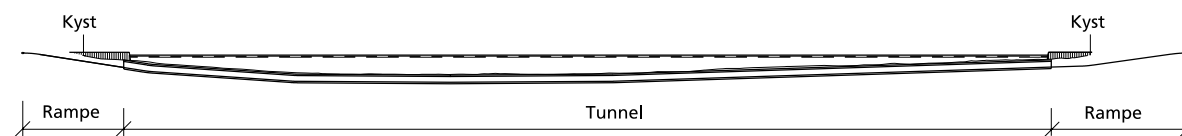
Løsningsmodel 1 : Boret tunnel for jernbane med/uden biltog

Tyskland

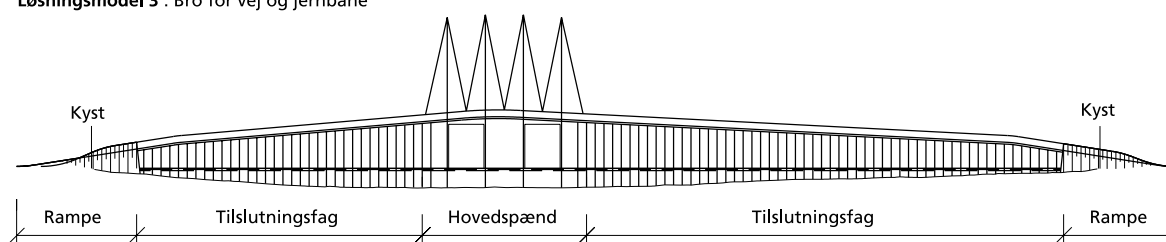
Danmark



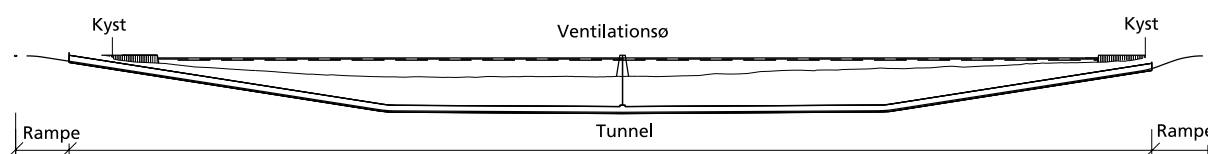
Løsningsmodel 2 : Sænke tunnel for jernbane med/uden biltog



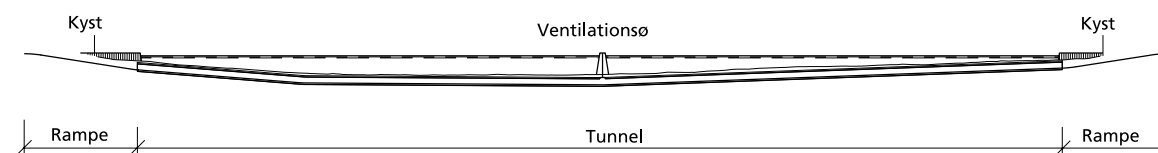
Løsningsmodel 3 : Bro for vej og jernbane



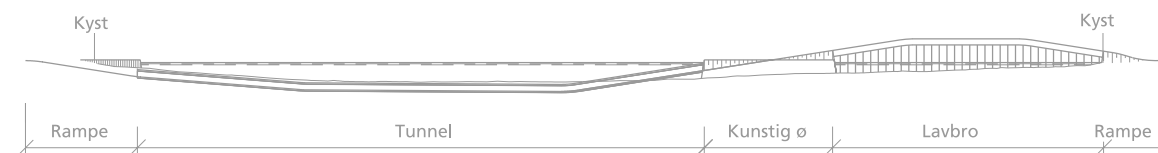
Løsningsmodel 4 : Boret tunnel for vej og jernbane



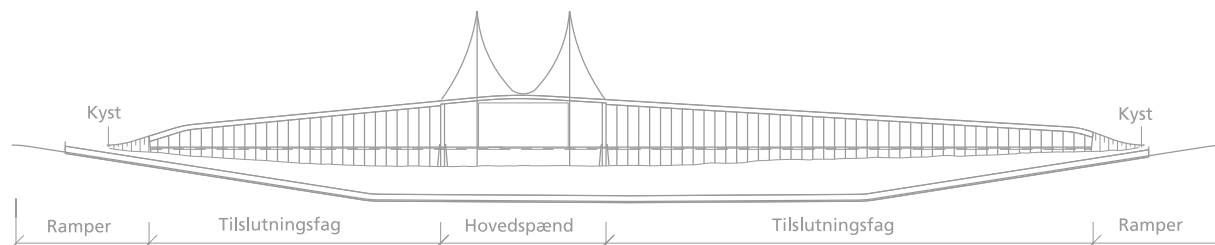
Løsningsmodel 5 : Sænketunnel for vej og jernbane



Løsningsmodel 6 : Bro og sænketunnel med kunstig ø for vej og jernbane



Løsningsmodel 7 : Boret tunnel for jernbane og bro for vej



Oversigt over de oprindelige 7 grundlæggende løsningsmodeller.

Undersøgelser af vej- og jernbaneanlæg på land

Afhængig af hvilken løsningsmodel der arbejdes med, vil det afstedkomme forskellige behov i relation til de veje og jernbaner, som fører til og fra en eventuel bro eller tunnel. Undersøgelserne af vej- og baneanlæg kan derfor også til en vis grad opdeles i de oven for nævnte udformninger og kapacitetsniveauer. Undersøgelserne af vej- og baneanlæg i korridoren København-Hamborg omfatter således analyser af den eksisterende infrastruktur, samt tekniske, økonomiske og miljømæssige vurderinger af muligheder for udbygning heraf.

Processen efter fase 1 af kyst-til-kyst undersøgelserne

Resultatet af fase 1 af kyst-til-kyst undersøgelserne er beskrevet i rapporten "*Undersøgelser vedrørende Femer Bælt-forbindelsen – Fase 1 af kyst-til-kyst undersøgelserne*", Trafikministeriet 1996.

I forbindelse med afrapporteringen af fase 1 af kyst-til-kyst undersøgelserne blev forskellige interessegrupper inviteret af det danske Trafikministerium til at deltage i en konference, hvor de foreløbige resultater blev præsenteret og diskuteret.

På baggrund af fase 1 rapportens konklusioner besluttede det danske og det tyske trafikministerium at eliminere to af løsningsmodellerne fra de videre undersøgelser i fase 2. Disse to var model 6: Bro og tunnelkonstruktion med kunstig ø for kombineret vej-og jernbanetrafik, og model 7: Bro for vejtrafik og boret tunnel for jernbanetrafik. Model 6 blev valgt fra, primært fordi miljøundersøgelserne viste, at denne løsning i forhold til de andre løsningsmodeller ville medføre de største negative miljømæssige konsekvenser for havmiljøet. Model 7 blev sorteret fra af teknisk-økonomiske årsager, idet den og model 6 i en vægtet sammenligning med de øvrige modeller lå klart dårligst placeret.

Folketingets Trafikudvalg drøftede dette fravalg med trafikministeren og konkluderede, at udvalget ikke havde nogen bemærkninger til det foreslåede fravalg.

1997-1998***Trafikanalyserne***

En offentliggørelse af foreløbige prognoseresultater fandt sted i foråret 1998. I forhold til de endelige prognoseresultater, viste disse foreløbige angivelser en væsentligt højere vækst i trafikken. De endelige vurderinger betragtes som et bedre skøn, men forskellene skal tages som udtryk for resultaternes store følsomhed over for blandt andet de anvendte antagelser om sejlplanerne for færgeruterne på Østersøen.

Kyst-til-kyst undersøgelserne

I fase 2 arbejdede man videre med de første fem grundlæggende løsningsmodeller og et antal varianter svarende til forskellige kapaciteter og tekniske udformninger. På baggrund af en lang række løsningsforslag (omkring 20) besluttede de to trafikministerier, at der skulle udføres endelige tekniske og miljømæssige undersøgelser samt skitseprojektering for følgende 8 løsningsmodeller/varianter i den afsluttende del af fase 2 (de 8 modeller er opdelt efter de førømtalte kapacitetsniveauer):

Løsningsmodel	Kapacitet
1 Boret jernbanetunnel	2 spor med
2 Sænketunnel med jernbane	biltog (0+2)
4.1 Boret tunnel med vej og jernbane	3 vejbaner og
5.1 Sænketunnel med vej og jernbane	1 jernbanespor (3+1)
3 Skråstagsbro med vej og jernbane	4 vejbaner
3.1 Hængebro med vej og jernbane	og
4 Boret tunnel med vej og jernbane	2 jernbanespor
5 Sænketunnel med vej og jernbane	(4+2)

De øvrige mulige løsningsforslag fravalgtes enkeltvis med en række begrundelser, herunder som de væsentligste:

- Teknisk-økonomiske forhold i anlægs- og/eller driftsfasen.
- Sikkerheds- og risikomæssige forhold.
- Løsningsforslagene var helt eller næsten helt indeholdt i et af de 8 udvalgte.
- Løsningsforslagene var meget ufleksible i relation til senere udbygning.

TRAFIKANALYSER

Faste forbindelser ændrer infrastrukturen for trafikken. Det har betydning for nationale såvel som internationale transportere i transportsystemet. Med henblik på at erhverve viden om en ny fast forbindelses konsekvenser for trafikken internt i Danmark og til vore nabolande, er der behov for at analysere trafikken på en stor del af det europæiske kontinent, dog naturligvis med fokus på de områder, som ligger nærmest den påtænkte faste forbindelse.

Analysen er gennemført ved opstilling af en trafikmodel, som består af:

1. Et sæt af matematiske ligninger, der dels beskriver sammenhængene mellem efterspørgslen efter og udbuddet af transportydelser, dels beskriver det transportsystem, der er til rådighed i form af et net af veje, tog- og flyforbindelser, samt færgeruter.
2. Data om rejsemønstre, transportpriser og de forskellige strækningers egenskaber, såsom rejsehastigheder, evt. betaling for brug, osv. Disse indsættes i modellen og gør det muligt at beregne det forventede trafikomfang og -mønster.

Formål og rammer

En fast Femer Bælt-forbindelse ændrer transportudbuddet i et stort geografisk område. Det har derfor været et ønske at kunne se trafikudviklingen i et perspektiv, som omfatter den samlede gods- og passagertrafik mellem Norden og kontinentet. Den til formålet opstillede trafikmodel omfatter hele det europæiske kontinent, men har særligt fokus på Østdanmark og Nordtyskland, som således er de områder, der er undersøgt og modelleret mest detaljeret.

Formålet med den opbyggede trafikmodel er:

- At kunne forudsige trafikens omfang og sammensætning på en fast Femer Bælt-forbindelse
- At kunne forudsige effekten af en fast forbindelse på trafikefterspørgslen og dermed trafikbelastningen på det øvrige vej- og banenet, samt på færge- og flyruter.

Trafikmodellen anvendes til at udarbejde prognoser for trafikken i år 2010. Det sker under forskellige forudsætninger – scenarier – vedrørende de faktiske fysiske muligheder for transport over Femer Bælt. I princippet kan hver af de i denne rapport beskrevne otte tekniske alternativer for en fast forbindelse beskrives hver for sig, men da det forudsættes, at der ikke er trafikal forskel mellem bro- og tunnel-tekniske løsninger, er der i praksis skelnet mellem fire kapacitetsniveauer for forbindelsen, dvs. kapacitetsniveauerne 0+2, 3+1 og 4+2 samt et referencealternativ, der indebærer en uændret fortsættelse af den nuværende færgedrift.

Trafikmodellen giver information på tre niveauer:

- Omfanget og sammensætningen af trafikken på Femer Bælt-forbindelsen selv. Disse resultater benyttes især til vurdering af behovet for en fast forbindelse. Endvidere er resultaterne en forudsætning for at kunne gennemføre dels en vurdering af den faste forbindelses samfundsøkonomiske værdi, dels en vurdering af grundlaget for brugerfinansiering af projektet.

- Omfanget og sammensætningen af den samlede trafik mellem Norden og kontinentet for alle transportformer. Ved *Norden* forstås i denne sammenhæng Sjælland, Sverige, Norge og Finland. Trafikken beregnes over et snit, der strækker sig fra den sydøstlige Østersø til det vestlige Skagerrak, det såkaldte Østersøsnit, se kortet side 39.

Disse resultater benyttes til at vurdere effekten af den faste forbindelse på andre transportformer, specielt færge- og flytrafikken. Formålet er at bestemme, i hvilket omfang trafikken over en fast Femer Bælt-forbindelse er 1) *nyskabt trafik*, dvs. ny trafik, som alene opstår, fordi den faste forbindelse bygges, eller 2) *overflyttet trafik*, dvs. trafik, som ville være der, uanset om en fast forbindelse bygges, men som vælger at benytte den faste forbindelse i stedet for et eksisterende alternativ – eksempelvis overflytning af flypassagerer til hurtigtog. Skelnen mellem nyskabt og overflyttet trafik har væsentlig betydning for vurderingen af den samfundsøkonomiske værdi af projektet.

- Den faste forbindelses påvirkning af trafikken i det øvrige netværk. Disse resultater benyttes primært ved vurderingen af, hvorledes projektet påvirker trafikens forureningsomfang og trafiksikkerhedsforhold samt projektets belastning af trafiksystemet i øvrigt.

Af hensyn til de efterfølgende beregninger af den samfundsøkonomiske og finansielle rentabilitet af en fast Femer Bælt-forbindelse har det været væsentligt, at trafikmodellens prognoser er differentierede med hensyn til fordelingen på transportformer og transportruter, både over det valgte snit gennem Østersøen og i det samlede område, som modellen omfatter, dvs. størstedelen af det europæiske kontinent. Ud over nærmere beskrivelser af de fire kapacitetsniveauer kræver modellen, at der opstilles forudsætninger om:

- Udviklingen i de konkurrerende transportformer og ruter.
- Den socio-økonomiske udvikling i Danmark og Tyskland, m.fl.

Af hensyn til at kunne belyse robustheden i konklusionerne på baggrund af de efterfølgende økonomiske undersøgelser er der ved udarbejdelsen af trafikmodellen lagt vægt på mulighederne for at kunne foretage analyser af følsomheden i trafikmodellens resultater.

Trafikanalyserne er gennemført af et dansk-tysk-hollandsk rådgiverkonsortium, FTC, the Fehmarnbelt Traffic Consortium, som er et joint venture af fem konsulentfirmaer: Det danske rådgivende ingeniørfirma Carl Bro, det tyske rådgivningsfirma Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, ISL, det tyske rådgivende firma Beratergruppe für Verkehr und Umwelt GmbH, BVU, det tyske rådgivningsfirma Intraplan Consult GmbH, ITP, og det hollandske rådgivningsfirma Hague Consulting Group, HCG. Carl Bro og ISL har været ansvarlige for projektledelsen. Konsortiets arbejde kan opdeles i tre faser:

- Dataindsamling.
- Modelkonstruktion.
- Prognoser.

Konsortiets arbejde er afrapporteret med rapporten: "*Fehmarnbelt Traffic Demand Survey and Forecast*" af januar 1999. I de følgende afsnit gives en sammenfattende beskrivelse af resultaterne af trafikstudiet.



Trafikmodellen

Forudsætninger og antagelser

Ved fremskrivningen af trafikken til år 2010 er anvendt en række antagelser vedrørende forhold, som ikke direkte bestemmes i modellen. De væsentligste antagelser er sammenfattet i det følgende.

Femer Bælt: I referencescenariet forventes, at den nuværende færgetrafik opretholdes med uændret serviceniveau.

Ved etableringen af en fast forbindelse over Femer Bælt forudsættes, at den nuværende bil- og jernbanefærgetrafik over Femer Bælt ophører. Der er dog regnet med, at der etableres en personfærgeforbindelse til betjening af færgernes nuværende landgangspassagerer. Endvidere antages det generelt, at priserne for overførsel via en fast forbindelse bliver identiske med priserne for overførsel med færge.

De forventede overfartstider for Femer Bælt-forbindelsen er angivet i tabellen:

Forventede overfartstider for Femer Bælt forbindelsen i de betragtede scenarier:

Scenario	Trafikmiddel	Ventetid (Minutter)	Overfartstid (Minutter)	I alt (Minutter)
Reference: Færgedrift	Bil	25	45	70
	Lastvogn	25	45	70
	Persontog	5	45	50
	Godstog ¹	-	-	-
0+2: Biltog og elektrificeret dobbeltspor	Bil	25	15	40
	Lastvogn	25	15	40
	Persontog	0	8	8
	Godstog	0	12	12
3+1: Motortrafikvej og enkeltspor diesel	Bil	5	14	19
	Lastvogn	5	18	23
	Persontog	0	10	10
	Godstog	0	12	12
4+2: Motorvej og elektrificeret dobbeltspor	Bil	5	12	17
	Lastvogn	5	18	23
	Persontog	0	8	8
	Godstog	0	12	12

Note: ¹ I dag overføres der ikke godstog med færgerne, idet alle godstog mellem Sjælland og Tyskland føres via Storebælt. Det antages, at godstog i fremtiden kun vil benytte Femer Bælt ruten, hvis der anlægges en fast forbindelse.

Øvrige færger: Den konkurrerende færgetrafik over Østersøen forudsættes at fortsætte uændret, dvs. med samme antal afgang pr. dag, samme overfartstid og samme priser.

Bil og bane: Vej- og banenettet i både Danmark og Nordtyskland forudsættes udbygget løbende, uanset om en fast Femer Bælt-forbindelse etableres. Specielt for Danmark forudsættes det, at:

- Øresundsforbindelsen er åbnet.
- Det danske hovedbanenet er opgraderet til 200 km/t.
- Kapacitetsproblemerne på baneforbindelsen København-Ringsted er løst.

Ved etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt er det endvidere forudsat, at bil- og banenettene til Femer Bælt udbygges yderligere på dansk og tysk side. I scenarierne 0+2 og 4+2 er det således forudsat, at der bliver ubrudt motorvej og ubrudt højhastighedsbane med 200 km/t mellem København og Hamborg, mens der i scenarie 3+1 kun er forudsat mindre udbygninger på vej- og banestrækningen mellem København og Hamborg.

Som følge af infrastrukturudbygningerne reduceres rejsetiderne for passagerer og gods ud over effekten af den reducerede overfartstid på selve Femer Bælt.

Trafikmiddel og rejserelation	Rejsetid og rejseomkostninger	Prognose 2010			
		Reference: <i>Færge</i>	4+2: <i>Motorvej og elektrificeret dobbeltspor</i>	0+2 <i>Biltog og elektrificeret dobbeltspor</i>	3+1 <i>Motortrafikvej og enkeltspor diesel</i>
Bil København-Hamborg	Rejsetid (<i>timer:minutter</i>)	5:51	4:40	5:21	4:50
	Rejseomkostninger (<i>kr./person</i>)				
	– Forretning	1032	984	1016	984
	– Privat	328	352	336	352
Bus København-Hamborg	Rejsetid (<i>timer:minutter</i>)	6:39	5:22	6:14	5:30
	Rejseomkostninger (<i>kr./person</i>)	168	168	168	168
Persontog København-Hamborg	Frekvens (<i>tog/dag</i>)	7 ¹	19 ²	21 ³	13 ⁴
	Rejsetid (<i>timer:minutter</i>)	5:01	3:40	3:40	4:10
	Rejseomkostninger (<i>kr./person</i>)				
	– Forretning	544	624	624	624
	– Privat	296	344	344	344
Lastvogn Jämtland-Stuttgart	Rejsetid (<i>døgn:timer:minutter</i>)	2:03:53	2:02:54	2:03:15	2:03:04
	Rejseomkostninger (<i>kr./ton</i>)	704	680	680	680
Godstog Jämtland-Stuttgart	Rejsetid (<i>døgn:timer:minutter</i>)	4:06:01 ⁵	4:01:08	4:01:08	4:01:08
	Rejseomkostninger (<i>kr./ton</i>)	728 ⁵	696	696	696

Note ¹ Heraf fire tog via Storebælt.

Note ² Heraf 12 højhastighedstog (200 km/t).

Note ³ Heraf 14 højhastighedstog (200 km/t).

Note ⁴ Heraf 8 højhastighedstog (200 km/t).

Note ⁵ Godstog føres via Storebælt.

Forventede samlede rejsetider og samlede direkte rejseomkostninger mellem udvalgte destinationer i de betragtede scenarier.

Fly: Det antages, at billetpriserne og antallet af afgang er det samme i alle scenarier.

Andre generelle antagelser: Ud over det oven for beskrevne, antages det endvidere, at:

- Tax-free salg nedlægges, hvilket forventes at føre til generelle prisstigninger på 10% for persontrafik på langdistance færgeruter og 30% for persontrafik på kortdistance færgeruter, mens overfartspriserne for godstrafikken forventes at være upåvirkede.
- Brændstofpriserne for biler og lastvogne øges med 15% i faste priser. Alle andre driftsomkostninger og transportpriser er uændrede i faste priser.

Generel økonomisk udvikling:

Ved fremskrivning af den økonomiske udvikling er det valgt at benytte eksisterende officielle prognoser fra de berørte lande, hvilket giver følgende udvikling:

Forudsat stigning i økonomiske nøgleparametre i de væsentligste markedsområder for Femer Bælt-forbindelsen 1996-2010 (procent stigning over perioden).

Land	Befolkningsstørrelse	Antal beskæftigede	Bruttonationalprodukt	Bilejerskab
Tyskland	0,7%	2,0%	46,4%	15,8%
Danmark	4,7%	15,0%	38,9%	15,8%
Sverige	4,5%	18,0%	34,4%	16,1%
Norge	6,9%	12,3%	32,3%	7,9%
Finland	7,8%	24,5%	49,5%	28,5%

Dataindsamling

For at kunne udvikle trafikmodellen er eksisterende og tilgængelige statistikker om rejsemønstre, rejseomkostninger, varehandel og landenes generelle økonomiske og sociale forhold indsamlet.

Liste over eksisterende statistiske data som er benyttet i trafikmodellen.

- *Færgetrafikdata for Østersøen:*
Antal afgange, passagerer, biler, lastbiler og busser for hver færgerute.
- *Passagertrafikdata:*
 1. Undersøgelser af passagerernes rejsemønstre i Tyskland.
 2. Tællinger af vejtrafikken og grænsetrafikken i Tyskland.
 3. Lufthavnsstatistik for Tyskland.
 4. Trafikundersøgelser og billetstatistikker fra jernbanerne i Tyskland, Danmark og Sverige.
- *Godstrafikdata:*
 1. En eksisterende database for søgodstrafikken på Nordsøen og Østersøen.
 2. Udenrigshandelsstatistik for Tyskland, Danmark, Norge, Sverige og Finland.
 3. Statistikker for godstrafik og skibsstrafik i Tyskland.
 4. Færgestatistikker.
- *Generelle socio-økonomiske data:*
 1. Befolkningsudvikling og økonomisk udvikling (vækst i bruttonationalproduktet) for alle europæiske lande.
 2. Udviklingen i beskæftigelsen i Tyskland, Danmark, Norge, Sverige og Finland.
 3. Udviklingen i bilejerskab i Tyskland, Danmark, Norge, Sverige og Finland, samt i øvrige Vesteuropa i gennemsnit, og øvrige Østeuropa i gennemsnit.

Disse data er suppleret med data, som er indsamlet og bearbejdet som en del af projektet. Disse data vedrører især transportkøbernes præferencer med hensyn til rute- og trafikmiddelvalg og er indsamlet ved at gennemføre en lang række interviews og spørgeskemaundersøgelser, som principielt omfatter al passager- og godstransport mellem Norden og kontinentet. Hertil kommer detaljerede informationer om omkostningerne ved at bruge forskellige trafikmidler og ruter, dvs. omkostningerne til at drive forskellige trafikmidler, samt priserne for at benytte blandt andet færgeoverfarter og betalingsveje.

Liste over data indsamlet som en del af trafikanalysen.

- *Stopinterviews af passagerer:*
 1. I alt 13.620 gennemførte interviews med passagerer på de væsentligste færgeruter mellem Danmark, Norge og Sverige på den ene side, og Tyskland på den anden, samt mellem Danmark og England.
 2. I alt 1.515 interviews med flypassagerer mellem lufthavnene i København, Oslo og Stockholm på den ene side, og lufthavnene i Amsterdam, Berlin, Bruxelles, Düsseldorf, Frankfurt, Geneve, Hamborg, Hannover, München, Prag, Warsawa og Zürich på den anden side.
Hertil kommer 3.294 interviews på færgeoverfarterne, der blev udført som en del af trafikstudiet for Øresund og blev stillet til rådighed for Femer Bælt analysen.

- *Stated preference interviews af passagerer:*
 1. I alt 499 gennemførte interviews af passagerer på de væsentligste færgeruter mellem Danmark, Norge og Sverige på den ene side, og Tyskland og Polen på den anden.
 2. I alt 306 gennemførte interviews med flypassagerer mellem de oven for nævnte lufthavne.

- *Stopinterviews af lastbilchauffører i færgehavnene:*

I alt 1.553 gennemførte interviews med lastbilchauffører på de væsentligste færgeruter mellem Danmark, Norge og Sverige på den ene side, og Tyskland på den anden, samt mellem Danmark og England.
Hertil kommer 4.123 chaufførinterviews på færgeoverfarterne, der blev udført som en del af trafikstudiet for Øresund og blev stillet til rådighed for Femer Bælt analysen.

- *Stated preference interviews med afskibere og transportører:*

I alt 392 gennemførte interviews med afskibere og speditører i Danmark, Sverige, Tyskland og Holland. Interviewene omfattede en række baggrundsspørgsmål om virksomhedernes markedsområde, transportomfang og holdninger til forskellige transportløsninger, samt fire serier af stated preference spil vedrørende trafik over Østersøsnittet: Valg af alternative transportmidler, valg af alternative færgeruter samt valg mellem færge på den ene side og henholdsvis biltog under Femer Bælt og en fast vejforbindelse over (eller under) Femer Bælt på den anden side.

Analyserne af transportkøbernes præferencer falder i to dele:

1. En analyse af transportbrugernes faktiske rute- og trafikmiddelvalg i *dagens situation*, dvs. med den infrastruktur, som findes i dag. Analysen er baseret på traditionelle stopinterviews i færgehavnene samt interviews med trafikoperatører og godsafsendere. I interviewene spørger man til brugernes faktiske valg af transportmidler og ruter, start- og slutpunktet for turen samt rejsens formål for passagerrejser og godstypen for godstransporter.
2. Stated preference analyse af transportbrugernes reaktioner på *ændringer i trafikudbuddet*, hvis en fast Femer Bælt-forbindelse etableres. Analysen går kort fortalt ud på at benytte en speciel spørgeteknik, hvor man beder transportbrugere om at vælge det foretrukne alternativ blandt en række givne trafikalternativer, som hver for sig kombinerer forskellige serviceniveauer og transportomkostninger.

De indsamlede data danner grundlag for beregning af adfærdsparametrene i trafik efterspørgselsmodellen. De danner dermed grundlag for trafikmodellens prognostisering af trafikken over Femer Bælt som funktion af de forskellige anlægsalternativers egenskaber, set fra transportbrugernes side.

Opbygning af trafikmodellen

Kravet om en høj grad af detaljerighed i fremskrivningerne indebærer, at modellen nødvendigvis bliver stor og kompliceret og dermed også både tids- og omkostningskrævende at anvende. Omvendt fører kravet om mulighed for at kunne udføre en lang række følsomhedsanalyser til et ønske om en lille og kompakt model, som nemt og hurtigt kan beregne de ønskede resultater på et mindre detaljeret niveau.

Med henblik på at møde disse indbyrdes modstridende målsætninger, er modellen formuleret i to versioner:

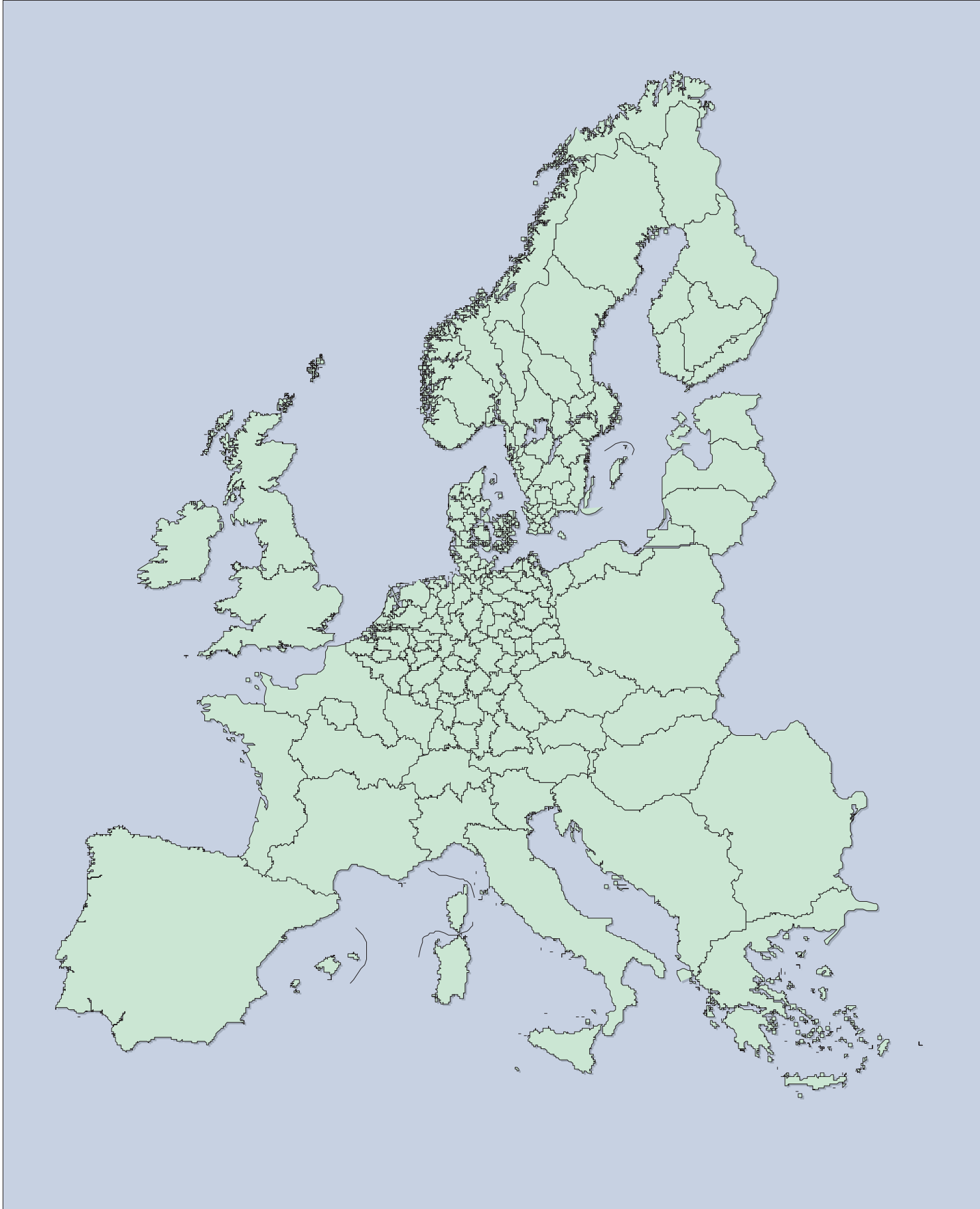
- Den egentlige trafikmodel (FTC-modellen), som benyttes til en detaljeret prognostisering af den forventede trafikudvikling i det samlede analyseområde og dermed også på Femer Bælt-forbindelsen selv samt på det øvrige Østersøsnit mellem Norden på den ene side og Tyskland-Polen på den anden side.
- En simplificeret model (FemEx-modellen), som benyttes til testning af variationerne i prognosen for trafikken over Femer Bælt og Østersøsnittet i øvrigt, baseret på ændringer i relativt få, men centrale parametre. FemEx-modellen vil blive anvendt i de økonomiske undersøgelser.

FTC-modellen er benyttet ved beregning af trafikprognoser for hvert af de betragtede anlægsalternativer samt for et referencealternativ, hvor en fast forbindelse ikke etableres, og trafikken derfor også i fremtiden betjenes med færger, svarende til dagens situation. Modellen omfatter alle transportformer og alle større ruter mellem Norden og kontinentet.

Af praktiske grunde er trafikmodellen opdelt i to delmodeller:

1. En delmodel for persontrafikken, som beskriver samtlige personrejser mellem Norden og kontinentet med bil, bus, færgе, tog og fly
2. En delmodel for godstrafikken, som beskriver samtlige godsstrømme mellem Norden og kontinentet med bil, bane og færgе.

Årsagen til opdelingen i to delmodeller er, at både trafikmidlerne og transportkøbernes adfærdsmønstre afviger væsentligt, alt efter om der er tale om person- eller godstransport. Opdelingen i to delmodeller gør det nemmere at tage hensyn til disse forskelle på en hensigtsmæssig måde.



Trafikmodellens zoner.

Trafikmodellen består af følgende hovedkomponenter:

1. En opdeling af analyseområdet i mindre zoner (trafikzoner) og en tilhørende opgørelse af henholdsvis antallet af personrejser og mængden af transporteret gods mellem zoner over Femer Bælt eller over Østersøsnittet.

Passagererne er underopdelt på en række passagertyper som er defineret ved formålet med rejsen. Formålet er at kunne beskrive effekten af forskelle i de enkelte passagerers præferencer, dvs. det forhold at eksempelvis erhvervsrejsende typisk lægger vægt på at nå hurtigt frem, mens ferierejsende typisk lægger vægt på rejsens pris.

På tilsvarende måde er godset underopdelt på en række godstyper som stiller forskellige krav til transporten.

2. Et net, som beskriver de vigtigste veje, banestrækninger, færgeruter og flyruter som forbinder de enkelte zoner i analyseområdet. For hver strækning er indsamlet informationer om strækningstype og længde samt de typiske rejsehastigheder for de forskellige trafikmidler (lastvogne kører f.eks. typisk langsommere end personbiler), inkl. eventuelle ventetider undervejs, f.eks. ved færger eller grænseovergange.

Nettene i FTC-modellen er meget detaljerede og inddrager blandt andet de faktiske køreplaner for færger, fly og tog. I den simplificerede FemEx-model indgår ikke et specifikt net. I stedet benyttes en zone-til-zone matrix med generaliserede transportomkostninger for de forskellige mulige transportmiddel- og rutevalg, beregnet på basis af resultater fra FTC-modellen.

3. Trafikefterspørgselsmodellen, som – med udgangspunkt i transportkøbernes udtrykte præferencer – fastlægger transportkøbernes efterspørgsel efter transportformer og ruter som en funktion af:

1. Rejseformål eller godstype,
2. Start- og slutzonen for transporten,
3. Den samlede transporttid,
4. De samlede transportomkostninger ved at benytte de mulige transportruter og transportmidler, og
5. Den forventede demografiske og økonomiske udvikling.

Modellen bestemmer således på én gang niveauet for transportefterspørgslen og transporterens fordeling på ruter og transportmidler som funktion af transportnettets egenskaber. Den trafikale effekt af den faste forbindelse over Femer Bælt beregnes som forskellen mellem modellens beregnede trafikstrømme med og uden den faste forbindelse.

Trafikprognoser

Resultaterne af modelberegningerne foreligger i form af trafikprognoser for år 2010 for følgende tre overordnede kapacitetsniveauer:

- 0+2: Ingen vejbaner, men dobbeltsporet jernbane med biltogsdrift
- 3+1: 3-sporet motortrafikvej* og enkeltsporet jernbane
- 4+2: 4-sporet motorvej og dobbeltsporet jernbane

** Der er tale om to vejbaner, samt et nødspor.*

Disse trafikprognoser sammenholdes med den forventede trafik i en referenceprognose for år 2010 uden etablering af en fast forbindelse og med fortsat færgefart, hvorved de trafikale effekter af at etablere forbindelsen kan vurderes.

I det følgende sammenholdes resultaterne endvidere med trafikken i basisåret – 1996 for persontrafikken og 1994 for godstrafikken – for at illustrere, hvilken trafikvækst, der er indregnet i referenceprognosen.

I dette afsnit præsenteres først trafikprognoserne for persontrafik over henholdsvis Femer Bælt og Østersøsnittet og dernæst de tilsvarende trafikprognoser for godstrafikken.

Persontrafik over Femer Bælt

I tabellen nedenfor er vist resultatet af modelberegningerne for persontrafikken over Femer Bælt.

Persontrafik over Femer Bælt.

Transportform Passagerer pr. årsdøgn	Basisår 1996 (Færge)	Prognose 2010			
		Reference (Færge)	0+2	Fast forbindelse	
				3+1	4+2
Bane	2.000	*1.700	6.100	4.300	5.000
Personbil	8.800	10.300	11.600	15.300	15.900
Bus	3.900	4.500	4.600	5.600	5.600
Gående (færger)	4.800	3.800	2.100	1.900	1.900
I alt	19.500	20.300	24.300	27.100	28.400

Note: * Det er beregnet, at 385.000 passagerer (svarende til 1.055 årsdøgn passagerer) om året forventes at rejse over Storebælt i referenceprognosen.

Faldet i banepassagertrafikken over Femer Bælt skyldes blandt andet, at internationale nattog forudsættes dirigeret over Storebælt.

Prognosen for trafikudviklingen fra basisåret 1996 til 2010 viser en samlet stigning i trafikken over Femer Bælt på 4%. Denne stigning er resultatet af modsatrettede effekter for de enkelte transportformer. Biltrafikken stiger således 18% og bustrafikken 14%, mens der ses et fald for landgangspassagerer på 22%. Der ses desuden et fald i banetrafikken på 12%.

Etableringen af en fast forbindelse medfører i forhold til referenceudviklingen væsentlige stigninger i den samlede trafik over Femer Bælt, størst for kapacitetsniveauet 4+2. I forhold til referenceudviklingen stiger trafikken således samlet med 20% for kapacitetsniveauet 0+2, med 33% for kapacitetsniveauet 3+1 og med 40% for kapacitetsniveauet 4+2, målt i antal passagerer over forbindelsen.

Kapacitetsniveauet 0+2 viser en stigning for banetrafikken på 255%, samt en stigning på 12% og 2% for bil- og bustrafikken, mens landgangspassagerer viser et fald på 45%.

Kapacitetsniveauet 3+1 viser en stigning for banetrafikken på 148%, for biltrafikken på 48% og for bustrafikken på 24%, samt et fald i landgangspassagerer på 50%.

Stigningen for kapacitetsniveauet 4+2 på 40% fordeler sig med stigninger på 190% for bane, 54% for bil og 25% for bus, mens der ses et fald på 50% for landgangspassagerer.

