

SEPTEMBER 2020
SUND & BÆLT HOLDING A/S

KATTEGATFORBINDELSE - KYST-KYST ANLÆGSTEKNISKE FORUNDERSØGELSER

INDLEDENDE LINJEFØRINGSOVERVEJELSER, SJÆLLANDS ODDE – JYLLAND

DELRAPPORT



INDHOLD

1	Indledning	5
2	Sammenfatning	7
2.1	Projektet	7
2.2	Foreløbige korridorer	7
2.3	Foreløbige vurderinger	8
3	Overordnede rammer og definitioner	9
3.1	Projektområde	9
3.2	Korridorer	9
3.3	Øvrige definitioner	10
4	Analyseparametre	13
4.1	Indledning	13
4.2	Analyseparametre	13
5	Tekniske løsninger generelt	15
5.1	Jernbaner	15
5.2	Vej	15
5.3	Kyst – kyst	15
5.4	Indledende geologisk og geoteknisk screening	36
6	Plan- og miljøforhold i projektområdet	41
7	Foreløbige korridorer Kyst-Kyst Nord (KKN)	42
7.1	Overordnet beskrivelse	42
7.2	KKN-1.1 Odden Øst - Djursland Nord	48
7.3	KKN-1.2 Odden Nord - Djursland Nord	50
7.4	KKN-1.3 Odden Vest - Djursland Nord	52
7.5	KKN-1.4 Odden Nord - Djursland Syd	54
7.6	KKN-1.5 Odden Vest - Djursland Syd	56
7.7	KKN-2.1 Odden Syd - Fløjstrup	56
7.8	KKN-2.2 Odden Vest - Fløjstrup	60
7.9	Sammenfatning Kyst-Kyst Nord	61

8	Anlægsoverslag	65
8.1	Indledning	65
8.2	Mængder for kyst-kyst korridorer	66
8.3	Anlægsoverslag	68
9	Referencer	71

BILAG

Bilagsmappe (A3)

Udkast

1 Indledning

Nærværende Delrapport er et resultat af et arbejde udført af COWI efter i januar 2020 af Sund & Bælt Holding A/S at have fået overdraget opgaven med anlægstekniske forundersøgelser af en kyst-kyst-forbindelse over Kattegat.

Delrapporten har haft til formål at beskrive anlægstekniske løsninger for en direkte forbindelse imellem Sjælland og Jylland via Sjællands Odde. Rapporten indeholder udelukkende vurderinger af kyst-kyst anlæggene, mens vurderinger af tilhørende landanlæg i henholdsvis Sjælland og Jylland ikke udarbejdes i denne fase.

Detaljeringsniveauet er tilstræbt svarende til beskrivelsen af korridorerne via Samsø i delrapporten: Indledende linjeføringsovervejelser for en Kattegatforbindelse, marts 2020, [1], og der er derfor anvendt samme struktur og afsnitsopbygning i denne rapport som i førnævnte rapport

Foruden nærværende Delrapport er der udarbejdet en bilagsmappe i A3.

2 Sammenfatning

2.1 Projektet

En Kattegatforbindelse kan bestå af enten en ren vejløsning eller en kombineret løsning med både en vej og en jernbane på land (Sjælland og Jylland) samt tunneler og/eller broer over Kattegat. Der henvises til oversigtskortet Figur 3-1 hhv. Bilag 3-1 i Bilagsmappen.

I denne rapport er alene kyst-kyst-strækningerne mellem Odden og Djursland hhv. Fløjstrup vurderet ud fra et anlægsteknisk perspektiv. Forbindelsesveje og bane på Sjælland og i Jylland er ikke behandlet her. Ligeledes er den plan- og miljømæssige vurdering af de identificerede korridorer ikke en del af formålet med denne delrapport, idet en særskilt rapport herom er under udarbejdelse af Sund & Bælts miljørådgiver (Rambøll).

Parallelt med udarbejdelsen af denne rapport er indhentet høringssvar fra Miljøstyrelsen i forhold til råstofsinteresser og fra Forvaret. Grundet tidsforløbet for høringerne er disse høringssvar ikke indarbejdet i nærværende rapport.

Der henvises generelt til [1].

2.2 Foreløbige korridorer

Det valgte projektområde for Odden-Jylland korridorerne fremgår af Figur 3-1 hhv. Bilag 3-1 og repræsenterer det område, inden for hvilket fremtidige linjeføringer eventuelt vil kunne placeres. Inden for dette område er der blevet udarbejdet et antal foreløbige korridorer med en bredde på ca. 1 km, inden for hvilke linjeføringer vil kunne trækkes under overholdelse af de normmæssige krav.

Korridorerne er lagt, så de ud fra anlægstekniske vurderinger og på det foreliggende grundlag og ud fra anlægstekniske skøn vurderes at udgøre de mest oplagte løsninger for en hurtig forbindelse imellem København (Hovedstadsområdet) og Aarhus (Østjylland). Når korridorerne betegnes som foreløbige, skyldes det, at de på dette stade ikke er endeligt vurderet og analyseret i bund. De vil derfor kunne ændre sig, som led i den kommende del af forundersøgelsen.

