



**Bilag 2 til Konsultations-
skrivelse i henhold til
den tyske VVM lov
(UVPG) §§ 8, 9a**

**Uddrag af bilag 1 - Sammenfattende redegørelse - af an-
søgningsdokumenterne til myndighedsgodkendelse-
procedure
kap. 3.6 - Sammenligning af hovedalternativer - valg af
linjeføring**

Dansk udgave

Udarbejdet af:

Femern
Sund ≈ Bælt

Landesbetrieb
Straßenbau und Verkehr
Schleswig-Holstein
Niederlassung Lübeck



København, 1. oktober 2013
Femern A/S

Lübeck, 1. oktober 2013
LBV-SH, afdelingen i Lübeck

underskrevet Claus Dynesen

underskrevet Torsten Conradt

Forfatteren har det fulde ansvar for denne publikation. Den Europæiske Union fralægger sig ethvert ansvar for brugen af oplysningerne i publikationen.



Samfinansieret af EU
Det transeuropæiske transportnet (TEN-T)

Indholdsfortegnelse

3.6. Sammenligning af hovedalternativer – valg af linjeføring	7
3.6.1. Undersøgte løsninger	7
3.6.2. Beskrivelse af linjeføringen for hovedalternativ 1: sænketunnel.....	7
3.6.3. Beskrivelse af linjeføringen for hovedalternativ 2: boret tunnel	8
3.6.4. Beskrivelse af linjeføringen for hovedalternativ 3: skråstagsbro.....	9
3.6.5. Afvejning af hovedalternativerne, identifikation af den foretrukne løsning	10
3.6.5.1. Metode.....	10
3.6.5.2. Vurderingsområdet miljøpåvirkning.....	11
3.6.5.3. Vurderingsområdet regional planlægning	13
3.6.5.4. Vurderingsområdet trafik	14
3.6.5.5. Vurderingsområdet byplanlægning	15
3.6.5.6. Vurderingsområdet landbrugsstruktur.....	15
3.6.5.7. Vurderingsområdet Femern Bælt-forbindelsens anlægsmetoder.....	16
3.6.5.8. Vurderingsområdet omkostninger/rentabilitet	18
3.6.6. Sammenfattende vurdering af alle vurderingskriterier	20

Fortegnelse over figurer

Fig. 3.8: Sænketunnel og boret tunnel – oversigt over placering	8
Fig. 3.9: Hovedalternativet skråstagsbro – oversigt over placering.....	9

Fortegnelse over tabeller

Tabel 3.4: Hovedalternativernes strækningsslængder	10
Tabel 3.5: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet miljøpåvirkning	13
Tabel 3.6: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet regional planlægning	14
Tabel 3.7: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet trafik	14
Tabel 3.8: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet byplanlægning.....	15
Tabel 3.9: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet landbrugsstruktur	16
Tabel 3.10: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet anlægsmetoder	18
Tabel 3.11: Sammenligning af omkostningerne ved hovedalternativerne (prisbasis 2008)	19
Tabel 3.12: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet omkostninger	20
Tabel 3.13: Oversigt over prioriteringsrækkefølgen i de enkelte vurderinger.....	20
Tabel 3.14: Samlet vurdering	22

Fortegnelse over forkortelser

B	Betegnelse for tysk hovedlandevej
B-E-E	Bro mellem ilandføringspunkterne →F-E og →L-E
DNN	Dansk Normalnul
E	Betegnelse for Europavej
F-E	Relativ uproblematisk korridor / ilandføringspunkt Fehmarn-East
F-H	Ilandføringspunkt Fehmarn-færgehavn
F-NW	Relativ uproblematisk korridor / ilandføringspunkt Fehmarn-Nearwest
F-W	Relativ uproblematisk korridor / ilandføringspunkt Fehmarn-West
K	Betegnelse for tysk hovedvej
Kap.	Kapitel
LBV-SH	Delstatsstyrelsen for vejanlæg og transport i Slesvig-Holsten
LBV-SH, NL HL	Delstatsstyrelsen for vejanlæg og transport i Slesvig-Holsten, afdeling Lübeck
L-E	Relativ uproblematisk korridor / ilandføringspunkt Lolland-East
L-H	Ilandføringspunkt Lolland-færgehavn
L-ME	Ilandføringspunkt Lolland-Mideast
L-W	Relativ uproblematisk korridor / landingspunkt Lolland-West
T _A - E - ME	Sænketunnel mellem ilandføringspunkterne →F-E og →L-ME
T _B - E - ME	Boret tunnel mellem ilandføringspunkterne →F-E og →L-ME
TP (AS)	Tilslutningspunkt
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VVM	Vurdering af Virkninger på Miljøet

3.6. Sammenligning af hovedalternativer – valg af linjeføring

3.6.1. Undersøgte løsninger

Resultatet af kapitel 3.4 viser de bedst egnede linjeføringer for tunnel- og broløsninger. På grund af forskellige miljøpåvirkninger vurderes såvel sænketunnelløsningen som løsningen med en boret tunnel i en sammenligning af hovedalternativer. Hængebro og skråstagsbro adskiller sig ikke markant med hensyn til miljøpåvirkninger, når de lange tilslutningsbroer tages med i betragtning. Det er derfor tilstrækkeligt ved sammenligningen af hovedalternativerne at se på den teknisk og økonomiske mest fordelagtige løsning, som er skråstagsbroen. De tre løsninger:

1. sænketunnel ($T_A - E - ME$)
2. boret tunnel ($T_B - E - ME$)
3. skråstagsbro ($B - E - E$)

er derfor genstand for sammenligningen af hovedalternativer.

3.6.2. Beskrivelse af linjeføringen for hovedalternativ 1: sænketunnel

Hovedalternativet sænketunnel begynder på Fehmarn nordvest for bebyggelsen Bannesdorf. Den udgår fra det eksisterende trafik anlæg B 207/jernbanen. Jernbanestrækningen fører en smule mod øst, forløber derefter i lige linje mod Østersøkysten og når kysten øst for færgehavnen. Den nye motorvejsforbindelse (E 47) svinger først lidt mod vest for at skabe plads til det nye tilslutningspunkt TP (AS) Puttgarden. Derefter svinger den let mod højre, krydser de eksisterende jernbaneskiner syd for den tidligere rangerbanegård og forløber derefter tæt ved de nye jernbaneskiner på disses vestlige side. Den egentlige tunnelkonstruktion starter nogenlunde på højde med den nuværende kystlinje og fører i en helt lige linje til den danske kyst. Den når kysten ca. 1 km øst for Rødbyhavn. På Lolland forløber jernbanestrækningen i en let bue mod højre og munder ud i den eksisterende jernbanestrækning Rødby - Sakskøbing efter godt 5 km. Motorvej E 47 bibeholder sin lige form på Lolland og munder ud i den eksisterende linjeføring af E 47 ved den sydlige ende af Rødby by. Hovedalternativet sænketunnel er vist i Fig. 3.8.