Den største vækst for banetrafikken ses naturligt nok ved kapacitetsniveauet 0+2, hvor banetrafikken favoriseres, og mindst ved kapacitetsniveauet 3+1, hvor der kun etableres en enkeltsporet jernbane. Væksten er i alle tre alternativer ret høj, mens referenceudviklingen viser et fald. Dette skal ses i lyset af, at åbningen af den faste Storebæltsforbindelse har medført, at banetrafik, som tidligere blev overført med færge via Rødby - Puttgarden, er overflyttet til ruten via Storebælt. Ved etablering af en fast Femer Bælt-forbindelse forventes denne trafik tilbageført til Femer Bælt ruten. Omkring 25-40% af trafiktilvæksten på bane kan tilskrives dette forhold.

Omvendt ses den største vækst i biltrafikken ved kapacitetsniveauet 4+2 med motorvejsudbygning med 54%, mod en stigning på kun 12% ved kapacitetsniveauet 0+2, hvor der kun etableres biltogsdrift. I forhold hertil har det relativt mindre betydning for stigningen i biltrafikken, om der etableres motorvej eller motortrafikvej (kapacitetsniveau 3+1 med en vækst på 48%).

Bustrafikken stiger kun 2% ved kapacitetsniveauet 0+2, mens der ikke er forskel af betydning for de to øvrige alternativer, som viser en stigning i bustrafikken på 24-25%. Der ses ved alle tre kapacitetsniveauer et fald i landgangspassagerer på 45-50%. I nedenstående tabel er vist en oversigt over, hvor stor en del af den ovenfor beskrevne trafiktilvækst der stammer fra nyskabt trafik, overflytning fra andre transportformer og andre forhold ved de tre kapacitetsniveauer. Ved "nyskabt trafik" forstås, som tidligere nævnt, ny trafik, som alene opstår fordi den faste forbindelse bygges. Ved "overflyttet fra anden transportform" forstås rejser, som tidligere blev foretaget med andre transportformer.

Køretøjer/bane-passagerer pr. dag	Trafikprognose 2010								
	0+2			Fast forbindelse 3+1			4+2		
	Bil	Bus	Bane	Bil	Bus	Bane	Bil	Bus	Bane
Nyskabt trafik	37%	0%	11%	42%	16%	6%	41%	16%	4%
Overflyttet fra anden transportform	34%	0%	61%	24%	29%	50%	22%	31%	60%
Overflyttet fra andre ruter og ændret destination *	29%	100%	28%	34%	55%	44%	37%	53%	36%
I alt	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fordelingen af samlet trafiktilvækst over Femer Bælt på nyskabt trafik, mv.

Note: * For banetrafikken er der primært tale om ændret rutevalg.

Omfanget af nyskabt trafik har især betydning for vurderingen af de samlede miljømæssige gener forbundet med etablering af en fast Femer Bælt-forbindelse. Det fremgår af tabellen på foregående side, at tilvæksten i banetrafikken ved alle tre kapacitetsniveauer – selv med favorisering af baneforbindelsen – ikke i nævneværdigt omfang skaber ny banetrafik (4-11%), idet der i stedet sker et ændret valg af transportform eller rute. Den øgede biltrafik ved udbygningen af den faste forbindelse stammer derimod i større omfang fra nyskabt biltrafik (37-42%).

Ved kapacitetsniveauet 0+2 ses, at stigningen i banetrafikken i langt overvejende grad, 61%, kommer fra ændret valg af transportform, samt i et vist omfang fra ændret rutevalg, herunder især overflytning af Storebæltstrafik, mens bidraget fra nyskabt trafik udgør 11%.

Ved kapacitetsniveauet 3+1 ses, at stigningen i biltrafikken især kommer fra nyskabt trafik, mens stigningen i banetrafikken primært kommer fra valg af anden transportform og ændret rutevalg og stort set ikke fra nyskabt trafik.

Ved kapacitetsniveauet 4+2 ses, at den øgede biltrafik i høj grad skyldes nyskabt trafik, svarende til 41% af tilvæksten. Derudover fremgår det af baggrundsanalyserne, at 27% kommer fra andet rutevalg, 22% fra skift i transportform og 10% fra ændret destinationsvalg. For togtrafikken kommer næsten hele tilvæksten fra ændret valg af transport og valg af andre ruter, mens der stort set ikke er nogen nyskabt togtrafik.

Persontrafik over Østersøsnittet

Som før beskrevet omfatter trafikmodellen den samlede trafik mellem Norden og kontinentet over Østersøsnittet. Resultaterne af modelberegningerne for udviklingen i persontrafikken over Østersøsnittet er vist i nedenstående tabel:

Transportform Passagerer pr. år/døgn	Basisår 1996 (Færge)	Prognose 2010			
		Reference (Færge)	0+2	Fast forbindelse	
				3+1	4+2
Bane	2.500	2.900	5.100	6.200	4.400
Personbil	20.100	29.100	32.900	29.800	32.300
Bus	8.100	9.300	9.900	9.200	9.800
Fly	20.600	38.100	35.400	35.800	35.900
Gående (færger)	9.600	8.500	7.500	7.800	7.600
I alt	60.800	87.800	90.800	88.800	90.100

Persontrafik over Østersøsnittet.

Det fremgår indledningsvist, at lufttrafikken og biltrafikken i *basisåret 1996* er de mest dominerende transportformer, målt i antal passagerer over snittet, nemlig henholdsvis 34% og 33% i basisåret 1996. Endvidere fremgår det, at landgangspassagerer med 16% udgør en relativt stor andel. Bus har en andel på 13% og bane kun en lille andel på 4%.

Af baggrundsanalyserne fremgår i øvrigt, at sommertrafik og sommerferietrafik udgør de væsentligste dele af trafikken. Bus anvendes udelukkende i forbindelse med ferietrafik, mens de øvrige transportformer anvendes til ferietrafik, men også til week-end ture, mv. Landgangspassagertrafikken er i høj grad præget af indkøbsformål, mens forretningsrejser dominerer flytrafikken og til dels biltrafikken.

Dernæst ses, at der i *referencefremskrivningen for 2010* forventes en markant stigning på 45% i det samlede antal passagerer frem til år 2010. Væksten skyldes primært en stigning i flytrafikken, som stiger med 85% og opnår en andel på 43% af antal passagerer, på bekostning af bane- og bustrafikken, samt landgangspassagerer. For biltrafikken ses en stigning på 44%, svarende til gennemsnittet.

Etableringen af *en fast forbindelse* over Femer Bælt giver kun anledning til en mindre stigning på 1-3% i den samlede trafik i forhold til referencefremskrivningen, størst for kapacitetsniveauet 4+2. Stigningen svarer til den ovenfor omtalte nyskabte trafik.

Derimod ændres trafikkenes fordeling på transportformer. Banetrafikken har den højeste andel ved kapacitetsniveauet 0+2. Biltrafikken har den højeste andel ved kapacitetsniveauet 4+2, fulgt af kapacitetsniveauet 3+1. Flytrafikken berøres især ved kapacitetsniveauet 4+2, hvor der ses et fald på 9% i forhold til referenceudviklingen. For de to øvrige niveauer ses et fald i flytrafikken på 6%.

Konklusioner om persontrafikprognoserne

Sammenfattende viser modelberegningerne en stagnation i den samlede trafik over Femer Bælt i referenceudviklingen i forhold til udviklingen generelt over Østersøsnittet, nemlig en vækst i trafikken over Femer Bælt på 4% mod 45% over Østersøsnittet.

Derimod giver etableringen af en fast forbindelse over Femer Bælt anledning til stigninger i trafikken på 20-40% over Femer Bælt i forhold til referenceudviklingen, mens der samlet set kun er tale om nyskabt trafik svarende til en stigning i trafikken på 1-3% over Østersøsnittet som helhed.

Dette kan fortolkes på den måde, at etableringen af en fast forbindelse over Femer Bælt medfører, at denne korridor opnår en større andel af trafiktilvæksten i området, mens trafikken uden forbindelsen i højere grad ledes uden om denne korridor.

Femer Bælt persontrafikkens andel af den samlede trafik over Østersøsnittet.

Transportform	Basisår 1996 (Færge)	Reference (Færge)	Prognose 2010		
			0+2	Fast forbindelse 3+1	4+2
Bane	80%	59%	98%	97%	98%
Personbil	44%	35%	39%	47%	48%
Bus	49%	48%	50%	56%	57%
Gående (færger)	50%	44%	26%	25%	25%
I alt	32%	23%	27%	30%	32%

Note: Den samlede trafik over Østersøsnittet omfatter også flytrafik.

Andelen af den samlede trafik (i alt) er derfor relativt lavere end de øvrige andele indikerer.

Tabellen ovenfor viser den forventede påvirkning af trafikmønsteret over Østersøsnittet. Det fremgår, at etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt medfører, at stort set al banetrafik over Østersøsnittet føres over Femer Bælt, mens andelen af den samlede banetrafik i referenceprognosen udgør knap 60% og i basisåret 80%.

For biltrafikken falder andelen over Femer Bælt fra 44% i basisåret til 35% i referencefremskrivningen, men stiger igen ved etableringen af en fast forbindelse over Femer Bælt. Ved de to kapacitetsniveauer 4+2 og 3+1 udgør Femer Bælt biltrafikkens andel af den samlede biltrafik over Østersøsnittet 47-48%, mens andelen ved kapacitetsniveauet 0+2 kun er på 39%.

Bustrafikkens andel ændres stort set ikke i hverken referenceudviklingen eller ved kapacitetsniveauet 0+2 i forhold til basisåret, men stiger ved etableringen af en fast forbindelse med kapacitetsniveauerne 4+2 og 3+1 til 56-57%.

Landgangspassagerernes andel af den samlede trafik falder fra 44% i referenceprognosen til 25% ved etablering af en fast forbindelse.

Godstrafik

Ved opstillingen af godstrafikmodellen er det forudsat, at der ikke umiddelbart vil ske en ændring af omfanget af den samlede godstrafik over Østersøsnittet som følge af etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt. Begrundelsen er, at turen over Femer Bælt kun udgør en lille del af den samlede rejse for international transport og derfor ikke forventes at kunne påvirke den samlede godstransportefterpørgsel. Etableringen af Femer Bælt-forbindelsen forventes ligeledes kun at få marginal indflydelse på den samlede fordeling af godstrafikken over Østersøsnittet på transportformer.

I tabellen nedenfor er vist prognosen for 2010 og for fordelingen af trafikken på transportformer for de tre kapacitetsniveauer for godstrafikken.

Transportform 1.000 ton pr. årsløgn	Basisår 1994 (Færge)	Prognose 2010			
		Reference (Færge)	0+2	Fast forbindelse 3+1 4+2	
Bane	18.000	31.500	31.900	31.900	31.900
Kombi	4.700	8.300	8.300	8.300	8.300
Lastbil	44.600	77.100	76.700	76.800	76.700
I alt	67.200	116.900	116.900	116.900	116.900

Godstransport over Østersøsnittet.

Note: Ved kombitrafik forstås godstrafik, som transporteres med en lastbærer, f.eks. et veksellad, hvor lastbæreren i løbet af transporten overføres mellem tog og lastbil.

Bemærk, at der af datamæssige årsager er valgt basisåret 1994 for godstrafik, mens basisåret for passagertrafik er 1996.

Det fremgår af tabellen på næste side, at referencefremskrivningen viser en betydelig stigning på 74% i den samlede trafik. Stigningen fordeler sig nogenlunde jævnt på de tre trafikformer, dog med en lidt stærkere stigning i kombineret banetransport på 77%, mens vejtransport tegner sig for 73%. Den relative stigning i gods-transporten er således væsentlig højere end for persontransporten.

I tabellen nedenfor er vist prognoserne for godstrafikken over Femer Bælt.

Godstrafik over Femer Bælt.

Transportform <i>Ton pr. årsdøgn</i>	Basisår 1994 <i>(Færge)</i>	Prognose 2010			
		Reference <i>(Færge)</i>	0+2	Fast forbindelse 3+1 4+2	
Bane	10.500	*27.100	29.500	29.400	29.500
Lastbil	8.900	13.800	14.600	15.100	15.200
I alt	19.400	40.900	44.100	44.500	44.700

Note: * Denne trafik føres over Storebælt, men udtrykker den potentielle efterspørgsel.

For godstrafikken ses der i modsætning til persontrafikken en meget betydelig vækst i referencefremskrivningen på 111%, altså endnu kraftigere end væksten i trafikken over Østersøsnittet. Den højeste vækst ses i banetrafikken med 157%, mens vejtrafikken kun stiger med 56%.

Ved etablering af den faste forbindelse stiger trafikken med 8-9%. For kapacitetsniveauerne 3+1 og 4+2 er der ingen nævneværdig forskel i væksten for bane og lastbil, hvilket hænger sammen med, at forskellen i rejsetidsforbedringer som nævnt er lille i forhold til den samlede rejsetid for internationale transporter. For kapacitetsniveauet 0+2 er væksten dog 9% for bane, mod kun 5% for lastbiltrafikken.

Med åbningen af Storebæltsforbindelsen skete der en omfattende omlægning af jernbanetrafikken mellem Sjælland og Tyskland, idet alle godstog og en del af passagertogene, som hidtil overførtes med færge via Rødby-Puttgarden, blev omdirigeret til at køre via Storebæltsforbindelsen.

Sammenligning med trafikken over Storebælt og Øresund

Prognoserne for trafikken over Femer Bælt-forbindelsen, Øresundsforbindelsen samt den faktiske trafik over Storebæltsforbindelsen fremgår af nedenstående figur.



Prognoser for den gennemsnitlige daglige trafik på faste forbindelser over Femer Bælt (4+2-scenariet) og Øresund, samt faktisk trafik på Storebæltsforbindelsen på baggrund af de første seks måneders drift (angivet for åbningsåret).

Kilder til figuren:

Storebælt Bil: Vejtrafik pr. årsdøgn ved begyndelsen af november.

Tog: Passagerudviklingen over Storebælt gennemsnit pr. dag juli-december 1998.

Øresund Bil: Vejtrafik i 2001, Øresundskonsortiets reviderede trafikprognose.

Tog: "Vi binder Øresundsregionen sammen", september 1997.

Som det fremgår, er der forskelle i trafikomfanget i åbningsåret. En væsentlig årsag til forskellene er, at typen og sammensætningen af trafik over de tre faste forbindelser er meget forskellig:

- Storebæltsforbindelsen er en intern dansk forbindelse, som forbinder Øst- og Vestdanmark. Dette afspejler sig bl.a. i, at den gennemsnitlige rejselængde for trafikken over Storebælt er relativt kort, omkring 200 km for personbiler. Den tilsvarende gennemsnitlige rejseafstand på en fast Femer Bælt-forbindelse kan ud fra prognosen opgøres til ca. 1.100 km.
- Med tiden er der på Øresundsforbindelsen potentiale for en omfattende pendlertrafik med tog og bil mellem Københavnsområdet og Skåne. For antallet af togrejsende har trafikselskaberne vurderet, at det gennemsnitlige antal passagerer pr. døgn allerede i år 2005 vil overstige 13.000. Det tilsvarende potentiale for antallet af køretøjer vurderes på lidt længere sigt at være 20.000 i gennemsnit.

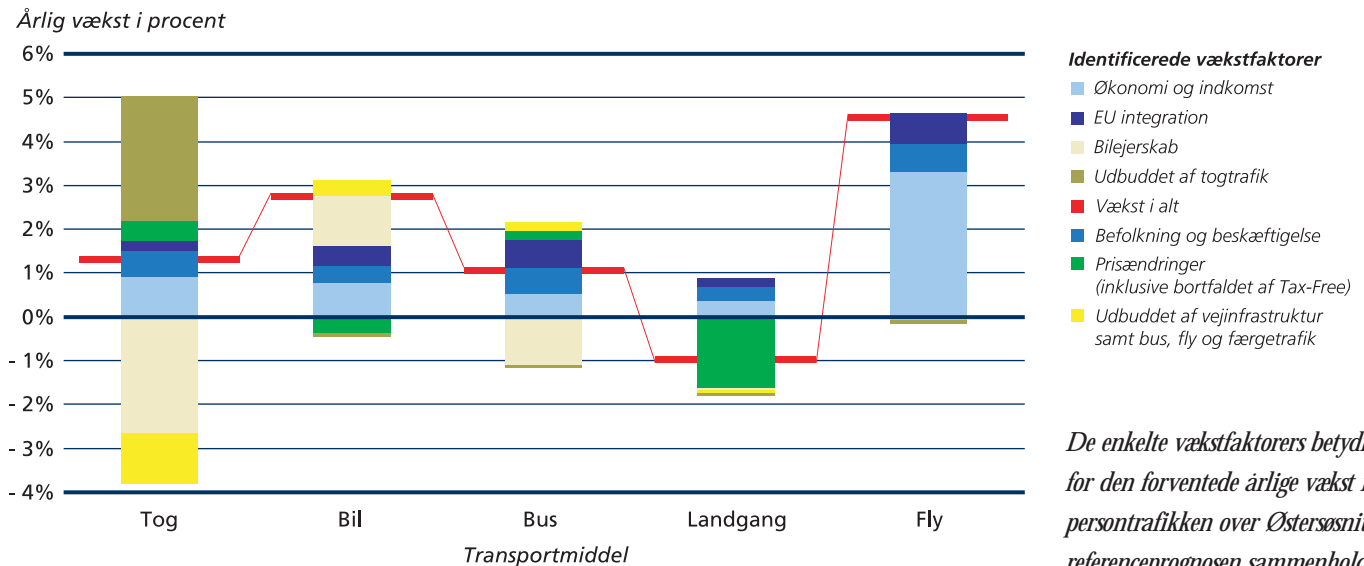
Både Storebæltsforbindelsen og Øresundsforbindelsen forbinder tætliggende befolkningscentre med et omfattende erhvervsliv, hvilket skaber – eller potentielt kan skabe – store trafikmængder, fordi forbindelserne giver mulighed for øget integration. Omvendt er Femer Bælt-forbindelsen beliggende i et relativt tyndt befolket område med beskeden erhvervsudbygning, hvilket begrænser trafikmængderne over forbindelsen til i hovedsagen at bestå af fjerntrafik mellem regioner, dvs. Norden på den ene side og kontinentet på den anden side.

Tabellen sammenstiller prognosens resultater for det daglige gennemsnitlige antal togpassagerer og køretøjer for de tre scenarier med en fast Femer Bælt-forbindelse. Der er variationer, men set i forhold til trafikken på Øresundsforbindelsen og Storebæltsforbindelsen er der tale om et trafikomfang på et lavere niveau i alle undersøgte scenarier.

Kapacitetsniveau	Togpassagerer (ÅDT)	Køretøjer (ÅDT)
0+2	6.100	5.600
3+1	4.300	7.400
4+2	5.000	7.700

Usikkerheder i trafikprognoserne

Man kan få et indtryk af de mulige kilder til usikkerhed i trafikprognoserne ved at betragte den vægt, som de enkelte vækstfaktorer har i beregningen af trafikvæksten. Nedenstående figur illustrerer, hvorledes den samlede vækst i trafikken over Østersøsnittet er resultatet af et kompliceret samspil mellem bidrag fra en række vækstfaktorer i trafikefterspørgselsmodellen.



Vækstfaktorerne fra basisåret frem til referenceprognosen i år 2010 kan opdeles i tre hovedgrupper:

- **Generelle vækstfaktorer**, dvs. udviklingen i økonomi, befolkning og integration i EU (de blå søjlesegmenter), som har en positiv indflydelse på væksten i trafikken generelt, omend indflydelsen varierer mellem de forskellige trafikmidler, fra en dominerende betydning for luftfart til en marginal betydning for landgangspassagerer.
- **Generelle ændringer i priserne for transport** (det grønne søjlesegment), herunder ændringer i brændstofafgifter, eventuel indførelse af road pricing, og effekten af det forudsatte bortfald af tax-free salget på færgerne, som forventes at føre til prisstigninger for persontrafikken med færgerne. Effekten af de forventede ændringer er negativ for indkøbs- og bilrejsende, og positiv for de rejsende med bus og tog.
- **Udbuddet af trafikservice** (de gule søjlesegmenter), som dels er opgjort for trafikudbuddet med bane, dels med andre trafikmidler, og dels for bilejerskab, dvs. effekten af, at en stigende andel af befolkningen forventes at få adgang til en bil.

Resultaterne indikerer, at de enkelte trafikformer påvirkes forskelligt af udviklingen i vækstfaktorerne:

- **Togtrafikken** er særdeles følsom overfor trafikudbudet med de forskellige transportmidler medens de generelle økonomiske vækstfaktorer har mindre betydning. Resultatet er, at udbuddet af togtrafik forventes øget i væsentlig grad, hvilket skaber en væsentlig passagertilvækst. Denne tilvækst neutraliseres imidlertid af overflytningen af passagerer til biltrafik på grund af øget bilejerskab. Nettotilvæksten svarer derfor stort set til tilvæksten som følge af den generelle vækst i økonomien og befolkningen.
- **Biltrafikken** er følsom over for udviklingen i bilejerskab og den generelle økonomiske vækst, men er stort set ufølsom over for udviklingen i banernes trafikudbud. De i trafikmodellen forudsatte afgifter på bilkørslen forventes at dæmpe tilvæksten i biltrafikken noget.
- **Bustrafikken** vokser med den generelle økonomiske udvikling, men er udsat for hård konkurrence fra bilerne.
- **Landgangspassagererne** (især indkøbsrejsende) er meget følsomme over for stigende færgepriser og bortfaldet af tax-free salget, medens den generelle økonomiske udvikling kun har beskeden betydning. Konkurrence fra andre trafikmidler er uden væsentlig betydning.
- **Flypassagererne** er meget følsomme over for den generelle økonomiske udvikling, medens konkurrencen fra andre trafikmidler og bortfaldet af tax-free salget er uden betydning. Dette skyldes, at rejseafstandene mellem Norden og kontinentet er store, hvilket reducerer togtrafikkens muligheder for at konkurrere med flytrafikken.

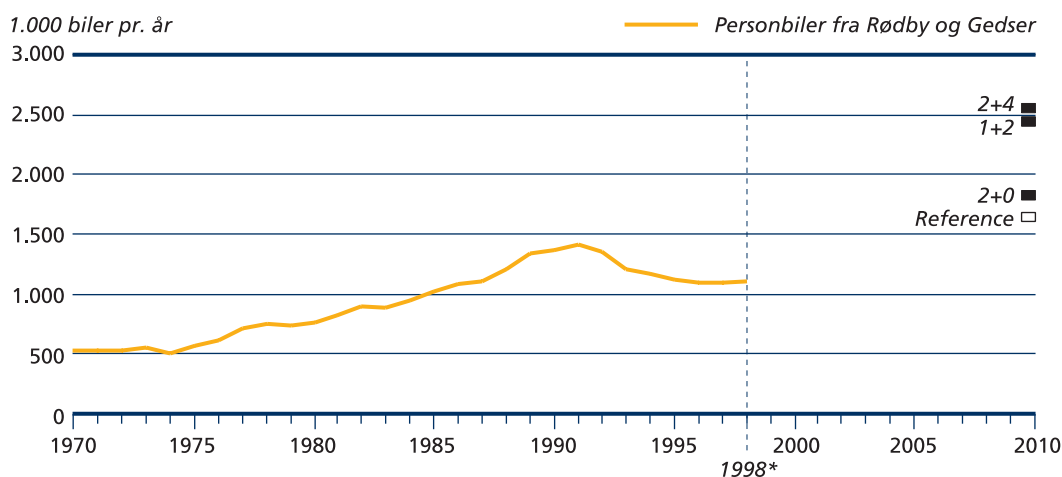
Usikkerhederne omkring prognoseresultaterne knytter sig således især til forventningerne til den generelle økonomiske udvikling samt for togtrafikken til forventningerne til udviklingen i udbuddet af tog- og biltrafik.

Der er ikke foretaget egentlige følsomhedsanalyser af trafikefterspørgslen på den faste Femer Bælt-forbindelse. Disse analyser vil blive gennemført i forbindelse med analysen af de økonomiske og finansielle konsekvenser af projektet.

En testkørsel giver dog et indtryk af betydningen af de konkurrerende færgeruters reaktioner for trafikprognoserne. I en test fjernede man således den forudsatte passagerfærgeforbindelse mellem Rødby og Puttgarden, og reducerede samtidig afgangsfrekvensen for bilfærgetrafikken mellem Sydsverige og Tyskland (Malmø-Travemunde og Trelleborg-Rostock). Et af resultaterne var, at personbiltrafikken over den faste forbindelse i 4+2 kapacitetsniveauet steg med 30%.

Sammenligning med den historiske udvikling

Figuren nedenfor viser den historiske udvikling i antallet af personbiler, som benytter færgeforbindelserne fra henholdsvis Rødby og Gedser til Tyskland sammenholdt med prognoserne. For disse ruter foreligger der data, som går langt tilbage, mens der for andre ruter kun findes data fra midten af 80'erne.



* 1998 er beregnet på de første 6 måneder.

Antallet af personbiler med færgerne fra henholdsvis Rødby og Gedser til Tyskland samt prognoserne for 2010.

I tabellen nedenfor sammenlignes den årlige stigning beregnet for prognoserne med den seneste udvikling i personbiltrafikken. Prognoserne ligger inden for de årlige vækstrater, som man har oplevet på de dansk-tyske færger i 70'erne og 80'erne. Der er flere grunde til nedgangen i trafikken siden 1990. Jerntæppets fald fik trafikken til Central- og Østeuropa til at stige kraftigt omkring 1990. Denne trafik er aftaget drastisk på grund af den økonomiske lavkonjunktur i dette område. Ligeledes har Sverige og Finland haft en lav økonomisk vækst i de senere år. I samme periode skete der en overflytning til lufttrafik, især ferietrafik, på grund af de forholdsvis lave flypriser. Disse tendenser forventes at få mindre betydning i prognoseperioden.

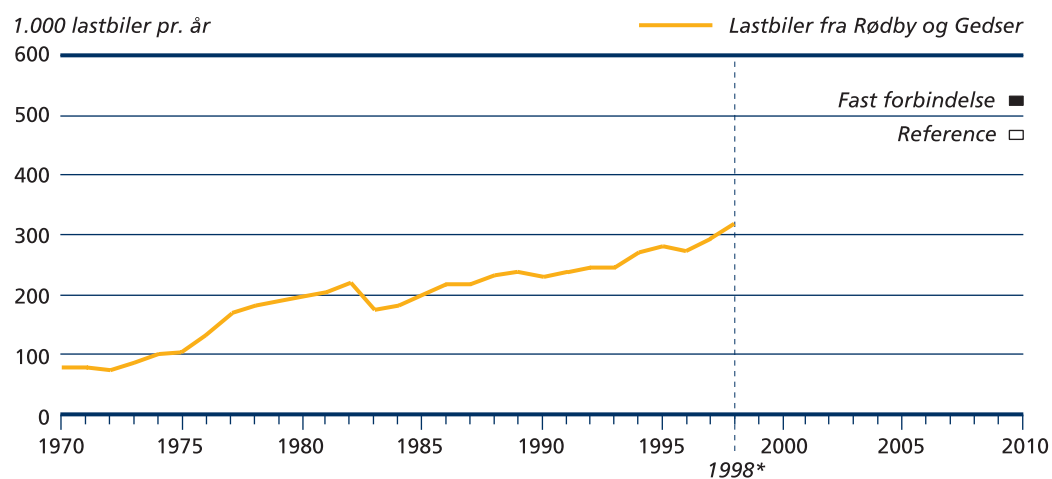
Stigning i % p.a.	Personbiler Rødby + Gedser	Personbiler Sverige Tyskland	Personbiler Østersøsnittet i alt
1970-1980	3,7%	–	–
1970-1990	4,8%	–	–
1970-1998	2,6%	–	–
1980-1990	6,0%	–	–
1990-1998	-2,7%	2,9%*	0,9%*
1998 til:			
2010 ref. scenarie	2,9%	5,2%	1,4%
2010 0+2 scenarie	3,7%	5,1%	1,7%
2010 3+1 scenarie	5,9%	4,5%	1,6%
2010 4+2 scenarie	6,2%	4,6%	2,9%

Den årlige procentvise stigning (nedgang) i personbiler i de seneste år sammenlignet med prognoserne.

*1990-1997.

Ligesom for personbiler har man den længste samlede tidsserie af data over lastbilerne for færgerne mellem Tyskland og Danmark. Den gennemsnitlige vækstrate mellem 1970 og 1996 er 5,0 %.

Antallet af lastbiler med færgerne fra henholdsvis Rødby og Gedser til Tyskland samt prognoserne for 2010.



Lastbiltrafikken på færgerne er steget endnu mere end personbiltrafikken, og prognosen for trafikken adskiller sig ikke fra den gennemsnitlige udvikling siden 1970.

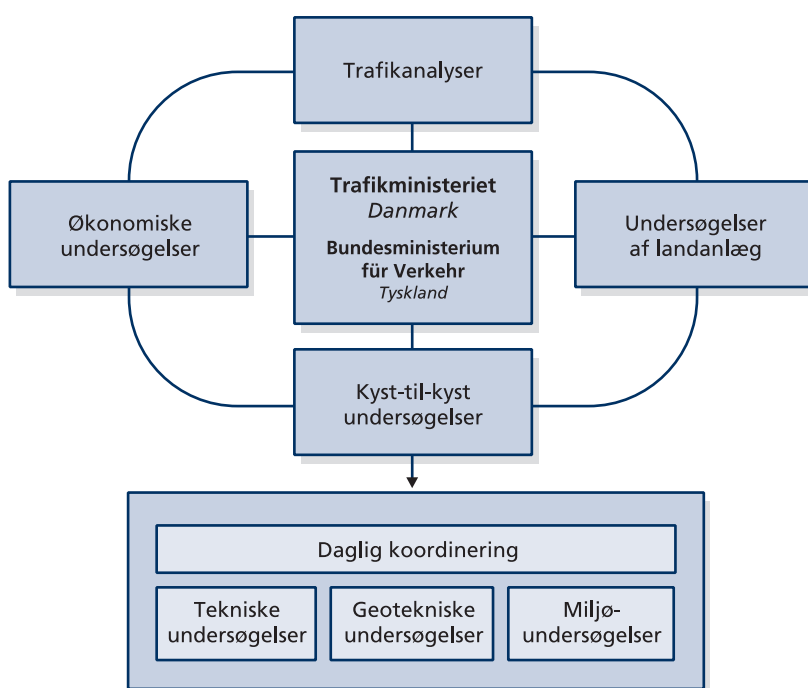
KYST-TIL-KYST UNDERSØGELSER OVERSIGT

Kyst-til-kyst undersøgelserne er en af de 4 hovedkomponenter i det samlede undersøgelsesprogram. Det er ydermere langt den største af hovedkomponenterne målt som aktivitetsniveau og samlede omkostninger, bl.a. fordi den har indeholdt omfattende feltundersøgelser af geologiske, geotekniske og miljømæssige forhold.

Kyst-til-kyst undersøgelserne har været rettet mod selve den fysiske forbindelse mellem Lolland og Fehmarn og har været opdelt i 3 delundersøgelser, der har været indbyrdes koordineret:

- Geologiske og geotekniske undersøgelser i en korridor mellem Lolland og Fehmarn.
- Miljøundersøgelser af konsekvenser for havmiljøet og landområderne umiddelbart omkring tilslutningsanlæggene på Lolland og Fehmarn.
- Tekniske undersøgelser af alternative løsningsmodeller for en fast forbindelse.

En generel omtale af kyst-til-kyst undersøgelserne gives i dette kapitel, herunder en oversigt over det undersøgte område og de aktiviteter og analyser, der er gennemført. De miljømæssige og de tekniske undersøgelser behandles efterfølgende i hver sit selvstændige kapitel. De geologiske undersøgelser er kort resumeret i kapitlet om de tekniske undersøgelser.



Formål, afgrænsninger og forudsætninger

Formål

Formålet med kyst-til-kyst undersøgelserne har været at undersøge, hvilke af de mulige, tekniske løsningsmodeller og underordnede alternativer, der er mest egnede til etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt.

Afgrænsninger

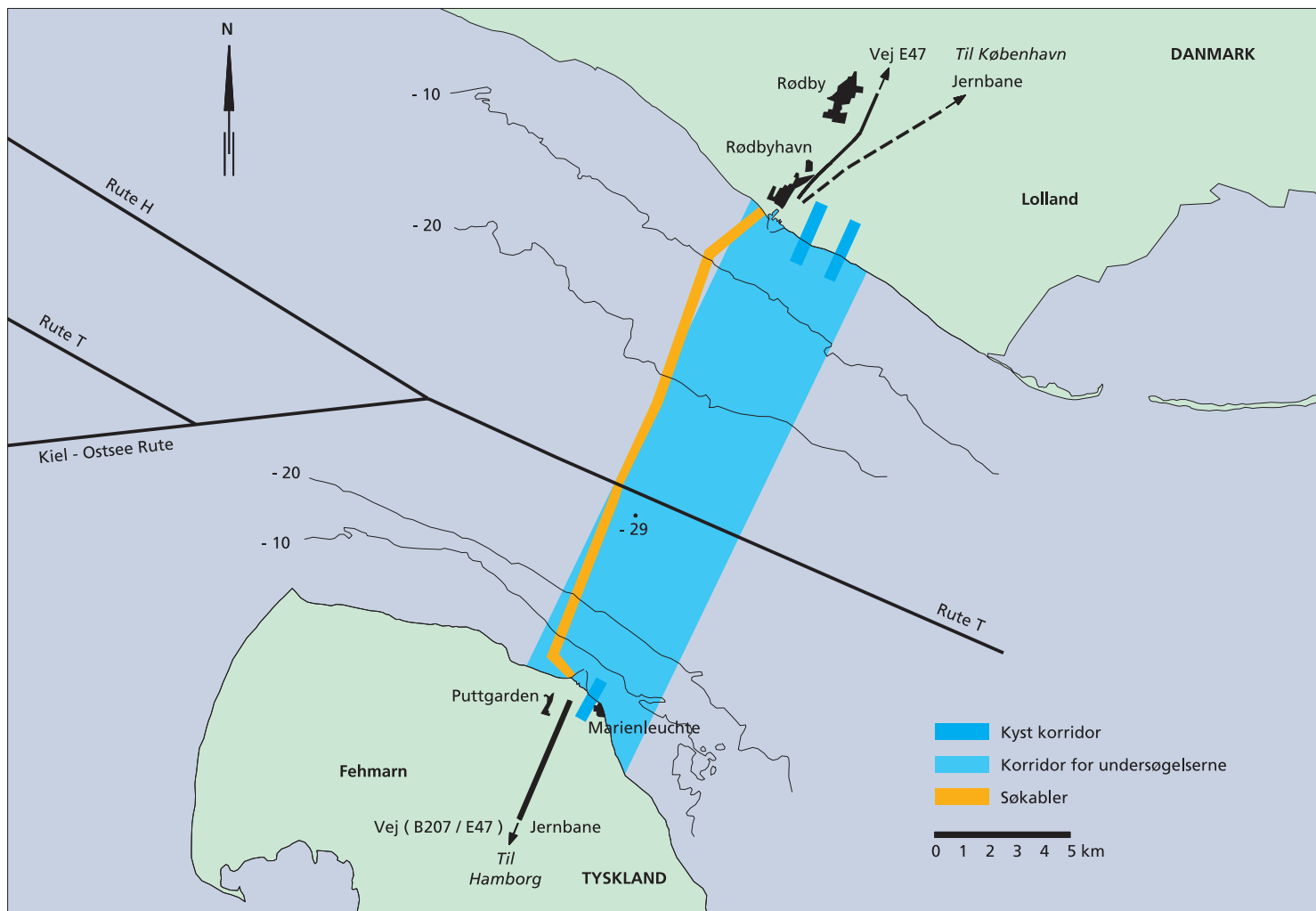
Hovedparten af kyst-til-kyst undersøgelserne har fundet sted inden for korridoren, vist på figuren til højre. Undtagelser herfra er dele af feltarbejdet til miljøundersøgelserne og den grundlæggende dataindsamling for de geologiske og de miljømæssige undersøgelser, der har dækket væsentligt større områder.

Undersøgelserne har været afgrænset til at omfatte selve den fysiske, faste forbindelse fra Lolland til Fehmarn, samt de nødvendige tilslutningsanlæg til bane og vej på land, herunder terminaler til biltogsløsningerne.

Det er vigtigt at præcisere, at miljøaktiviteterne i kyst-til-kyst undersøgelserne ikke omfatter en total miljøvurdering af de samlede konsekvenser ved etablering af en fast forbindelse, idet de er begrænset til en vurdering af konsekvenserne af selve den fysiske konstruktion fra kyst til kyst. De har dermed i høj grad haft fokus på havmiljøet, hvor de har været meget omfattende og grundige, men har f.eks. ikke medtaget følgende forhold:

- Effekter af de ændrede trafikstrømme på energiforbrug, CO₂-udledninger og luftforurening i øvrigt.
- Miljøeffekter i forbindelse med materialeforbrug til bygning af forbindelsen.
- Miljøeffekter fra landanlæg.

De væsentlige miljøkonsekvenser af overordnet karakter vil dog indgå i de økonomiske undersøgelser, der rapporteres endeligt i sommeren 1999.



*Undersøgelseskorridoren for
kyst-til-kyst undersøgelserne.*

Forudsætninger

Kyst-til-kyst undersøgelserne tog oprindeligt udgangspunkt i 7 tidligere udvalgte grundlæggende tekniske modeller som mulige løsninger. Disse modeller er vist som principielle skitser på figuren til højre.

Inden for hver af disse 7 grundlæggende modeller er der arbejdet med en række underordnede alternativer, dels svarende til forskellige trafikkapaciteter for både jernbane og vej – og dermed forskellige forventede, fremtidige trafikbehov – dels svarende til forskellige tekniske udformninger af den enkelte model. Det samlede antal løsninger, der har været vurderet i undersøgelsesernes forløb er dermed væsentligt over 20.

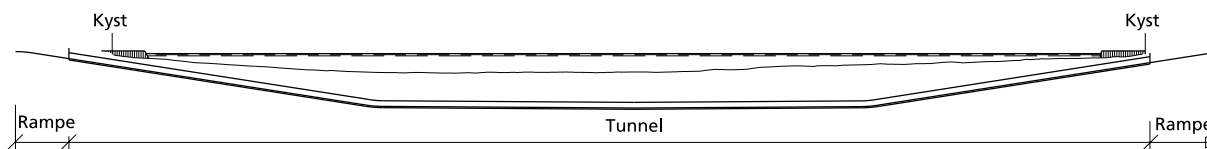
I fase 1 af kyst-til-kyst undersøgelserne fravalgtes løsningsmodellerne 6 og 7 på figuren til højre, dels på grund af miljømæssige forhold, dels på grundlag af en samlet økonomisk afvejning. Fase 2 har derfor arbejdet videre med en række alternativer, baseret på de grundlæggende modeller 1-5 på figuren.