Opgaven har ikke været at rangordne disse foreløbige korridorer, men at registrere og kortlægge de tekniske forhold, som vil være af betydning for den fremtidige forundersøgelse, som vil skulle pege frem imod en indsnævring af løsningsrummet. Ved udformning af korridorerne er påvirkningen på naturområder, fredninger og bymæssige bebyggelser umiddelbart søgt minimeret, uden at der dog er foretaget en egentlig kortlægning heraf, og der er ikke foretaget en indbyrdes prioritering af disse interesser.

Hensynet til sejladsikkerhed og risikoen for skibsstød på grund af passagen af bl.a. Rute-T og Rute A er en væsentlig parameter for valg af korridor for kyst-kyst forbindelsen og for valget imellem konstruktionstyperne tunnel og bro.

2.3 Foreløbige vurderinger

Der er undersøgt bro-løsninger og kombination af broer og tunneler via kunstige øer. Primært på grund af risikoen for skibsstød er projektrisikoen for alle de samlede foreløbige korridorer blevet sat i kategorien "Forhøjet risiko", hvilket betyder at løsningen vil kræve usædvanlige afhjælpende tiltag. Udgifter hertil såsom beskyttelsesøer eller -rev, ledeværker eller forstærkning af bropiller, er dog ikke medtaget i anlægsoverslagene, som derfor alt andet lige er undervurderede. Det har været overvejet at kategorisere flere løsninger som "Uacceptabel risiko"; men for ikke at dømme løsninger ude på et for overfladisk grundlag i denne fase af forundersøgelserne er kategoriseringen "Forhøjet risiko" fastholdt.

På alle korridorer med undtagelse af korridoren KKN-1.1 Odden Øst-Djursland Nord er løsninger som kombinerer broer og tunneler via en kunstig ø vurderet, og i de fleste tilfælde skyldes kategoriseringen "Forhøjet risiko" skibsstødsrisikoen på brodelen, hvor en vurdering af tunneldelen alene ville resultere i "Acceptabel risiko" eller "Forhøjet risiko" (hvor tunnellængden er længere og trafikmængden højere end for den planlagte Femern tunnel). I princippet vil "Acceptabel risiko" kunne opnås for de samlede korridorer ved at erstatte brodelen med tunnel, og gøre den kunstige ø til en ventilationsø. Tunnel hele vejen imellem Sjællands Odde og Jylland forventes dog være en dyrere løsning, og er ikke blevet detaljeret i denne delrapport. Broer på de lange stræk er hovedsagelig valgt for at holde anlægsprisen nede.

. Det er ikke blevet analyseret, hvorvidt en så lang vej-tunnel vil kunne ventileres (ikke blot for udstødningsgas; men lige så vigtigt for dækstøv).

Den samlede vurdering er, at en fast forbindelse imellem Sjællands Odde og Jylland på det nuværende grundlag vil være forbundet med en betydelig projektrisiko, som det på nuværende stadie af forundersøgelsen ikke har været muligt at kapitalisere, så der kan foretages en retvisende sammenligning med løsningerne på korridorerne via Samsø (KKØ og KKV). Resultatet af de plan- og miljømæssige undersøgelser vil kunne give anledning til justeringer i de foreløbige korridorer; men forventes ikke væsentligt at påvirke ovenstående samlede foreløbige vurdering.

3 Overordnede rammer og definitioner

3.1 Projektområde

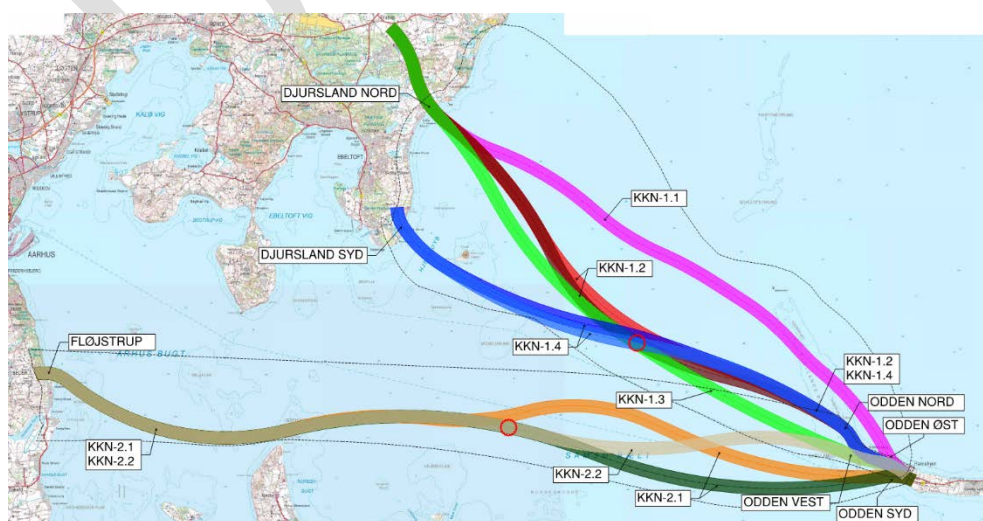
Projektområdet er defineret som det geografiske område, inden for hvilket projektet kan blive placeret.

Afgrænsningen af projektområdet (opdelt i et nordligt og et sydligt delområde) er vist med sorte punkterede linjer i Figur 3-1.