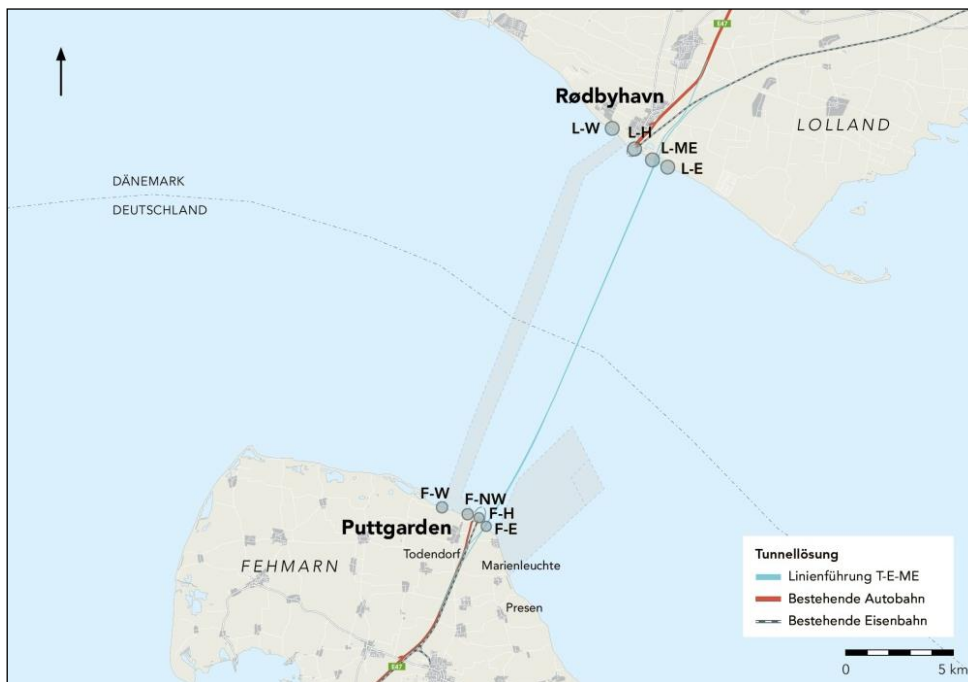


Fig. 3.8: Sænketunnel og boret tunnel – oversigt over placering

DE	DK
Tunnellösung	Tunnelløsning
Linieführung T-E-ME	Linjeføring T-E-ME
Bestehende Autobahn	Eksisterende motorvej
Bestehende Eisenbahn	Eksisterende jernbane

Jernbanestrækningerne følger landskabet på både Fehmarn og Lolland med undtagelse af de portalstrækninger, som fører ind i tunnelanlægget. Også motorvej E 47 følger i overvejende grad landskabet. Undtaget er, ligesom ved jernbanen, portalstrækningerne og overføringen af E 47 over jernbanen syd for rangerbanegården. Tunnelgradienten i Femern Bælt følger havbunden.

På Fehmarn og Lolland skal de tilknyttede jernbane- og vejnet tilpasses de nye rammebetingelser. På Fehmarn gælder det først og fremmest nyetableringen af tilslutningspunktet TP (AS) Puttgarden, omlægningen af landevejen K 49 og den nye tilslutning mellem færgehavnen og K 49. På Lolland skal adskilte veje reetableres, og betalingsanlægget indrettes.

3.6.3. Beskrivelse af linjeføringen for hovedalternativ 2: boret tunnel

Hovedalternativet boret tunnel har en linjeføring som svarer til hovedalternativet sænketunnel. Jernbanestrækningens skinner placeres lidt længere mod øst, fordi den borede tunnel med sine tre adskilte rør kræver mere grundareal end sænketunnelen. Der er tydelige

forskelle i forhold til hovedalternativet sænketunnel, hvad angår gradienten. Den borede tunnel er på grund af den nødvendige overdækning placeret ca. 20 meter dybere end hovedvarianten sænketunnel. Derfor ligger tunnelportalerne længere inde i land såvel på Fehmarn som på Lolland. Dette betyder derfor at den borede tunnel er længere end sænketunnelen (jf. Tabel 3.4).

3.6.4. Beskrivelse af linjeføringen for hovedalternativ 3: skråstagsbro

Linjeføringen for hovedalternativet skråstagsbro på Fehmarn er i stor udstrækning identisk med hovedalternativet sænketunnel. Da ilandføringspunktet på Lolland er placeret længere mod øst, ligger linjeføringerne i sammenligning med sænketunnelen lidt længere mod øst.