Arbejdet med kyst-til-kyst undersøgelserne er koordineret og løbende justeret i samråd mellem de danske og tyske trafikministerier og rådgiverne i hele undersøgelsesperioden, efterhånden som ny viden og udviklingen i undersøgelserne generelt nødvendiggjorde dette.

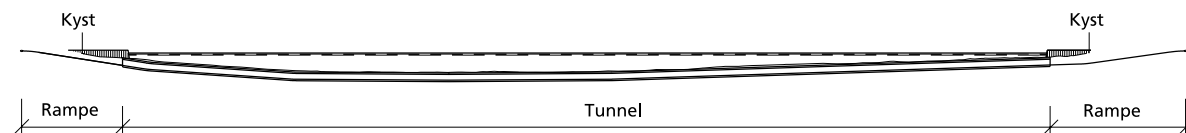
Løsningsmodel 1 : Boret tunnel for jernbane med/uden biltog

Tyskland

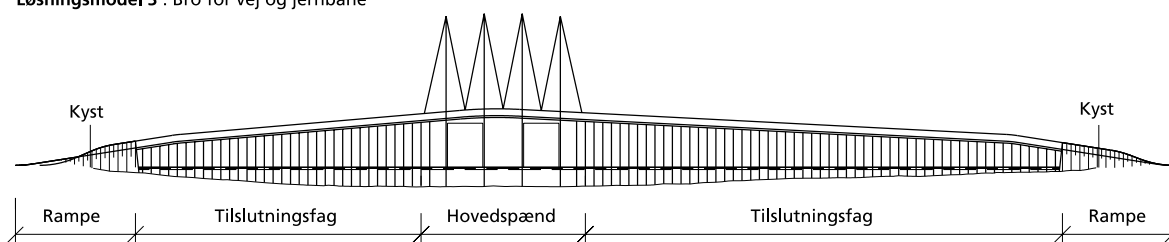
Danmark



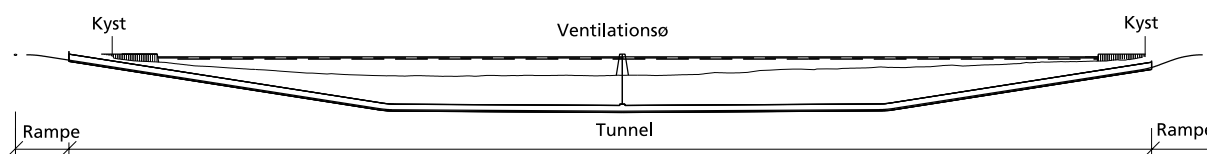
Løsningsmodel 2 : Sænke tunnel for jernbane med/uden biltog



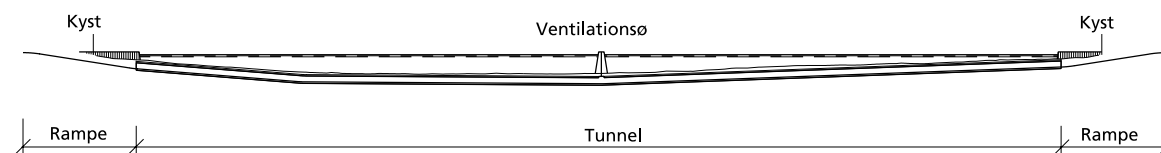
Løsningsmodel 3 : Bro for vej og jernbane



Løsningsmodel 4 : Boret tunnel for vej og jernbane



Løsningsmodel 5 : Sænketunnel for vej og jernbane



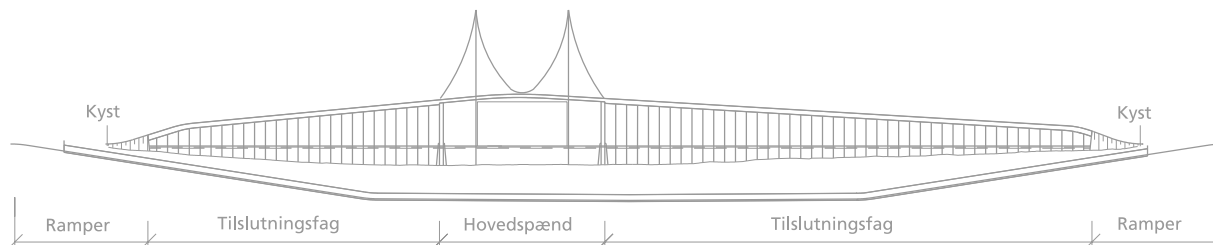
Løsningsmodel 6 : Bro og sænketunnel med kunstig ø for vej og jernbane

FRAVALGT



Løsningsmodel 7 : Boret tunnel for jernbane og bro for vej

FRAVALGT



Oversigt over de oprindelige 7 grundlæggende løsningsmodeller, herunder de 2, der fravalgtes i fase 1.

Det udførte arbejde

Kyst-til-kyst undersøgelserne er udført i henhold til den overordnede tidsplan vist på figuren nedenfor.

De geologiske undersøgelser blev tilendebragt først, idet de skulle levere afgørende input til de tekniske undersøgelser – og delvist til miljøundersøgelserne – på et tidligt stadium. Kontinuiteten i miljøundersøgelserne skyldes omfattende feltarbejder over lange perioder, mens analyseaktiviteterne har været opdelt i kortere, afgrænsede perioder. De tekniske undersøgelser har kun omfattet meget begrænsede feltaktiviteter, og er derfor opdelt i afgrænsede aktivitetsperioder afhængig af sammenhængen og koordineringen med de øvrige undersøgelser.

Den overordnede tidsplan for kyst-til-kyst undersøgelserne.

Aktivitet	1995			1996					1997					1998														
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Geologiske og geotekniske undersøgelser – Fase 1 og 2	[Orange bar]																											
Miljømæssige konsekvenser for havmiljøet – Fase 1	[Orange bar]																											
Miljømæssige konsekvenser for havmiljøet – Fase 2	[Orange bar]																											
Tekniske løsninger – Fase 1	[Orange bar]																											
Tekniske løsninger – Fase 2	[Orange bar]																											

De geologiske og geotekniske undersøgelser

Disse undersøgelser har omfattet følgende aktiviteter:

- Gennemgang af tilgængelige kilder til information om geologiske og topografiske forhold, samt om havbundsforhold i Femer Bælt.
- Etablering af en geologisk/geoteknisk model – en geo-database – for hele undersøgelsesområdet, en geofysisk model og en mere detaljeret geologisk model for undersøgelseskorridoren.
- Udførelse af off-shore seismiske undersøgelser og efterfølgende opdatering af geo-databasen.
- Udførelse af 41 sonderingsboringer og vibrationsboringer.
- Udførelse af 2 geotekniske boringer på land og 5 off-shore, samt efterfølgende omfattende laboratorietests på de optagne prøver.
- Revurdering af de seismiske undersøgelser, samt endelig opdatering af geo-databasen og udarbejdelse af bruger-manual.
- Beskrivelse af geotekniske egenskaber for de væsentlige jordlag i området, samt tektoniske forhold og risici.

Undersøgelserne er udført af Femer Link Consultants (FLC), et Joint Venture af Rambøll og haas consult med Geoteknisk Institut som underleverandør, og er rapporteret i "*Femer Bælt forundersøgelser; Kyst-til-kyst undersøgelser; Geologiske og geotekniske undersøgelser, Fase 2 Rapport*", september 1996.

Undersøgelser af miljømæssige konsekvenser

Disse undersøgelser har omfattet følgende aktiviteter:

- Udarbejdelse og løbende opdatering af retningslinier for indarbejdelse af miljøhensyn i de tekniske undersøgelser.
- Indsamling og sammenstilling af eksisterende miljødata.
- Feltundersøgelser af økologiske og hydrografiske forhold.
- Kortlægning og evaluering af indsamlede data.
- Opstilling og kalibrering af hydrografiske modeller, samt simuleringer med disse, herunder
 - Modellering af strømningsforhold og hydrografi.
 - Modellering af sedimentspredning.
 - Økologisk modellering.
- Miljøkonsekvensvurderinger og løbende opdateringer heraf til brug for de tekniske undersøgelser og løbende prioriteringer af de tekniske løsningsmodeller med hensyn til især påvirkninger af havmiljøet.

Undersøgelserne er udført af COWI og Lahmeyer International i Joint Venture med Femer Bælt Environmental Consultants (FEC – Dansk Hydraulisk Institut, Institut für Ostseeforschung, LIC Engineering og Vandkvalitetsinstituttet), samt Skov- og Naturstyrelsen, Ornis Consult og Dr Heye Rumohr som underkonsulenter. Arbejdet er rapporteret i "*Undersøgelser vedrørende Femer Bælt-forbindelsen, Kyst-til-kyst undersøgelserne, Undersøgelser af miljøkonsekvenser, Fase 2 resumérapport*", januar 1999.

Undersøgelser af tekniske løsninger

Disse undersøgelser har omfattet følgende aktiviteter:

- Etablering og løbende opdatering af projektgrundlag, herunder:
 - Lokaltetsforhold ved og omkring Femer Bælt og definition af planlægnings-tracéer.
 - Designgrundlag, herunder normer og standarder, linieføringer og geometri, konstruktionsmetoder, konstruktions- og materialeparametre og geotekniske parametre, samt drift og vedligehold.
 - Koncept for sikkerhed, herunder forebyggelse og begrænsning af ulykker samt etablering af flugtveje og adgangsveje for redningsmandskab og materiel.
 - Risk Management, herunder risikopolitik og -principper samt specifikation af acceptgrænser.
 - Vurderinger af trafikgrundlag og kapacitet for en fast forbindelse for både bane og vej.
 - Koncept for integration af miljøhensyn i design af forbindelsen etableret i tæt samarbejde med miljøundersøgelserne.
- Særlige undersøgelser, herunder:
 - Identifikation og vurdering af risici under såvel etablering som drift.
 - Observationer af skibstrafik og studier af risici for skibskollisioner med en fast forbindelse.
 - Undersøgelser af tunnelventilation.
 - Specifikationer og skitse-mæssigt design af biltogsløsning og tilhørende terminalfaciliteter.
 - Specifikationer af faciliteter for toldkontrol.
 - Design af ventilationsøer til ventilation af vej-tunneler.
 - Overvejelser om æstetik og arkitektur.
- Beskrivelser af de valgte, mulige tekniske løsningsmetoder på skitse-projektniveau.
- Beregning af omkostningsoverslag for de valgte løsninger omfattende anlægsomkostninger, drifts- og vedligeholdelseskostninger, samt reserver og risikotillæg.
- Sammenlignende analyser og vurderinger af de valgte løsninger.

Undersøgelserne er udført af COWI og Lahmeyer International i Joint Venture og med Parsons Brinckerhoff, Sir William Halcrow & Partners, Leonhardt, Andrä und Partner, Dissing+Weitling, HBI Haerter, Ben C. Gerwick Jr. og Victor Molenaar som underrådgivere. Arbejdet er rapporteret i "*Undersøgelser vedrørende Femer Bælt-forbindelsen, Kyst-til-kyst undersøgelser, Undersøgelse af tekniske løsninger, "Resumé rapport"*", januar 1999.

I det omfang det har været muligt, er de samlede resultater af kyst-til-kyst undersøgelserne integreret i de løsningsforslag og tilhørende totale omkostningsoverslag, der er præsenteret som resultatet af de tekniske undersøgelser. Ikke alle resultater har dog kunnet integreres fuldt ud på denne måde; således er visse miljømæssige resultater kun delvist integrerede og fremgår derfor kun i deres helhed af rapportererne fra miljøundersøgelserne.

Sammenhænge til øvrige undersøgelser

Sammenhængen til trafikundersøgelser og -prognoser er sikret ved, at der er arbejdet med de samme grundlæggende scenarier for kapacitet og fremtidigt transportbehov i disse undersøgelser som i kyst-til-kyst undersøgelserne. Disse scenarier er:

- Fortsat færgefart.
- Dobbeltsporet jernbane med biltogsdrift, 0+2.
- 3-sporet vej og enkeltsporet jernbane, 3+1.
- 4-sporet vej og dobbeltsporet jernbane, 4+2.

Sammenhængen til undersøgelserne af jernbane- og vejanlæg på land er sikret via de samme 4 scenarier, idet der skal sikres en vis ensartet kapacitet og sammenhæng gennem hele transportkorridoren, uanset hvilken løsning der vælges.

Kyst-til-kyst undersøgelserne fungerer endelig som meget væsentlige input til de økonomiske undersøgelser, der i øjeblikket er under udarbejdelse og forventes færdige i sommeren 1999.

KYST-TIL-KYST UNDERSØGELSER

MILJØMÆSSIGE KONSEKVENSER FOR HAVMILJØET

Når resultaterne af miljødelen af kyst-til-kyst undersøgelserne gennemgås og vurderes, er det vigtigt at fastholde, at disse ikke udgør en total miljøundersøgelse af alle konsekvenser af den faste forbindelse som sådan. Nærværende miljøundersøgelser er således afgrænset til at dække konsekvenserne for havmiljøet og miljøforholdene på land omkring tilslutningsanlæggene til eksisterende infrastruktur.

I det følgende beskrives først miljøtilstanden på baggrund af den miljømæssige kortlægning og dataindsamling af en lang række forhold i Femer Bælt og nærliggende havområder. Herefter beskrives de relevante miljøpåvirkninger og miljøeffekter i forbindelse med etableringen af en fast forbindelse og hoved-elementerne i en miljøstrategi. Endelig fremlægges en miljømæssig rangordning af de aktuelle tekniske løsningsmodeller på baggrund af en samlet status for miljøforholdene for kyst-til-kyst forbindelsen.

Miljøtilstand, kortlægning og dataindsamling

Der er foretaget omfattende miljømæssige dataindsamlinger og feltundersøgelser af en lang række forhold til brug for de aktuelle miljøvurderinger og som basisdata for fremtidige undersøgelser. Følgende forhold er undersøgt:

- Hydrografi
- Geologi
- Bundforhold og aflejringer
- Kystforhold
- Vandkvalitet og plankton
- Bundvegetation
- Bundfauna
- Muslingebanker
- Fisk
- Fugle og havpattedyr
- Fredede områder
- Menneskelige aktiviteter, herunder fiskeri, turisme, udløb fra spildevand og floder
- Arkæologiske forekomster på havbunden
- Lokalteter for råstoffer
- Økologiske forhold på mulige råstof-lokaliteter og depotområder
- Miljøforhold i tilgrænsende landområder.

En række af disse kortlægninger er vist og kort beskrevet i det følgende.

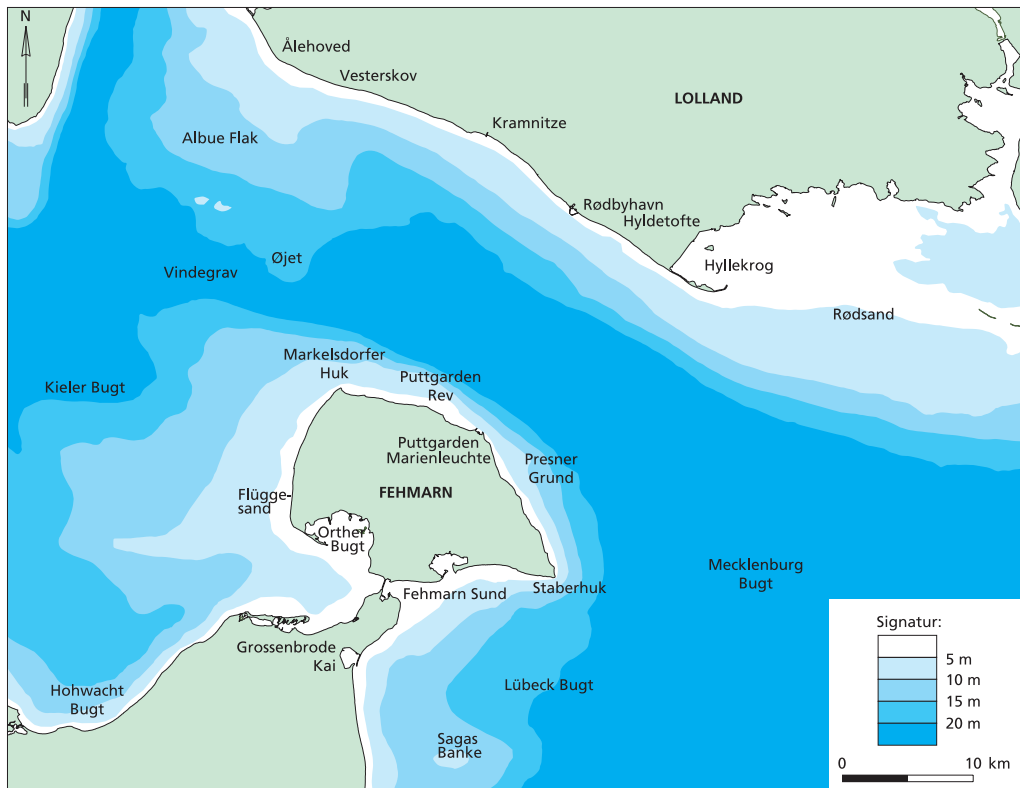
Hydrografiske forhold

Udvekslingen af salt vand fra Nordsøen og mere fersk vand fra Østersøen sker gennem Kattegat og Bælthavet, hvori Storebælt, Øresund og Femer Bælt udgør vigtige passager. Strømningen i hovedparten af Bælthavet er lagdelt. I gennemsnit over året strømmer det tunge, salte vand i bunden ind i Østersøen, og det lettere, mere ferske vand i overfladen ud i Kattegat og Nordsøen.

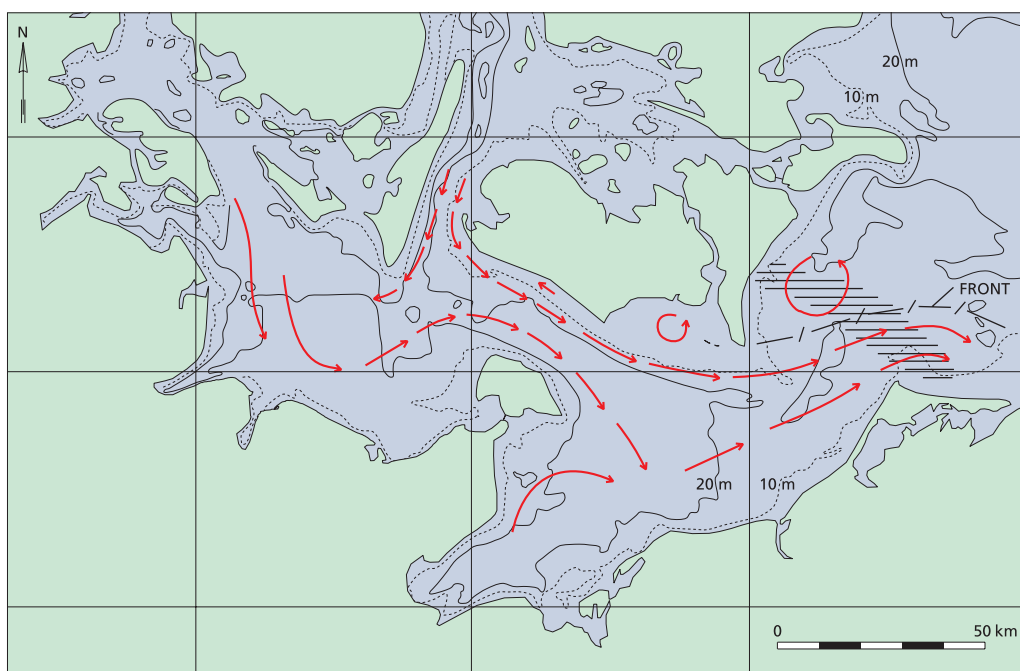
Dette vandskifte er af afgørende betydning for de hydrografiske og økologiske forhold i Østersøen. Det er både for Storebælts- og Øresundsforbindelsen vedtaget, at de ikke måtte påvirke dette vandskifte med nogen væsentlig effekt. I Storebælt og Øresund er dette sikret ved at kompensere blokeringen af strømningen hidrørende fra den faste forbindelse gennem afgravninger af havbunden tæt på brokonstruktionerne.

Der er i løbet af undersøgelserne indsamlet et meget stort datamateriale om strømningssforholdene og salt- og iltforholdene i Femer Bælt og de tilgrænsende havområder. Dette datamateriale omfatter såvel data og eksisterende viden fra litteraturen som aktuelle målinger fra undersøgelsesperioden.

Datamaterialet viser, at strømningssforholdene i Femer Bælt er væsentligt mere komplicerede end i Storebælt og Øresund, hvor strømningen især er styret af friktion (gnidningsmodstand). I Femer Bælt påvirker friktionskraften strømningen i langt mindre grad. Derfor betyder andre effekter, såsom jordens rotation og dens virkning på lagdelingen i Femer Bælt, langt mere. Resultatet heraf er f.eks., at der på samme tid kan forekomme udstrømning i den ene side af bæltet og indstrømning i den anden og omvendt. Blandt andet bevirker dette, at det tidligere anvendte mål for blokeringen bliver mindre veldefineret.



Vanddybder i Femer Bælt-området.



Strømningssituation med samtidig ind- og udstrømning gennem Femer Bælt.

Kystforhold

Kystforholdene er bestemt af materialevandringen, som skyldes bølgepåvirkning og strømme. Både Lolland og Fehmarn er lave områder, som har været oversvømmet i tidligere perioder. Kysterne er derfor beskyttet med diger på hele den lollandske kyst og på Fehmarn vest for Puttgarden. Nogle strækninger har sandstrand foran digerne, mens disse må beskyttes mod erosion på andre strækninger. Mens Lollandskysten er enkel, har nordkysten på Fehmarn et større marint forland med laguner og krummoddesystemer. Sandtransporten går fra vest mod øst på begge sider af bæltet.

Vandkvalitet, plankton og iltsvind

Vandkvaliteten i Femer Bælt er påvirket af lokale næringstilførsler, men er på grund af vandudvekslingen domineret af de generelle forhold i Bælthavet og Østersøen. Eutrofieringen som følge af næringstilførslen i dette område er steget betydeligt i dette århundrede, hvilket har ført til øget hyppighed af iltsvind, som typisk optræder i den dybe del af Femer Bælt i sommermånederne. Iltsvind har dog været kendt i området i mere end hundrede år.

Bundvegetation

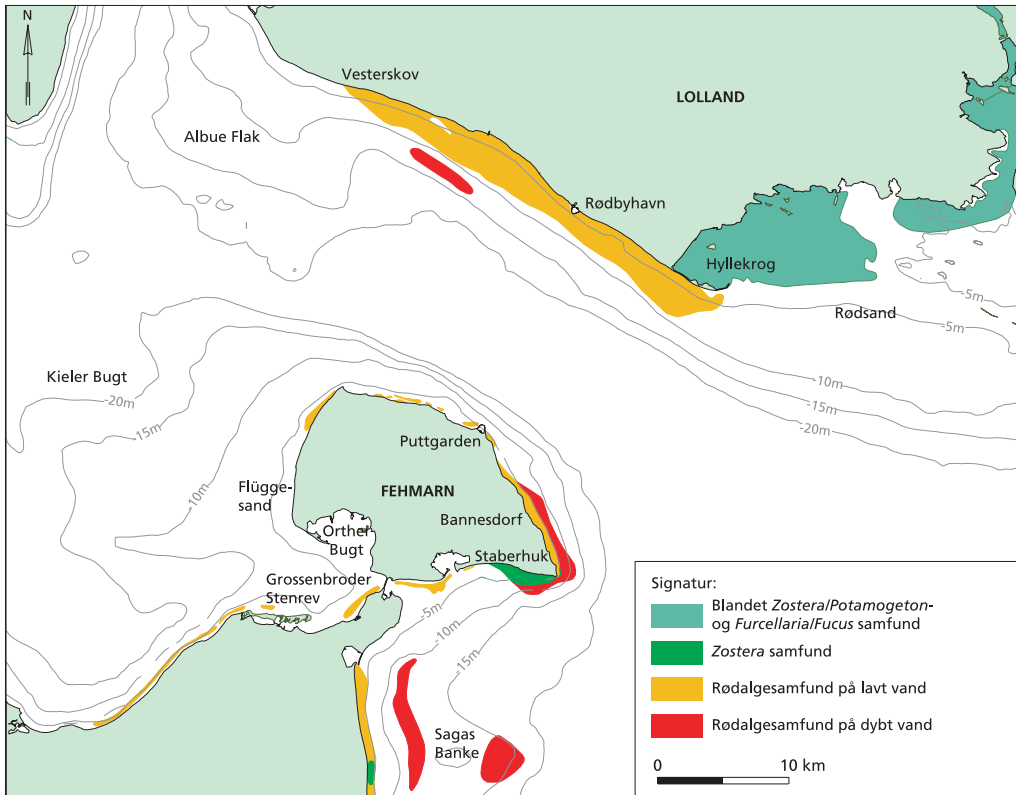
I Femer Bælt forekommer der bundvegetation fra kystlinien ud til en dybde af 10-15 m. Forekomsten af forskellige plantesamfund er vist på modstående side.

Der findes en tæt vegetation domineret af rødalger langs Lollands kyst fra Vesterskov til Hyllekrog på vanddybder ud til 6-10 m og på de lavvandede områder nord for Rødsand findes en tæt vegetation domineret af ålegræs, havgræs, gaffeltang og blæretang.

Vegetationen er generelt sparsom langs Fehmarns nord- og vestkyst, men i det kystnære område omkring Staberhuk findes en forholdsvis tæt vegetation af rødalger eller ålegræs, og omkring Sagas Banke findes en tæt vegetation af rødalger.

Vegetationen vest for Fehmarn har ændret sig dramatisk de seneste år. Den totale dækningsgrad af vegetation er faldet og biomassen af blæretang, gaffeltang og bladtang er reduceret drastisk. Der er formentlig tale om en eutrofieringseffekt.

Bundvegetationen er vigtig som gyde- og opvækstområde for fisk, og ålegræs samt havgræs tjener som føde for svaner.



*Bundvegetation i Femer Bælt.
Udbredelse af plantesamfund
i efteråret 1997.*

Bundfauna

Bundfaunaen omfatter dyr, der lever på og i bundsedimentet. Der findes tre forskellige bunddyrssamfund i Femer Bælt.

- Macoma-samfundet på det lave vand fra kystlinien ud til 15 m dybde
- Abra-samfundet på det dybe vand over 15 m og
- Et "forarmet" Abra-samfund i Mecklenburg Bugt, der er tydeligt påvirket af højt indhold af organisk stof og iltvind.

Bundfaunaen på det dybe vand i Mecklenburg Bugt, Femer Bælt og Kiel Bugt kan i perioder være påvirket af iltvind.

Macoma-samfundet er vigtigt som fødegrundlag for fladfiskeyngel og for små fiskearter som hundestejler, tobis og kutling, der tjener til føde for fisk og havfugle. Abra-samfundet tjener som fødegrundlag for fladfisk og torsk.

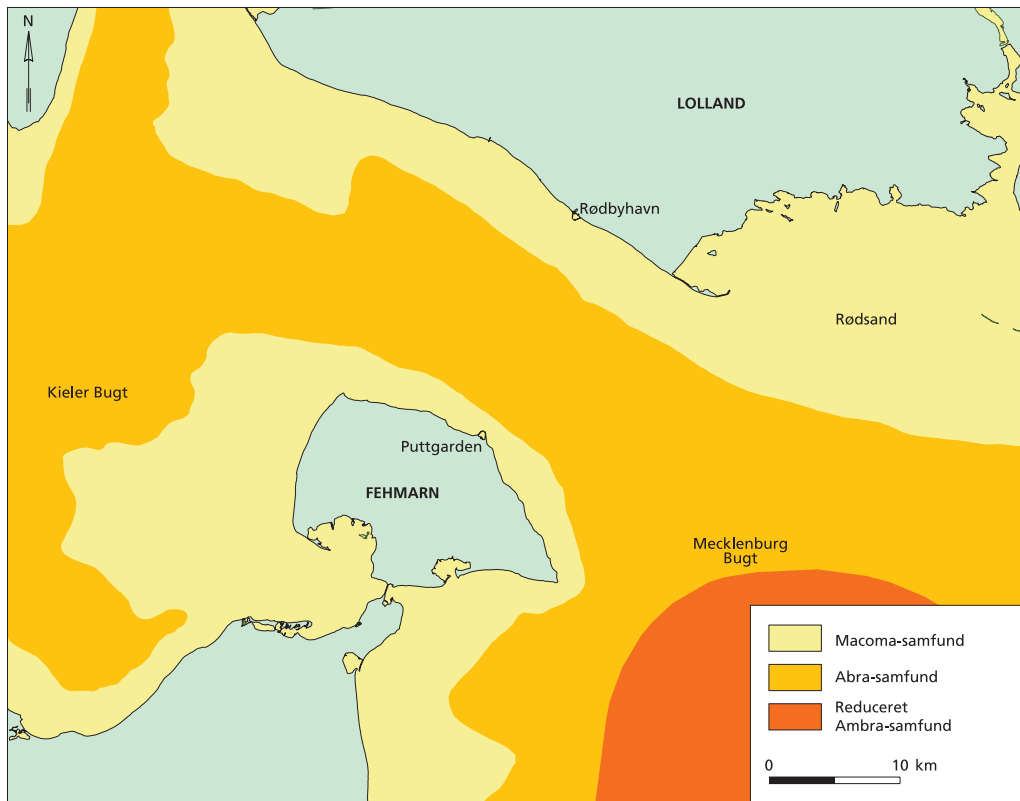
Blåmuslinger

Udbredelsen af blåmuslinger i Femer Bælt er vist på modstående side.

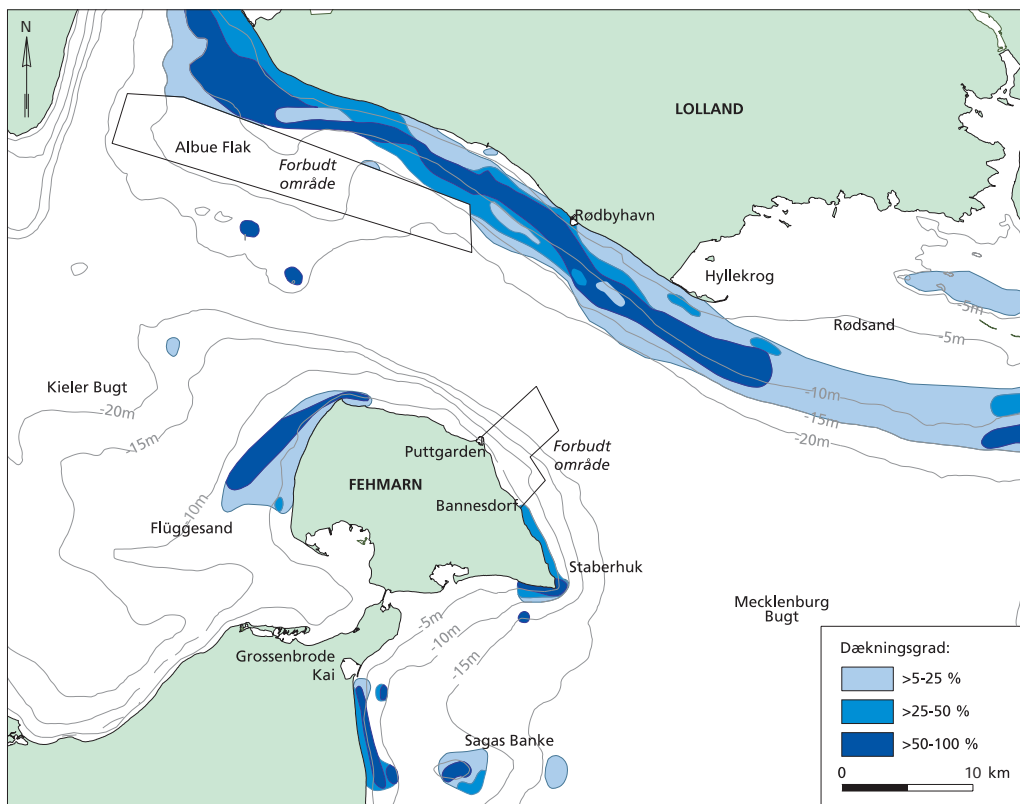
Tætte forekomster findes:

- Langs Lollands kyst fra Albue Flak til området øst for Hyllekrog og området nær Falster
- Vest for Fehmarn
- Ud for Staberhuk
- På Sagas Banke og
- På det lave vand syd for Grossenbrode Kai.

Muslingebankerne vest for Fehmarn, på Albue Flak og på Sagas Banke er vigtige som fødegrundlag for ederfugle og sortænder, der overvintre i området i mængder af international betydning.



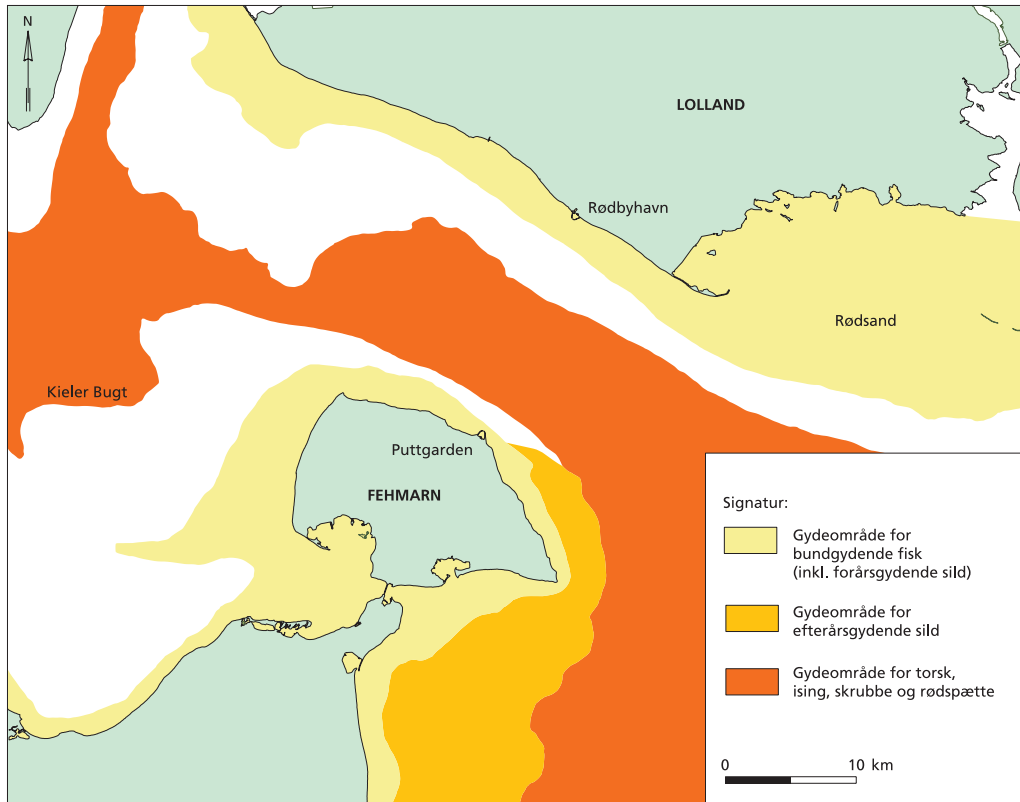
Bundfaunasamfund i Femer Bælt i januar 1997.



Udbredelse af blåmuslinger i Femer Bælt i efteråret/vinteren 1997/1998.

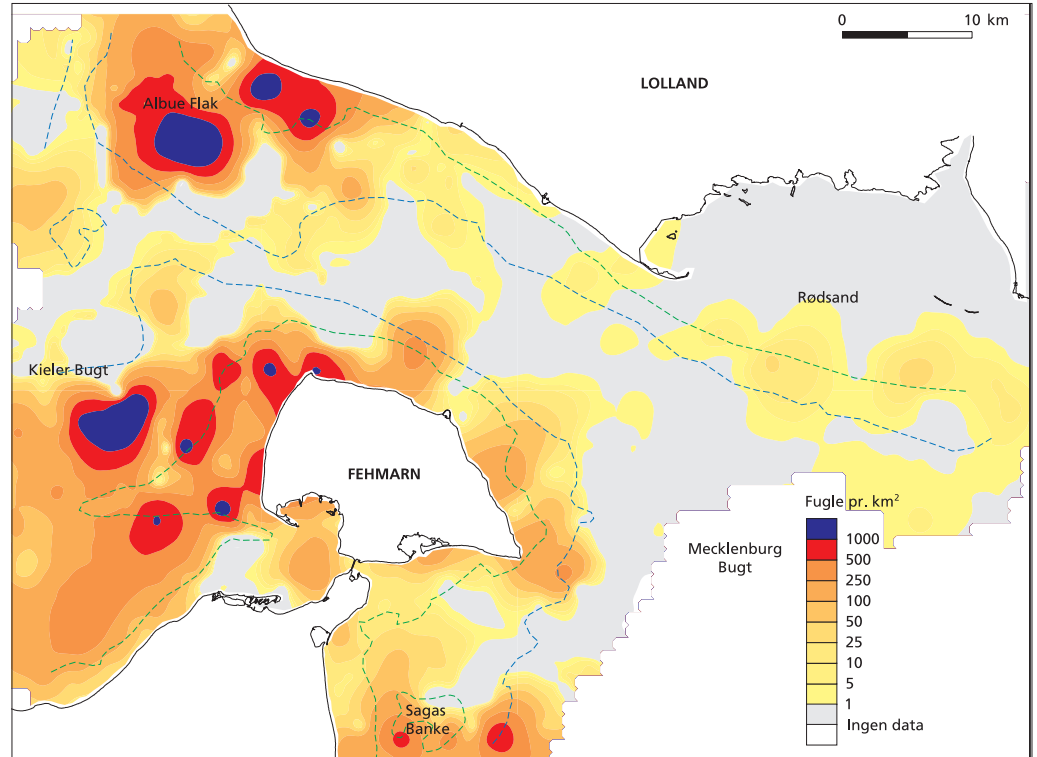
Fisk

Sild og brisling er de mest almindelige fisk i de frie vandmasser og torsk og ising er de mest almindelige bundfisk. Der findes gyde- og opvækstpladser for en lang række fiskearter i Femer Bælt. Torsk, ising, skrubbe og rødspætte gyder på det dybere vand. Æg og larver af disse arter findes i de frie vandmasser. På det lave vand findes gydepladser for en lang række fiskearter, der lægger æg på bunden enten i vegetationen eller på sandbunden, hvilket gør dem specielt følsomme over for sedimenteret materiale. Det gælder f.eks. sild, der forekommer i to bestande, den forårs-gydende, som er langt den største, og den efterårs-gydende, som er meget lille. Det lave vand er ligeledes et vigtigt opvækstområde for yngelen af en lang række fisk.