3.2 Korridorer

En forbindelse imellem Sjælland og Jylland er skitseret i et antal foreløbige korridorer (se Figur 3-1):

- 4 korridorer imellem Sjællands Odde og Djursland (KKN-1.1 – KKN-1.4)
- 2 korridorer imellem Sjællands Odde og Fløjstrup syd for Aarhus (KKN-2.1 og KKN-2.2)



Figur 3-1 Undersøgte foreløbige korridorer imellem Sjælland og Jylland
(Bilag 3-1 i bilagsmappen)

En foreløbig korridor er i denne sammenhæng et bånd, inden for hvilket det er muligt at tegne linjeføringer, som overholder de geometriske designkrav. Korridorerne er som udgangspunkt ca. 1 km brede.

3.3 Øvrige definitioner

Udtryk	Definition
Konstruktionstype	Hængebro, skråstagsbro, højbro, lavbro, boret tunnel, sænketunnel, cut & cover tunnel, trug, dæmning.
Løsningsmodeller	4-sporet motorvej uden bane (4+0) Dobbeltsporet bane uden vej (0+2) Kombineret 4-sporet motorvej og dobbeltsporet bane (4+2) Kombineret 4-sporet motorvej og enkeltsporet bane (4+1) (enkeltporet bane alene på kyst til kyst delen) (0 + 1)
Højbro	Bjælkebro med stor frihøjde og stor spændvidde, anvendt af hensyn til skibstrafikken og/eller ved stor vanddybde. Eksempler på højbro er gennemsejlingsfag til bjælkebroer og tilslutningsfag til hænge- og skråstagsbroer.
Lavbro	Bjælkebro med begrænset frihøjde og moderat spændvidde, anvendt hvor kun mindre skibe forventes at passere. Eksempel er Storebælt Vestbro.
En fast forbindelse over Kattegat	Dækker over det samlede projekt, inkl. såvel jernbane, vejanlæg på land alt efter om det er tale om en kombineret forbindelse eller ej og bro/tunnelanlæg. Anvendes i flæng med de øvrige benævnelser for hele projektet, afhængigt af kontekst og læsbarhed.
Kattegatprojektet	
Kattegatforbindelsen	
Kyst-til-kyst anlæg(-get)	Dækker over den del af projektet som Sund & Bælt Holding A/S har som kommissorium, dvs. forbindelsen mellem Jylland og Sjælland inkl. landanlæg som passerer på vejen (Samsø) inkl. ilandføringszoner.
Landanlægget	Dækker over den del af projektet som Vejdirektoratet/TBST har som kommissorium, dvs. vej/bane på Jyllands og Sjællands siden fra knudepunkter ved kysterne til tilslutning med eksisterende vej og bane.
Undersøgelsesområde	Det område indenfor hvilket konsekvenserne af projektet afdækkes.
Korridorer	De områder indenfor hvilket linjeføringer kan blive placeret. Korridorer afgrænses på hver side af en mulig linjeføring ud fra, hvad der er teknisk gennemførligt, og således at korridorer ikke indeholder no go-områder, der er fravalgt som led i forundersøgelsen
Linjeføring	En eksemplificeret linje inden for en korridor, som kan afbildes både i plan og profil, og som anvendes til udregning af økonomi.
Ilandføringspunkt	Det punkt, hvor anlægsprojektet fra havsiden krydser vandkanten (kote 0)

3.3.1 Forkortelser

Forkortelse	Betydning
AIS	Automatic Identification System (system til registrering af skibstrafik)
CL	Centerlinje
DVR90	Dansk Vertikal Reference
DWT	Dead Weight Tons (enhed til benævnelse af skibsstørrelser)
DS	Dansk Standard
EPB	Earth Pressure Ballance – En type TBM
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KKN	Kyst-Kyst Nord (foreløbige korridorer imellem Sjælland og Jylland med udgangspunkt i ilandføringspunkt på Sjælland på Sj. Odde)
KKV	Kyst-Kyst Vest (foreløbige korridorer imellem Samsø og Jylland)
KKØ	Kyst-Kyst Øst (foreløbige korridorer imellem Sjælland og Samsø)
KP	Kilometerpunkt
LM1	Eurocode lastmodel 1 for vejtrafik
LM71	Eurocode lastmodel for tog
NA	Nationalt Anneks til Eurocodes
SLR	Sea Level Rise (vandstandsstigning)
SLS	Serviceability Limit State (anvendelsesgrænsetilfælde)
TBM	Tunnel Boring Machine
TOR	Top of Rail (overside af skinne)
TS	Tandem System (2 aksellaster som indgår i LM1)
UDL	Uniformly Distributed Load (jævnt fordelt last)
ULS	Ultimate Limit State (brudgrænsetilfælde)
UIC	International Union of Railways
UTM	Universal Transverse Mercator
VTs	Vessel Traffic Service (system til alarmering af skibe på afveje)

4 Analyseparametre

Der henvises generelt til [1].

4.1 Indledning

På baggrund af offentligt tilgængelige data er der ved udarbejdelsen af nærværende rapport fokuseret på at foretage anlægstekniske, geotekniske og sejlads-mæssige undersøgelser.

Formålet med disse undersøgelser har været at bidrage til at identificere de mest relevante løsninger og korridorer fra Odden til Jylland, herunder foretage en prissætning af disse. Der er ikke foretaget en systematisk vurdering og indbyrdes rangordning af de foreslåede løsningsmuligheder og korridorer, ligesom det begrænsende datagrundlag betyder, at de foreslåede løsningsmuligheder og korridorer kan blive justeret og ændret i den videre proces på baggrund af efterfølgende supplerende undersøgelser og heraf følgende ændrede vurderinger. De mulige korridorer betegnes og betragtes, som en tydeliggørelse heraf, i det følgende for "foreløbige korridorer".