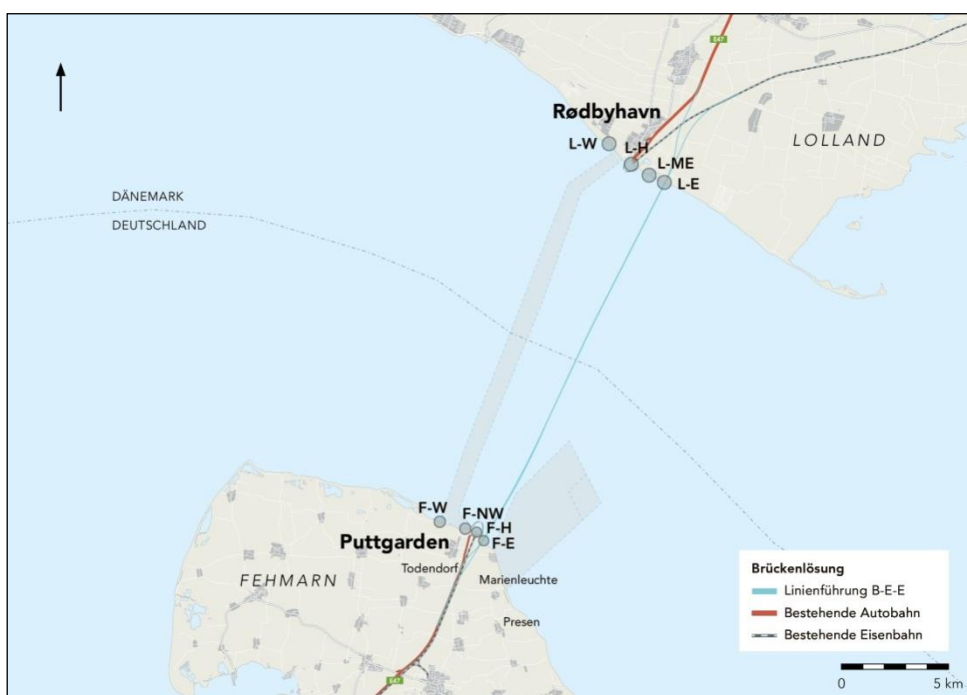


Fig. 3.9: Hovedalternativet skråstagsbro – oversigt over placering

DE	DK
Brückenlösung	Broløsning
Linienführung B-E-E	Linjeføring B-E-E
Bestehende Autobahn	Eksisterende motorvej
Bestehende Eisenbahn	Eksisterende jernbane

Linjeføringslængder

Linjeføringslængderne for alle tre hovedalternativer er vist i Tabel 3.4. Der skal tages højde for, at de planlagte start- og slutpunkter på land ikke stemmer helt overens. Således er

slutpunktet for vejen på Lolland ved hovedalternativet sænketunnel placeret ca. 1 km længere mod nord end ved hovedalternativet skråstagsbro. Slutpunktet for vejen ved den borede tunnel er placeret yderligere 250 meter længere mod nord end slutpunktet for sænketunnelen. Årsagen er, at den borede tunnel kommer op fra en væsentligt større dybde end sænketunnelen. Ud fra et bygge- og linjeføringsteknisk perspektiv kan start- og slutpunkterne for vejen være identiske. Ved hovedalternativet borede tunnel skyldes den længere jernbaneføring dog den linjeføringsteknisk betingede tidligere udfletning fra og senere indfletning i det eksisterende jernbaneanlæg, under hensyntagen til det nødvendige skift mellem det danske og det tyske system.

Tabel 3.4: Hovedalternativernes strækningslængder

Hovedalternativ	Trafikvej	Landsiden, Fehmarn	Konstruktion Femern Bælt	Landsiden, Lolland	Sum ³⁾
		[km]	[km]	[km]	[km]
Sænketunnel	Vej	3,7	18,1 ¹⁾	6,3	28,2
	Jernbane	3,4	18,1 ¹⁾	5,2	26,7
Boret tunnel	Vej	2,9	19,6 ¹⁾	5,6	28,1
	Jernbane	3,1	21,2 ¹⁾	4,3	28,6
Skråstagsbro	Vej	4,2	17,6 ²⁾	5,1	26,9
	Jernbane	4,2	17,6 ²⁾	5,1	26,9

1) Inkl. cut-and-cover tunnelafsnit

2) Fra landfæste til landfæste

3) Der er forskel på hovedalternativernes samlede længder, fordi linjeføringernes slutpunkter – ved planlægningen af hovedalternativerne – på grund af forskellige tekniske givne betingelser ikke er identiske.

3.6.5. Afvejning af hovedalternativerne, identifikation af den foretrukne løsning

3.6.5.1. Metode

Med det formål at identificere den af de tre hovedalternativer foretrukne løsning skal de tre hovedalternativer nu sammenlignes og vurderes i forhold til syv vurderingsområder:

- Miljøpåvirkning
- Regional planlægning
- Trafik
- Byplanlægning
- Landbrugsstruktur
- Anlægsmetoder
- Omkostninger/rentabilitet

For hvert vurderingsområde undersøges flere kriterier. Der defineres mål for de enkelte kriterier, og opfyldelsen af målene vurderes. Vurderingerne af de enkelte kriterier for hvert en-

kelt vurderingsområde sammenfattes kvalitativt i en samlet prioriteringsrækkefølge. På grundlag heraf fastlægges prioriteringsrækkefølgen for hovedalternativerne inden for hvert vurderingsområde. Det samlede resultat for hovedalternativerne – den foretrukne løsning – identificeres på baggrund af den kvalitative sammenfatning af indplaceringerne i prioriteringsrækkefølgen for alle vurderingskriterier.

Prioriteringsrækkefølgen har følgende betydning:

- den løsning, der får prioritet 1, er den bedst egnede løsning i forhold til de to andre løsninger
- den løsning, der får prioritet 2, er ligeledes egnet og ligger placeret mellem den bedst egnede og den stadig egnede løsning
- den løsning, der får prioritet 3, er (stadig) egnet i forhold til de to andre løsninger, men har flere ulemper end de to andre løsninger.

Ved afvejningen på tværs af vurderingskriterier skal der tages højde for, at prioriteringer grundlæggende ikke giver mulighed for at vise kvantitativt, hvor stor afstanden er mellem resultaterne for de enkelte vurderingskriterier. Selv om forskellene mellem prioriteterne for de forskellige vurderingskriterier rent faktisk kan være af varierende omfang, kan de i princippet kun beskrives kvalitativt. Hvis to løsninger bliver tildelt første prioritet som ligeværdige, får det tredje hovedalternativ tildelt prioritet 3.

3.6.5.2. Vurderingsområdet miljøpåvirkning

Det grundlæggende formål er at undgå eller i hvert fald minimere negative påvirkninger af miljøet som følge af den faste forbindelse over Femern Bælt. Vurderingen sker ved hjælp af miljøfaktorer iht. den tyske VVM-lov (UVPG) (mennesker, herunder menneskers sundhed, dyr, planter og biodiversitet, jord, vand, klima, luft, landskab, kulturarv og andre materielle goder). Der findes en udførlig redegørelse af dette i VVM-redegørelsen (jf. bilag 15 i myndighedsgodkendelsesdokumentet) og i den alment forståelige sammenfatning (bilag 1 i denne sammenfattende redegørelse). På grund af den specielle situation er de inkluderede miljøfaktorer på det marine område yderligere blevet inddelt i marine delfaktorer.