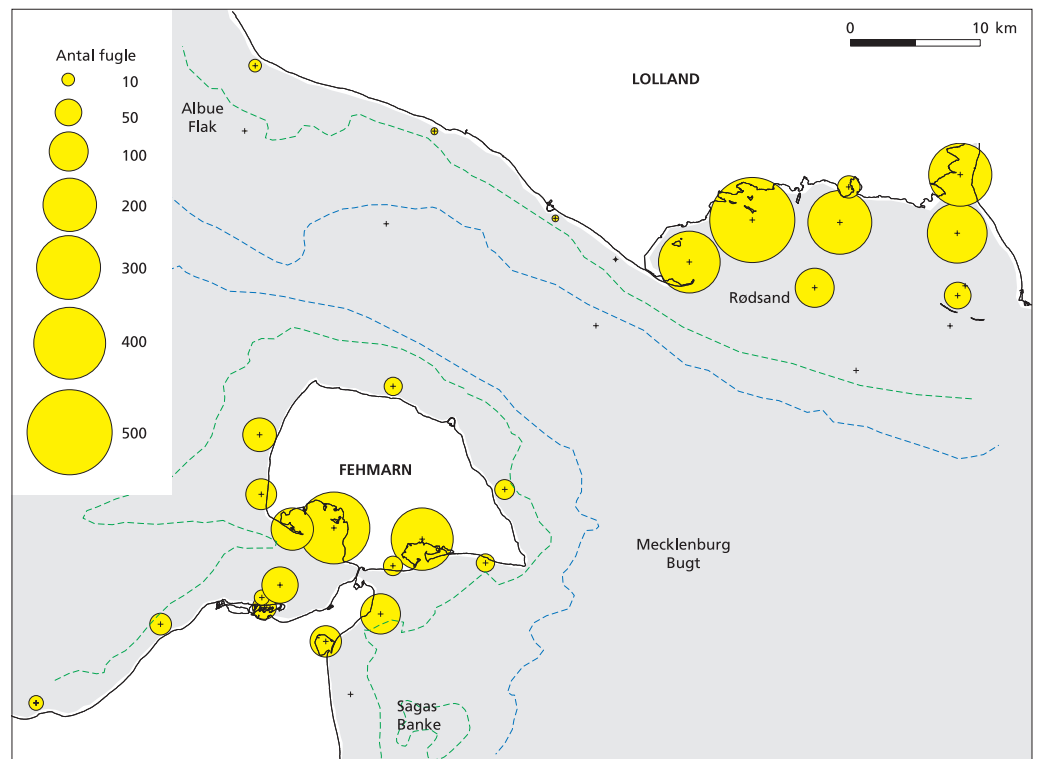


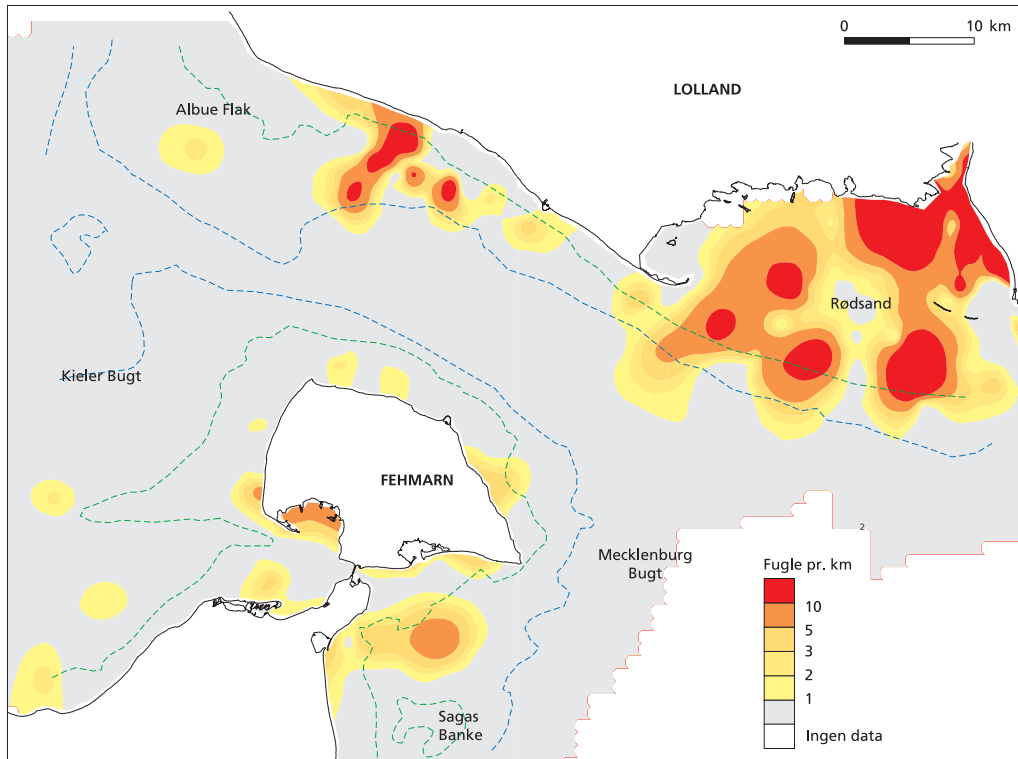
Gyde- og opvækstpladser for fisk i Femer Bælt.

*Udbredelsen af ederfugle
(Somateria mollissima)
i Femer Bælt om vinteren.
Gennemsnit for december-
februar 1987-1997.*



*Udbredelsen af knopsvane
(Cygnus olor) i Femer Bælt
om vinteren. Gennemsnit for
december-februar 1987-1997.*





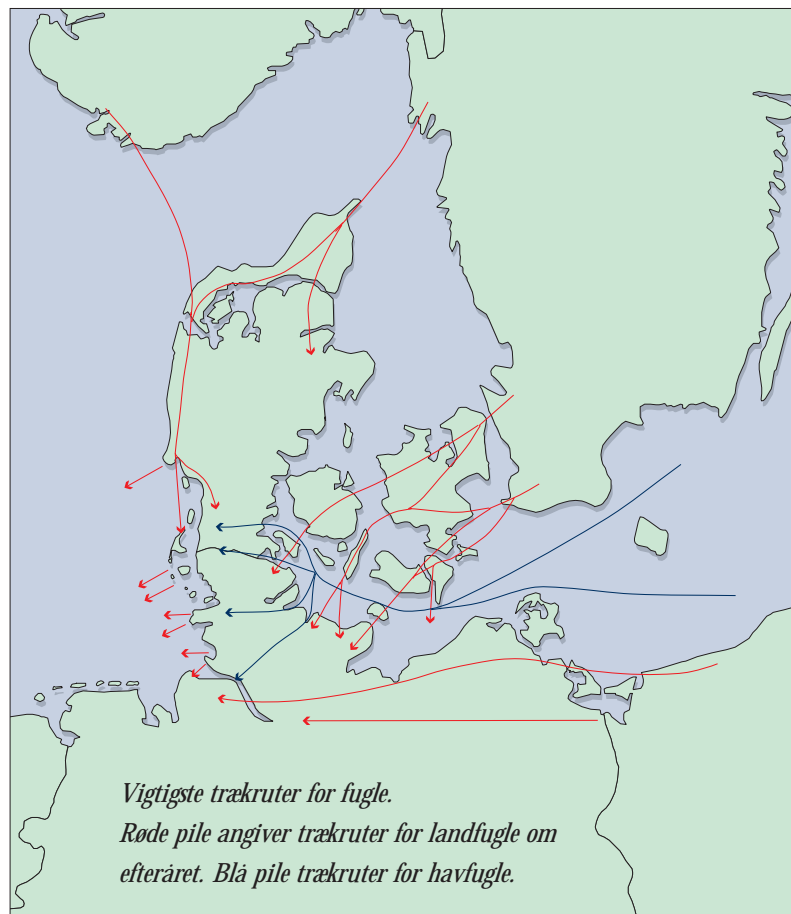
Udbredelsen af toppet skallesluger (*Mergus serrator*) i Femer Bælt om vinteren. Gennemsnit for december-februar 1987-1997.

Fugle

Femer Bælt er et vigtigt overvintringsområde for en række havfugle. Der findes elleve forskellige arter i mængder af international betydning i perioden fra tidlig oktober til slutningen af marts. De vigtigste arter er: ederfugl, sortand, havlit, knopsvane og toppet skallesluger. Udbredelsen af ederfugl, knopsvane og toppet skallesluger er vist på kortene på denne side.

Udbredelsen er i høj grad betinget af forekomsten af egnede fødeemner. Ederfuglen lever fortrinsvis af blåmuslinger og er koncentreret på muslingebankerne vest for Fehmarn, Albuë Flak og Sagas Banke. Svanerne lever af ålegræs og havgræs på det helt lave vand og den toppede skallesluger lever af småfisk. Ålegræs, havgræs og egnede småfisk findes i stor mængde på det lave vand nord for Rødsand.

Ud over at være et vigtigt overvintringsområde for havfugle skal det fremhæves, at Femer Bælt ligger i trækruterne for en lang række arter af land- og havfugle.



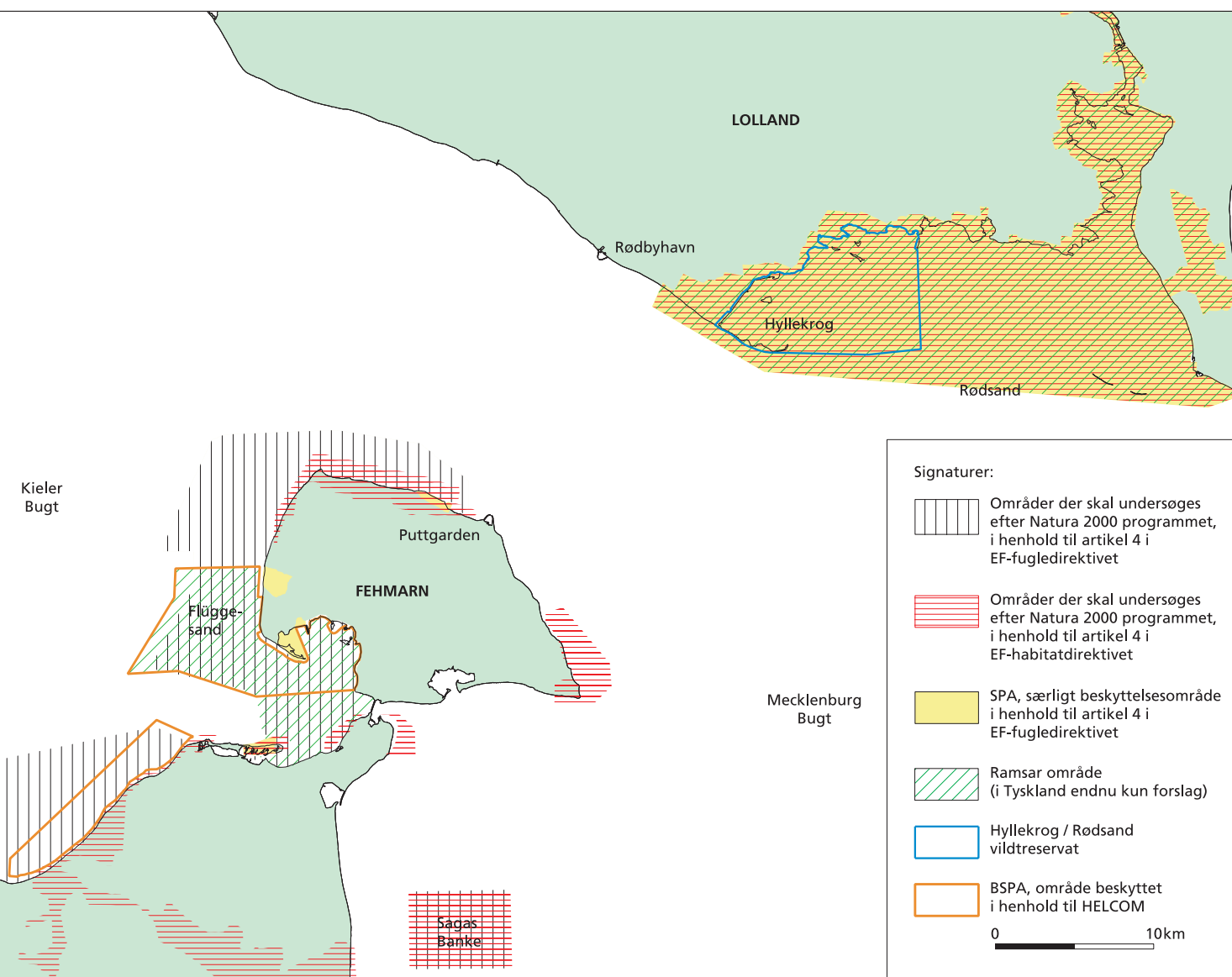
Vigtigste trækruter for fugle.
Røde pile angiver trækruter for landfugle om efteråret. Blå pile trækruter for havfugle.

Kilde: Schmidt og Brehm 1974 / Berndt og Busche 1991.

Beskyttede områder

Store dele af kystområderne er udlagt eller foreslået som beskyttede områder. Kortet giver en oversigt over de beskyttede områder under forskellige konventioner.

*Beskyttede områder i
Femern Bælt området.*



Menneskelige aktiviteter, arkæologi

I forhistorisk tid var vandstanden i havet betydeligt lavere end i dag og eventuelle kystbosættelser vil derfor ligge under vandet. Der er kun meget få kendte fund fra stenalderen i området. Fra bronzealderen, jernalderen og vikingetiden er der tegn på aktivitet i området, men ingen eller få undervandsfund. Fra nyere tid er en del skibsvrag kendt. Ifølge både dansk og tysk lov er kulturminde i søterritoriet beskyttet på samme måde som kulturminde på landjorden.

Forekomster af råmaterialer

Der kræves betydelige sandressourcer til bygning af en fast forbindelse. I Femer Bælt området findes en del større og mindre sandforekomster, hvoraf dog kun nogle få er af passende kvalitet. Der er udpeget mulige ressourceområder i den vestlige del af Femer Bælt, ved Gedser Rev og på Sagas Banke i den tyske del af området.

Miljøforhold i tilgrænsende landområder

Områderne omkring landanlæggene består på begge sider mest af dyrket land, bortset fra de bymæssige bebyggelser i tilknytning til færgenhavnene. I kystzonen ligger på Lolland et antal mindre naturområder, heraf nogle med forekomst af sjældne arter. På Fehmarn er klinten øst for færgenhavnen udpeget som beskyttelsesværdig. Hertil kommer nogle mindre naturområder.

Miljøpåvirkninger ved etablering af en fast forbindelse

Miljøpåvirkningerne ved etablering af en fast forbindelse er vurderet i forhold til den eksisterende miljøtilstand, der er omtalt i det foregående.

Permanente miljøpåvirkninger

Den væsentligste permanente miljøpåvirkning ved etablering af en fast forbindelse er den mulige påvirkning af de hydrografiske forhold og deraf følgende effekter i Østersøen. Denne påvirkning blev i Storebælt og Øresund udtrykt ved den faste forbindelses hindring af strømmingen – den såkaldte blokering. Blokeringen blev herefter neutraliseret via kompensationsafgravninger – den såkaldte 0-løsning.

Blokeringen er ret præcist bestemt i Storebælt og Øresund, hvilket skyldes de forholdsvis simple strømningsforhold. Strømmingen er domineret af friktion, og effekten af en fast forbindelse kan derfor beskrives som en forøgelse af strømningsmodstanden i bæltet – en blokering.

Den komplicerede strømning i Femer Bælt betyder, at effekten af fysiske konstruktioner er vanskeligere at beregne.

For at kunne simulere de komplicerede strømforhold og de meget små effekter er der benyttet avancerede modeller til de hydrografiske simuleringer. Hovedparten af simuleringerne er udført med MIKE 3 – en dansk model, der er udviklet og opereres af Dansk Hydraulisk Institut. En tysk model – WOM-modellen – er benyttet som alternativ, uafhængig model til kontrol af resultaterne fra MIKE 3. Modellerne er inden simuleringerne kalibreret og verificeret med et omfattende datasæt fra det hydrografiske måleprogram.

Efter kalibrering er modellerne anvendt til at beregne et mål for blokeringen af strømmingen efter de samme grundlæggende principper som i Storebælt og Øresund. Beregningerne er udført for alle løsningsmodeller, idet nogle dog er identiske, hvad angår hydraulisk effekt. De tekniske løsninger er simuleret med de miljømæssige forbedringer af udformningen, som er indført under projektet. Som det fremgår af følgende tabel, er der tale om meget små tal for blokeringerne – fra 0,1% for tunnelløsningerne til 0,3-0,4% for broløsningerne.

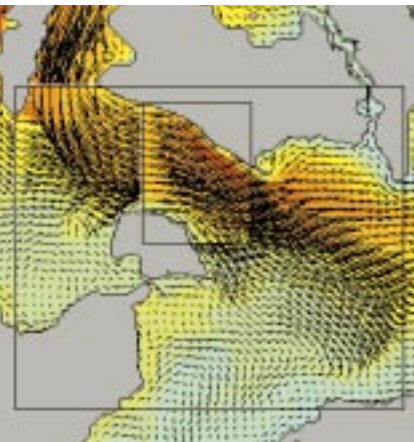
Tallene angiver nedsat gennemstrømning i forhold til en referencesituation, som er den nuværende situation, dog uden færgefart:

Løsningsmodel	Beregnet blokering i %	
	δq	δq_s
1 og 2: Jernbanetunnel med biltog	0,1	0,1
3: Skråstagsbro	0,3	0,3
3.1: Hængebro	0,4	0,4
4, 4.1, 5 og 5.1: Kombineret vej og jernbanetunnel med ventilationsø	0,1	0,0

δq = Relativ reduktion i vandgennemstrømningen.

δq_s = Relativ reduktion i salttransporten.

Det såkaldte "0-alternativ" – dvs. den situation, hvor en fast forbindelse ikke etableres, har i disse forundersøgelser været repræsenteret ved fortsat færgedrift. Færgedriftens påvirkning af strømmingen i bæltet skyldes effekten af færgernes bevægelser og energien fra skruerne, og virker ved at skabe forstyrrelser i overgangslaget mellem top- og bundlaget i strømmingen i bæltet. Effekten heraf kan blive af samme karakter som effekten af en fysisk blokering. Fagfolk har i en årrække erkendt, at en sådan påvirkning var sandsynlig, men det har ikke tidligere været muligt at beregne den, og der har derfor ikke foreligget indikationer af dens størrelse.



Med den opstillede model til forundersøgelserne i Femer Bælt er sådanne beregninger gennemført, og det har vist sig, at den eksisterende færgedrift giver en påvirkning af strømmingen som er sammenlignelig med påvirkningen fra en bro. Afvikling af færgedriften vil således reducere den menneskeskabte påvirkning af vandudvekslingen i bæltet.

Beregningerne viser dog, at blokeringen ikke er nær så veldefineret i Femer Bælt som i Storebælt og Øresund, idet der registreres en betydelig spredning på resultaterne. Det betyder, at blokeringen for tunnelloøsningerne ligger på grænsen af det målelige, og at alle blokeringstal er behæftet med betydelig usikkerhed. Den indbyrdes rækkefølge og forholdet mellem løsninger vurderes imidlertid som sikker.

En granskning af resultaterne har vist, at spredningen skyldes de komplicerede strømforhold i Femer Bælt og især knytter sig til den ringe friktion.

I en supplerende ekspertvurdering har Prof. Fl. Bo Pedersen understreget disse forbehold og peget på behovet for at forbedre den eksisterende viden om især lagdelingens struktur som basis for videre udvikling af modellen.

Selv om tallene skal tages med forbehold, viser størrelserne – og resultaterne af beregningerne i øvrigt – at den samlede påvirkning af strømmingen er meget lille for alle løsninger. Effekterne af denne påvirkning på saltindhold og iltforhold i Østersøen vil være mange gange mindre end de naturlige variationer af disse parametre og også langt mindre end effekten af andre menneskelige påvirkninger i og omkring Østersøen.

Modellen har endvidere været brugt til at beregne effekten af kompensationsafgravninger i Femer Bælt med henblik på at neutralisere påvirkningerne på strømmingen. Der blev testet et afgravningseksempel, hvor de kompenserende afgravninger udgjorde 5 gange de mængder der blev afgravet i Storebælt (50 millioner m³) og effekten var ikke målelig i modellen. På denne baggrund konkluderes, at kompensationsafgravninger ikke er en brugbar løsning i Femer Bælt – de er ganske enkelt ikke effektive nok.

Dette tolkes som en effekt af de generelle strømforhold i Femer Bælt, idet kompensationsafgravning virker bedst, når friktionen er høj.

I øvrigt betyder den høje spredning på blokeringstallet, at det ikke er muligt at vurdere effekten af kompensationsforanstaltninger eller et forbedret design med rimelig præcision. Der bør derfor udvikles et nyt miljøkriterium for de hydrauliske effekter.

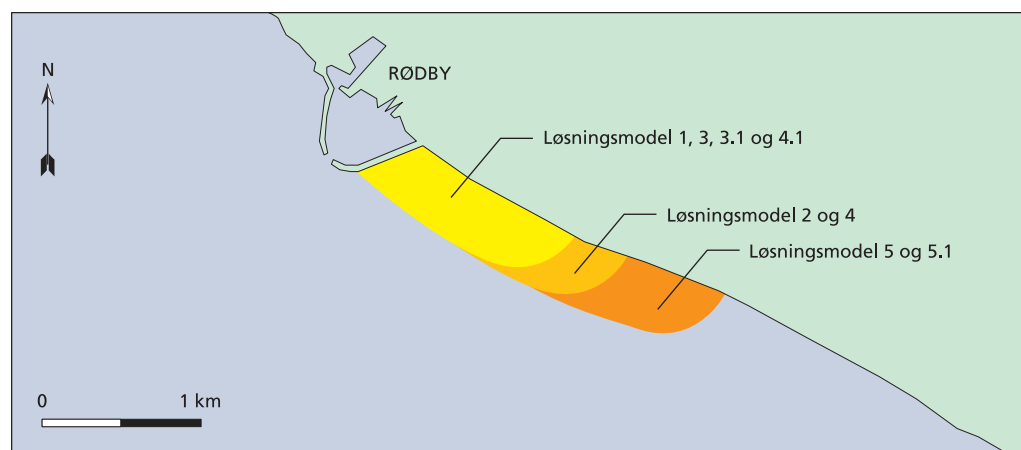
Den samlede effekt på Østersøen af de faste forbindelser kan eventuelt vurderes ved en samlet modelsimulering af den sydlige del af Østersøen og hele Bælthavet. En sådan simulering skal i givet fald foretages i en næste fase af miljømæssige undersøgelser. Foreløbig kan det imidlertid konkluderes, at blokeringerne af strømmingen

fra hensigtsmæssigt designede faste forbindelser i Femer Bælt er meget små – sandsynligvis mindre end eller sammenlignelige med effekten af den eksisterende færgefart – og at kompensationsafgravninger ikke er realisable.

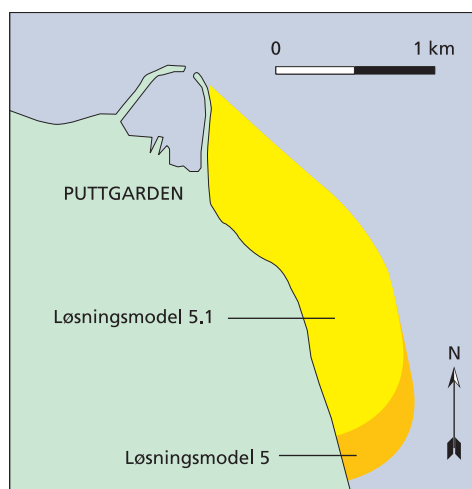
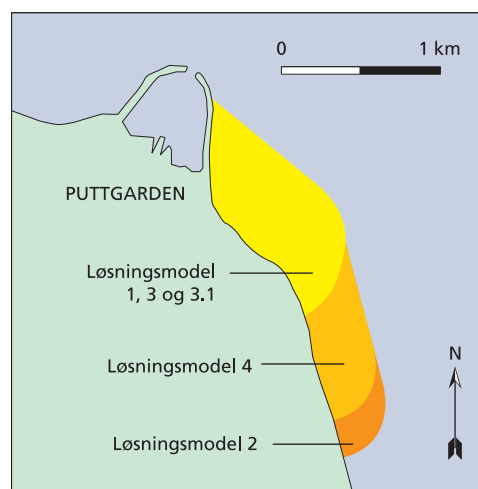
Øvrige permanente miljøpåvirkninger af betydning er kort beskrevet i det følgende:

Anlæggets betydning for stormflodsrisikoen er undersøgt og vurderet som ubetydelig. Dette er gjort ved hjælp af en hydraulisk model, hvormed der er foretaget simuleringer med brug af data fra tre historisk set store storme (1872, 1976, 1993) og et værst tænkeligt scenarium. De hydrauliske forhold under maksimum vandstand er karakteriseret ved relativt lave strømningshastigheder. Siden påvirkningen fra en fast forbindelse er lille ved lave strømningshastigheder, vil påvirkningen følgelig være lille selv på højdepunktet af en stormflod. Simuleringerne viste ydermere, at under en storm var stigningen i vandstanden ved højvande mindre end en centimeter som følge af påvirkningen fra en fast forbindelse. Set i lyset af højvande på 2-3 meter (afhængig af stormen) er en sådan stigning i vandstanden ubetydelig.

Arealer i kystzonerne op til ca. 1 km² på hver side af Femer Bælt vil blive dækket af kystdepoter af overskudsjord, hvorved de tilsvarende bundområder vil blive begravet. Andre beslaglæggelser af havbund i bæltet er af mindre betydning ved de valgte tekniske løsninger. Størrelserne af jorddepoterne ved de forskellige løsningsmodeller er vist på følgende figur:



Størrelserne af jorddepoterne ved de forskellige løsningsmodeller.



Ved de største jorddepoter på Lollandssiden kan en vis kystbeskyttelse af stranden ved Hyldetofterne blive nødvendig. Jorddepoter i kystzonen kan kun undgås, hvis der kan findes alternative, egnede lokaliteter til deponering på land eller til havs. Alternativ deponering vil i givet fald kræve nøje forundersøgelser af det enkelte, konkrete projekt.

Påvirkningen af vandkvalitet og iltsvind i farvandet er beregnet og fundet ubetydelig. Den permanente påvirkning af flora og fauna på havbunden er afgrænset til den direkte beslaglæggelse af arealer til kystdepoter og konstruktioner.

En vis forstyrrelse af fugletræk fra større anlæg som brokonstruktioner og terminaler for biltog vil kunne forekomme. Der kan dog højst blive tale om mindre justeringer af trækrufterne.

Anlæggene til en fast forbindelse vil inddrage landområder af en vis størrelse på begge sider af bæltet. Denne påvirkning er kun væsentlig for biltogsterminalerne, der har et areal på ca. 80 ha på begge sider. De øvrige løsninger kræver langt mindre arealer af størrelsesordenen 5-10 ha på begge sider. De arealer, der er tale om, vil primært være landbrugsjord af relativt høj bonitet. Dog vil der også blive inddraget mindre naturområder i kystzonen.

Tidsbegrænsede miljøpåvirkninger

De tidsbegrænsede miljøpåvirkninger skyldes anlægsarbejderne og er helt overvejende forårsaget af sedimentspild ved afgravning og deponering af jord i havområderne. Størrelserne af spild afhænger af jordtype, teknisk udstyr og øvrige omstændigheder som vejr- og strømforhold.

Effekterne af sedimentspild er kendt viden fra anlægsarbejderne i Storebælt og Øresund og kan på det grundlag vurderes i hovedtræk. En del forhold, der påvirker effekterne i anlægsfasen kan imidlertid først fastlægges i projekteringsfasen. Der er således behov for miljømæssig opfølgning på dette område i de videre projektfaser. En tabel over det forventede sedimentspild for de forskellige løsningsmodeller, under forudsætning af anvendelse af hensigtsmæssigt materiel, samt anlægsperioder ses nedenfor. Det forventede sedimentspild er mindst for borede tunneler, en smule større for skræstagsbroen, mens hængebroen og sænketunnelerne tegner sig for langt det største sedimentspild, da der her er tale om langt de største jordarbejder.

Forventede sedimentspild fra de forskellige løsningsmodeller.

Løsningsmodel	Spild Total (Millioner ton)	Varighed af jordarbejde (År)
1 Boret tunnel med jernbane og biltog	0	0
2 Sænketunnel med jernbane og biltog	1,1	4-5
3 Skråstagsbro med vej og jernbane	0,3	3-4
3.1 Hængebro med vej og jernbane	1,5	3-4
4 Boret tunnel med vej og jernbane, (4+2)	0,2	1
4.1 Boret tunnel med vej og jernbane, (3+1)	0,2	1
5 Sænketunnel med vej og jernbane, (4+2)	2,1	5-6
5.1 Sænketunnel med vej og jernbane, (3+1)	1,7	5-6

Påvirkningerne af det marine miljø er vurderet ud fra modelsimuleringer af sedimentspredningen og kan kort sammenfattes således for de løsningsmodeller, som har større jordarbejder:

- Der vil være synlige sedimentfaner med større eller mindre hyppighed i Femer Bælt og store dele af Kiel Bugt og Mecklenburg Bugt.
- Der vil være en omfordeling af planktonproduktion og iltbalance, men ikke nogen øgning af eutrofieringen.
- Undervandsplanterne i Femer Bælt vil få nedsat produktion på grund af skygning. Der forventes kun ringe påvirkning af de følsomme områder ved Rødsand-Hyllekrog.
- Bundfaunaen vil blive midlertidigt påvirket i et område maksimalt 10-15 km fra anlægget.
- Der forventes ikke væsentlige effekter på blåmuslinger.
- For fisk forventes kun lokale og sporadiske påvirkninger af fiskeriet nær graveområderne, hvor der også kan forventes nedsat gydning i anlægsfasen.
- Påvirkningen af fuglelivet vil være begrænset, fordi de vigtigste fødeområder er upåvirkede. Der kan være begrænsede effekter nær Rødby og Puttgarden.

Det er nødvendigt at give høj prioritet til en optimal styring og kontrol af dette spild under anlægsarbejderne. Under disse forudsætninger er det imidlertid usandsynligt, at der vil forekomme blivende påvirkninger fra sedimentspild i området. Skadevirkningerne vil være begrænsede, og områderne vil være genetablerede få år efter ophør af de tunge dele af anlægsarbejderne.

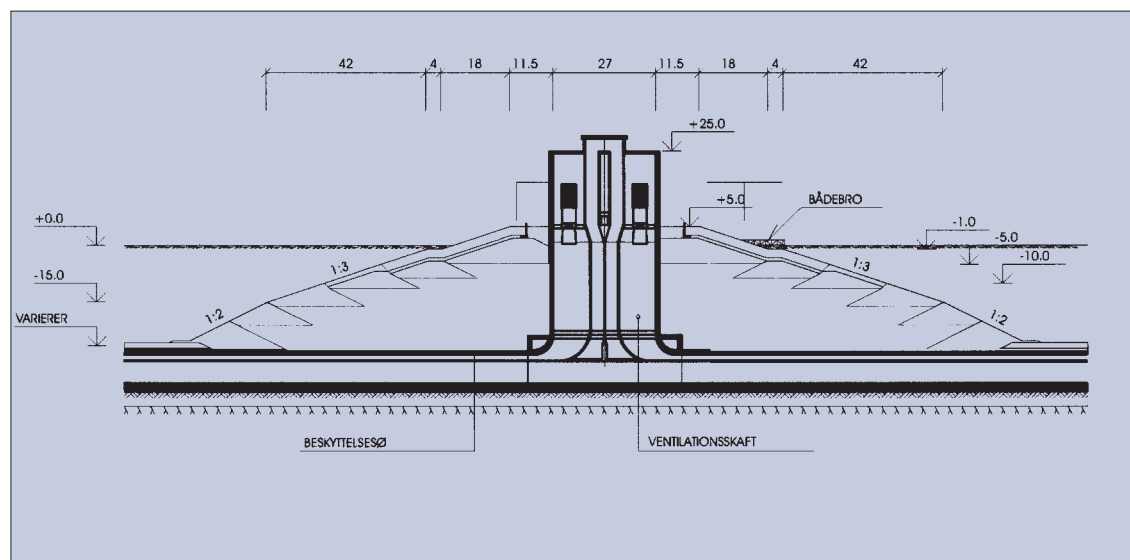
Miljøstrategi og -foranstaltninger

Miljøstrategien i relation til hydrografien består i at minimere den hydrauliske modstand fra konstruktionerne ved hensigtsmæssigt design. De konkrete tiltag omfatter:

- Tilbagetrækning af ramper.
- Strømlining af kystdepoter.
- Placering af sænketunneler under bundniveau.
- Lange brofag.
- Mindst muligt tværsnit for bropiller, pyloner og lign.
- Strømlining af bropiller, ankerblokøer og ventilationsøer.

Som eksempel herpå er vist design af en ventilationsø til tunnelloseringerne på følgende figurer.

Design af ventilationsø.

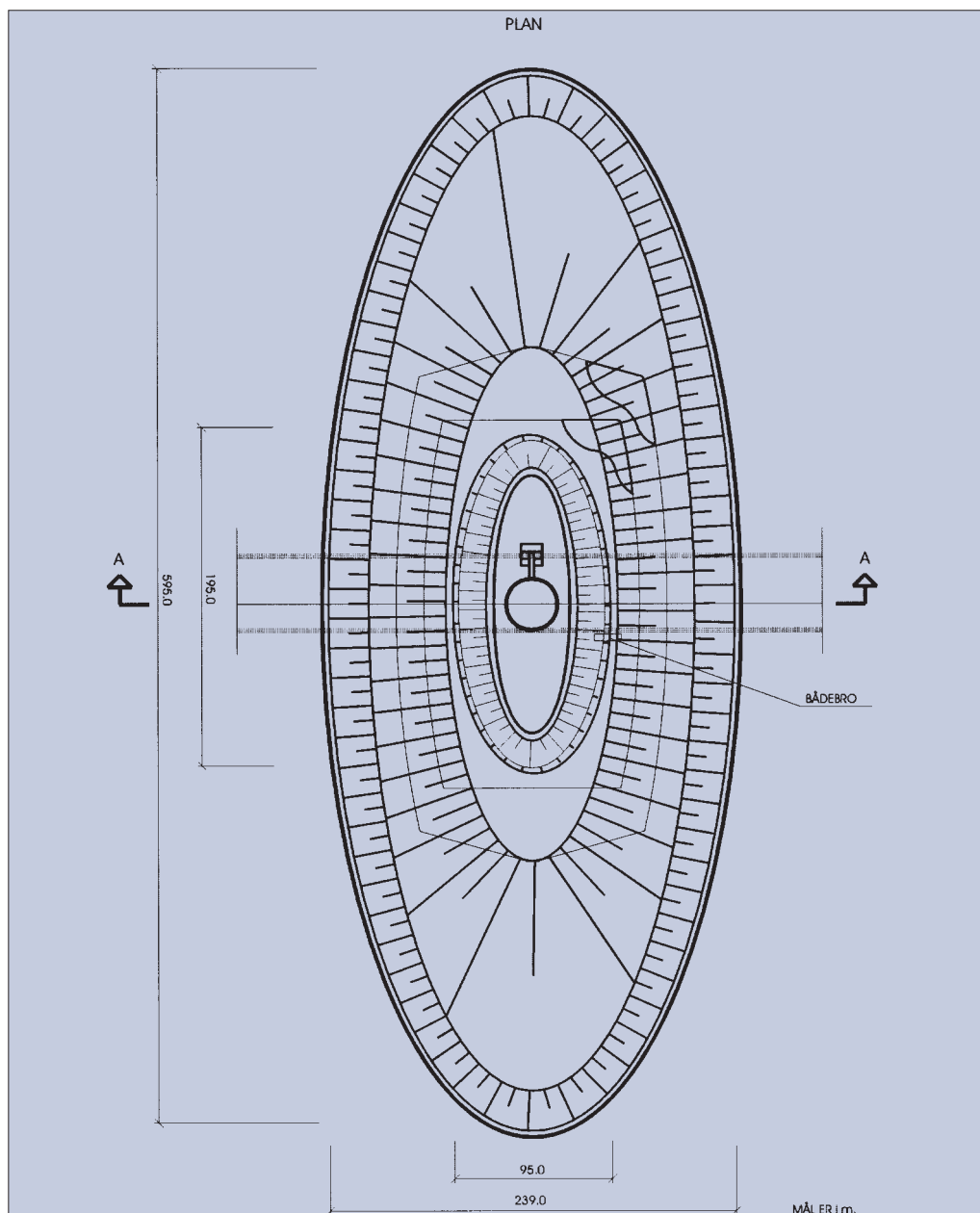


De marine jordarbejder skal generelt minimeres med det formål at minimere størrelsen af kystdepoterne med overskudsjord. Dette skal ske ved at styre jordbalancen i størst muligt omfang ved at

- maksimere genanvendelse af egnet jord til fyld
- minimere mængder af uegnet jord, der skal deponeres
- minimere behov for import af sand, andet fyld og sten.

Sedimentspild og andre miljøpåvirkninger under anlægsarbejderne skal begrænses under hensyntagen til, hvad der er økologisk motiveret, teknisk muligt og økonomisk rimeligt, ved

- at anvende bedste tilgængelige teknologier og hele tiden udnytte indhøstede erfaringer
- klare miljøkrav til entreprenører og miljøstyring af anlægsarbejderne
- miljøovervågning som en integreret del af myndighedernes styring af byggeriet.



Miljømæssig sammenligning af de tekniske løsninger

I dette afsnit angives en sammenligning og rangordning af de 8 vurderede tekniske løsninger ud fra de miljøforhold, der er behandlet i kyst-til-kyst undersøgelserne. De forskellige løsningsers miljømæssige karakteristika er overbliksmæssigt angivet i det følgende:

Miljøkarakteristik for de enkelte tekniske løsninger

Borede tunneler:

Løsningsmodel 1: Boret tunnel med jernbane og biltog, 0+2.