4.2 Analyseparametre

I denne delrapport har der været fokus på kyst til kyst. Forholdene på land har indtil nu kun indgået i overvejelserne i forhold til placering af ilandføringspunkter og f.eks. længder af borede tunneler. Det er tilstræbt at undgå indlysende følsomme naturområder og tætte bebyggelser.

Af ovenstående emner er det på havet alene hensynet til Natura 2000-områderne, som har været et styrende analyseparameter for linjeføringsvalg med henblik på at placere linjeføringer, hvor det kan være muligt at undgå en skade på disse områder. Hvor korridorer alligevel berører Natura 2000-områder, er placeringen af korridoren valgt på en sådan måde, at prioriterede naturtyper ikke berøres, eller de prioriterede naturtyper kun dækker en mindre del.

Herudover er der under udarbejdelsen af de foreløbige korridorer inddraget effekten i forhold til 3 yderligere parametre:

- > Trafikal betjening
- > Driftsrisiko
- > Projektrisiko

Her er det først og fremmest parameteren "Projektrisiko", som har betydning i vurderingen af de forskellige konstruktionsløsninger, idet projektrisikoniveauet for forskellige løsninger kan være markant forskelligt. Omvendt gælder det, at de forskellige konstruktionsløsninger på det nuværende grundlag ikke kan siges at adskille sig afgørende fra hinanden mht. parametrene: "Trafikal betjening" og "Driftsrisiko". Forskellen i driftsrisiko for eksempelvis en tunnelløsning og en broløsning bør baseres på statistik og erfaringer fra driften af sådanne bygværker, såsom Storebælt og Øresund, hvilket ikke er gjort her. Den trafikale betjening er først og fremmest bestemt af rejsetid og antal brugere, hvilket blandt andet kan få betydning, når i øvrigt næsten ligeværdige løsninger skal vurderes i forhold til hinanden i den kommende forundersøgelse. De nordlige korridorer KNN-1 vil i princippet ikke væsentligt afvige fra hinanden på denne parameter og ligeledes vil der ikke være forskel på de sydlige (KKN-2).

Overvejelser om projektrisiko er i nærværende Delrapport foretaget efter følgende kategorisering:

- > **Lav risiko**
Lav risiko som ikke giver anledning til yderligere tiltag
- > **Acceptabel risiko**
Acceptabel risiko som med gængse midler, kan reduceres til kun at være lettere forhøjet og acceptabel. Udgifter hertil er medtaget i anlægsoverslagene.
- > **Forhøjet risiko**
Højere risiko som vil kræve mere usædvanlige afhjælpende tiltag. Udgifter hertil er så vidt muligt indregnet i anlægsoverslagene, men efterlader en vis projektrisiko.
- > **Uacceptabel risiko**
Høj risiko, hvor de anlægstekniske løsninger vil kræve usædvanlige afhjælpende tiltag, som ikke er gennemført før, eller hvor projektet under anlæg eller i drift vil overskride acceptgrænser i forhold til risiko for materielle skader eller risiko for menneskers liv og sundhed, som ikke kan reduceres tilstrækkeligt med afhjælpende tiltag.

Anlægsoverslag er præsenteret i afsnit 8, og er i denne fase ikke betragtet som en analyseparameter.

5 Tekniske løsninger generelt

5.1 Jernbaner

Der henvises til beskrivelser for kyst-kyst korridorerne i [1].

5.2 Vej

Der henvises til beskrivelser for kyst-kyst korridorerne i [1].

5.3 Kyst – kyst

De tekniske konstruktioner, der er valgt at se nærmere på for anlæg af kyst-kyst delen omfatter både broer og tunneler. Broløsninger er enten kabelbårne broer ved behov for store spændvidder eller bjælkebroer hvor spændvidder op til 200 m er tilstrækkelige. Nødvendig spændvidde fastlægges ud fra bl.a. geotekniske forhold, vanddybder, sejladsforhold, risiko for skibsstød og anlægstekniske forhold. Tunnelløsninger er enten sænketunneler eller borede tunneler.

Hvor tunnel med fordel kan anvendes på en del af kyst-kyst forbindelsen kan tunnel kombineres med bro ved at anlægge en kunstig ø som overgangskonstruktion.

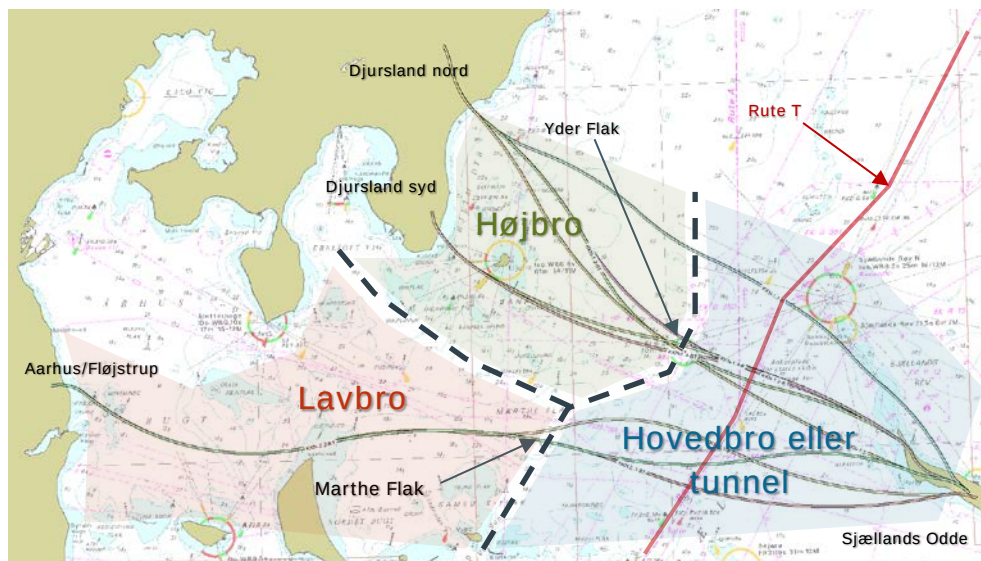
Sejladsforhold og skibsstød, samt generelle konstruktionsløsninger beskrives i efterfølgende afsnit.