Vurdering på landsiden - Fehmarn

De tre hovedalternativer har på øen Fehmarn en næsten identisk linjeføring og adskiller sig derfor kun meget lidt fra hinanden med hensyn til deres kvalitative og kvantitative påvirkninger.

Broen får prioritet 1 med hensyn til miljøfaktorerne jord, vand, dyr, planter, klima/luft og ligger dermed foran de to andre løsninger (Sænketunnel: jord, landskab, kulturarv og andre materielle goder; Boret tunnel: mennesker/menneskelig sundhed, biodiversitet). Omvendt får sænketunnelen ikke prioritet 3 med hensyn til nogen af miljøfaktorerne, i modsætning til de to andre løsninger (Bro: mennesker/menneskelig sundhed, biodiversitet, landskab; Boret tunnel: jord, dyr, planter, kulturarv og andre materielle goder, klima/luft). Sænketunnelen får derudover prioritet 2 med hensyn til miljøfaktorerne mennesker/menneskers sundhed,

vand, dyr, planter, biodiversitet, klima/luft (Bro: kulturarv og andre materielle goder; Boret tunnel: vand, landskab). Ved en vurdering på tværs af miljøfaktorerne er hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro derfor alt i alt blevet vurderet som ligeværdige. De marginale fordele, der er ved hovedalternativet boret tunnel med hensyn til miljøfaktorerne mennesker og biodiversitet, opvejer ikke den lavere prioritet med hensyn til miljøfaktorerne jord, dyr og planter, kulturarv og andre materielle goder samt klima/luft. I den samlede prioriteringsrækkefølge får hovedalternativet boret tunnel derfor kun prioritet 3, mens hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro begge får prioritet 1.

Vurdering - det marine område

Afgørende for det samlede resultat er hovedalternativet skråstagsbroens permanente påvirkninger af vandudvekslingen i Østersøen (hydrografi) på tværs af landegrænserne og dens permanente påvirkninger af de internationalt vigtige fugletræk. Sammenholdt med de midlertidige forringelser i forbindelse med hovedalternativerne sænketunnel og boret tunnel (tab af habitater, suspenderet stof og sedimentation) med negative påvirkninger af miljøfaktorerne/delfaktorerne vandkvalitet, dyreplankton, bentisk fauna, bentisk flora og fisk har de permanente forringelser i forbindelse med broen større ulemper. Dette er udslagsgivende, således at hovedalternativet skråstagsbro får prioritet 3, når der tages højde for alle miljøpåvirkninger på tværs af miljøfaktorer i det marine område.

En direkte sammenligning af hovedalternativerne sænketunnel og boret tunnel viser fordele ved hovedalternativet boret tunnel. Da det ikke er nødvendigt med en gravet rende i havbunden, reduceres de anlægsrelaterede negative påvirkninger i det marine område betydeligt. Hovedalternativet boret tunnel får derfor prioritet 1 i det marine område. Hovedalternativet sænketunnel får prioritet 2.

Vurdering på landside - Lolland

Den danske VVM-redegørelse viser et entydigt resultat. Ifølge redegørelsen er hovedalternativet skråstagsbro på alle miljømæssige områder enten det mest fordelagtige hovedalternativ eller i det mindste ligeværdigt i forhold til hovedalternativerne sænketunnel og boret tunnel. Denne prioritering beror først og fremmest på den kortere anlægsperiode og mindre arealinddragelse i anlægsfasen. Dette betyder en klart mindre forringelse af kystlandskabet. En direkte sammenligning af hovedalternativerne sænketunnel og boret tunnel viser fordele ved hovedalternativet boret tunnel (prioritet 2). Dennes anlægsperiode er ganske vist længere end anlægsperioden for hovedalternativet sænketunnel. Det vurderes dog som mere tungtvejende, at hovedalternativet sænketunnel har en større anlægsinddragelse i relation til anlægsperioden, hvilket især skyldes fremstillingen af tunnelelementer i kystområdet (prioritet 3).

Samlet indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet miljøpåvirkning

Der er ofte kun tale om mindre forskelle i påvirkning mellem hovedalternativerne. Ved den samlede indplacering i prioriteringsrækkefølgen skal man være opmærksom på, at delstrækningen i det marine område er cirka dobbelt så lang som delstrækningerne på Fehmarn og Lolland tilsammen. Det geografiske omfang af de enkelte miljøpåvirkninger i

det marine område (især hydrografi, fugletræk) går for en dels vedkommende langt ud over det geografiske omfang af miljøpåvirkningerne fra delstrækningerne på land. I den samlede vurdering af projektets miljøpåvirkning vejer påvirkningerne af det marine område derfor tungere end påvirkningerne af de mere landbrugsprægede landområder. Prioriteringsrækkefølgen inden for de tre vurderingskriterier og den afsluttende samlede indplacering er sammenfattet i Tabel 3.5

Tabel 3.5: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet miljøpåvirkning

Vurderingsområde	Prioriteringsrækkefølge for hovedalternativerne		
	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Landside, Fehmarn	1	3	1
Det marine område	2	1	3
Landside, Lolland	3	2	1
Samlet prioritering	2	1	3

På basis af de førnævnte grunde vurderes hovedalternativet skråstagsbro på trods af sin fordelagtige indplacering i prioriteringsrækkefølgen for Fehmarn og Lolland alt i alt vurderet som den mindst hensigtsmæssige løsning i et miljøperspektiv. At særlig betydning for denne indplacering er de permanente negative påvirkninger af vandudvekslingen i Østersøen (hydrografi) hen over landegrænserne og de permanente påvirkninger af de internationalt vigtige fugletræk.

Hovedalternativet sænketunnel får, hvad Fehmarn angår, en højere prioritet end hovedalternativet boret tunnel. Der er dog kun mindre forskelle, som til dels kun vedrører anlægsperioden. Hovedalternativet boret tunnel vurderes, hvad det marine område og Lolland angår, at være mere fordelagtig. Forskellene i påvirkningsgrad mellem de to hovedalternativer på Lolland er større, end det fremgår af prioriteringsrækkefølgen. Arealinddragelsen til fremstilling af tunnelelementer i anlægsperioden påvirker især Syltholm Vindmøllepark. De negative påvirkninger som følge af hovedalternativet sænketunnel på Lolland vejer alt i alt tungere end dens fordele på Fehmarn. Da hovedvarianten sænketunnel også i det marine område vurderes som værende mere ufordelagtig, ligger fordelene alt i alt hos hovedalternativet boret tunnel, som derfor får prioritet 1 med hensyn til vurderingsområdet miljøpåvirkning. Hovedalternativet sænketunnel får prioritet 2.