Løsningsmodel 4: Boret tunnel med vej og jernbane, 4+2.

Løsningsmodel 4.1: Boret tunnel med vej og jernbane, 3+1.

De borede tunneler har meget lav hydrografisk effekt, der stort set kun hidrører fra kystdepoterne. Påvirkninger af havmiljøet i anlægsfasen er ubetydelige. Model 4 kræver store kystdepoter, mens model 4.1 kræver væsentligt mindre.

Sænketunneler:

Løsningsmodel 2: Sænketunnel for jernbane og biltog, 0+2.

Løsningsmodel 5: Sænketunnel for vej og jernbane, 4+2.

Løsningsmodel 5.1: Sænketunnel for vej og jernbane, 3+1.

Sænketunnelerne har også meget lav hydrografisk effekt. Model 2 indebærer store kystdepoter og har væsentlige påvirkninger i anlægsfasen. Modellerne 5 og 5.1 indebærer de største kystdepoter og de største påvirkninger i anlægsfasen af alle løsningsmodellerne.

Broer:

Løsningsmodel 3: Skråstagsbro for vej og jernbane, 4+2.

Løsningsmodel 3.1: Hængebro for vej og jernbane, 4+2.

Skråstagsbroen har lav hydrografisk effekt, dog højere end tunnelerne. Hængebroen har en smule større hydrografisk effekt, og de øvrige effekter er også større end for skråstagsbroen, der har små kystdepoter og kun begrænset påvirkning i anlægsfasen.

Sammenligning

Den miljømæssige sammenligning er baseret på de miljøpåvirkninger af havmiljøet, der har været behandlet i kyst-til-kyst undersøgelserne. Vurderingerne tager udgangspunkt i det foreliggende design fra de tekniske undersøgelser og de miljøhensyn, der er integreret heri. Sammenligningen har karakter af et systematiseret skøn, som fremkommer ved at tildele løsningsmodellerne et antal points for hver miljøpåvirkning. Herefter er beregnet et vægtet pointtal, idet der for hver miljøpåvirkning er sat en *vægtningfaktor*, der angiver betydningen af denne påvirkning i forhold til de samlede angivne påvirkninger. Dette vægtede pointtal anvendes som basis for sammenligning af løsningsmodellerne.

Det må fremhæves, at tildelingen af såvel points som vægtning er skønsmæssig, hvilket er uundgåeligt, når så vidt forskellige påvirkninger skal sammenfattes. Derfor er sikkerheden i sammenligningen vurderet ved følsomhedsanalyser.

Pointsystemet for miljøpåvirkningerne er vist i følgende tabel.

Karakteristik af påvirkning	Point
Påvirkning er lig nul eller ubetydelig	0
Påvirkning er påviselig (eller demonstreret ved simulering), men uden praktisk betydning	1-3
Påvirkning er miljømæssigt af betydning, men ikke af en ødelæggende karakter, eller afværge- eller kompensationsforanstaltninger er mulige	4-6
Påvirkning er af betydning og af destruktiv karakter og afværgeforanstaltninger er ikke hensigtsmæssige som del af projektet	7-9
Påvirkning er af omfattende betydning og afværgeforanstaltninger er ikke praktisk mulige	10

Resultatet af sammenligningen er vist i følgende tabel.

	Varig påvirkning					Midlertidig påvirkning					Vægtet gennemsnits point (1 = mindst miljømæssig påvirkning)	Rangordning
	Hydrografisk påvirkning	Fugletræk	Overskudsjord	Råstofbehov	Landmiljø	Vegetation	Bundfauna	Muslinger	Fisk	Fugle og pattedyr		
Løsningsmodel	Vægt											
	60	15	10	10	10	10	5	5	5	10	140	
1 Boret tunnel med jernbane og biltog	1	1	3	2	6	0	0	0	0	0	1,3	1
2 Sænketunnel med jernbane og biltog	1	1	4	3	6	5	3	2	2	2	2,2	4
3 Skråstagsbro med vej og jernbane	2	4	2	4	5	4	1	1	1	1	2,5	6/7
3.1 Hængebro med vej og jernbane	3	4	2	5	5	5	3	1	2	1	3,2	8
4 Boret tunnel med vej og jernbane, (4+2)	1	1	4	3	4	1	1	0	1	1	1,5	2/3
4.1 Boret tunnel med vej og jernbane, (3+1)	1	1	3	3	4	1	1	0	1	1	1,5	2/3
5 Sænketunnel med vej og jernbane, (4+2)	1	1	6	4	4	6	3	3	2	3	2,5	6/7
5.1 Sænketunnel med vej og jernbane, (3+1)	1	1	5	4	4	6	3	3	2	2	2,3	5

Konklusioner

Hovedkonklusionerne fra rangordningen er:

- Forskellene mellem løsningsmodellerne er ikke udtalt, da alle vægtede pointtal ligger tæt på hinanden. Dette træk ændrer sig ikke ved følsomhedsanalyser.
- Der er mindst miljøpåvirkninger fra borede tunneler fulgt af sænketunneler og broer. Blandt broerne har skræstagsbroen mindre miljøpåvirkning end hængebroen.
- De borede tunneler har den mindste miljøeffekt inden for et meget bredt spektrum af vægtninger.
- Alle de vægtede pointtal er på et lavt niveau, som angiver, at miljøpåvirkningerne ligger inden for det rimelige. Det bør dog bemærkes, at der for enkeltpåvirkninger er sat højere pointtal, mellem 4 og 6, hvilket angiver, at disse enkeltpåvirkninger bør imødegås eller afhjælpes i muligt omfang.

Denne vurdering er som tidligere nævnt afgrænset til påvirkningerne af havmiljøet.

KYST-TIL-KYST UNDERSØGELSER

TEKNISKE LØSNINGER

I resultaterne fra den tekniske del af kyst-til-kyst undersøgelse er en lang række andre forhold integreret med det formål at opnå de mest realistiske og totale løsningsforslag og prisoverslag. Dette er sket på følgende måder:

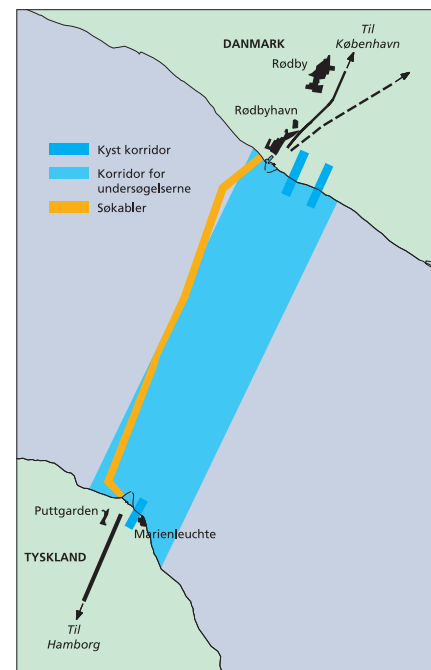
- Resultaterne af de geologiske og geotekniske undersøgelser er integreret fuldt og helt på det eksisterende videngrundlag.
- Resultaterne fra miljøundersøgelserne er integreret løbende under arbejdet i det omfang videngrundlaget var tilstrækkeligt, og det blev fundet teknisk og økonomisk forsvarligt på undersøgelsestidspunktet. Følgende eksempel kan anføres: Blokering af strømningssituationerne er integreret via valg af konstruktionsstyper og en lang række designmæssige tilpasninger, herunder strømlinede konstruktioner under vandoverfladen. Det er dog ikke alle mulige tilpasninger, der er foretaget – således er kompensationsafgravninger ikke indregnet.
- I valget af tekniske løsninger er der taget højde for et bredt spektrum af fremtidige transportbehov – herved er tilstræbt, at der er beskrevet mulige og egnede tekniske løsninger, uanset hvilket kapacitetsniveau der ønskes for en fremtidig fast forbindelse og hvilken kombination af transportformer, der vil blive foretrukket.

Hermed er al eksisterende, tilgængelig og relevant viden i videst muligt omfang indbygget i de beskrevne tekniske løsningsforslag og derfor også i de angivne prisoverslag og nutidsværdiberegninger.

De løsningsmodeller, der er beskrevet i de tekniske undersøgelser er vist i oversigtstabellen nedenfor. Modellerne er opdelt i 3 grupper, der repræsenterer 3 forskellige intervaller for kapaciteten af løsningsmodellerne.

Løsningsmodel	Trafikal udformning (kørebaner + spor)	Beskrivelse af løsningsmodel
1	2 spor med	Boret jernbanetunnel
2	biltog (0+2)	Sænketunnel for jernbane
4.1	3 vejbaner og	Boret tunnel for vej og jernbane
5.1	1 spor (3+1)	Sænketunnel for vej og jernbane
3	4 vejbaner	Skråstagsbro for vej og jernbane
3.1	og	Hængebro for vej og jernbane
4	2 spor	Boret tunnel for vej og jernbane
5	(4+2)	Sænketunnel for vej og jernbane

Kyst-til-kyst undersøgelserne er begrænset af en cirka 5 km bred korridor mellem øerne Lolland i Danmark og Fehmarn i Tyskland med de to færdgehavne for Fugleflugtslinien i Rødbyhavn og Puttgarden tæt på centerlinien af korridoren. Desuden er der defineret lokale korridorer på de to kystlinier, hvor kyst-til-kyst konstruktionerne kan forbindes til infrastrukturen på land. På Lolland-siden er to lokale korridorer foreslået; i dette studie er den vestlige korridor blevet valgt for dispositionsforslagene.



Projektgrundlag

Projektgrundlaget omfatter:

- Definition af planlægningskorridor og en lang række informationer om relevante lokale forhold, herunder miljø, topografi, klima, hydrografi, skibstrafik og navigationsmønstre, geologi og geoteknik m.v.
- Funktionskrav for forbindelsen, relevante normer og standarder, linieføring og geometri, påvirkninger af konstruktionerne, konstruktive beregningsparametre, etc.
- Risikostyring og sikkerhedskoncept.
- Vurderinger af fremtidigt trafikgrundlag og forbindelsens kapacitet.
- Koncept for inddragelse af miljøforhold i projekteringen – miljørigtig projektering.

I nærværende afsnit redegøres for de centrale dele af projektgrundlaget.

Pålidelige oplysninger om de lokale forhold er vigtige for projekteringen af løsningsmodeller og varianter og for den sammenlignende vurdering af disse. En lang række af disse oplysninger er indsamlet i forbindelse med miljøundersøgelserne. Forhold vedrørende skibstrafik og navigationsmønstre har været en del af selve de tekniske undersøgelser, og indsamling af geologiske og geotekniske data er gennemført som et særligt, selvstændigt program under kyst-til-kyst undersøgelserne.

Resultater af de geologiske og geotekniske undersøgelser

Resultaterne af de geologiske og geotekniske undersøgelser er alle samlet i geo-databasen og er alle nyttiggjort og integreret i de tekniske undersøgelser, samt i et vist omfang i de miljømæssige undersøgelser.

Der er i undersøgelsesområdet og -korridoren fundet og beskrevet 4 geologiske/geofysiske hovedformationer, se figuren nedenfor:

- Post- og sen-glaciale aflejringer, øvre kvartær (efter istiden).
- Glaciale aflejringer, nedre kvartær (istidsaflejringer).
- Tertiært ler.
- Kalk og kridt fra kridtperioden.

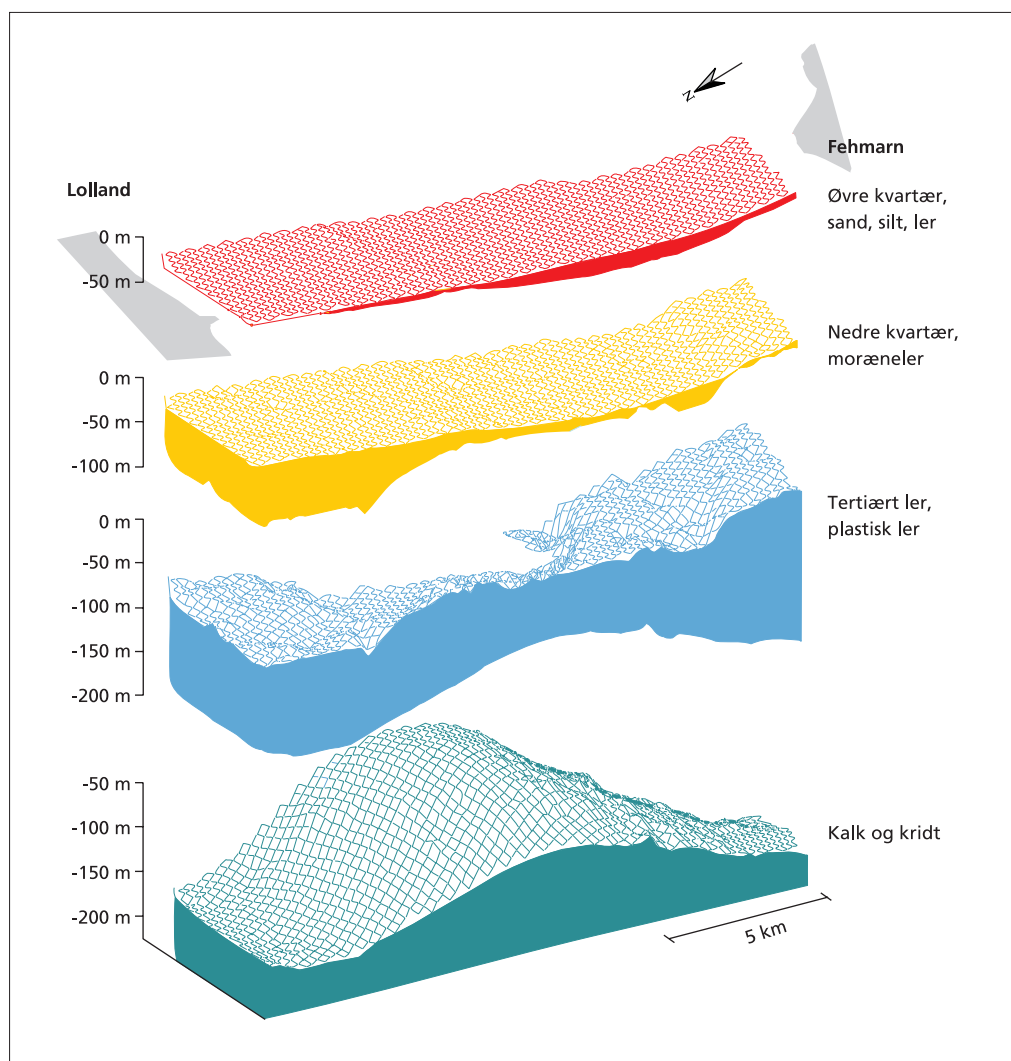


Illustration af de 4 geologiske hovedformationers udbredelse og tykkelse i undersøgelseskorridoren.

De post- og senglaciale lag varierer fra få meters tykkelse i det meste af området og op til ca. 20 m i dele af det dybeste område i Femer Bælt. Den øvre del af disse lag har et væsentligt organisk indhold – herudover består lagene af varierende sand, silt og ler, og er generelt uegnede til fundering af tunge konstruktioner; dog forventes de i dele af området at kunne anvendes til fundering af sænketunneller.

De glaciale lag består overvejende af moræneler med indslag af smeltevandsaflejringer og flager af plastisk ler, og varierer i tykkelse fra 0-1 m visse steder i det sydlige område og ude under de dybe dele af bæltet, til 50-70 m andre steder under de dybe områder og stedvist i den nordlige del af korridoren. Disse lag forventes generelt at være forkonsoliderede og faste og anvendelige til direkte fundering af de fleste tunge konstruktionstyper. Sammenhængen af lagene i korridoren kan ikke klarlægges med sikkerhed på grundlag af den ringe tæthed af boreoplysninger i området, og væsentlige uensartetheder i egenskaber kan forventes lokalt.

Det tertiære ler varierer i tykkelse mellem 0 og ca. 200 m i området med de største tykkelser i det sydlige område. Lagene mangler helt i et område af den østlige og centrale del af korridoren, hvor de glaciale lag hviler direkte oven på kalken. Det tertiære ler er sammenhængende i området, og der er identificeret 3 underformationer: Røsnæsler, Ølst-formationen og Holmehus-formationen. Leret er meget plastisk og må forventes at give væsentlige sætninger ved fundering af tunge konstruktioner, hvilket skal indregnes ved projektering og udførelse. Pælefundering kan blive nødvendig i visse tilfælde.

Kalk og kridtlagenes overflade danner en domestruktur i området, antagelig på grund af en dybereliggende salthorst. Hvor lagene ligger højest, er de kun ca. 15 m under havbunden, svarende til ca. 40 m under havniveau. Kalk- og kridtlagene forventes at være mere end 300 m tykke i området og at være egnede til direkte fundering af alle typer af konstruktioner.

Domestrukturen er den dominerende geologiske struktur i undersøgelseskorridoren, og dens top er hævet ca. 150 m i forhold til den uforstyrrede kalkoverflade. Domen kan forventes at være aktiv med opadgående bevægelse, der vurderes til størrelsesordenen 0,5 mm pr. år.

Tektonisk vurderes området at være roligt, og de maksimale jordskælv i en 100 års periode, henholdsvis en 475 års periode, forventes at være af størrelsesordenen 4, henholdsvis 4,9 på Richterskalaen.

Ingen af de her angivne strukturelle og tektoniske forhold vil indebære væsentlige risici i relation til etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt.

Krav til udformning og projektering

Disse krav omfatter:

- Generelle krav til den faste forbindelses kyst-til-kyst del, herunder funktionskrav.
- Normer og standarder, som skal anvendes i projekteringen.
- Krav til linieføring og geometriske profiler, som skal følges.
- Påvirkninger og kombinationer af påvirkninger, som skal vurderes i beregningerne.
- Konstruktive beregningsparametre.
- Geotekniske beregningsparametre.

Kravene består af en del, som indeholder specifikke betingelser og andre basale oplysninger for en fast Femer Bælt-forbindelse, og en del der refererer til et europæisk standardgrundlag, Eurocodes. Denne del har en struktur, der afspejler opbygningen af det samlede sæt Eurocodes, som er anvendelige for projektet. Anvendelse af Eurocodes er prioriteret højt, fordi der er tale om en forbindelse mellem to lande.

Et resumé af de væsentligste funktionskrav for en fast forbindelse, der er aftalt med de danske og tyske myndigheder for jernbaner og veje, er angivet i følgende to tabeller:

Funktionskrav for jernbaner ¹		
Designhastighed passager- / gods- / biltog	(km/t)	200 / 120 / 160
Overhøjde ved normal minimum radius / ved ret linie	(mm)	50 / 0
Vandret linieføring		
– Normal minimum / absolut minimum kurve radius	(m)	5.500 / 2.800
– Maksimum kurve radius på åbent land	(m)	25.000
– Minimum længde af linieførings sektion	(m)	80
Lodret linieføring		
– Normal / absolut minimum vertikal radius	(m)	16.000 / 10.000
– Maksimum vertikal radius på åbent land	(m)	30.000
– Minimum længde af vertikal kurve	(m)	20
– Normal maksimum / absolut maksimum gradient	(%)	1,25 / 1,56
Boret tunnel indvendig diameter – enkeltspor ²		
– Med biltog / uden biltog	(m)	8,90 / 8,00
Sænketunnel – enkeltspor		
– Lodret frirum (med biltog / uden biltog) ³	(m)	6,82 / 6,05
– Vandret frirum (med biltog / uden biltog) ³	(m)	6,64 / 6,37
Minimum sporafstand – mellem centerlinier		
– (Med biltog / uden biltog)	(m)	5,00 / 4,50
Vandret frirum for dobbeltspor på bro og rampe ⁴		
– (Med biltog / uden biltog)	(m)	12,60 / 12,10

Noter:

¹ Krav er baseret på DB AG "Netzinfrastruktur Technik Entwerfen",

Modul Nr. 800.0110 – Linienführung, 800.0130 – Streckenquerschnitte auf Erdkörpern,

² Diametre indeholder byggetolerancen $\Delta r = 100$ mm, 'Bautechnischer Nutzraum', $\Delta r = 150$ mm, og (hvis nødvendigt) mulighed for overhøjde af skinne,

³ Dimensioner indeholder byggetolerance, 'Bautechnischer Nutzraum' og (hvis nødvendigt) mulighed for overhøjde af skinne.

⁴ For ballastede spor kræves yderligere plads i tilfælde af overhøjde.

Funktionskrav til vej		(2) 3 kørebaner	4 kørebaner
Designhastighed	(km/t)	100	120
Hastighedsbegrænsning i tunneler	(km/t)	80	80
Vandret linieføring			
– Normal / absolut minimum kurve radius	(m)		2.500 / 1.000
– Maksimum længde af ret stykke på bro	(m)	Hovedbroens længde	
Lodret linieføring			
– Minimum top radius	(m)	20.000	
– Minimum bund radius	(m)	15.000	
– Maksimum gradient i tunneler / på broer og ramper	(%)	2,5 / 3,5	
Minimum tværfald / maksimum tværfald	(%)	2,5 / 6,0	
Typiske dimensioner i tunneler		Et rør	To rør
– Kørebanernes bredde	(m)	(2 x 3,50) 3 x 3,50	2 x 2 x 3,50
– Kantbanernes bredde	(m)	2 x 0,50	2 x 2 x 0,50
– Nødsporenes bredde	(m)	Ingen	Ingen
– Nødfortovenes bredde – sænketunnel	(m)	2 x 1,00	2 x 2 x 1,00
– Nødfortovenes bredde – boret tunnel	(m)	2 x 0,85	2 x 2 x 0,85
– Lodret fritrum for trafik i tunneler	(m)	4,50	4,50
– Lodret fritrum for vejskilte i tunneler	(m)	0,45	0,45
Typiske dimensioner for broer og ramper		Ramper	Ramper og broer
– Kørebanernes bredde	(m)	(2 x 3,50) 3 x 3,50	2 x 2 x 3,50
– Kantbanernes bredde	(m)	2 x 0,50	2 x 2 x 0,50
– Nødsporenes bredde	(m)	2 x 2,50	2 x 2,50
– Rabattens bredde på ramper	(m)	2 x 1,00	2 x 1,00
– Afstand fra kantbane til rækværk på broer fortrukket afstand / minimum afstand	(m)	Irr.	1,75 / 0,50
– Midterrabat	(m)	Irr.	2,70

Risiko og sikkerhed

En fast forbindelse over Femer Bælt kan – ligesom alt andet – udgøre en risiko for uønskede hændelser. Risikopolitikken, som er anvendt for vurdering af risici i forundersøgelserne, er formuleret således:

Risikopolitik:

Sikkerhedsniveauet for brugerne af forbindelsen skal være rimeligt og sammenligneligt med andre trafikforbindelser.

Risici skal systematisk identificeres, vurderes og styres.

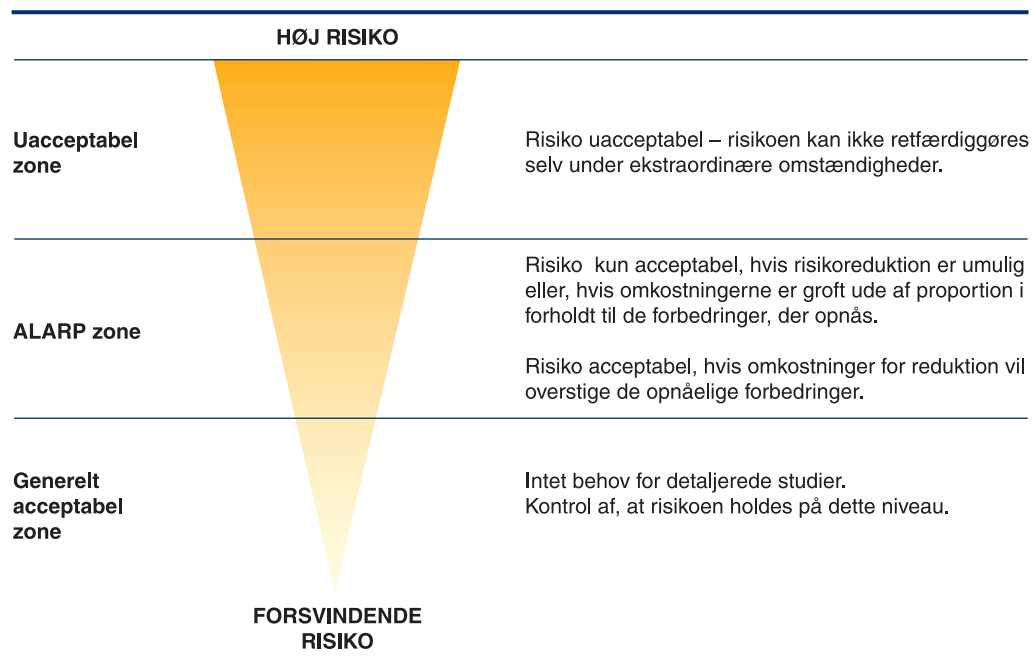
Den første del af politikken dækker brugernes individuelle risiko. Den anden del dækker andre typer af risici, f.eks. afbrydelse af forbindelsen, ulejlighed for brugerne, miljøskader samt risici i byggefasen, der behandles som økonomiske konsekvenser.

For at implementere risikopolitikken i det videre arbejde med projektet skal projektorganisationen afspejle denne politiks centrale stilling. Risikostyring skal betragtes som en integreret del af ledelsen og styringen af projektet.

Den generelle metodik for risikostyring, der anvendes, er ALARP-princippet: risikoen skal være As Low As Reasonably Practicable (så lav som praktisk muligt). Dette betyder, at risici skal reduceres via egnede foranstaltninger, så længe omkostningerne for reduktionen ikke er groft ude af proportion med effekten af foranstaltningerne. Herved kontrollerer ALARP principielt omkostningseffektiviteten af de iværksatte foranstaltninger. Endvidere skal risikoen for brugerne ikke overstige et betingelsesløst uacceptabelt niveau.

Endelig skal sammenligningen af løsningsmodeller og modifikationer af løsningsmodeller indeholde et "risiko tillæg", som kvantificerer risici økonomisk og repræsenterer alle risici, der er knyttet til den konkrete løsningsmodel.

ALARP-princippet er illustreret på følgende figur:



Definitionen af den øvre grænse af ALARP zonen er et spørgsmål, der er stærkt knyttet til risikopolitikken. Grænsen definerer det niveau, hvor risikoen bliver betingelsesløst uacceptabel – over dette niveau skal risikoreducerende foranstaltninger indføres for enhver pris.

Den øvre grænse for passagerernes og vejbrugernes individuelle risiko på den faste forbindelse er fastsat, som angivet herunder, hvilket er lidt højere end den generelle risiko for jernbanepassagerer og vejbrugere på land:

Individuel risiko	Vejbrugere	Jernbanepassagerer
Øvre grænse	100×10^{-9} dødsfald pr. passage	5×10^{-9} dødsfald pr. passage

Følgende risikotyper har indgået i de gennemførte risikoanalyser:

Risici i driftsfasen	Risici i byggefasen
<ul style="list-style-type: none"> • Risiko for passagerer • Risiko for afbrydelse • Risiko for økonomisk tab • Risiko for miljøskader • Risiko for sejlad 	<ul style="list-style-type: none"> • Risiko for arbejdsstyrken • Risiko for væsentligt økonomisk tab • Risiko for lange forsinkelser • Risiko for miljøskader

Sikkerhedskonceptet for en fast forbindelse er etableret i overensstemmelse med risikopolitikken og risikostyringen. Sikkerhedsforanstaltningerne kan knyttes til de følgende fire grupper:

- *Foranstaltninger, som forhindrer mulige ulykker:* Automatisk Tog Kontrol systemer (ATC), detektorer for varmtløbne bremses, gas detektorer, tog profil kontrol, trafikstyringscenter, system for skibstrafikovervågning (VTS system), osv.,
- *Foranstaltninger, der begrænser omfanget af ulykker:* Enkeltsporstunnel, "kør-ud" koncept, beregning af konstruktioner for ulykkestilfælde, valg af brandsikre materialer i tog og tunnel, styring af tog med brændbart og farligt gods, brand-detekteringssystemer, trafikkontrol og udstyr og procedurer for stop af trafikken i tilfælde af ulykker, videoovervågning i vejttunneler osv.,
- *Foranstaltninger, som forbedrer selvredning:* Nødfortove i tunneler og på broer, adgang til et tilflugtsområde inden for kort afstand og tid, tilflugtsområder i tværpasager eller flugtkorridorer (i borede tunneler og sænketunneler), tilflugtssteder, nødventilation i tunneler osv.,
- *Foranstaltninger, der forbedrer assisteret redning:* Adgang med vejkøretøjer fra nabo-tunnelen, nødventilation, og specielt redningsmateriel for bro og tunnel osv.

Der skal etableres en speciel organisation til at drive forbindelsen og til at styre sikkerhed og redning, og der skal etableres procedurer for enhver forudseelig hændelse, også uheldssituationer og undtagelseshændelser.

Det forudsatte sikkerhedsudstyr og de forudsatte foranstaltninger for jernbaner, vej-tunneler og broer er opført i følgende tabel:

Jernbanetunneler

- Konstruktive foranstaltninger i tunneler: adgangsveje til portaler, adgang for vej-køretøjer til spor, nødfortove, tilflugtssteder med ventilation, tværpasser, flugtkorridorer
- Systemer og udstyr i tunneler:
 - Kommunikationsudstyr, telefon, radio og højttalersystem
 - Branddetekteringssystem
 - Brandbekæmpelse, brandvandsledning
 - Fejlsikkert signalsystem med ATC
 - Nødventilation
 - Tunnelbelysning
 - Afspøringskontrol, detektor for varme aksler
 - Profilkontrol
 - Tunnel indkørselskontrol
- Redningskøretøjer, nødcentre og aftaler med eksterne redningstjenester
- Integreret kontrolcenter og styring af tekniske installationer og nødprocedurer

Vejtunneler

- Konstruktive foranstaltninger, nødfortove, tilflugtssteder med ventilation, tværpasser, flugtkorridorer, brandbeskyttelse i tunnelloft og øverst på vægge
- Systemer og udstyr i tunneler:
 - Kommunikationssystemer, telefon, radio, højttalersystem
 - Branddetekteringssystem
 - Brandbekæmpelse, brandvandsledning
 - Nødventilation, røgfjernelse
 - Tunnelbelysning
 - Profilkontrol
 - Tunnel indkørselskontrol, trafiklys og bomme
 - Luftkvalitetskontrol, CO, NO_x, sigtbarhed
 - Trafikkontrol og informationssystem
 - Automatiske køretøjstællere for at undgå trafikprop
 - Nødstationer ved tværpasser: telefon, håndholdte brandslukkere, brandhaner, brandalarm
- Trafikkontrolcenter, video, overvågning, svar på nødkald, styring af brandalarm, luftkvalitetskontrol og drift af ventilationsanlæg
- Redningskøretøjer, nødcentre og arrangement for eksterne redningstjenester

Jernbanebroer

- Konstruktive foranstaltninger, beregning for skibsstød, nødfortove, adgang til vejniveau
- Systemer og udstyr:
 - VTS, Skibstrafikovervågning
 - Detektorer for skibsstød
 - Fejlsikkert signalsystem med ATC
 - Detektorer for varme aksler
 - Afspøringskontrol
 - Kommunikationssystem
- Redningskøretøjer, nødcentre og aftaler med eksterne redningstjenester
- Integreret kontrolcenter for vej og bane for styring af tekniske installationer og nødprocedurer

Vejbroer

- Konstruktive foranstaltninger, beregning for skibsstød
- Systemer og udstyr:
 - Autoværn
 - Vindskærme (hvis nødvendigt)
 - Nødspor
 - VTS Skibstrafikovervågning
 - Detektorer for skibsstød
 - Trafikkontrolsystem
 - Trafikinformationssystem, advarsel mod is og vind
 - Nødtelefoner
 - Adgangskontrol til bro, trafiklys og bomme
 - Redningskøretøjer, nødcentre og arrangement for eksterne redningstjenester

Installation, drift og vedligehold af dette udstyr er medregnet i prisoverslagene. Der vil også blive indbygget sikkerhedsforanstaltninger i det rullende materiel f.eks. kommunikationsudstyr, branddetektorer, brandbekæmpelsesmidler, brandvægge, kapacitet til at køre 30 minutter i brand- og røgtætte passagervogne etc.

Anvendt trafikgrundlag

Som en del af de tekniske undersøgelser blev der på et tidligt tidspunkt udarbejdet og anvendt et skøn over trafikken ved forskellige udformninger af en fast forbindelse.

Resultatet af dette skøn er anført i følgende tabel:

Antaget trafikmængde		År 2010	År 2030
Vejforbindelse			
AADT (årsdøgnstrafik)	(køretøjer/dag)	7.400	8.900
Trafikmængde ved spidsbelastning for turisttrafik ²	(køretøjer/time)	1.400	1.700
Trafik i én retning ³	(køretøjer/time)	940	1.100
Biltogsforbindelse			
20% reduktion af AADT ¹	(køretøjer/dag)	5.900	7.000
Trafikmængde ved spidsbelastning for turisttrafik ²	(køretøjer/time)	1.120	1.330
Trafik i én retning ³	(køretøjer/time)	750	890

Noter: ¹ Reduktion i forhold til AADT for vejforbindelsen

² 19% af AADT

³ 67% af trafikmængden ved spidsbelastning

Jernbanetrafikken er skønnet på grundlag af et dispositionsforslag udført af DSB i 1992 vedrørende forbedringer på den eksisterende København-Rødby linie. Det beregnede antal tog i år 2010 er 32 passagertog og 80 godstog pr. dag i begge retninger. Passagertogene og godstogene er antaget at være henholdsvis 150 m og 700 m lange.

Miljørigtig projektering

Gennem hele forundersøgelserforløbet er der foregået et tæt samarbejde mellem de tekniske og de miljømæssige undersøgelser med det formål, løbende at optimere projekteringen miljømæssigt. I praksis er dette foregået ved, at der for miljøundersøgelserne fra starten af kyst-til-kyst undersøgelserne blev udarbejdet en retningslinie for miljørigtigt design, der løbende er videreudviklet og opdateret. Denne retningslinie har hele tiden været anvendt som en del af projektgrundlaget for de tekniske undersøgelser og har endvidere været udgangspunkt for en konstant dialog mellem de ansvarlige for de to undersøgelsesprogrammer.

De helt dominerende aktiviteter i forbindelse med miljøoptimeringen har drejet sig om at designe konstruktionerne med den mindst mulige hydrauliske modstand for at minimere en eventuel fast forbindelses påvirkning af strømningforholdene i Femer Bælt og dermed salt- og iltforholdene i Østersøen.

Det endelige niveau for den miljømæssige optimering i de tekniske undersøgelser er fundet i den afsluttende del af undersøgelserne. Dette niveau er defineret via væsentlige, men økonomisk rimelige, ændringer af den generelle udformning af løsningsmodellerne samt konstruktioner og konstruktionsdetaljer, og det er anvendt i beskrivelsen af løsningsmodellerne og i den endelige sammenligning.

Yderligere mulige ændringer, som har høje tillægsomkostninger, og for hvilke den miljømæssige effekt er usikker på det nuværende stadium, betragtes som fremtidige valgmuligheder for reduktion af miljøpåvirkningerne. Eksempler herpå er kompensationsafgravninger og landdepoter for overskudsjord.

På dette grundlag blev konstruktionerne gennemgået og forbedret og derefter anvendt i de sidste miljømæssige vurderinger. Hovedelementerne i dette sidste skridt i optimeringen af konstruktionerne er:

1. Mere strømlinede beskyttelsesøer er blevet defineret ved hængebroens ankerblokke, for ventilationsskiftet ved de kombinerede tunnelloøsninger 4, 5, 4.1 og 5.1, og er overvejet som et alternativ i forbindelse med ankerpillerne i skråstagsbroen.
2. Sænketunneler og brofundamenter er nedsænket i havbunden for at undgå modstand mod vandgennemstrømningen.
3. Tilslutningsbroernes spændvidder er øget til 240 m, hvilket er længere end det rent tekniske optimum, som blev fundet i dispositionsforslaget.
4. Skafterne på alle sænkekasser på tilslutningsbroerne har en elliptisk form og er orienteret i den fremherskende strømretning.
5. Pylonernes funderinger ved hovedbroen er yderligere strømlinet.
6. Ramperne er så korte som muligt og er placeret inden for deponeringsområderne.
7. Deponeringsområderne er optimeret med hensyn til form og størrelse.

Den seneste retningslinie for miljørigtigt design er brugt som grundlag for disse forbedringer.

Specielle undersøgelser

Der er gennemført en lang række særlige undersøgelser gennem hele forløbet af de tekniske undersøgelser. I fase 2 har der især været tale om undersøgelser af følgende forhold:

- Detailundersøgelser af en række risikoaspekter.
- Risici for skibskollisioner med en fast forbindelse.
- Tunnelventilationsforhold.
- Biltog for vejkøretøjer.
- Betalingsanlæg for brugere af den faste forbindelse.
- Udformning af ventilationsøer.
- Æstetiske forhold.

Disse undersøgelser er kort omtalt i det følgende.

Risikoaspekter

Som en del af den samlede risikostyring er der gennemført en række studier af risici ved forskellige aktiviteter og hændelser i forbindelse med etablering og drift af en fast forbindelse. Erfaringer fra andre lignende projekter har været inddraget i dette arbejde. Risikostudierne på dette stadium har til formål at angive, hvorvidt løsningsmodellerne er acceptable, samt at danne grundlag for mere detaljerede risikostudier senere i projekteringen.

Der er gennemført risikostudier for følgende udvalgte risici, mens de nævnte udestående risici ikke har været særligt studeret på dette stadium:

Udvalgte risici	Udestående risici
<ul style="list-style-type: none"> • Togulykker • Vejulykker • Skibulykker • Brand i køretøjer • Vind • Andre klimatiske hændelser • Sabotage og lignende 	<ul style="list-style-type: none"> • Flyulykker • Brand og eksplosion i tog, skibe og installationer • Svigt af udstyr • Ekstreme hydrografiske forhold • Ugunstige jordbundsforhold • Ugunstige konstruktionsforhold

De største risici kommer fra tog- og vejuheld samt skibsuheld. Konsekvenserne af uønskede hændelser er udtrykt i form af dødsfald, økonomiske tab, forsinkelser, afbrydelser og miljøskader. De økonomiske konsekvenser er udmøntet i risikotillæg i de angivne prisoverslag for løsningsmodellerne.