5.3.1 Sejladsforhold og skibsstød

De udfordringer for risikoen i driftsfasen, som skibstrafikken i området kunne medføre for en tunnelløsning, er marginale set i forhold til udfordringerne for en broløsning. Sejladsforholdene og risikoen for skibsstød diskuteres derfor alene med udgangspunkt i løsninger for den faste forbindelse, der helt eller delvist er baseret på brokonstruktioner.

De i afsnit 7 præsenterede korridorer for KKN omfatter variationer over den faste forbindelse, der enten anvender en bro- eller tunnelløsning til krydsning af Rute T, men alle anvender høj- eller lavbro på den vestlige del af korridoren til ilandføringen på Djursland eller ved Aarhus – se Figur 5-1. Evalueringen af sejladsforholdene for korridorerne kan derfor gøres med udgangspunkt i de tre forskellige komponenter for en fast forbindelse:

- en østlig hovedbro eller tunnel til krydsning af Rute T
- en vestlig højbro mellem Yder Flak og Djursland
- en vestlig lavbro mellem Marthe Flak og Aarhus/Fløjstrup



Figur 5-1 Opdeling af KKN løsninger i en østlig bro eller tunnel ved passagen af Rute T og en vestlig høj- eller lavbro til enten Djursland eller Aarhus.

I forhold til sejladssikkerheden adskiller de forskellige broløsninger sig ikke signifikant på disse komponenter, så løsningerne kan evalueres komponentvis baseret på deres ligheder og fælles problemstillinger for hver komponent på tværs af løsningerne. Betydningen af løsningernes forskelle kan dernæst diskuteres i forhold denne generelle komponentvurdering.

Evaluering af sejladsforholdene er opdelt i:

- beskrivelse af skibstrafikken som den er observeret i 2018 (afsnit 5.3.1.1),
- indledende vurdering af trafikens arrangement omkring og igennem de betragtede broforbindelser (afsnit 5.3.1.2),
- indledende vurdering af navigationsåbningerne (afsnit 5.3.1.3), og
- indledende vurdering af risikoen for skibskollisioner (afsnit 5.3.1.4)

Endelig gives i afsnit 5.3.1.5 en sammenfatning af sejladsforholdenes samlede aftryk på løsningernes projektrisiko.

5.3.1.1 Skibstrafik

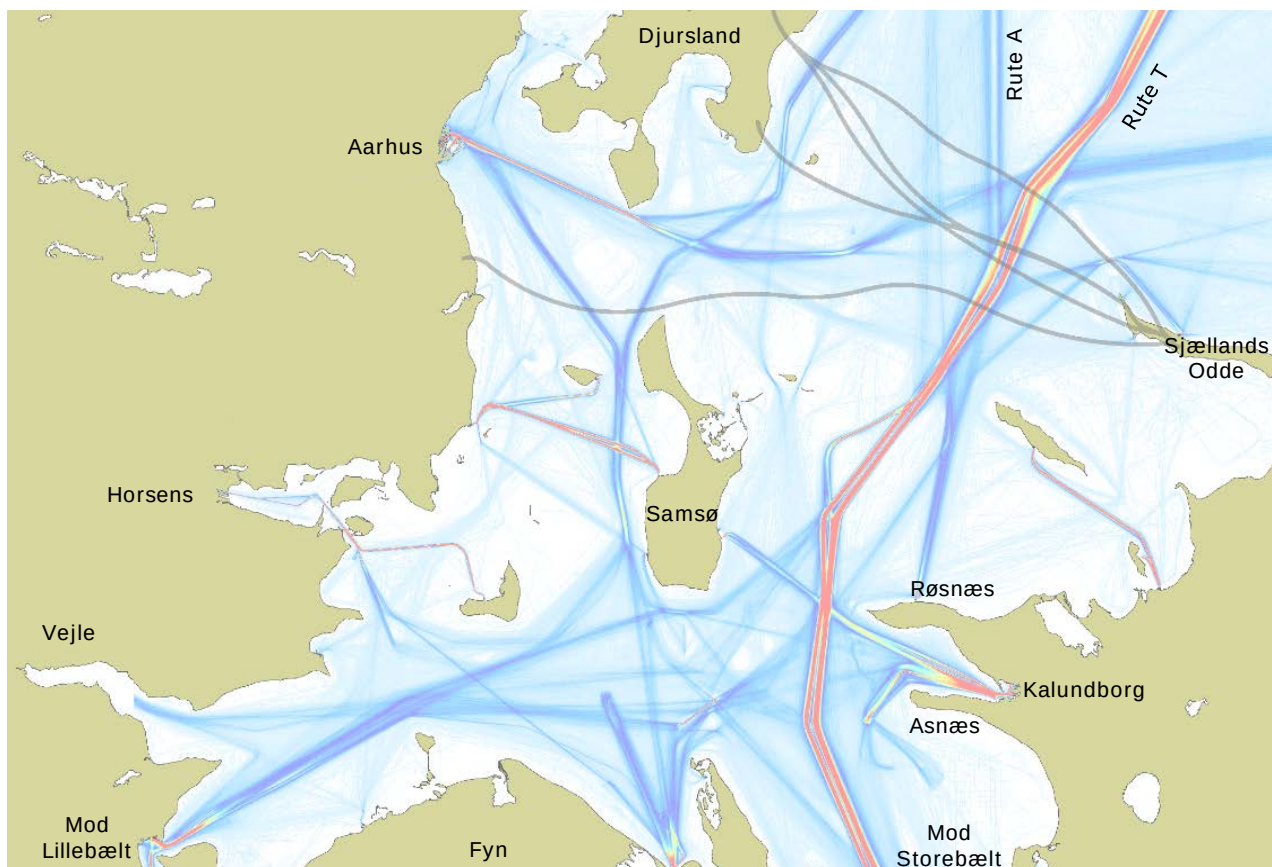
Omfang og sammensætning af skibstrafikken er undersøgt på grundlag af AIS data for 2018 hentet fra Søfartsstyrelsens hjemmeside. Trafikken præsenteres separat for kommerciel trafik og fritidssejlad, idet de to trafiktyper stiller vidt forskellige krav til en fast forbindelse.