3.6.5.3. Vurderingsområdet regional planlægning

Inden for vurderingsområdet regional planlægning vurderes kriterierne "tilgængelighed" og "økonomiske impulser".

Fordi linjeføringen er meget ens, og fordi der anvendes samme knudepunkter som for det tilknyttede jernbane- og vejnet, er de tre hovedalternativers påvirkninger med hensyn til regional planlægning ens. De forbedrer den nuværende situation i samme omfang. Alle tre hovedalternativer får derfor prioritet 1.

Tabel 3.6: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet regional planlægning

	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Samlet prioritering	1	1	1

3.6.5.4. Vurderingsområdet trafik

Inden for vurderingsområdet trafik vurderes kriterierne "den trafikale effekt af den faste forbindelse over Femern Bælt", "trafiksikkerhed i forbindelse med den faste forbindelse over Femern Bælt" og "sejladssikkerhed i forbindelse med den faste forbindelse over Femern Bælt".

De tre hovedalternativers trafikale effekt afhænger af deres tilslutning til jernbane- og vejnettet. Denne er praktisk talt identisk, dvs. de trafikale effekter er ens og positive (blandt andet hurtigere rejsetid, genoptagelse af godstrafikken på skinner) for de tre hovedalternativer.

Der er forskelle mellem hovedalternativerne med hensyn til tekniske krav og muligheder i tilfælde af ulykker/uheld. Såvel sænketunnelen som den borede tunnel har gennemgående "sikre områder", som netop har stor betydning i tilfælde af brandulykker. Alle tre hovedalternativer opfylder altid de gældende sikkerhedsstandarder. De garanterer derfor allerede et højeste mål af sikkerhed og skaber gode forudsætninger/givne betingelser for effektiv selvredning og redning fra beredskabets side. Ud fra dette aspekt vurderes de tre hovedalternativer – på trods af forskellige fordele og ulemper – alt i alt som ligeværdige.

Med hensyn til trafiksikkerheden for den motoriserede persontrafik har de to tunnelløsninger dog en lille fordel i forhold til broløsningen. Uønskede vejrpåvirkninger såsom isglat føre, storm, kraftig regn og tåge, der kan reducere trafiksikkerheden, spiller ingen rolle i tunnelen. Med hensyn til skibsfartens sikkerhed er tunnelløsningerne neutrale efter anlægsfasen, dvs. de har hverken en positiv eller en negativ påvirkning. Ved hovedalternativet skråstagsbro er der derimod en resterende risiko for skibes påsejling af pylonerne og bropillerne. De undersøgelser, der er gennemført i den forbindelse, viser dog, at der er tale om en mindre risiko. Skader på broer som følge af skibes påsejling, der medfører forringelse af trafikken eller væsentlige reparationsomkostninger, er sjældne. Risikoen for trafikforringelser på lang sigt (tre måneder) er endda meget lille.

Den generelle udelukkelse af risikoen for skibes påsejling og uafhængigheden af vejrforholdene ved hovedalternativerne sænketunnel og boret tunnel medfører en noget bedre indplacering i prioriteringsrækkefølgen inden for vurderingsområdet trafik i forhold til hovedalternativet skråstagsbro. Der er ingen markante forskelle på påvirkningerne mellem hovedalternativerne sænketunnel og boret tunnel. Begge får derfor prioritet 1.

Tabel 3.7: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet trafik

	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Samlet prioritering	1	1	3

3.6.5.5. Vurderingsområdet byplanlægning

Kriterierne "adskillelse af byzoner" og "begrænsninger i udviklingspotentialer for byzoner" vurderes. Der tages ikke højde for trafikrelaterede og visuelle forringelser som følge af trafik anlægget inden for vurderingsområdet byplanlægning, fordi de indgår i miljøvurderingen (miljøfaktor menneske, miljøfaktor landskab, jf. VVM-redegørelsen, bilag 15 i myndighedsgodkendelsesdokumentet).

De tre løsninger er meget ens, hvad angår deres linjeføringer, deres tilslutning til det tilknyttede jernbane- og vejnet og deres beliggenhed i forhold til bebyggelser. Fordi de nye linjeføringer samles omkring den eksisterende hovedtrafikakse, minimeres negative påvirkninger på Fehmarn inden for vurderingsområdet byplanlægning allerede. Derudover går den faste forbindelse over Femern Bælt overvejende gennem landbrugsarealer på både Fehmarn og Lolland uden direkte at berøre byzoner. Kun på Lolland berøres enkelte landbrugsejendomme. Vejforbindelser, der adskilles af hovedalternativerne, retableres på Fehmarn og Lolland. Byzoner adskilles ikke som følge af projektet. Udviklingspotentialer for byzoner begrænses heller ikke. Der er ingen negative påvirkninger med hensyn til byplanlægning på Fehmarn og Lolland.

På hverken Fehmarn eller Lolland er der markante, vedvarende forskellige påvirkninger fra hovedalternativerne med hensyn til nogen af de to kriterier. Hovedalternativerne indplaceres derfor i prioriteringsrækkefølgen som værende ligeværdige inden for vurderingsområdet byplanlægning.

Tabel 3.8: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet byplanlægning

	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Samlet prioritering	1	1	1

3.6.5.6. Vurderingsområdet landbrugsstruktur

Inden for vurderingsområdet landbrugsstruktur vurderes konstruktions- og anlægsrelaterede tab af landbrugsarealer.

Alle tre løsninger går på Fehmarn og Lolland gennem landbrugsarealer. Da de tre hovedalternativer næsten ikke adskiller sig med hensyn til deres linjeføringer, er der med hensyn til den berørte landbrugsstruktur kun mindre anlægsrelaterede forskelle med hensyn til alternativernes påvirkninger. Her er hovedalternativet boret tunnel forbundet med lidt flere ulemper. Den inddrager mere landbrugsareal som følge af de trafikveje, der føres gennem tre rør, og fordi den føres ned under jorden tidligere. Der er nogle mindre forskelle mellem

sænketunnelen og broen med hensyn til inddragelsen af landbrugsarealer i overgangsområdet til anlægget. De har dog ingen betydning for vurderingen.