Risiko for skibskollisioner

Denne undersøgelse har haft til formål at afdække og kvantificere risici for løsningsmodellerne relateret til skibstrafikken i Femer Bælt, således at disse risici har kunnet integreres i projekteringen og prisoverslagene. Der er analyseret på eksisterende tal for skibstrafikken og udarbejdet en fremskrivning til år 2010, der resulterer i 40-45.000 årlige passager. En igangsat konkret trafiktælling i Femer Bælt vil senere give det nødvendige grundlag for eventuelle justeringer af studiets resultater.

Et afgørende forhold her er, hvordan skibspassagerne fordeler sig over bæltets bredde, idet der ikke i Femer Bælt er en påbudt sejlbredde, da bæltet er mere end 20 m dybt i næsten 10 km's bredde.

Den væsentligste risiko i forbindelse med vejtunnelløsningerne er ventilationsskakterne midt i bæltet; disse forudsættes beskyttet 100% mod skibskollisioner via kunstige øer omkring skakterne. Et foreløbigt design for sådanne ventilationsøer er udarbejdet.

Broernes risici i forbindelse med skibskollisioner er væsentligt større end tunnelernes, og risikoen er en smule større for skråstagsbroen end for hængebroen; begge risici vurderes dog som acceptable.

Beregnet årlig hyppighed af afbrydelse af den faste forbindelse som følge af skibskollisioner:

	Pille kollisioner	Drager kollisioner	Total
Skråstagsløsning	3.8×10^{-4}	2.2×10^{-4}	6.0×10^{-4}
Hængebroløsning	2.5×10^{-4}	2.3×10^{-4}	4.7×10^{-4}

Designet af broløsningerne er videreudviklet i fase 2 blandt andet med udgangspunkt i vurderingerne af risici for skibskollisioner.

Tunnelventilation

Under normal drift af jernbanetunneler kræves ikke kunstig ventilation på grund af stempeleffekten fra togenes passage af tunnelen. Der er dog behov for nødventilationssystemer.

Vejtunnelerne kræver derimod kunstig ventilation for at opnå tilstrækkeligt luftskifte, og her er det indholdet af kvælstofilter (NO_x), der er afgørende for dimensioneringen af ventilationsanlæggene. Der foreslås her et semi-tværv ventilationssystem med én ventilationsø midt i bæltet. Karakteristiske data for vej tunnelernes ventilationssystemer fremgår af følgende tabel:

Løsningsmodel		4	5	4.1	5.1
Antal tunneler/rør		2	2	1	1
Beregningsmæssig trafik AADT	(køretøjer/dag)	8.900	8.900	7.400	7.400
Friskluftsbehov	(m^3/s)	2 x 1.200	2 x 1.200	1 x 2.000	1 x 2.000
Antal ventilationssektioner		2 x 4	2 x 4	1 x 4	1 x 4
Friskluftsbehov pr. sektion	(m^3/s)	300	300	500	500
Udblæsningsluft pr. sektion	(m^3/s)	200	200	200	200
Tværsnitsareal for					
- Luftforsyning	(m^2)	2 x 16,8	} 2 x 17 ¹	1 x 51	} 1 x 26 ¹
- Udblæsningsluft	(m^2)	2 x 10,5		1 x 17	
- Trafikareal	(m^2)	2 x 50	2 x 50	1 x 67	1 x 67
Total ventilator kapacitet	(MW)	18,4	18,4	6,9	14,0

Note: ¹ Kanal for udblæsningsluft er inkluderet, normalt brugt som forsyningskanal

Kravene til ventilation er dimensionsgivende for vej tunnelernes kapacitet og bevirker, at disse løsningsmodellers teoretiske maksimumskapaciteter ikke umiddelbart vil kunne udnyttes. Dette giver dog ingen problemer for de p.t. eksisterende vurderinger af det fremtidige trafikniveau, der er væsentligt under disse teoretiske maksimale kapaciteter.

Biltog

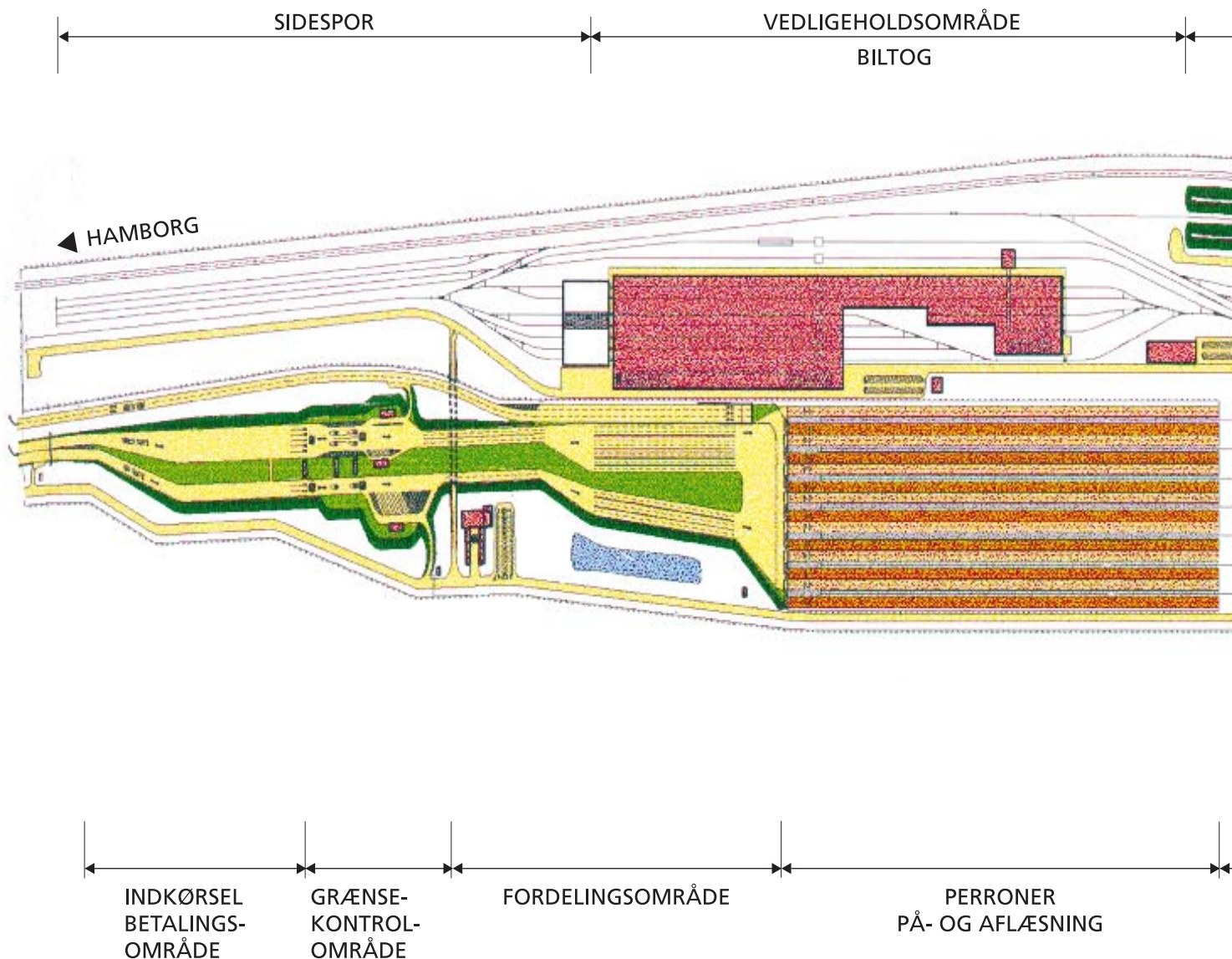
Biltogssystemerne, der er et hovedelement i løsningsmodellerne 1 og 2, består af 3 dele:

- Selve biltoget, dvs. det rullende materiel.
- Terminalerne på den danske og tyske side.
- Jernbaneforbindelsen mellem de to terminaler, dvs. selve tunnelstrækningen.

Ved udformningen af biltogene er i høj grad taget udgangspunkt i de biltog, der er i drift i tunnelen under Den Engelske Kanal.

PUTTGARDEN TERM

AREAL = 80 ha



Terminalområderne på de to sider af bæltet er næsten ens, bortset fra værksteder for vedligehold af det rullende materiel i Puttgarden-terminalen og det supplerende værksted for reparationer og let vedligehold i Rødby-terminalen. Plan for Puttgarden-terminalen er vist på figuren nedenfor.

Biltogsanlæggene vil kræve et driftspersonale på ca. 810 personer; ved spidsbelastning ca. 950 personer.

Plan over biltogsterminal i Puttgarden.

MINAL

ULYKKES/REDNINGSOMRÅDE →

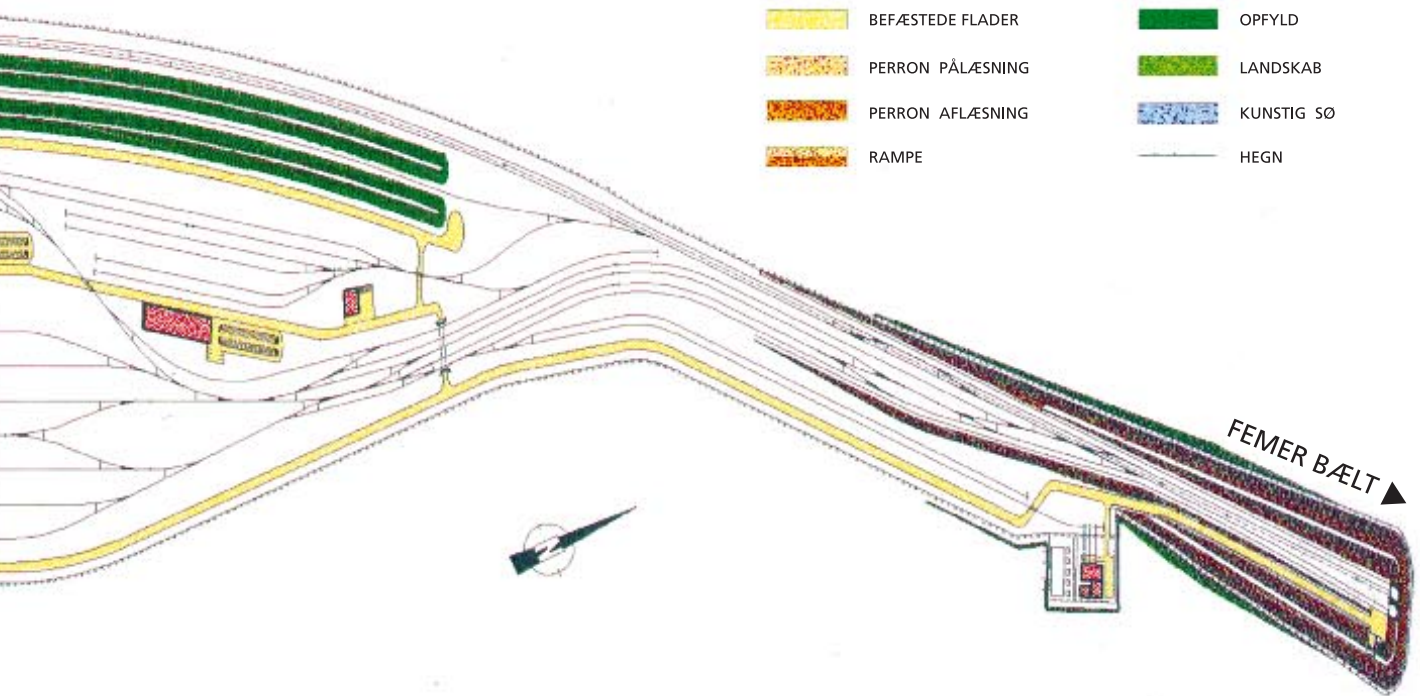
MÅLESTOK FORTEGNET 1:2.5

LÆNGDE 0m 100m 200m 300m 400m 500m

BREDDE 0m 100m 200m

SIGNATUR:

	BYGNINGER		UDGRAVNING
	BEFÆSTEDE FLADER		OPFYLD
	PERRON PÅLÆSNING		LANDSKAB
	PERRON AFLÆSNING		KUNSTIG SØ
	RAMPE		HEGN



FORDELINGSSPOR TIL PERRONER

RAMPE

PORTAL

FEMER BÆLT

Betalingsstationer

Det er forudsat, at brugerne af vejforbindelserne skal betale en afgift. Betalings-systemet skal i princippet være det samme for alle løsningsmodeller og påregnes baseret på en kombination af automatiske betalingsanlæg og personlig betjening.

Det foreslås, at betalingsanlæggene kombineres med grænsekontrol, såfremt denne stadig er påkrævet ved etablering af en eventuel fast forbindelse. For løsningsmodellerne 1 og 2 foreslås et integreret anlæg på begge sider af bæltet, inden forbindelsen passerer. For alle de øvrige løsninger anbefales det at placere betalingsanlæg og grænsekontrol på den ene side sammen med kontrolcentret for vejtrafik og styringen af nødtjenester etc.

Ventilationsø

Designet af ventilationsøer er vist på figuren side 92-93 i miljøkapitlet. Øen er udformet med henblik på at give mindst mulig strømningsmodstand i bæltet; den er elliptisk formet med længdeaksen i den fremherskende strømningsretning.

Æstetik

Arkitekterne har løbende været involveret i de tekniske undersøgelser via møder med ingeniørgruppen, udarbejdelse af skitser og kommentarer til det aktuelle designstade. Alle elementer af konstruktionerne har været kommenteret; særlig vægt har været lagt på at skabe de bedst mulige og ikke-monotone oplevelser for brugerne af forbindelsen.

Beskrivelse af løsningsmodellerne

De otte løsningsmodeller beskrives sammenfattende i det følgende afsnit. Teksten er suppleret med tegninger, der viser:

- Plan og længdesnit af løsningsmodellen og
- Typiske tværsnit af de væsentligste konstruktioner og desuden et længdeprofil af hovedbroerne.

Længderne af løsningsmodellernes hoveddele, f.eks. ramper, gravet tunnel, sænke- eller boret tunnel, tilslutnings- og hovedbroer er angivet på længdesnittene.

Løsningerne for tunnelerne tager, ud over de funktionelle pladskrav, hensyn til de pladskrav, der er en følge af byggetolerancer, og jernbanetunnelerne indeholder desuden pladsmæssige reserver, der kan bruges ved senere ombygning og reparation. De anvendte tal kan ses på tværsnittene. Disse tal er baseret på vurderinger af opnåelige tolerancer i forbindelse med bygning af tunnelerne og behovet for reparation efter uheldstilfælde, som eksempelvis brande.

1

Løsningsmodel 1

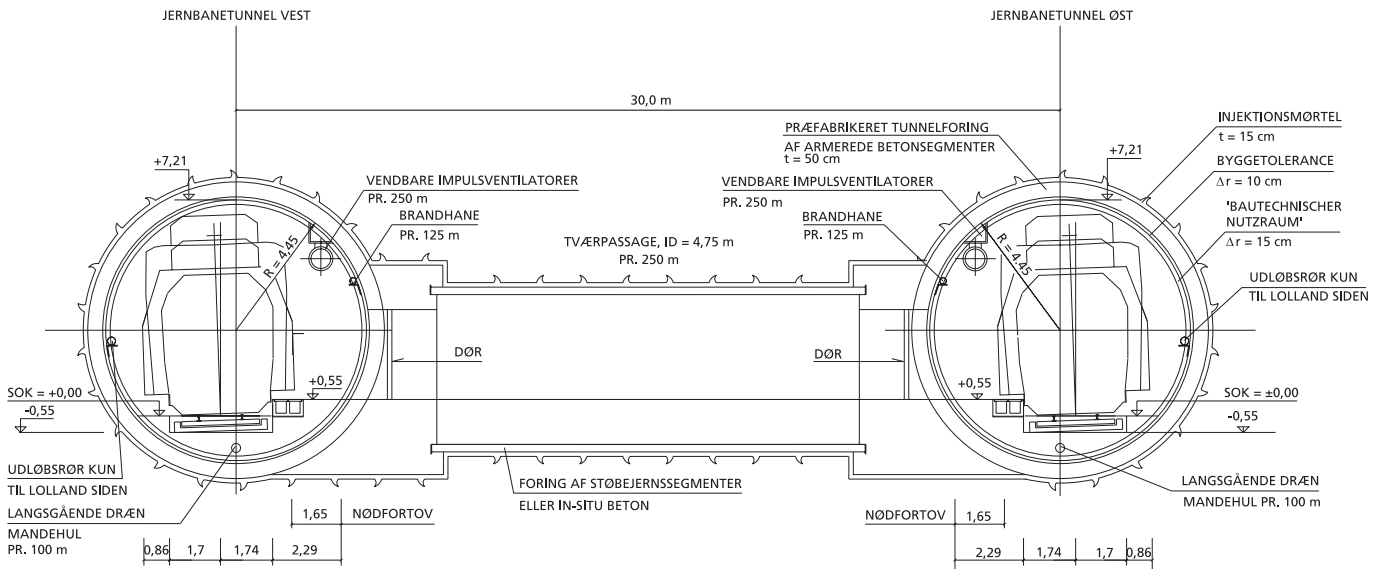
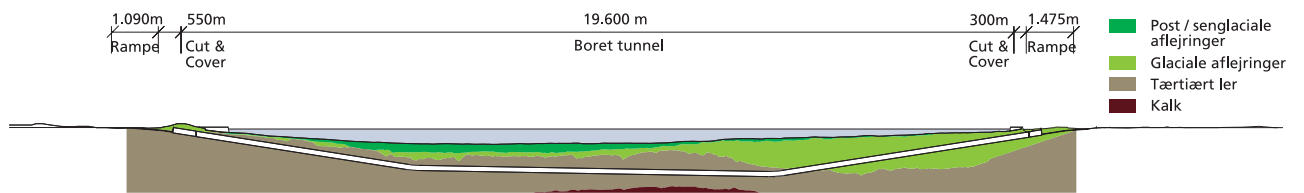
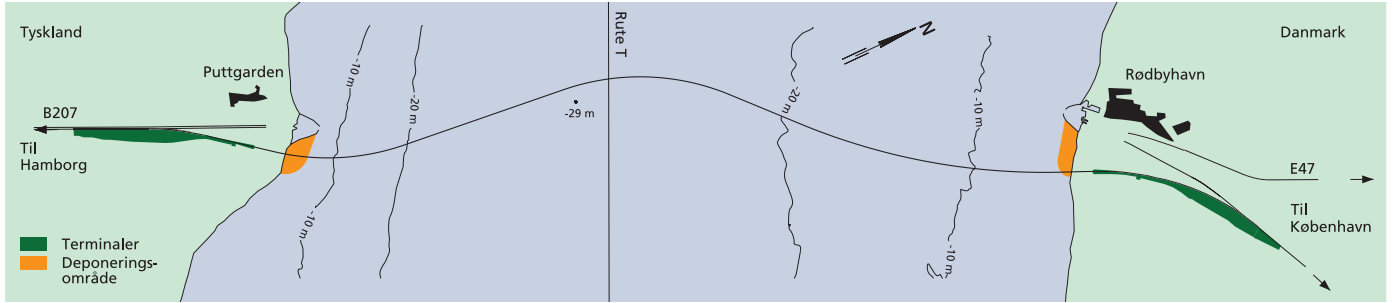
Løsningsmodel 1 med boret tunnel for jernbane og biltog har en total længde på 23.015 m, heraf 19.600 m som boret tunnel, og består af:

2 borede jernbanetunneler med enkeltspor, indvendig diameter 8,90 m, typisk tværafstand mellem centerlinier 30 m, tværpasser med 4,75 m indvendig diameter placeret for hver 250 m, 1 terminal på begge sider af bæltet.

Koncept for fast udstyr omfatter følgende:

- Tunnel ventilation: Vendbare impulsventilatorer til røgstyring i tilfælde af brand
- Pumpestationer i tunnelens dybdepunkt med rørledning til Lolland siden
- Pumpestationer i rampernes dybdepunkt til permanent grundvandssænkning og bortskaffelse af overfladevand
- Pumpestationer til brandbekæmpelse tæt på hver portal og brandvandsledninger i tunnelrørene samt i begge terminaler
- Jernbane-signalsystem og jernbane trafikstyringssystem
- Kontrol og kommunikation for jernbaner og biltog samt trafikstyringssystem for terminalerne (inklusive SCADA system)
- System til detektering af farligt gods i tunnelrørene
- System til detektering af brand i tunnelrørene
- Mekanisk udstyr så som døre til tværpasserne
- Udstyr til betalingssystemer ved terminalindgangene
- Strømforsyning og fordeling til kørestrøm og nødstrøm
- Køreledninger for hovedlinien, i tunnelerne og i terminalens drifts-, rangerings- og vedligeholdelsesområder
- Lysanlæg i tunnel og terminal.

Deponeringsområder tæt på kysterne og i strømningsmæssigt læ af de eksisterende havne i Femer Bælt (den typiske fremgangsmåde for deponering af overskudsjord for alle løsningsmodeller).



MÅL ER I m, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.

2

Løsningsmodel 2

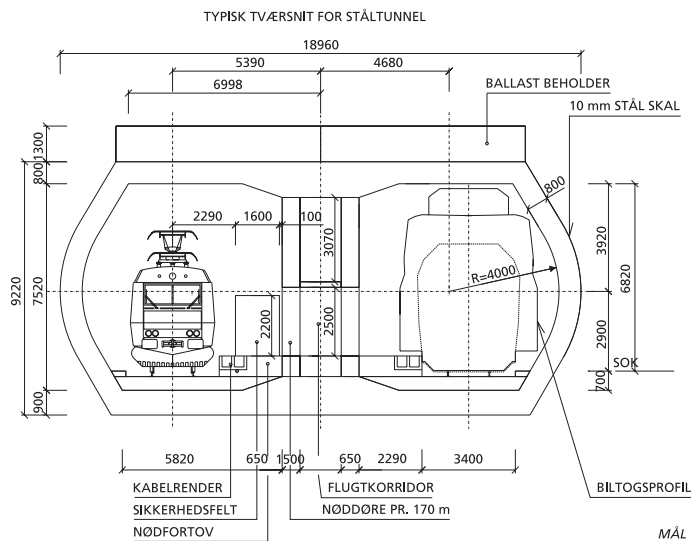
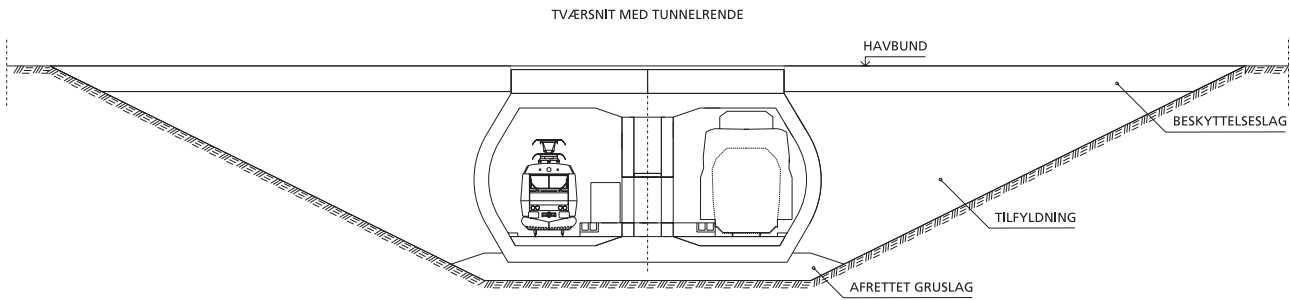
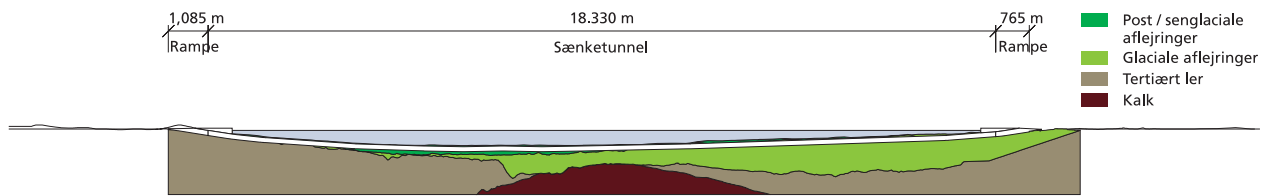
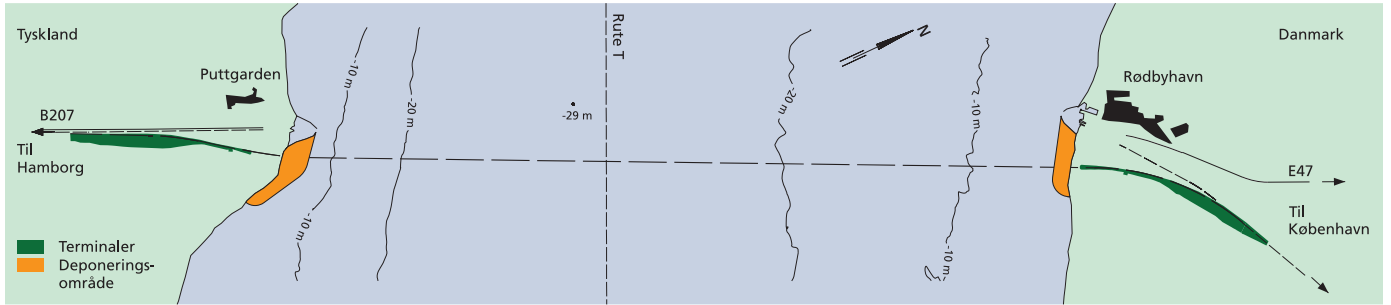
Løsningsmodel 2 med sænketunnel for jernbane og biltog har en total længde på 20.180 m, heraf 18.330 m som sænketunnel, og er beskrevet herunder:

1 sænketunnel med 2 enkeltsporsrør, indvendige dimensioner for begge rør: bredde: 7,28 m og højde: 7,52 m, central flugtkorridor 1,50 m bred mellem de to rør. Tværsnittets ydre dimensioner er bredde: 18,96 m og højde: 9,22 m. 1 terminal på begge sider af bæltet.

Koncept for fast udstyr omfatter følgende:

- Tunnelventilation: Vendbare impulsventilatorer til røgstyring i tilfælde af brand
- Pumpestationer i tunnelens dybdepunkt med rørledning til Fehmarn siden
- Pumpestationer i rampernes dybdepunkt til dræning og afvanding
- Pumpestationer til brandbekæmpelse tæt på hver portal og brandvandsledninger i tunnelrørene samt i begge terminaler
- Jernbane-signalsystem og jernbane trafikstyringssystem
- Kontrol og kommunikation for jernbaner og biltog samt trafikstyringssystem for terminalerne (inklusive SCADA system)
- System til detektering af farligt gods i tunnelrørene
- System til detektering af brand i tunnelrørene
- Mekanisk udstyr så som døre til flugtkorridorerne
- Udstyr til betalingssystemer ved terminalindgangene
- Strømforsyning og fordeling til kørestrøm og nødstrøm
- Køreledninger for hovedlinien, i tunnelerne og i terminalens drifts-, rangerings- og vedligeholdelsesområder
- Lysanlæg i tunnel og terminal.

Deponeringsområder i Femer Bælt som ved løsningsmodel 1.



MÅL ER I mm, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.

3

Løsningsmodel 3

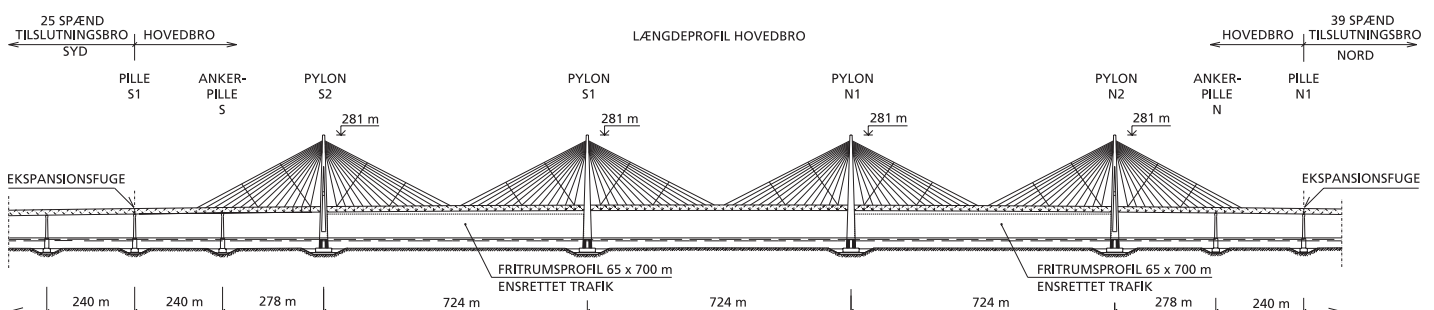
Løsningsmodel 3 med skråstagsbro for vej og jernbane har en total længde på 21.318 m, heraf en 18.568 m lang bro, og er beskrevet herunder:

Skråstagsbro med dobbeltdæk for vej og jernbane. 24,70 m bred kørebane for 4 vognbaner og 12,10 m bred, dobbeltspors jernbanedæk. Den 3.208 m lange hovedbro indeholder tre 724 m hovedspænd og sidespænd på 278 m og 240 m. Tilslutningsbroernes længder er 6.000 m (syd) og 9.360 m (nord), alle dragere har 240 m spænd og er enkelte eller dobbelte kompositkonstruktioner. To separate sejl-ruter har 700 m vandret og 65 m lodret frirum i de to yderste hovedspænd.

Koncept for fast udstyr omfatter følgende:

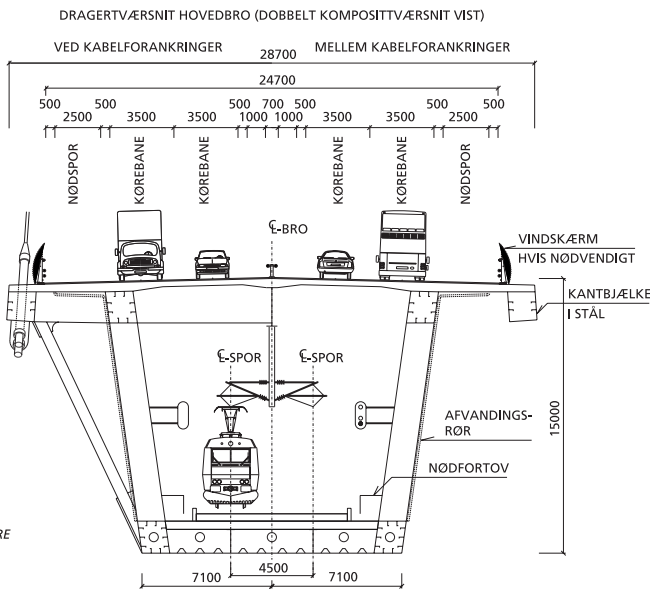
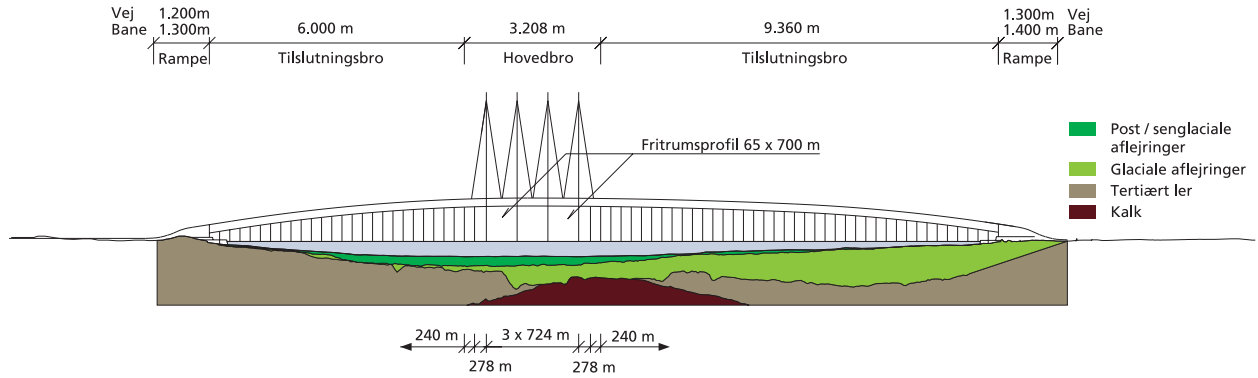
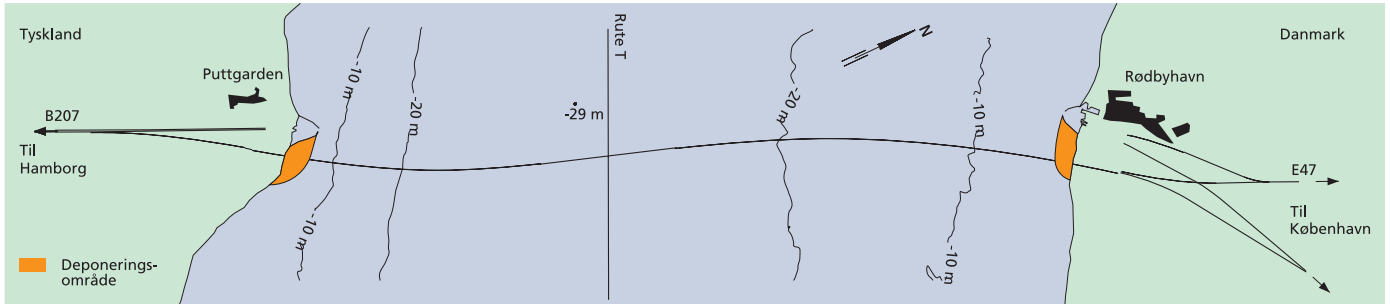
- Jernbane-signalsystem og jernbane trafikstyringssystem
- Kontrol og kommunikation for jernbaner (inklusive SCADA system)
- Lys for vejtrafikken, skilte og kontrol og kommunikationssystem (inklusive et SCADA system)
- Udstyr til betalingssystemer ved stationerne på den ene side for trafik i begge retninger
- Strømforsyning og fordeling til kørestrøm og nødstrøm
- Køreledninger for hovedlinien på broen

Områderne for ramper og landfæster rager ikke ind i Femer Bælt, deponeringsområder som beskrevet under løsningsmodel 1. Sænkekasser for piller og fundamenter for pyloner er placeret i Femer Bælt.

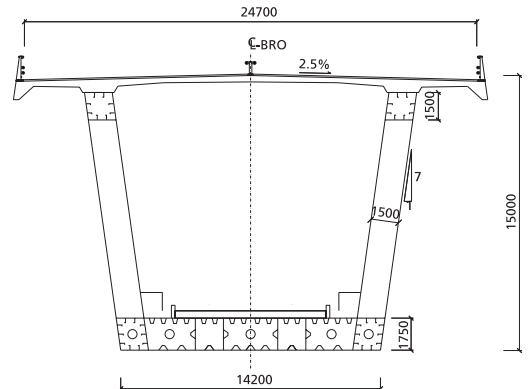


KYST-TIL-KYST UNDERSØGELSER

TEKNISKE LØSNINGER



DRAGERTVÆRSNIT TILSLUTNINGSBRO



MÅL ER I mm, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.