5.3.1.1.1 Kommerciel trafik

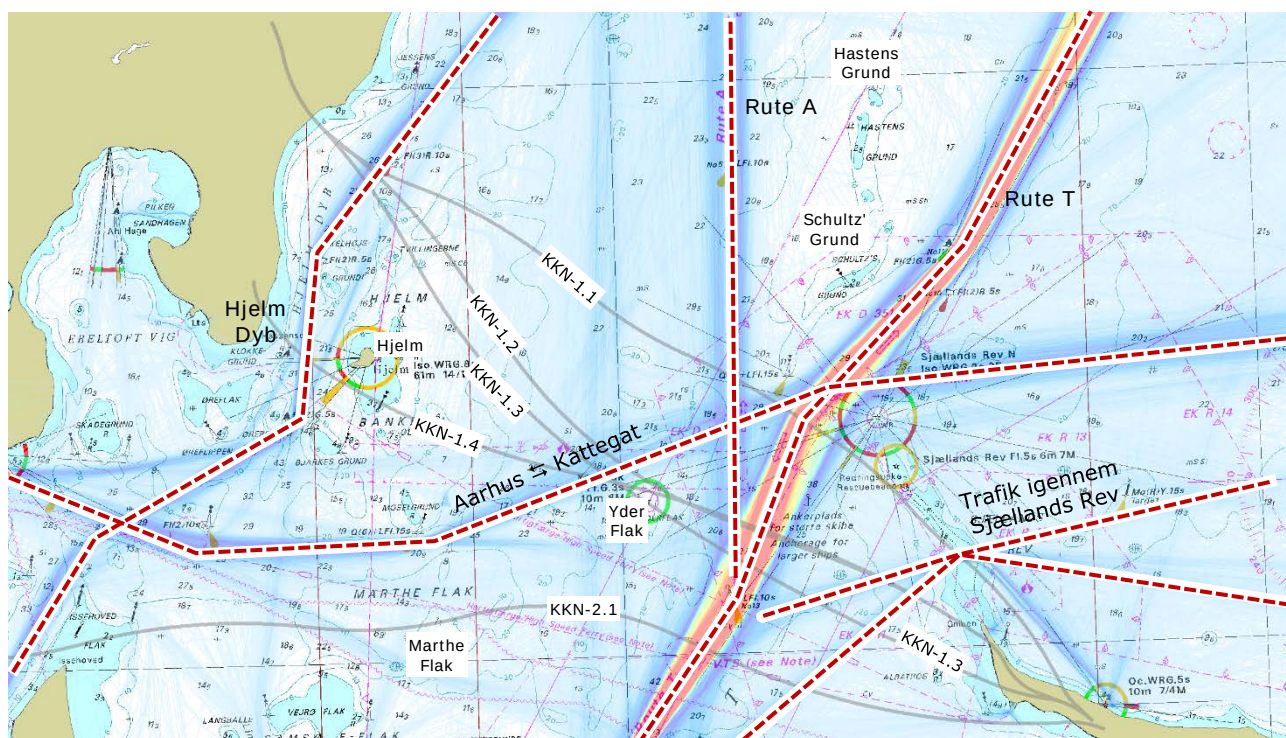
Figur 5-2 giver et overblik af intensiteten af den kommercielle skibstrafik i området. Den nuværende færgetrafik imellem Sjælland, Samsø og Jylland forventes at blive påvirket af en fast forbindelse i en af de nordlige korridorer og ruterne Odden-Aarhus og Odden-Ebeltoft formodes at lukke, mens de to ruter til Samsø

antages at være upåvirket af en fast forbindelse. I vurderingen af sejladsforholdene og risikoen for skibsstød er der derfor set bort fra trafikken på ruterne Odden-Aarhus og Odden-Ebeltoft.