Alle tre hovedalternativer kræver betydelige arealer til etableringen af byggepladser. I forbindelse med hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro er disse overvejende placeret på den danske side. På Lolland fremstilles sænketunnelementerne tæt på kysten. Broelementerne fremstilles på en eksisterende fabrik i Danmark og reducerer dermed arealet til etablering af byggeplads. De derudover nødvendige arealer er som ved hovedalternativet sænketunnel placeret tæt på kysten. Også fabrikken til fremstilling af foringsringe og separationsanlægget, der er nødvendige i forbindelse med etableringen af den borede tunnel, kan placeres tæt på kysten. Dermed er der kun mindre og for alle hovedalternativer sammenlignelige negative påvirkninger af landbrugsstrukturen på Lolland.

På Fehmarn er situationen derimod anderledes. Arealet til etablering af byggepladser for hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro ligger tæt ved kysten og inddrager på grund af produktionsstederne i Danmark kun lidt landbrugsareal. Hovedalternativet boret tunnel kræver derimod også et produktionssted til fremstilling af foringsringe og et separationsanlæg på Fehmarn. Det areal, der er nødvendigt i anlægsperioden, strækker sig omtrent til Marienleuchte og anvendes i øjeblikket til landbrug. Den borede tunnel inddrager et mange gange større areal end de arealer, der anvendes i anlægsperioden for hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro. I den flere år lange anlægsperiode kan de ikke anvendes til landbrug.

Ved indplacering af hovedalternativerne inden for vurderingsområdet landbrugsstruktur i en prioriteringsrækkefølge er især påvirkningerne på Fehmarn afgørende. Som følge af den væsentligt større arealinddragelse i anlægsperioden, der ydermere varer 1,5 år længere, er hovedalternativet boret tunnel en mindre egnet løsning end hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro. Der er ingen forskelle mellem de to, som har betydning for vurderingen.

Tabel 3.9: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet landbrugsstruktur

	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Samlet prioritering	1	3	1

3.6.5.7. Vurderingsområdet Femern Bælt-forbindelsens anlægsmetoder

Der foretages en vurdering af anlægsmetodernes tekniske egnethed ved hjælp af kriterierne "teknologisk risiko" og "genanvendelse og transport af udgravet materiale".

De tre anlægsmetoder for hovedalternativerne sænketunnel, boret tunnel og skråstagsbro er afprøvede og gængse anlægsmetoder inden for trafikinfrastruktur. De er beskrevet i bilag 18, kap. 3.5 „Identificering af egnede konstruktionssystemer“. De særlige udfordringer ved den faste forbindelse over Femern Bælt er forbindelsens meget store længde og den komplekse geologi i Femern Bælt. De derved forårsagede vanskeligheder og risici er udførligt beskrevet i bilag 18. Kapitlerne 6.7.2 (sænketunnel), 6.7.3 (boret tunnel) og 6.7.4

(skråstagsbro) beskriver og vurderer disse vanskeligheder og risici i enkeltheder, således at der her kun anføres en sammenfatning af de vigtigste resultater.

Den borede tunnels dybere placering betyder, at tunnelen er op til henholdsvis 3,6 km (jernbane) og 2 km (vej) længere end anlæggene ved hovedalternativerne skråstagsbro og sænketunnel. Alene disse væsentligt større længder forøger risikoen for tekniske uheld og forsinkelse af anlægsperioden ved anlægsmetoden boret tunnel i sammenligning med anlægsmetoderne sænketunnel og skråstagsbro.

For at etablere sænketunnelen graves der først en rende på havbunden, hvor de tunnelelementer, der er blevet præfabrikeret på land (tørdok), sænkes ned og samles. Med hensyn til gravearbejdet i forbindelse med udgravning af renden, og også i forbindelse med fundering af bropillerne til skråstagsbroen, er den komplekse geologi mindre problematisk, fordi udgravningerne – selv om de er placeret under vand – er tilgængelige oppefra. En lignende fri tilgængelighed til byggepladsen findes ikke ved den borede tunnel. Her udgør den meget varierede, geotekniske beskaffenhed i linjeføringsområdet en yderligere markant risiko. Der er blandt andet risiko for at støde på store stenbrokker/vandreblokke i ustabile omgivelser. Det gør det meget svært og krævende at knuse og borttransportere de store stenbrokker/vandreblokke. Derudover kræver jordens kraftige slibeeffekt hyppig vedligeholdelse af skærehjulene på tunnelboremaskinerne. Vedligeholdelsen er, ikke mindst på grund af det høje tryk på op til 6 bar, meget krævende og kan kun foretages af specialudannede personer.

En fast forbindelse over Femern Bælt i form af en boret tunnel overskrider grænserne for, hvad der i dag anses for det mest avancerede, hvad angår borelængden, borediameteren og de forventede geologiske forhold.

Endvidere vanskeliggør de usædvanlige anvendelsesbetingelser og de deraf følgende krav til tunnelboremaskinerne produktionen af disse og forøger de tekniske risici. Hver af de seks tunnelboremaskiner skal kunne bore ca. 10 km (fra kysten til midt i Bæltet) og samtidig modstå højt vandtryk foran skærehjulet og bortlede den uhomogene jord og store sten. I betragtning af udgravningsdiameteren, det forventede tryk på op til 6 bar og mulige tilfælde af asymmetrisk belastning som følge af udfyldning af ringspalten, kurvepassager eller overkonsoliderede lerarter må det antages, at det er nødvendigt med særlige fremgangsmåder til statisk dimensionering af den afskærmede ende og tekniske løsninger til optimering af oplagrings- og fundamenteringsforholdene. Den deraf følgende mulige lækage mellem børsterne og foringsringene kan medføre en voldsom vandindstrømning, hvilket betyder væsentlige tekniske risici. Hidtil har der ikke været nogen borede tunnelprojekter, som involverede den samlede virkning af de nævnte vanskeligheder/risici, som findes i Femern Bælt. Derfor er der ingen steder i verden gjort nogen erfaringer med udformningen af så store, teknisk krævende tunnelboremaskiner.