3.1

Løsningsmodel 3.1

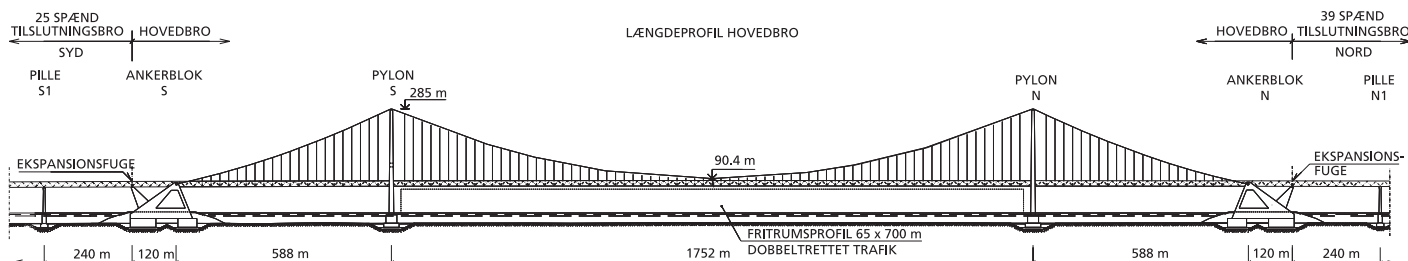
Løsningsmodel 3.1 med hængebro for vej og jernbane har en total længde på 21.278 m, heraf en 18.528 m lang bro, og er beskrevet herunder:

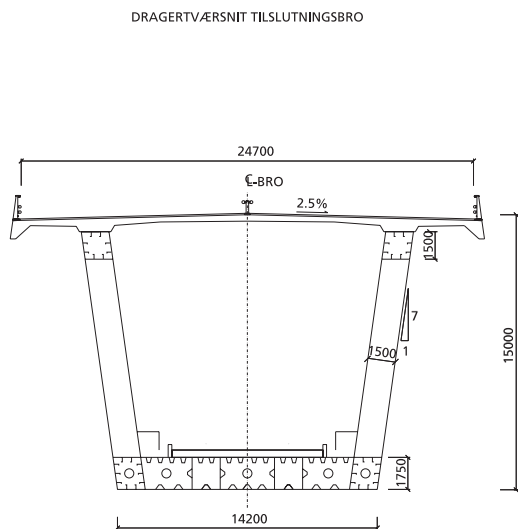
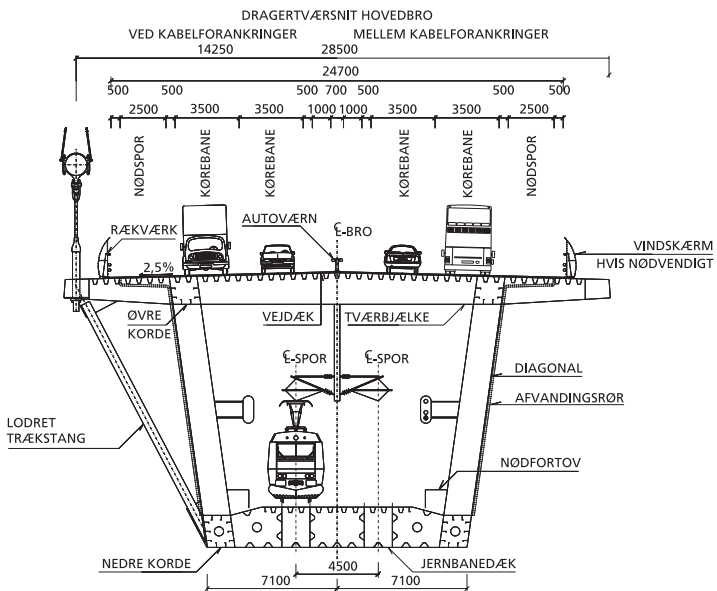
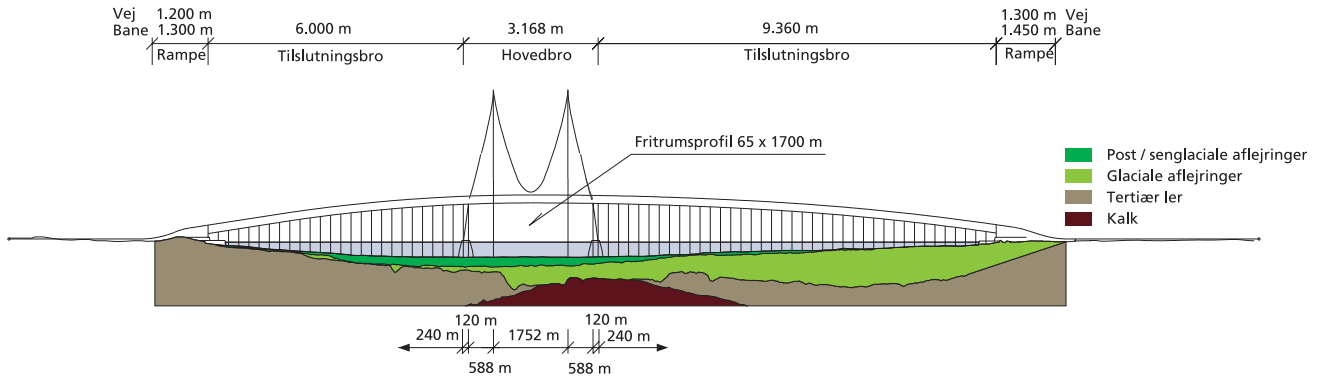
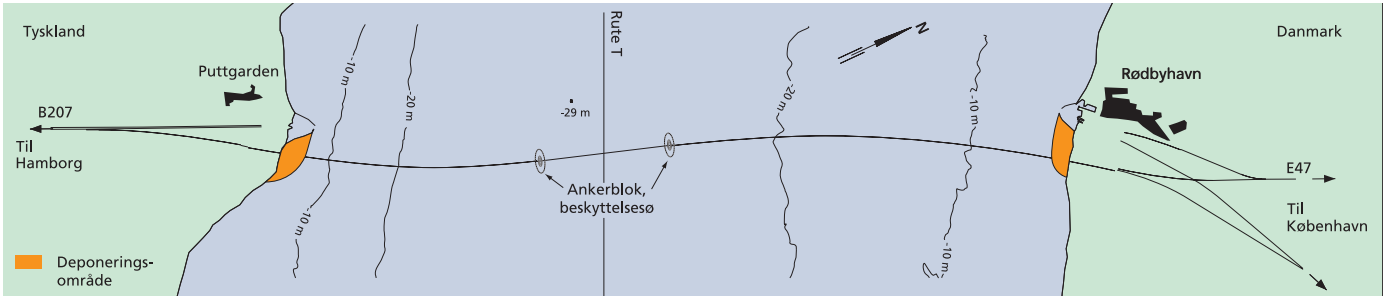
Hængebro med dobbeltdæk for vej og jernbane. 24,70 m bred kørebane for 4 vognbaner og 12,10 m bred, dobbeltspors jernbanedæk. Den 3.168 m lange hovedbro indeholder et 1.752 m hovedspænd og sidespænd på 588 m og 120 m. Tilslutningsbroernes længder er 6.000 m (syd) og 9.360 m (nord), alle dragere har 240 m spænd og er enkelte eller dobbelte kompositkonstruktioner, kun dækket på hovedbroen er en helstålskonstruktion. Sejlrueten har 1.700 m vandret og 65 m lodret frirum.

Konceptet for fast udstyr omfatter følgende:

- Jernbane-signalsystem og jernbane trafikstyringssystem
- Kontrol og kommunikation for jernbaner (inklusive SCADA system)
- Lys for vejtrafikken, skilte og kontrol og kommunikationssystem (inklusive SCADA system)
- Udstyr til betalingssystemer ved stationerne på den ene side for trafik i begge retninger
- Strømforsyning og fordeling til kørestrøm og nødstrøm
- Køreledninger for hovedlinien på broen

Områderne for ramper og landfæster rager ikke ind i Femer Bælt deponeringsområder som for de øvrige modeller. Sænkekasser for piller og fundamenter for pyloner og to elliptiske beskyttelsesøer for ankerblokkene med topdimensionerne 220 m x 660 m er placeret i Femer Bælt.





MÅL ER I mm, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.

4

Løsningsmodel 4

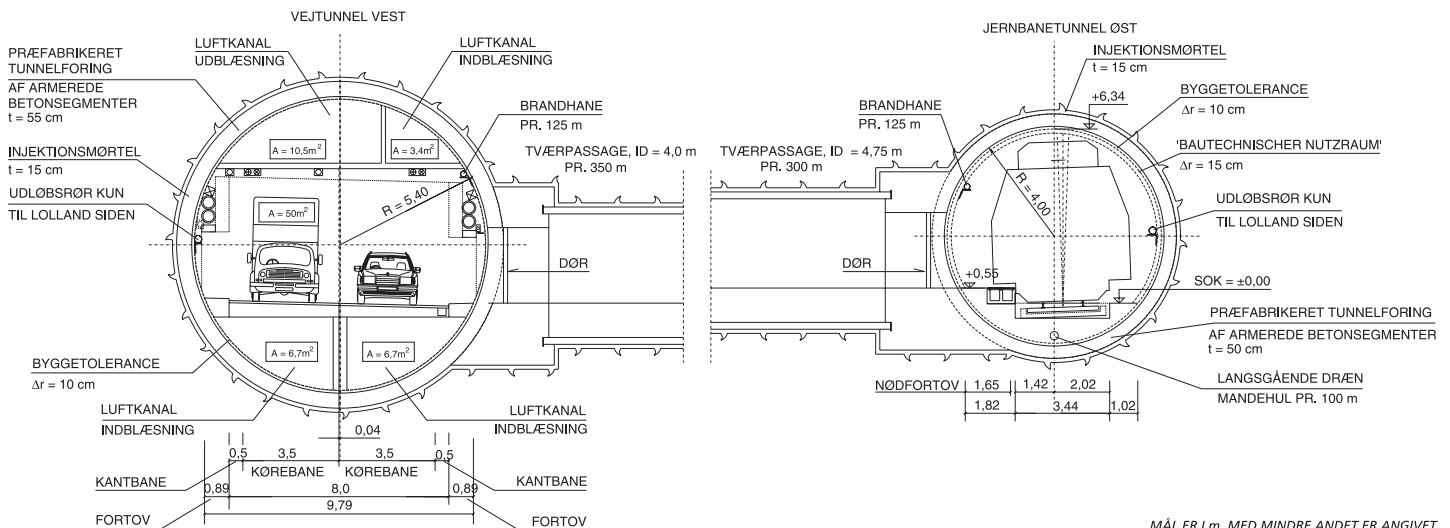
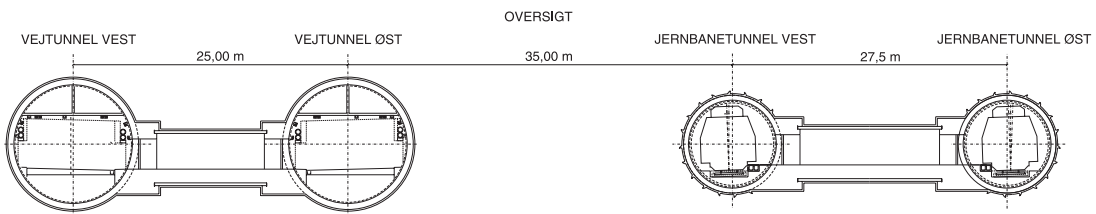
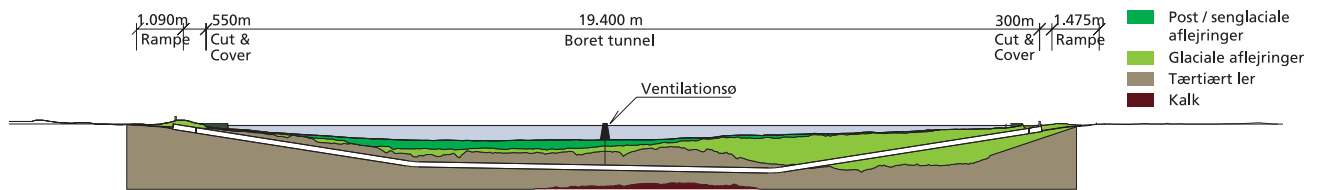
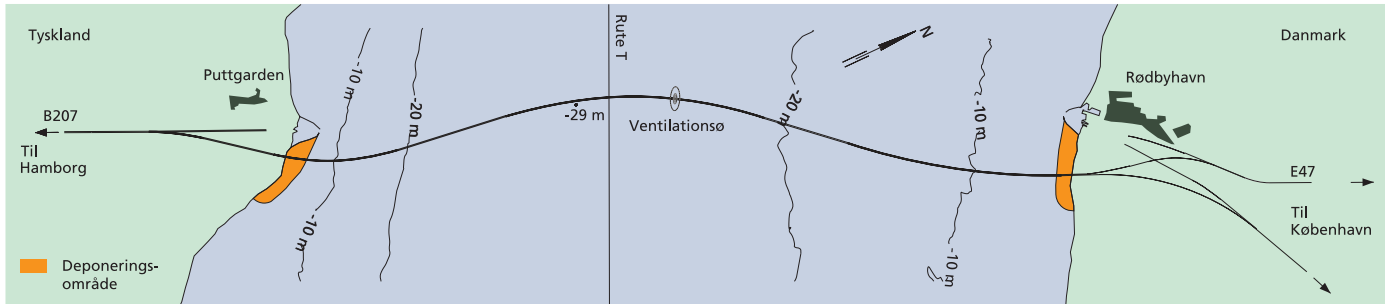
Løsningsmodel 4 med boret tunnel for vej og jernbane har en total længde på 22.815 m, heraf de 19.400 m som boret tunnel, og er beskrevet herunder:

- 2 borede jernbanetunneler med enkeltspor, indvendig diameter 8,00 m, typisk tværafstand mellem centerlinier 27,50 m, tværpasser med 4,75 m indvendig diameter placeret for hver 300 m og
- 2 borede vej-tunneler med dobbeltspor, indvendig diameter 10,80 m, typisk tværafstand mellem center-linier 25,00 m, tværpasser for hver 350 m med 4,00 m indvendig diameter, og typisk tværafstand mellem vej- og jernbanetunnelernes centerlinier 35,00 m.

Konceptet for fast udstyr omfatter følgende:

- Tunnelventilation: I vej-rørene både normal og nødventilation, i jernbanerørene nødventilation
- Pumpestationer i tunnelens dybdepunkt med rørledning til Lolland siden for både vej- og jernbanerørene
- System til detektering af farligt gods i vej- og jernbanerørene
- Pumpestationer i rampernes dybdepunkt til permanent grundvandssænkning og bortskaffelse af overfladevand
- Pumpestationer til brandbekæmpelse tæt på hver portal og brandvandsledninger i tunnelrørene
- Jernbanesignalsystem og jernbane trafikstyringssystem
- Kontrol og kommunikation for jernbaner (inklusive SCADA system)
- Trafiklys og skilte og kontrol og kommunikationssystem for vej-rørene inkl. videoovervågning og SCADA system
- Mekanisk udstyr såsom døre til tværpasserne
- Udstyr til betalingssystemer ved stationerne på den ene side for trafik i begge retninger
- System til detektering af brand i vej og jernbanerørene
- Strømforsyning og fordeling til kørestrøm og nødstrøm
- Køreledninger for hovedlinien i tunnelen

Deponeringsområder er placeret som for de øvrige modeller. En elliptisk ventilationsø med synlig topdimension på 95 m x 195 m for vej-tunnelens ventilation er placeret i bæltet.



MÅL ER I m, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.

5

Løsningsmodel 5

Løsningsmodel 5 med sænketunnel for vej og jernbane har en total længde på 20.455 m, heraf 18.565 m som sænketunnel, og er beskrevet herunder:

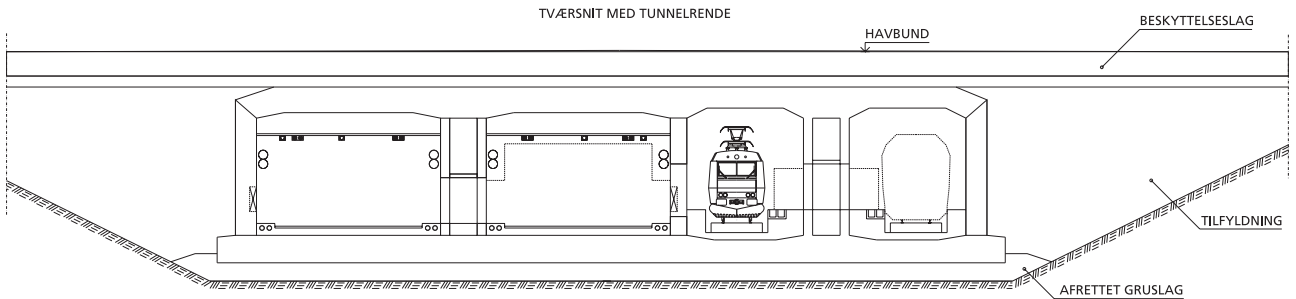
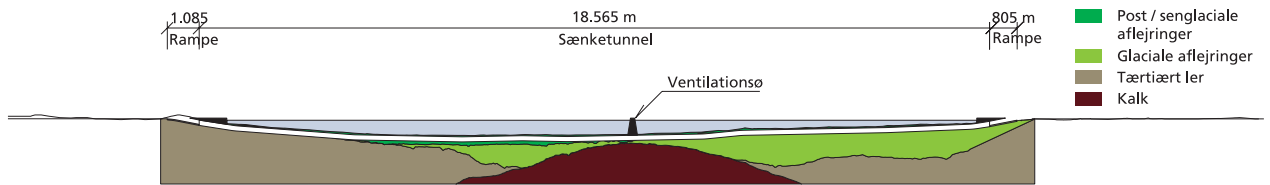
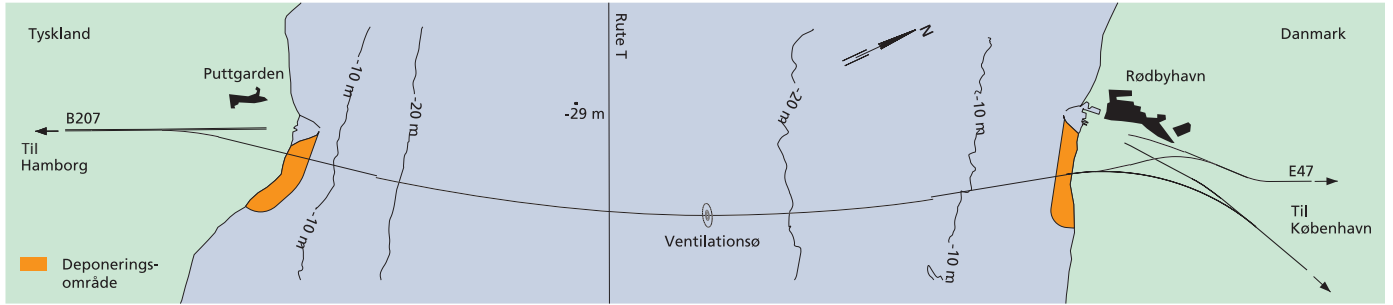
En sænketunnel for kombineret vej- og jernbanedrift med ydre dimensioner bredde 43,04 m og højde 9,95 m, underinddelt i

- 2 vejrør med hver 2 kørebaner og indvendige dimensioner: bredde 10,05 m og højde 7,05 m med en 1,50 m bred flugtkorridor imellem og
- 2 enkeltspors jernbanerør med indvendige dimensioner: bredde 6,37 m og højde 7,40 m med en 1,50 m bred flugtkorridor imellem.

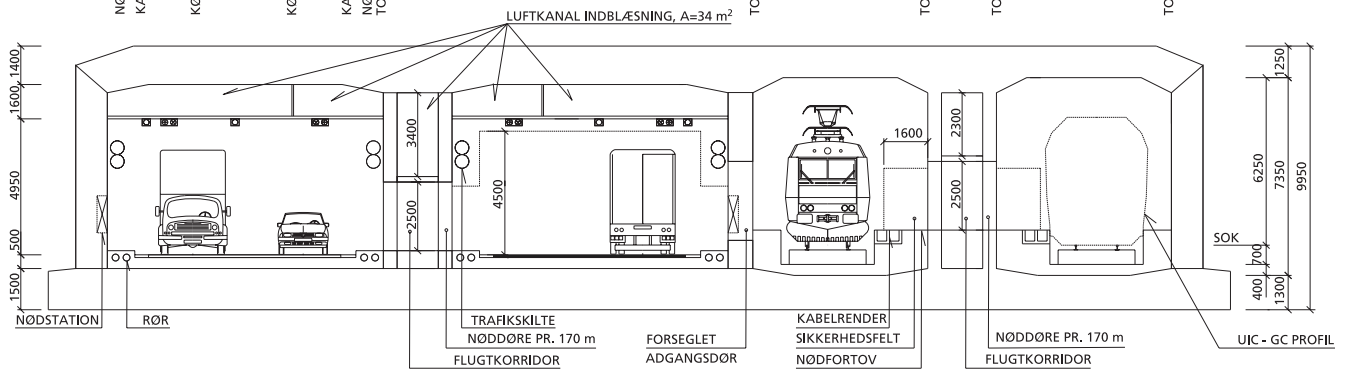
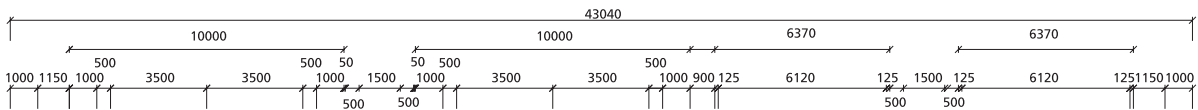
Konceptet for fast udstyr omfatter følgende:

- Tunnelventilation: I vejrørene både normal og nødventilation, i jernbanerørene nødventilation
- Pumpestationer i tunnelens dybdepunkt med rørledning til Fehmarn siden for både vej- og jernbanerørene
- System til detektering af farligt gods i vej- og jernbanerørene
- Pumpestationer i rampernes dybdepunkt til dræning og afvanding.
- Pumpestationer til brandbekæmpelse tæt på hver portal og brandvandsledninger i tunnelrørene
- Jernbane-signalsystem og jernbane trafikstyringssystem
- Kontrol og kommunikation for jernbaner (inklusive SCADA system)
- Trafiklys, skilte og kontrol og kommunikationssystem for vejrørene inkl. videoovervågning og SCADA system
- Mekanisk udstyr såsom døre til flugtkorridoren
- Udstyr til betalingssystemer ved stationerne på den ene side for trafik i begge retninger
- System til detektering af brand i vej og jernbanerørene
- Strømforsyning og fordeling til kørestrøm og nødstrøm
- Køreledninger for hovedlinien i tunnelen

Deponeringsområder er placeret som for de øvrige modeller. En elliptisk ventilationsø med synlig topdimension på 95 m x 195 m for vejtunnelens ventilation er placeret i bæltet.



TYPISK TVÆRSNIT KOMBINERET BETONTUNNEL



MÅL ER I mm, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.

4.1

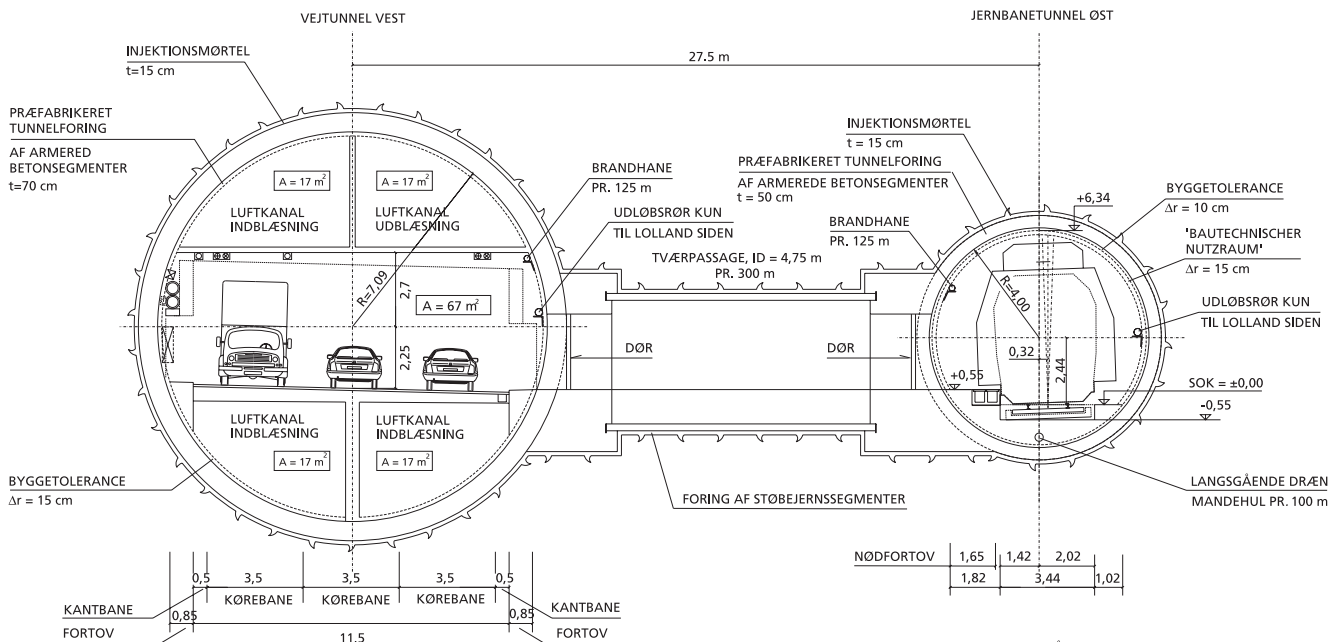
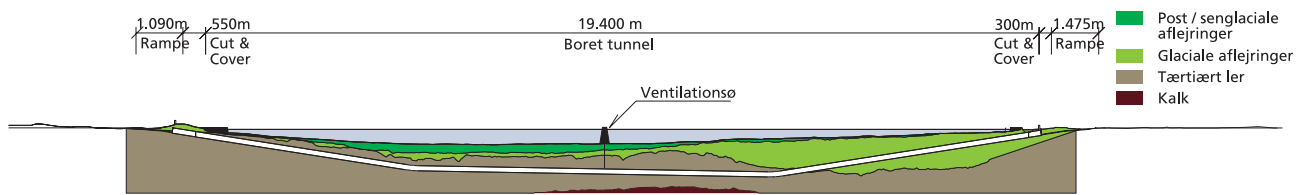
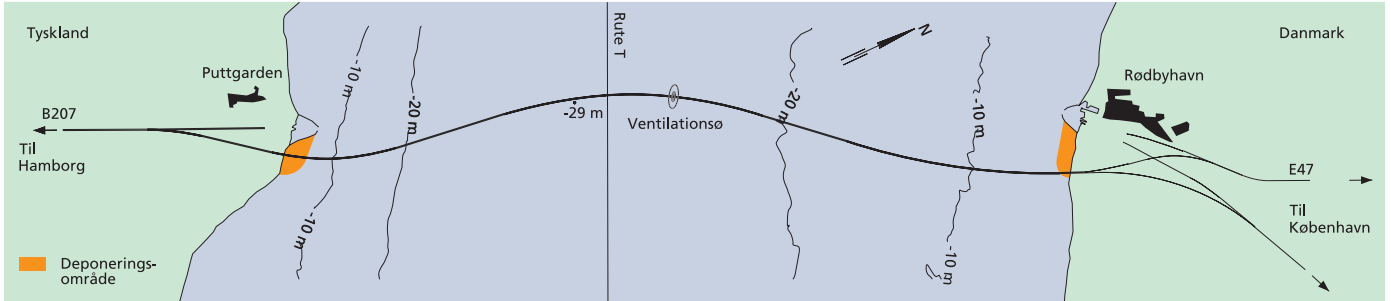
Løsningsmodel 4.1

Løsningsmodel 4.1 med boret tunnel for vej og jernbane har en total længde på 22.815 m, heraf 19.400 m som boret tunnel, og er beskrevet herunder:

- 1 boret jernbanetunnel med enkeltspor, indvendig diameter 8,00 m, tværpasager til den parallelt liggende vej-tunnel med 4,75 m indvendig diameter placeret med for hver 300 m og
- 1 boret vej-tunnel med tre kørebaner, indvendig diameter 14,18 m, tværpasager som defineret for jernbanen. Typisk tværafstand mellem jernbanetunnelens og vej-tunnelens center linier på 27,50 m.

Konceptet for fast udstyr omfatter principielt det samme som for model 4.

Deponeringsområder er placeret som for de øvrige modeller. En elliptisk ventilationsø med synlig topdimension på 95 m x 195 m for vej-tunnelens ventilation er placeret i bæltet.



MÅL ER I m, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.



5.1

Løsningsmodel 5.1

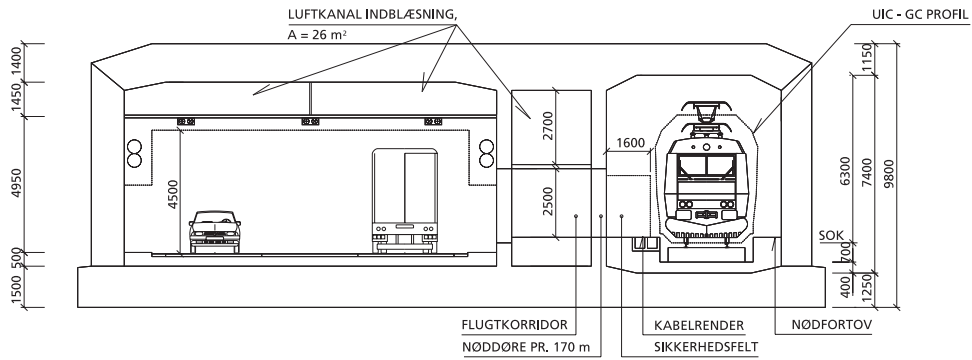
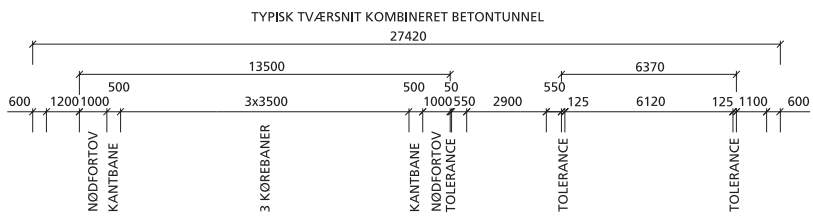
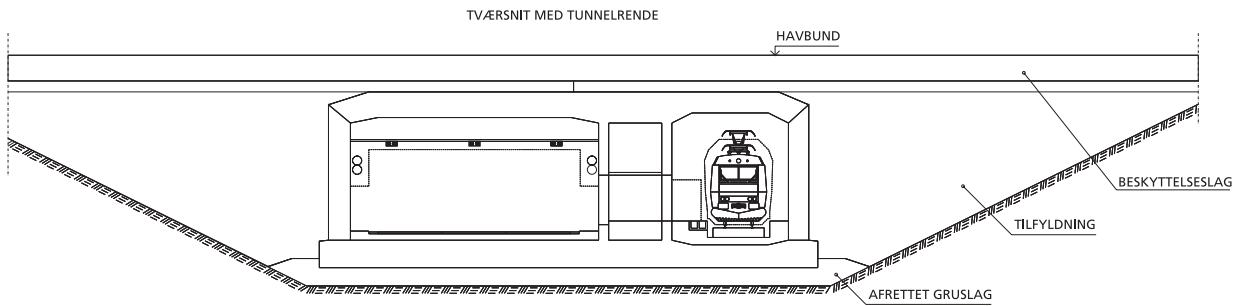
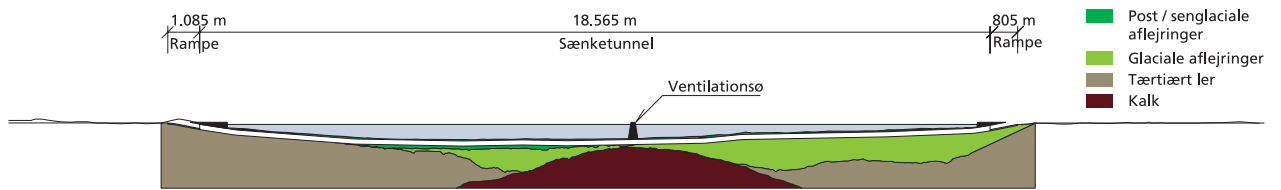
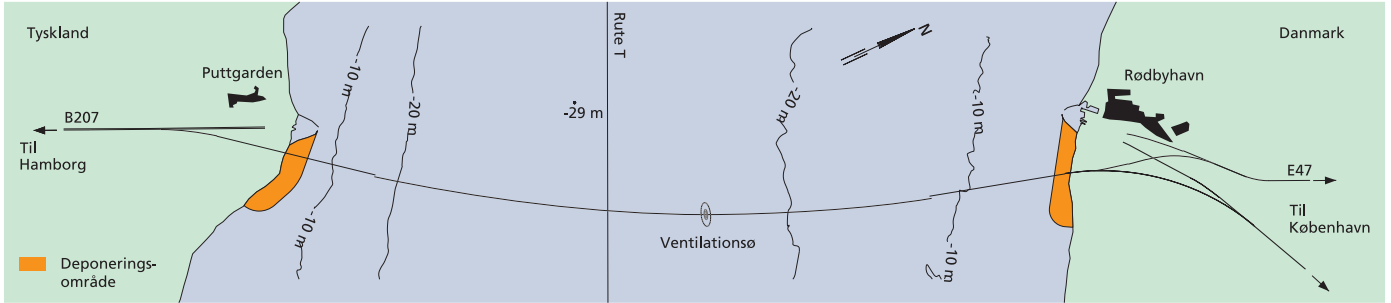
Løsningsmodel 5.1 med sænketunnel for vej og jernbane har en total længde på 20.455 m, heraf 18.565 m som sænketunnel, og er beskrevet herunder:

En sænketunnel for kombineret vej- og jernbanedrift med ydre dimensioner: bredde 27,42 m og højde 9,80 m, underinddelt i

- 1 vejrør med 3 kørebaner og indvendige dimensioner: bredde 13,55 m og højde 6,90 m med en 2,90 m bred flugtkorridor ved siden af vejrøret, og
- 1 enkeltspors jernbanerør med indvendige dimensioner: bredde 6,37 m og højde 7,40 m på den modsatte side af den ovennævnte flugtkorridor.

Konceptet for fast udstyr omfatter principielt det samme som for model 5.

Deponeringsområder er placeret som for de øvrige modeller. En elliptisk ventilationsø med synlig topdimension på 95 m x 195 m for vejtunnelens ventilation er placeret i bæltet.



MÅL ER I mm, MED MINDRE ANDET ER ANGIVET.

Prisoverslag og sammenligninger af løsningsmodeller

Sammenfatning af prisoverslag og anlægsperioder

Sammenfatningen af prisoverslag omfatter for alle løsningsmodeller to dele: Overslag over samlede projektkostninger og de samlede årlige omkostninger til drift og vedligehold.

De samlede projektkostninger er defineret, som følger:

Subtotal byggeomkostninger
+
Projektering, tilsyn og ledelse <i>(5,5% af subtotal byggeomkostninger)</i>
+
Bygherrens organisation som engangsbeløb
<hr/>
Totale byggeomkostninger
+
“Uforudsete” omkostninger <i>(10% af totale byggeomkostninger)</i>
+
Risikotillæg for byggefasen
<hr/>
Samlede projektkostninger
<hr/> <hr/>

Overslaget over subtotal byggeomkostninger, som er entreprenørens byggeomkostninger, er baseret på en opdeling af projektet i mængder og enhedspriser. Enhedspriserne er bestemt på grundlag af detaljerede informationer om omkostninger, som er stillet til rådighed fra entreprenører og producenter eller fra referenceprojekter eller fra begge kilder.

Oversigten over de samlede projektkostninger for de 8 løsningsmodeller fremgår af følgende tabel, der også indeholder en opdeling på vej og bane og ydermere en angivelse af 95% sikkerhedsinterval (øvre og nedre) for byggeomkostningerne:

Udgiftspost	Løsningsmodel							
	1	2	3	3.1	4	5	4.1	5.1
	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK
Byggeplads	—	881	1.702	1.702	—	1.384	—	1.095
Større byggemateriel	740	474	—	—	1561	636	858	503
Marine arbejder, montage, sænkning	—	918	1.280	1.332	—	947	—	947
Konstruktioner for TBM igangsætning	126	—	—	—	237	—	170	—
Konstruktioner	9.738	7.659	10.212	11.810	19.085	11.692	12.713	8.377
Hjælpekonstruktioner	15	15	—	—	148	148	96	96
Jordarbejder (ramper, tunnel render, fundamenter)	259	2.264	3.115	3.293	1.280	4.462	614	3.685
Vejbelægning	—	—	274	274	207	163	141	118
Spor	318	281	192	207	311	281	200	178
Ventilationsø / beskyttelsesø	—	—	—	1.480	207	192	207	192
Ventilationsskafte, luftkanaler forbindelsestunneler	—	—	—	—	281	133	200	89
Detailarbejde	355	370	259	259	1.177	851	807	481
Betalingsanlæg	59	59	59	59	59	59	59	59
Fast udstyr	1.051	1.036	599	599	1.613	1.628	1.243	1.273
Rullende materiel	4.973	4.973	—	—	—	—	—	—
Terminaler	2.316	2.316	—	—	—	—	—	—
Vej- og jernbaneforbindelser	104	104	259	259	207	207	104	104
Subtotal 1 – byggeomkostninger	20.054	21.342	17.952	21.275	26.370	22.785	17.412	17.196
Projektering, tilsyn og ledelse, antaget 5,5% af subtotal 1 – byggeomkostninger	1.103	1.174	987	1.170	1.451	1.253	958	946
Bygherrens organisation	1.036	1.036	851	851	851	851	851	851
Subtotal 2 – byggeomkostninger	22.193	23.551	19.791	23.296	28.671	24.890	19.221	18.992
Sikkerhedsinterval for byggeomkostninger:								
– Øvre 95% fraktil	27.613	28.480	24.624	28.985	35.341	29.812	23.689	22.752
– Nedre 95% fraktil	17.837	19.476	15.906	18.724	23.627	20.778	15.596	15.858
“Uforudsete udgifter” – 10% af subtotal 2 – byggeomkostninger	2.219	2.355	1.979	2.330	2.868	2.489	1.922	1.899
Risikotillæg for byggefasen	673	310	725	814	1166	554	999	377
Samlede projektkostninger	25.085	26.216	22.496	26.440	32.708	27.932	22.142	21.271
– Do. Vej	18.804	19.365	7.624	8.911	18.937	16.805	14.604	13.820
– Do. Bane	6.281	6.851	14.872	17.529	13.771	11.127	7.538	7.451
Byggeperiode (år)	7	6	6,5	7	8	7	8	7

Note: Omkostningsniveau juni 1996, moms ikke inkluderet.

De samlede årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger er defineret som følger:

Subtotal drifts- og vedligeholdelseskostninger
+
Projektering, godkendelse, tilsyn og ledelse <i>(11% af subtotal D&V omkostninger)</i>
<hr/>
Samlede drifts- og vedligeholdelseskostninger
+
“Uforudsete omkostninger” <i>(10% af samlede D&V omkostninger)</i>
+
Risikotillæg driftsfasen <i>(udtrykt som udgifter)</i>
<hr/>
Samlede projekt drifts- og vedligeholdelseskostninger
<hr/> <hr/>

Overslaget over subtotal drift og vedligeholdelseskostninger for tunneler og broer er baseret på følgende kilder:

- Årsstatistik for drifts- og vedligeholdelseskostninger for Gotthard vej-tunnelen i Schweiz og Limfjordstunnelen i Danmark.
- PIARC.
- Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan.
- Ablösungsrichtlinien für Brücken, 1980.

Oversigt over de samlede årlige drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for de 8 løsningsmodeller er angivet i følgende tabel, der også viser en opdeling af de samlede, årlige omkostninger på vej og bane:

Udgiftspost	Løsningsmodel							
	1	2	3	3.1	4	5	4.1	5.1
	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK	MDKK
Konstruktioner								
– Bygninger	—	—	1	1	2	2	1	1
– Tunneler	22	25	—	—	47	41	31	30
– Broer	—	—	166	199	—	—	—	—
– Terminaler inkl. bygninger	12	12	—	—	—	—	—	—
– Kunstig ø	—	—	—	—	1	1	1	1
Vedligehold af spor og vejbelægning	24	24	29	29	24	24	20	20
Rengøring og vintertjeneste	4	4	11	11	6	6	4	4
Administration, markedsføring, etc. ¹	89	89	59	59	59	59	44	44
Stab, arbejdskraft (gennemsnitlig løn) ²	267	267	41	41	41	41	31	31
Forsikring (tredje part) ³	56	56	37	37	44	44	37	37
Rådgivere	13	13	11	11	11	11	9	9
Vedligehold udstyr, køretøjer (til vej) ⁴	0	0	15	15	15	15	11	11
Rullende materiel, biltog ⁵	222	222	—	—	—	—	—	—
Fast udstyr	38	38	47	47	93	93	75	76
Nødforsyning af elektricitet	26	26	19	19	37	37	22	30
Strømforsyning til biltog	100	100	—	—	—	—	—	—
Strømforsyning til nationale jernbaner	25	25	25	25	25	25	25	25
Subtotal D&V omkostninger	898	901	460	493	406	399	312	320
Projektering, godkendelse, tilsyn og ledelse etc. (11% af subtotal D&V omkostninger)	99	99	50	54	45	44	34	35
Samlede D&V omkostninger	998	1.000	510	547	451	443	347	355
“Uforudsete omkostninger” (10% af samlede D&V omkostninger)	100	100	51	55	45	44	35	36
Risikotillæg for driftsfasen	4	4	22	21	18	17	26	27
Samlede projekt D&V omkostninger (MDKK/år)	1.101	1.103	583	623	513	503	407	417
– Do. Vej	955	956	356	368	400	395	314	324
– Do. Bane	146	147	227	255	113	108	93	93

Note:

¹ Administration og markedsføring kun for vejtrafik.