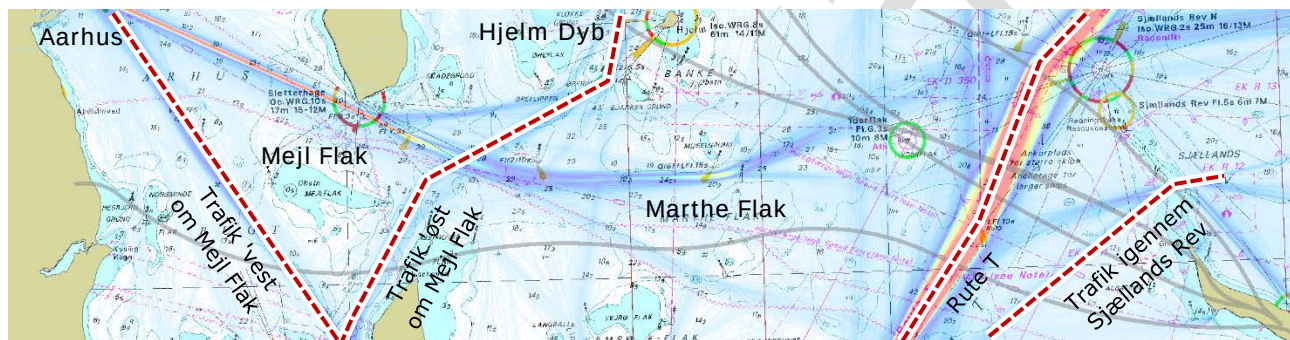
Trafikken i området domineres af den internationale trafik på Rute T der passerer øst om Samsø imellem Kattegat og Storebælt. Ruten er den dybeste søvej imellem Østersøen og resten af verden og er beskyttet af en international aftale, der skal sikre skibenes fri og uhindrede passage ind og ud af Østersøen.



Figur 5-2 Intensitet af kommerciel skibstrafik i området vist sammen med de betragtede korridorer, der helt eller delvis er baseret på en broforbindelse



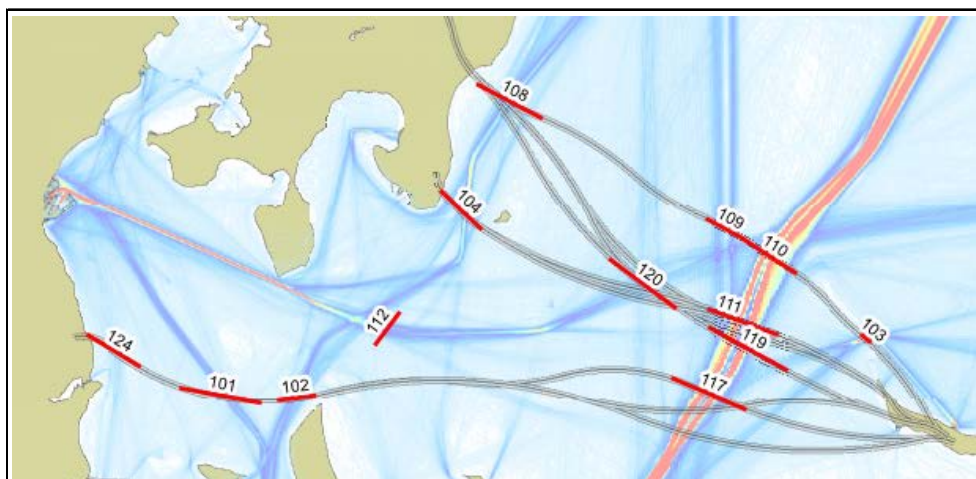
Figur 5-3 Ruter og forbindelser, der berøres af korridorerne mellem Sjællands Odde og Djursland



Figur 5-4 Ruter og forbindelser, der berøres af en korridor mellem Sjællands Odde og Fløjstrup syd for Aarhus

Trafikken, der i det nuværende trafikbillede krydser de nordlige korridorer, er opgjort i Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Årlig kommerciel skibstrafik i området ved udvalgte tællelinjer