Ved hovedalternativet skråstagsbro udgør bropillernes konstruktion og især hovedbroens meget store spændvidde en særlig udfordring. En yderligere teknologisk risiko omfatter løft af de præfabrikerede broelementer med en vægt på ca. 8.000 t og en længde på 200 meter

til en højde på op til 70 meter over NHN (DNN) samt montering af dem. Der er endnu ikke blevet udviklet passende løfteudstyr til dette.

Ved hovedalternativet sænketunnel medfører tunnelementernes størrelse store problemer både ved den flydende transport, ved den nødvendige nøjagtighed ved placeringen af dem og ved selve nedsænkningen. Også denne anlægsmetode indebærer store risici. På baggrund af de mange erfaringer med denne anlægsmetode fra andre tunnelprojekter bliver risiciene ved denne anlægsmetode vurderet som værende lettere at håndtere end de risici, der er forbundet med de to andre anlægsmetoder.

Det udgravede materiale i forbindelse med den borede tunnel er opblandet med den hjælpe- og transportsuspension, der er nødvendig ved udgravningen. Selvom dette ikke indebærer en teknologisk risiko, er der alligevel tale om en ulempe, fordi den tilstræbte genanvendelse af det udgravede materiale til opfyldning forudsætter, at hjælpe- og transportsuspensionen er separeret. Hertil skal det udgravede materiale først transporteres gennem den allerede færdiganlagte tunnel til separationsanlægget, hvor det skal separeres i en krævende proces, og derefter transporteres fra dette anlæg til det sted, hvor det skal anvendes til opfyldning. Mere end halvdelen af det materiale, der er bearbejdet på Fehmarn, anvendes til opfyldning på Lolland. Den videre transport kræver lastning på skibe. Til forskel fra denne meget krævende proces er transporten af det udgravede materiale i forbindelse med sænketunnelen og skråstagsbroen væsentligt enklere. Det udgravede materiale læsses på pramme direkte på udgravningsstedet og transporteres til det sted, hvor det skal anvendes til opfyldning.

Hovedalternativet boret tunnel er forbundet med den største teknologiske risiko. Ud fra et teknologisk og metodeteknisk synspunkt er den dermed en væsentligt mindre egnet løsning end hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro. Hovedalternativet skråstagsbro indebærer som følge af monteringen af broelementerne i meget store højder, krævende funderinger af bropiller og hovedbroens meget store spændvidde en større teknologisk risiko end hovedalternativet sænketunnel. Den får derfor en bedre indplacering i prioriteringsrækkefølgen end hovedalternativet skråstagsbro inden for vurderingsområdet anlægsmetoder.

Tabel 3.10: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet anlægsmetoder

	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Samlet prioritering	1	3	2

3.6.5.8. Vurderingsområdet omkostninger/rentabilitet

Inden for vurderingsområdet omkostninger/rentabilitet vurderes både investeringsomkostningerne og de løbende omkostninger til drift, vedligeholdelse og reparation (vedligeholdelse). Anlæggets rentabilitet er direkte forbundet med omkostningernes størrelse. Jo lavere anlæggets samlede omkostninger er, jo større er rentabiliteten.

Hvert af de tre hovedalternativer er projekteret i form af detaljeret teknisk design med det nødvendige tekniske udstyr og de nødvendige tilslutninger til det tilknyttede jernbane- og vejnet. Disse projekteringsdokumenter gør det muligt at foretage en pålidelig beregning af omkostningerne ved alternativerne. Byggeomkostningerne bliver nærmere beskrevet i bilag 18, kap. 6.8 "Vurderingsområdet omkostninger/rentabilitet" og er opdelt svarende til hovedgrupperne i "Anvisning til beregning af omkostninger for vejanlæg" (AKS 85). Omkostningerne for udlignings- og erstatningsforanstaltninger er indeholdt i hovedgruppe 8. De beregnede drifts- og vedligeholdelsesomkostninger er baseret på vurderinger af anlæg indenfor den eksisterende trafikinfrastruktur. I Tabel 3.11 er omkostningerne for hovedalternativerne sammenlignet med hinanden.

Tabel 3.11: Sammenligning af omkostningerne ved hovedalternativerne (prisbasis 2008)

Omkostningsdel	Omkostninger [mio. euro] ved hovedalternativerne (sænketunnel = 100)		
	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Investeringsomkostninger	5.464	6.818 (+ 25 %)	5.541 (+ 1 %)
Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger i 30 år	2.211	2.727 (+ 23 %)	1.815 (- 18 %)
Samlede omkostninger i 30 år	7.675	9.545 (+ 24 %)	7.356 (- 4 %)

Den borede tunnel er med hensyn til investeringsomkostninger langt det dyreste hovedalternativ. Den er cirka 25 % dyrere end hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro. De væsentligste årsager til dette er følgende: De seks tunnelboremaskiner skal konstrueres specielt til opgaven. Den borede tunnel er placeret dybere end sænketunnelen. Dermed starter den væsentligt tidligere og slutter væsentligt senere. Det fører til længere rampe- og tunnelstrækninger end ved hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro. Desuden skal det tages med i betragtning, at hvert af de tre rør kræver sit eget fuldgylde tekniske udstyr og en portalbygning ved hvert af de tre tunnelrør. I forbindelse med sænketunnelen er det tilstrækkeligt med en fælles portalbygning. Der er ikke synergieffekter ved den borede tunnel som ved de trafikveje, der ligger direkte ved siden af eller over hinanden i forbindelse med sænketunnelen og skråstagsbroen.

Investeringsomkostningerne ved hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro adskiller sig kun med 77 mio. euro (cirka 1 %). Denne meget lille difference er ikke stor nok til en markant forskellig indplacering af de to løsninger.

De årlige omkostninger til drift og vedligeholdelse af hovedalternativet boret tunnelloøsning er væsentligt større end ved hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro. Den borede tunnelloøsning kræver på grund af de tre separate tunnelrør en større mængde tekniske installationer, der medfører tilsvarende drifts- og vedligeholdelsesomkostninger. Den omkostningsmæssige ulempe ved den borede tunnel med hensyn til drifts- og vedligeholdelsesomkostninger er på cirka 23 % i forhold til sænketunnelen og på hele cirka 50 % i forhold

til skråstagsbroen. Når man sammenligner vedligeholdelsesomkostningerne ved skråstagsbroen og sænketunnelen direkte, er der fordele ved brøløsningen. I forhold til de samlede omkostninger i Tabel 3.11 er disse fordele dog relative.