² Bemanding for LM1/LM2 = 810 personer (950 personer ved spidsbelastning), LM3/3.1/4/5 = 130 personer, og for LM4.1/5.1 = 100 personer.

³ Kun for vejtrafik.

⁴ Kun for veje. For LM1 og LM2 er omkostninger til arbejdstog indeholdt i investeringen i rullende materiel.

⁵ Rullende materiel for normale tog er ikke inkluderet. Overslag over D&V omkostninger baseret på antal kørte km, ekskl. arbejde.

Omkostningerne i de to foregående tabeller bruges til beregningerne af nutidsværdier for løsningsmodellerne, som beskrevet i næste afsnit.

Sammenligninger af løsningsmodellerne

Som det første resultat af de sammenlignende undersøgelser er nutidsværdien (pr. juni 1996) for de enkelte løsningsmodeller præsenteret i følgende tabel:

Løsningsmodel	1	2	3	3.1	4	5	4.1	5.1
NV (4%) (MDKK)	36.816	37.169	25.526	29.134	33.219	28.976	23.459	22.483
NV (6%) (MDKK)	29.648	29.831	21.783	25.197	29.704	25.429	20.730	19.620

I det følgende præsenteres de resulterende trafikkapaciteter for de forskellige løsningsmodeller defineret som jernbanens og vejens kapacitet som sammenligningsgrundlag. Endvidere beskrives mulighederne for en faseopdelt udførelse. Den endelige kapacitet af jernbanen anslås således:

Løsningsmodeller 1 og 2, jernbane og biltogsdrift:

Vej- og baneanlæg på land

2 spor, mere end 400 tog pr. dag, antaget fordeling:

260 biltog pr. dag (11.200 køretøjer pr. dag)/140 internationale tog pr. dag.

Løsningsmodel 4.1 og 5.1, kun jernbanedrift:

1 spor, 100 til 120 tog pr. dag.

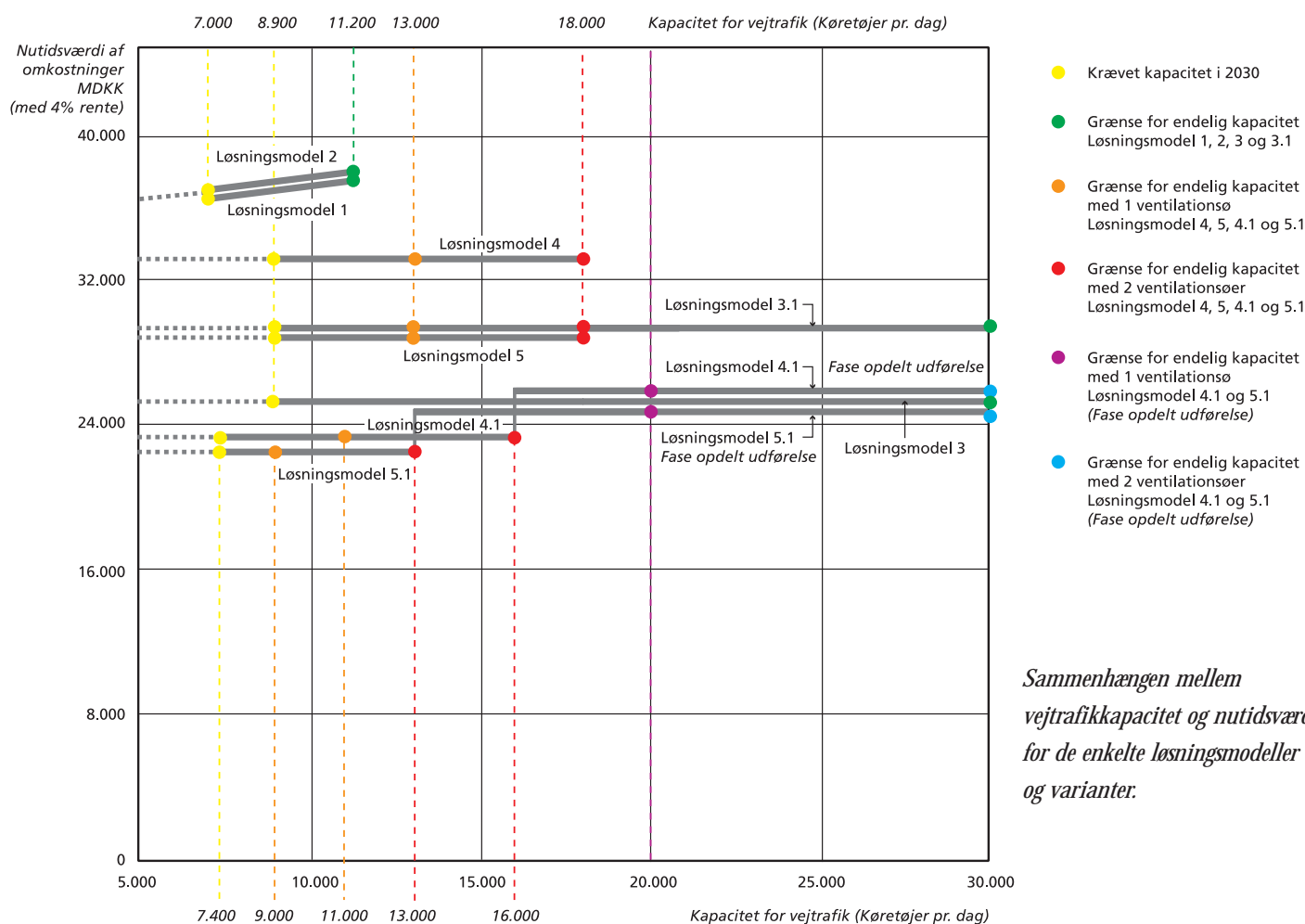
Løsningsmodeller 3 og 3.1, 4 og 5, kun jernbanedrift:

2 spor, mere end 400 tog pr. dag.

Løsningsmodellerne 1 og 2, 4.1 og 5.1 vil have tilstrækkelig kapacitet til rådighed til den krævede kapacitet på 32 passagertog pr. dag og 80 godstog pr. dag, der er det skønnede niveau i år 2030. Løsningsmodellerne 3 og 3.1 samt 4 og 5 giver dog mere plads til vækst.

Resultatet af de sammenlignende undersøgelser for vejforbindelsen er præsenteret i figuren herunder, hvor løsningsmodellernes nutidsværdi (NV pr. juni 1996) i millioner DKK er afbildet i forhold til kapaciteten for vejtrafik. Kapaciteten for vejtrafikken måles i køretøjer pr. dag (årsdøgns-trafikken, AADT), som er

- den totale kørebanelkapacitet for løsningsmodel 3 og 3.1,
- begrænset af biltogsdriften, når denne udnytter en optimal deling af trafikken mellem nationale jernbaner og operatør af biltog for løsningsmodel 1 og 2, eller
- begrænset af kapaciteten af ventilationen af vejturen for løsningsmodel 4 og 5, 4.1 og 5.1.



Sammenhængen mellem vejtrafikkapacitet og nutidsværdi for de enkelte løsningsmodeller og varianter.

Øgning af systemkapaciteten for den enkelte løsning er forbundet med ekstra omkostninger, især ved biltogsløsningerne ved anskaffelse af flere biltog og udvidelse af terminalerne. Dette er afspejlet ved hældningen af linierne i figuren, der er størst for biltogsløsningerne.

For kapaciteten i intervallet 7.000 til 11.200 køretøjer pr. dag vil den dyreste løsning være biltog i løsningsmodel 1 og 2, i intervallet 7.400 til 16.000 køretøjer pr. dag vil løsningsmodellerne 4.1 og 5.1 være de mindst kostbare.

Løsningsmodellerne 4 og 5 er placeret imellem løsningsmodellerne 1 og 2 og løsningsmodellerne 4.1 og 5.1, men med et lidt højere kapacitetsinterval på 8.900 til 18.000 køretøjer pr. dag.

Løsningsmodellerne 3 og 3.1 dækker intervallet fra 8.900 køretøjer pr. dag til 30.000 køretøjer pr. dag, hvor løsningsmodel 3 har den laveste nutidsværdi.

Undersøgelserne af mulighederne for faseopdelt udførelse har vist, at løsningsmodel 4.1 og 5.1 som de eneste giver en fornuftig mulighed for udvidelse i en senere fase. En supplerende af løsningsmodellerne 4.1 og 5.1 30 år efter åbning med ekstra kapacitet 2+1 vil forøge nutidsværdierne til henholdsvis 26.100 og 25.204 MDKK ved renteutviklingen 4% p.a. De maksimale kapaciteter vil øges til omkring 20.000 køretøjer pr. dag med 1 ventilationsø og til omkring 30.000 køretøjer pr. dag med 2 ventilationsøer. Dette giver et smalt interval til nutidsværdierne for løsningsmodellerne 3 og 3.1 med samme maksimale kapaciteter.

VEJ- OG BANEANLÆG PÅ LAND

Som nævnt tidligere i denne rapport, er det fundamentale mål med etablering af faste forbindelser at gøre transport hurtigere og sikrere på et miljømæssigt forsvarligt grundlag. Etablering af en fast forbindelse er i sig selv et vigtigt og måske tilstrækkeligt bidrag til at skabe en mærkbar forbedring af transportsystemet. Det vil dog ofte forholde sig sådan, at også udbygninger af andre trafik anlæg i den pågældende transportkorridor forbedrer transportsystemet – måske i en sådan grad, at de tilknyttede anlægsinvesteringer forbedrer projektets samfundsøkonomiske forrentning.

Generelt har formålet med de udførte forundersøgelser af vej- og baneanlæg i korridoren derfor været at fastlægge hovedlinierne for en eventuel udbygning af den tilknyttede infrastruktur på land. Disse hovedlinier forudsætter, at udbygninger enkeltvist vurderes at være teknisk mulige, miljømæssigt forsvarlige og ønskelige ud fra samfundsøkonomiske overvejelser.

Formål, afgrænsning og forudsætninger

Undersøgelserne af Femer Bælt-forbindelsen omfatter tekniske, økonomiske og miljømæssige analyser af vej- og baneanlæg i hele transportkorridoren København-Hamborg. Det foregående kapitel beskrev selve kyst-til-kyst forbindelsen samt de anlæg på land, som skaber den nødvendige tilslutning til det eksisterende vej- og banenet i Danmark og Tyskland. Nærværende kapitel beskriver undersøgelser af eksisterende vej- og baneanlæg samt to udbygningsforslag, der repræsenterer en fuld udbygning henholdsvis en delvis udbygning af infrastrukturen i transportkorridoren.

Der bliver redegjort for den eksisterende infrastruktur, som den fremstår i 1999 samt den udbygning heraf, der forventes gennemført uafhængigt af beslutningen om en fast Femer Bælt-forbindelse. I de præsenterede udbygningsforslag knyttet til etableringen af en fast forbindelse skelnes mellem to grader af udbygning; nemlig en fuld udbygning til motorvej og dobbeltsporet bane eller en mindre omfattende delvis udbygning. Disse grader af udbygning stemmer overens med de gennemførte trafikprognosers forudsætninger om vej- og baneanlæg på land. Således svarer en fuld udbygning til 0+2 og 4+2 scenarierne, mens en delvis udbygning svarer til 3+1 scenariet.

Nærmere overvejelser om vej- og baneanlæg på land ud fra samfundsøkonomiske betragtninger vil blive analyseret som en del af de økonomiske undersøgelser, der som angivet forventes at foreligge i sommeren 1999.

Det skal endelig bemærkes, at de neden for nævnte prisoverslag bør tages med det forbehold, at de enkelte projektdelen ikke i alle tilfælde er kalkuleret ud fra samme beregningsmetoder. Dette medfører blandt andet, at overslagene har forskellige grader af usikkerhed og dermed ikke er helt sammenlignelige.

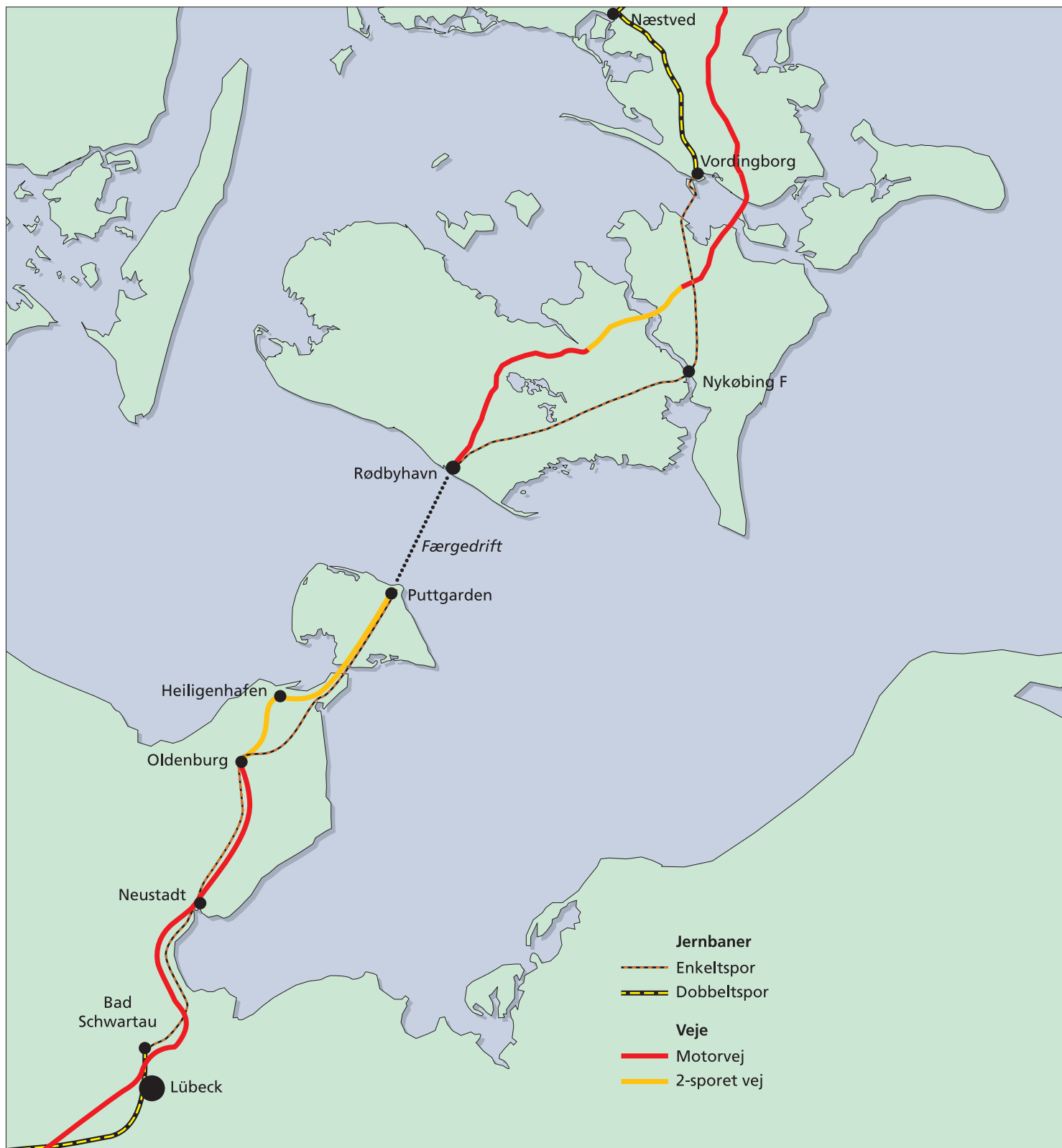
Eksisterende vej- og baneanlæg

Der er motorvej fra København til Rødby, bortset fra et kort stykke mellem Ønslev på Falster og Sakskøbing på Lolland. Dette stykke henligger som motortrafikvej med en skiltet hastighed på 90 km/t. Tilsvarende slutter motorvejsnettet i Tyskland ved Oldenburg, hvorefter der resterer en strækning på 18,9 km frem mod Puttgarden. Denne strækning er en 2-sporet landevej af relativt høj standard med skærende veje ude af niveau.

I Danmark er der dobbeltsporet bane mellem København og Vordingborg. Fra Vordingborg og til Rødby er banen enkeltsporet. Fra Vordingborg er den enkeltsporede bane ført over Masnedø i en skarp kurve frem til Storstrømsbroen. På Falster er banen ført i land ved Orehoved og løber mod syd gennem Nørre Alslev og Eskilstrup frem til Nykøbing F. I Nykøbing F. drejer banen skarpt mod sydvest og passerer Guldborgsund. Den fortsætter i et ret forløb mod sydvest frem til Rødby. Korridoren er kun etableret med kørestrøm på de strækninger, der følger den øst-vest gående hovedlinie, dvs. mellem Ringsted og København.

I Tyskland er banen set fra Hamborg dobbeltsporet frem til Bad Schwartau, som ligger 6 km nord for Lübeck. Herfra og til Puttgarden er banen enkeltsporet. Fra Bad Schwartau føres banen til Grossenbrode via Neustadt i et kurvet forløb. Nord for Grossenbrode passeres Fehmarn Sund på en kombineret vej- og banebro, hvorefter banen fortsætter i et ret forløb hen over Fehmarn til Puttgarden. Der er ikke etableret kørestrøm på banestrækningen i Tyskland.

En stor del af trafikken på bane benytter i dag forbindelsen over Storebælt. Der er her en dobbeltsporet banestrækning mellem København og Hamborg på nær to deleter af i alt ca. 35 km i Sønderjylland. Forbindelsen via Storebælt har kørestrøm på hele strækningen, dog er der forskellige systemer på hver side af den dansk-tyske grænse.

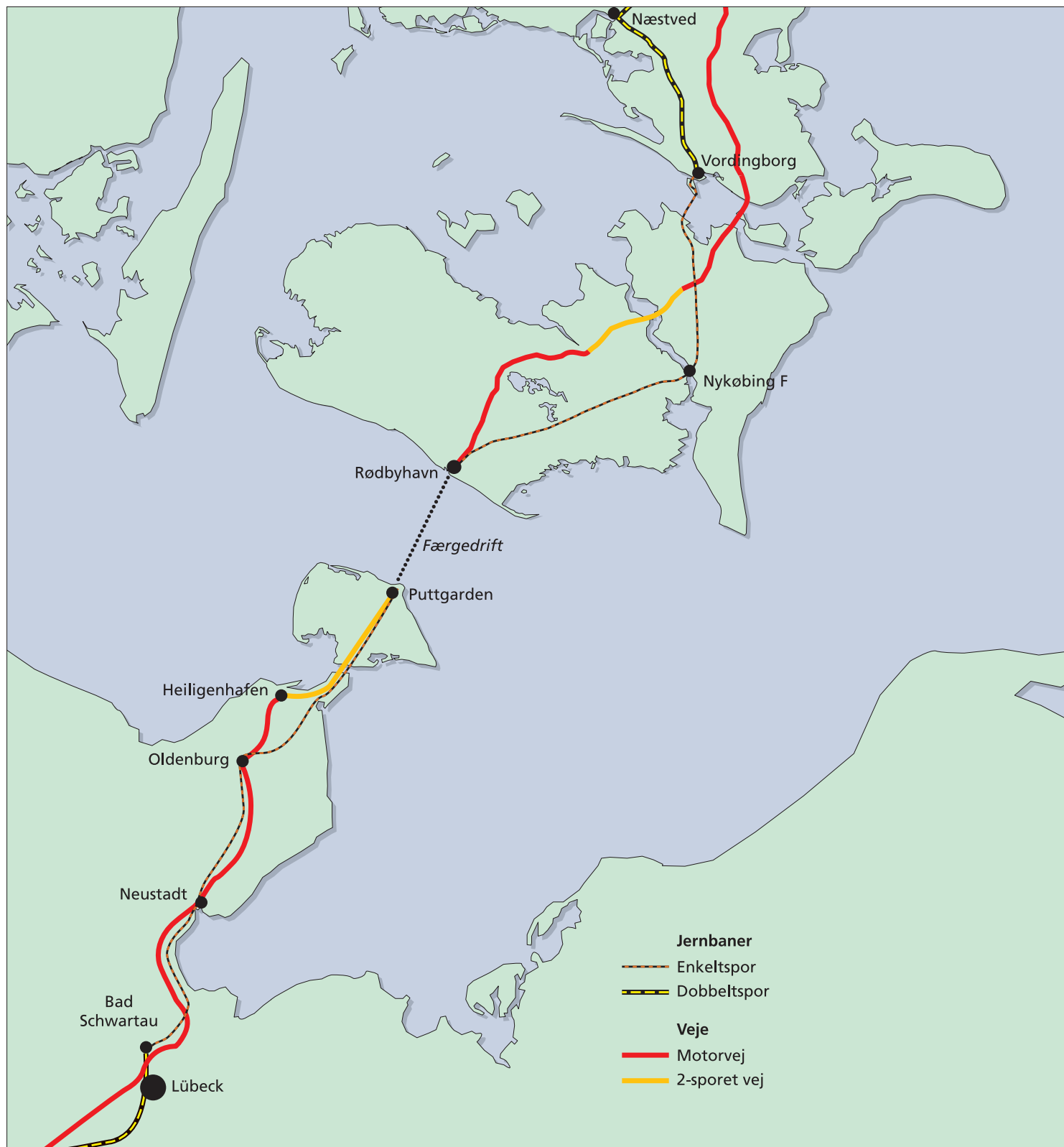


De eksisterende vej- og baneanlæg i Danmark og Tyskland (1999 situation).

Planlagte vej- og baneprojekter

Uanset hvilken beslutning der træffes om Femer Bælt-forbindelsen, forventes der gennemført en række udbygninger af infrastrukturen i Danmark og Tyskland, som vil påvirke trafikken i korridoren København-Hamborg. Disse udbygninger, der forventes afsluttet inden år 2010, omfatter følgende anlægsprojekter:

- Åbning af den faste forbindelse over Øresund for vej- og banetrafik.
- Løsning af kapacitetsproblemerne på banen mellem København og Ringsted med mulighed for en markant forøgelse af hastigheden på strækningen.
- Etablering af kørestrøm på banestrækningen Hamborg-Lübeck.
- Åbning af motorvejen Oldenburg-Heiligenhafen.
- Åbning af motorvejen Lübeck-Damme sydvest for Stettin (den såkaldte "Ostseeküstenautobahn") med nye tilslutningsveje til Rostock og Rügen.
- Åbning af nord-sydgående motorvej fra Wismar til Schwerin.



Vej- og baneanlæg i reference-situationen i Danmark og Tyskland (år 2010).

Gennemførte forundersøgelser

I Danmark har forundersøgelserne primært omfattet vurderinger af linieføringsalternativer for banestrækningen over Falster og Lolland samt grader af kapacitetsudvidelse af den eksisterende bane i form af etablering af dobbeltspor. I Tyskland har undersøgelserne været fokuseret på at dokumentere mulighederne for at udrette banens linieføring og udvide kapaciteten på strækningen mellem Neustadt og Grossenbrode.

Kapacitetsudbygningen og forbedringen af banen i Danmark og Tyskland er undersøgt ud fra den forudsætning, at der skal opstilles et udbygningsforslag, hvor det er muligt at rejse med hurtigste togforbindelse mellem København og Hamborg på 2½ time, samtidig med at der afvikles to godstog pr. time i hver retning. I et mindre omfattende udbygningsforslag er den tilsvarende forudsætning om hurtigste rejsetid fastsat til 3 timer.

Der skelnes dermed mellem to grader af udbygning; nemlig en fuld udbygning til dobbeltspor, svarende til kapacitetsniveauerne 0+2 og 4+2 eller en delvis udbygning til dobbeltspor, svarende til kapacitetsniveauerne 3+1. Der er udført simuleringer for en række udbygningsforslag til en delvis udbygning til dobbeltspor på strækningen Vordingborg-Lübeck. Disse udbygningsforslag er først og fremmest vurderet på spildtiden, dvs. den ekstra tid et tog bruger ved samtidig kørsel med de øvrige tog i driftsoplægget. Et andet forhold, der er taget i betragtning, er trafik kvaliteten. Denne måles i systemets reaktionsmønstre ved uregelmæssig drift.

Resultater

De i dette afsnit beskrevne udbygninger af veje og baner i Danmark og Tyskland er illustreret på kortene på side 148 og 149.

Vejanlæg i Danmark

I Danmark er der etableret motorvej fra København til Rødby bortset fra en 13,8 kilometer lang strækning mellem Ønslev på Falster og Sakskøbing på Lolland. Denne strækning er som nævnt udført som motortrafikvej. En udbygning heraf til motorvej vil formentlig blive realiseret, såfremt der bygges en fast Femer Bælt-forbindelse.

Motortrafikvejen blev en realitet som led i en budgetreduktion ved anlæggelsen af Sydmotorvejen. Reduktionen i budgettet skete som følge af, at anlægsomkostningerne på Farøbroerne ved licitationen i 1979 viste sig 150 mio. kr. større end forventet. Strækningen, som åbnede i 1988, er anlagt med 2 spor, men er forberedt for senere udbygning. Opgradering af strækningen til motorvej kan derfor udføres ved at tilføje midterrabat, 2 kørespor, nødspor og afvandingsystemer langs den eksisterende motortrafikvej. Tilslutningsanlæg, sideanlæg, broer og underføringer er i vid udstrækning forberedt til motorvej.

Omkostningen til vejudvidelsen er opgjort til ca. 100 mio. kr. Udbygningen af den eksisterende motortrafikvej til motorvej forventes ikke i sig selv at medføre støjmæssige forandringer af betydning.

Vejanlæg i Tyskland

Der er i dag motorvej fra Hamborg til Oldenburg. Som nævnt ovenfor, er en ny motorvejsstrækning fra Oldenburg til Heiligenhafen vedtaget. Det forventes, at den vil være åben for trafik inden år 2010. Såfremt det vedtages at etablere en fast Femer Bælt-forbindelse, vil en udbygning til motorvejsstandard af det sidste stykke fra Heiligenhafen til Puttgarden via Fehmarn Sund indgå i udbygningsovervejelserne.

Prisen for dette stykke motorvej vil være ca. 500 mio. kr. Dertil skal lægges ca. 50 mio. kr. til at ombygge Fehmarn Sund broen. Den foreslåede løsning betyder nemlig, at det eksisterende banespor på broen over Fehmarn Sund inddrages til vejbaner, og at der derfor skal bygges en ny baneforbindelse over Fehmarn Sund.

Der er blevet udført en undersøgelse af eventuelle miljømæssige konflikter ved forskellige linieføringer for en ny motorvej mellem Heiligenhafen og Puttgarden. Undersøgelsen, som blandt andet omfatter vandressourcer, plante- og dyreliv samt landskabsæstetiske forhold, konkluderer, at en udbygning er mulig, men at vejen i sin mest direkte variant passerer et sårbart naturområde langs Fehmarn Sund bugtens kyst (Küstenbereich Grossenbrode), hvorfor det anbefales at vælge en lidt østligere linieføring det sidste stykke op til Fehmarn Sund.

Baneanlæg i Danmark

Der er set på udbygningsforslag mellem Vordingborg og Rødby. Udbygningsforslaget er vurderet i fire afsnit: Vordingborg-Orehoved (Storstrømsbroen), Orehoved-Eskilstrup, Eskilstrup-Birket og Birket-Rødby. Alle undersøgte strækninger og korridorer er vurderet med hensyn til passager af naturområder, rekreative områder og boligområder. Endvidere er de visuelle forhold, støjbelastningen og barriereeffekten vurderet.

I forslaget, der indeholder en fuld udbygning til dobbeltspor, opereres med en linieføring, som fra Vordingborg fører via en ny bro over Masnedsund frem til Storstrømsbroen. Herfra følger forslaget den eksisterende bane frem til Eskilstrup, hvor der etableres et forgreningsanlæg med forbindelse til Nykøbing F. På strækningen udbygges banen med et ekstra spor. Syd for forgreningsanlægget svinger en ny bane mod sydvest, passerer Guldborgsund og tilsluttes den eksisterende bane igen ved Birket. Fra Birket udbygges den eksisterende bane til dobbeltspor frem til tilslutningsanlægget for den faste forbindelse.

Omkostningerne til en fuldt udbygget dobbeltsporet bane mellem Vordingborg og Rødby, som skitseret ovenfor, vil være ca. 4,9 mia. kr. inklusiv omkostninger til etablering af kørestrøm. Forslaget indbefatter en ca. 875 m lang tunnel under Guldborgsund, som vil reducere afstand og rejsetid og vil aflaste Nykøbing F. for støj.

Mellem Ringsted og Vordingborg forudsættes banen opgraderet til en maksimal hastighed på 200 km/t. Omkostningen til opgradering er opgjort til ca. 280 mio. kr., mens omkostningerne til etablering af kørestrøm på strækningen udgør ca. 440 mio. kr. Opgradering af strækningen Ringsted-Vordingborg giver en reduktion i køretiden på ca. 5 minutter for et IC-3 tog.

I forslaget, der indeholder en delvis udbygning til dobbeltspor, etableres ingen nye linieføringer, hvorfor banen føres i sit nuværende tracé via Nykøbing F. Hele strækningen mellem Ringsted og Rødby forbliver uden kørestrøm. De samlede udbygningsomkostninger i Danmark kan derved reduceres til 1,4 mia. kr. I forslaget forbliver strækningerne Vordingborg-Orehoved og Eskilstrup-Birket via Nykøbing Falster enkeltsporede.

I begge udbygningsforslag vil der som følge af en forventet stigning i trafikomfanget blive øget støjbelastning omkring banen. Det vil særligt berøre et stort antal mennesker i og omkring Vordingborg.

Baneanlæg i Tyskland

I det fulde udbygningsforslag opereres der som i Danmark med en komplet udbygning til dobbeltspor, således at hele strækningen København-Hamborg vil være dobbeltsporet. Omkostningerne til udbygning af banen i Tyskland er 7,0 mia. kr. Konkret betyder udbygningen, at der skal etableres et ekstra spor fra Puttgarden til Grossenbrode, herunder en ny fast baneforbindelse til krydsning af Fehmarn Sund, idet forslaget samtidig indebærer, at det eksisterende sporareal på Fehmarn Sund broen ændres, således at dette anvendes til vejtrafik.

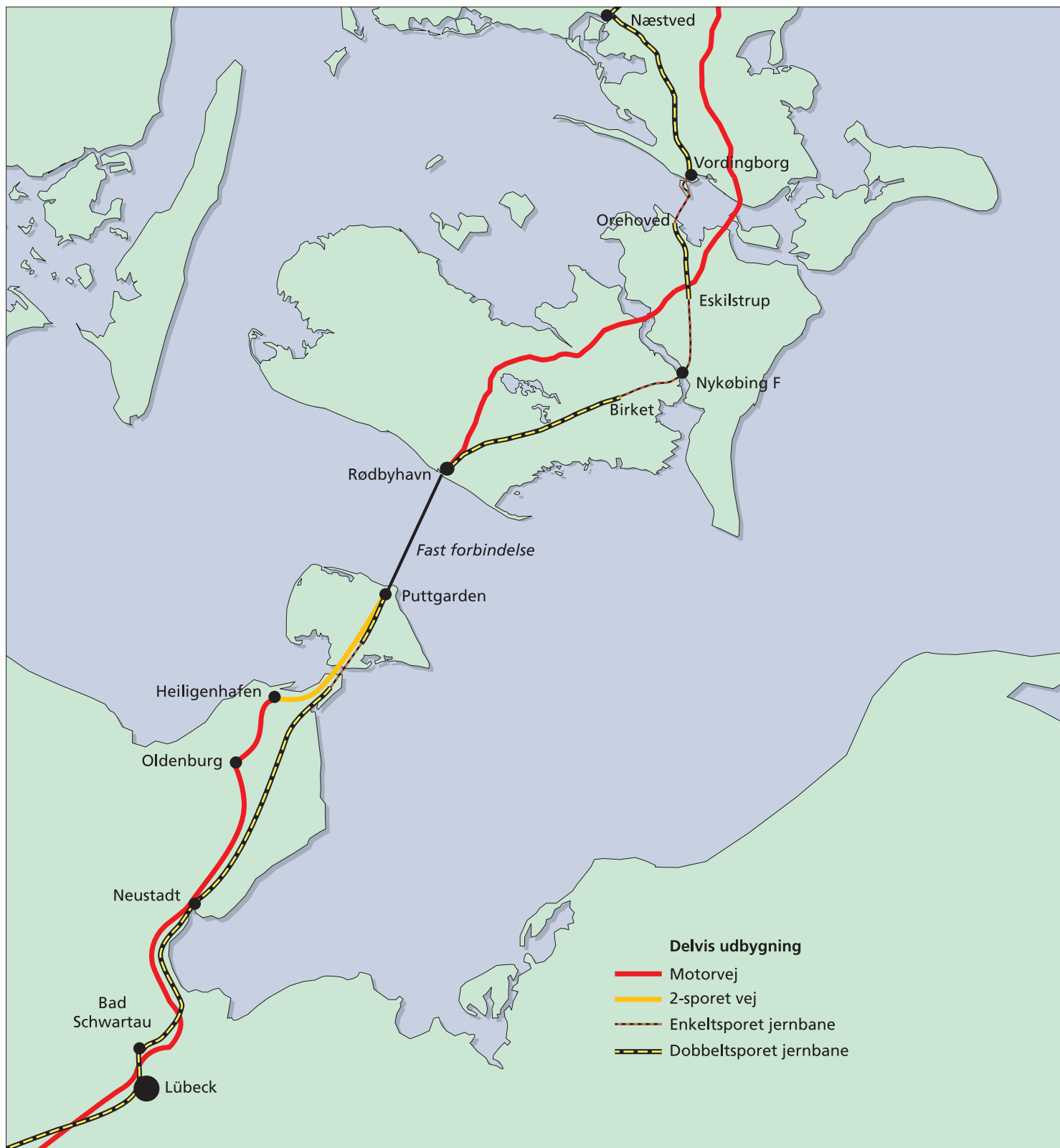
På den ca. 60 km lange strækning mod syd fra Grossenbrode til Bad Schwartau anlægges en ny dobbeltsporet bane, mens der fra Bad Schwartau til Hamborg foreslås foretaget en række opgraderinger, der giver mulighed for at forøge den maksimale hastighed. Der etableres kørestrøm på strækninger, hvor der ikke allerede er kørestrøm i referencesituationen.

I det delvise udbygningsforslag bibeholdes den nuværende Fehmarn Sund bro til banedrift, der etableres ikke kørestrøm, og omkostningerne til opgraderinger af de eksisterende baneanlæg reduceres i forhold til den dobbeltsporede løsning nævnt ovenfor. Omkostningerne til udbygning af banestrækningen i Tyskland kan herved reduceres til 3,1 mia. kr.

Fire linieføringsalternativer for banen mellem Grossenbrode og Bad Schwartau er vurderet på baggrund af en række miljøforhold, såsom plante- og dyreliv, landskabsæstetik m.m. En række værdifulde lokaliteter på strækningen fra Lübeck til Puttgarden er udpeget og linieføringsforslag i konflikt hermed er identificeret. Det er konkluderet, at en kombination af de fire analyserede linieføringsforslag vil kunne udgøre en miljømæssigt forsvarlig løsning.



Veje og jernbaner i området mellem Næstved og Lübeck ved fuld udbygning.



Veje og jernbaner i området mellem Næstved og Lübeck ved delvis udbygning.

Økonomiske overslag for vej- og baneanlæg

Nedenstående tabel sammenfatter de beregnede omkostninger til etablering af de beskrevne vej- og baneanlæg i Danmark og Tyskland (mia. kr. på 1996 prisniveau). Der er alene medtaget omkostninger, der kan relateres direkte til Femer Bælt projektet, altså er omkostninger til infrastrukturforbedringer, som vil blive udført uanset beslutningen om Femer Bælt-forbindelsen, undtaget.

		Fuld udbygning (0+2/4+2)	Delvis udbygning (3+1)
Danmark	Veje	100	100
	Baner	5.600	1.400
I alt (MDKK)		5.700	1.500
Tyskland	Veje	600	0
	Baner	7.000	3.100
I alt (MDKK)		7.600	3.100

Note: Omkostningsniveau medio 1996, moms ikke inkluderet.

De samlede omkostninger i både Danmark og Tyskland ved en fuld udbygning er i størrelsesordenen 13,3 MDKK. En delvis udbygning vil koste knap 4,6 MDKK. Disse omkostninger ligger ud over, hvad der allerede er planlagt frem til år 2010.

Priserne for vejanlæggene er diskonteret til 1996-niveau ved hjælp af det danske entreprisereguleringsindeks for anlægsarbejder. Da der i de senere år ikke har været faktiske prisstigninger på banearbejder, er priserne for baneanlæggene i Danmark og Tyskland ikke ændret ved omregning til 1996-niveau.

LITTERATURLISTE

- Generelt* Undersøgelser vedrørende Femer Bælt-forbindelsen,
Trafikministeriet, 1996.
- Trafikanalyser* Femer Bælt Traffic Demand Survey and Forecast,
Final Report,
Fehmarnbelt Traffic Consortium, Januar 1999.
- Kyst-til-kyst undersøgelser* Undersøgelser vedrørende Femer Bælt-forbindelsen,
Fase 1 af kyst-til-kyst undersøgelserne,
Trafikministeriet, 1996.
- Geologiske/Geotekniske undersøgelser, Fase 2 rapport,
The Femer Link Consultants, September 1996,
samt underliggende arbejdsrapporter.
- Undersøgelser af miljøkonsekvenser,
Fase 2 resumé rapport,
COWI/Lahmeyer,
Januar 1999, samt underliggende arbejdsrapporter.
- Undersøgelser af tekniske løsninger,
Fase 2 resumé rapport,
COWI/Lahmeyer,
Januar 1999, samt underliggende arbejdsrapporter.
- Landanlæg* M30 Sydmotorvejen Ønslev-Sakskøbing,
Vejteknisk beskrivelse,
Vejdirektoratet, September 1998.
- Kapacitetsanalyse af jernbanestrækningen
Næstved-Lübeck via Femer Bælt-forbindelsen,
Banestyrelsen Rådgivning, Januar 1999.
- Storstrømmen-Rødby, Miljø og landskabsæstetik,
Banestyrelsen Rådgivning, Februar 1997.
- Højhastighedsbane på Lolland og Falster,
Banestyrelsen Rådgivning, September 1995.
- Opdatering og delvis nyvurdering af omkostningerne
til opgradering/udbygning af den eksisterende bane
mellem Ringsted og Rødby,
Banestyrelsen Rådgivning, Januar 1999.