Sammenligningen af de tekniske løsninger sænketunnel, boret tunnel og skråstagsbro inden for vurderingsområdet "omkostninger/rentabilitet" viser, at den borede tunnelloøsning er forbundet med betydeligt større ulemper med hensyn til både investeringsomkostninger og drifts- og vedligeholdelsesomkostninger end løsningerne sænketunnel og skråstagsbro. Forskellene i omkostninger mellem hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro skyldes i hovedsagen forskellene i deres drifts- og vedligeholdelsesomkostninger. Disse omkostninger har ikke samme vægt som investeringsomkostningerne på grund af deres væsentligt ringere beløb i absolutte tal. Skråstagsbroens omkostningsmæssige fordel er alt i alt kun på 4 %. I betragtning af den højere teknologiske risiko, der er forbundet med dette hovedalternativ (jfr. kap. 3.6.5.7), og de dermed forbundne stigninger i byggeomkostningerne skal hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro samlet hovedsageligt vurderes ens ud fra synspunktet omkostninger/rentabilitet.

Tabel 3.12: Indplacering i prioriteringsrækkefølgen for vurderingsområdet omkostninger

	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Samlet prioritering	1	3	1

3.6.6. Sammenfattende vurdering af alle vurderingskriterier

I Tabel 3.13 er prioriteringsrækkefølgen inden for de ovenfor beskrevne vurderingskriterier sammenfattet.

Tabel 3.13: Oversigt over prioriteringsrækkefølgen i de enkelte vurderinger

Vurderingsområde	Prioriteringsrækkefølge for hovedalternativerne [-]		
	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Miljøpåvirkning	2	1	3
Regional planlægning	1	1	1
Trafik	1	1	3
Byplanlægning	1	1	1
Landbrugsstruktur	1	3	1
Anlægsmetoder	1	3	2
Omkostninger/rentabilitet	1	3	1

Når man lægger miljøpåvirkningerne sammen, fremstår hovedalternativet boret tunnel med sine forholdsvis mindre forringelser i det marine område som den bedst egnede løsning, efterfulgt af hovedalternativet sænketunnel. Skråstagsbroen er blandt andet på grund af sine påvirkninger af hydrografien og forringelserne for fugletrækket og trækket af flagermus indplaceret i prioriteringsrækkefølgen som den mindst egnede løsning.

Inden for vurderingskriterierne regional planlægning og byplanlægning er alle hovedalternativer vurderet ens. De to vurderingskriterier har derfor ingen betydning for beslutningen om den samlede prioriteringsrækkefølge.

Risikoen for skibes påsejling af bropiller, der ikke kan udelukkes, og vejforholdenes potentielle negative påvirkning af afviklingen af trafikken medfører en dårligere indplacering i prioriteringsrækkefølgen af hovedalternativet skråstagsbro inden for vurderingsområdet trafik. Forskellen til de to andre hovedalternativer er dog lille.

Forskellen mellem hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro inden for området landbrugsstruktur har ingen betydning for beslutningen. På grund af den større arealinddragelse er hovedalternativet boret tunnel den mindst egnede løsning.

Der er væsentlige forskelle mellem vurderingskriterierne anlægsmetoder og omkostninger/rentabilitet. Hovedalternativet boret tunnel er på grund af sin væsentligt større risiko i forbindelse med anlægsmetoderne og de cirka 25 % højere omkostninger vurderet som værende en markant dårligere egnet løsning end de to andre hovedalternativer. Med hensyn til vurderingsområdet anlægsmetoder indebærer hovedalternativet skråstagsbro, blandt andet på grund af montering af meget store, præfabrikerede broelementer i store højder, en større risiko end hovedalternativet sænketunnel. Sænketunnelen vurderes derfor som en bedre egnet løsning end skråstagsbroen inden for vurderingsområdet anlægsmetoder. Inden for vurderingsområdet omkostninger/rentabilitet er der derimod ingen forskel på hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro.

Der er kun mindre forskelle mellem påvirkningerne inden for vurderingskriterierne trafik og landbrugsstruktur. Samlet set er hovedalternativet sænketunnel dog den bedst egnede løsning, fordi den får første prioritet på begge områder. Derimod er både hovedalternativet boret tunnel og hovedalternativet skråstagsbro hver især blevet indplaceret i prioriteringsrækkefølgen én gang som den mindst egnede løsning.

Det er i sidste ende vurderingskriterierne miljøpåvirkning, anlægsmetoder og omkostninger/rentabilitet med deres mere markante påvirkningsforskelle, der er afgørende for den samlede prioriteringsrækkefølge. Fordelene ved hovedalternativet boret tunnel inden for området miljøpåvirkning modsvares af væsentlige ulemper inden for vurderingskriterierne anlægsmetoder og omkostninger/rentabilitet. Disse ulemper vejer tungere end de miljømæssige fordele. Denne indplacering i prioriteringsrækkefølgen tager højde for, at hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro også kan realiseres ud fra en miljømæssig betragtning. Hovedalternativet boret tunnel indplaceres derfor i prioriteringsrækkefølgen på grundlag af summen af alle påvirkninger som den mindst egnede løsning.

I den direkte sammenligning af hovedalternativerne sænketunnel og skråstagsbro er der ingen forskelle, der har betydning for vurderingen, inden for vurderingskriterierne regional planlægning, byplanlægning, landbrugsstruktur og omkostninger/rentabilitet. Inden for alle andre vurderingskriterier (miljøpåvirkning, trafik og anlægsmetoder) er der fordele ved hovedalternativet sænketunnel. Samlet set skal hovedalternativet sænketunnel derfor indplaceres i prioriteringsrækkefølgen som en bedre egnet løsning end hovedalternativet skråstagsbro. Den endelige prioriteringsrækkefølge efter den samlede vurdering af hovedalternativerne under hensyntagen til alle vurderingskriterier fremgår af Tabel 3.14:

Tabel 3.14: Samlet vurdering

	Sænketunnel	Boret tunnel	Skråstagsbro
Samlet prioritering	1	3	2

Det konstruktionsalternativ, der skal viderebehandles, er hovedalternativet sænketunnel på den fortrukne føringslinje T – E – ME.