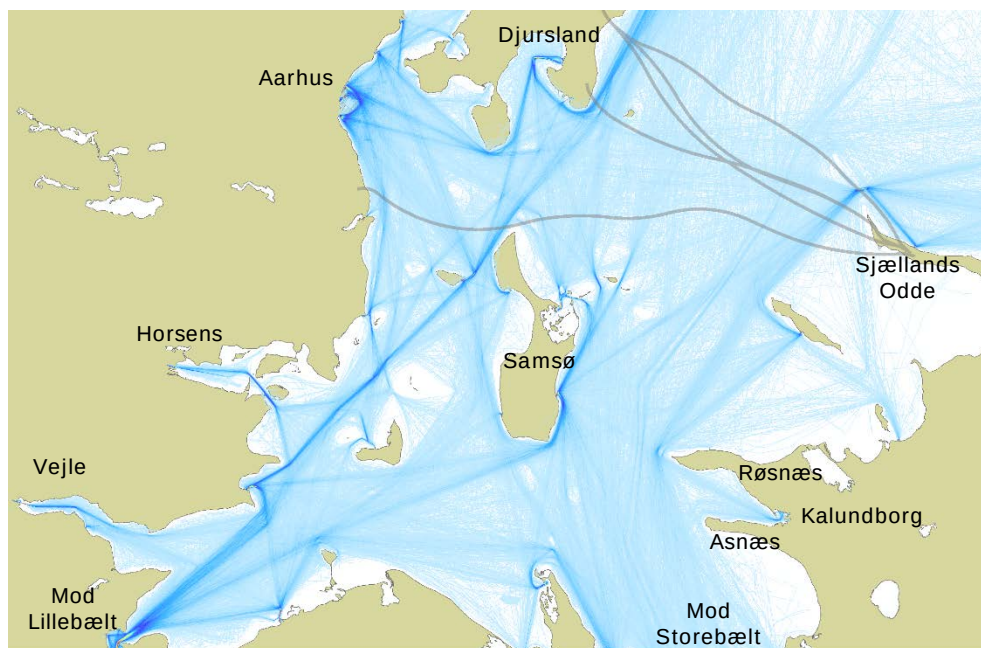


Linie	Passager i 2018			Størrelsesfordeling (L _{OA})						
	Syd-gående	Nord-gående	Samlet	0 - 25 m	25 - 50 m	50 - 100 m	100 - 150 m	150 - 200 m	200 - 300 m	300 - 400 m
101	624	723	1.347	32	295	540	341	119	18	1
102	646	648	1.294	85	236	768	163	30	11	1
103	826	928	1.754	1.138	187	410	9	8	2	0
104	970	1.035	2.005	175	367	968	393	67	27	8
108	958	1.029	1.987	178	356	964	386	67	29	7
109	997	943	1.940	26	94	872	511	246	177	13
110	7.342	11.095	18.437	145	373	2.132	3.543	6.487	5.349	408
111	7.788	11.428	19.216	344	471	2.723	3.570	6.246	5.478	384
112	1.307	1.315	2.622	19	86	549	835	893	156	85
117	8.329	11.707	20.036	1.087	512	2.871	3.518	6.163	5.498	386
119	8.214	11.873	20.087	1.405	506	2.682	3.491	6.172	5.447	383
120	1.142	1.231	2.373	81	182	860	532	550	91	78

Det fremgår af trafikoversigten at trafikken på Rute T – dvs. linjerne 110, 111, 117 og 119 – med sine cirka 20.000 årlige passager er 10 gange større end de øvrige trafikstrømme og trafikken er domineret af de større skibe med en længde på 150-200m. Trafikken på de øvrige strømme ligger på 1.300 til 2.600 årlige passager svarende til 3 til 7 daglige passager.

5.3.1.1.2 Fritidssejlds

Trafikintensiteten for fritidsfartøjer i Figur 5-5 viser at fritidssejlsden i området generelt er kystnær med fixpunkter i lystbådehavne ved de større byer (Vejle, Horsens, Aarhus) og på de af øerne, der har rekreative kvaliteter og faciliteter.



Figur 5-5 Tætheden af fritidssejls i området med markering af de nordlige korridorer for en fast forbindelse.

Trafikken krydser overalt på korridorerne, men med tydeligt forhøjet tæthed ved kysterne og ved de naturligt forekomne ruter i farvandet.

5.3.1.2 Arrangement af skibstrafikken

5.3.1.2.1 Østlig hovedbro over Rute T og Rute A

Rute T

Rute T er en stærkt trafikeret rute, og udgør en international passage til og fra Østersøen og trafikken på denne rute må ifølge en bindende international aftale ikke udsættes for begrænsninger. Krydsningen af denne rute vil derfor nødvendigvis kræve en hænge- eller skråstagsbro med tilstrækkelig spændvidde og frihøjde til ikke at udgøre en begrænsning for denne trafik. Den eksisterende Østbro over Storebælt definerer i dag den eneste begrænsning for denne rute, og en broløsning over Rute T skal derfor som minimum tilbyde de samme betingelser som Østbroen over Storebælt for sikker og uhindret passage.

En broløsning skal helst krydse ruten med god afstand fra kursændringer på ruten så skibene kan nå at etablere en stabil kurs inden passagen igennem broens navigationsåbning. Dette er ikke muligt for den nordligste korridor (KKN-1.1), hvorfor korridoren er lagt henover rutens knæk – se Figur 5-3. Det er ikke en optimal løsning, men en kursændring lige inden passage af broen er en større udfordring end at skulle foretage kursændringen under selve bropassagen. De øvrige korridorer er søgt placeret så krydsningen ligger i tilstrækkelig afstand imellem knækkene på Rute T. De øvrige korridorer til Yder Flak (KKN-1.2 og KKN-1.4) krydser Rute T under en gunstig vinkel og i god afstand fra knæk på ruten.

En broløsning i KKN-2.1 mellem Sjællands Odde og Fløjstrup (se Figur 5-4) vil også krydse Rute T under en ret vinkel og på en egnet strækning af ruten, der ikke byder på særlige udfordringer med kursændringer eller tilsluttende trafik.

Rute A

Rute A anvendes bl.a. af skibe, der ønsker at anvende lods ved passagen igennem Storebælt, og derfor anløber Grenå for at tage lods ombord. Skibene i denne trafik er af samme størrelse, som de store skibe på Rute T (se Tabel 5-1) og vil derfor kræve en skråstags- eller hængebro for at give en tilstrækkelig bred navigationsåbning. Med undtagelser af den sydligste korridor med bro over Rute T (KKN-2.1) vil Rute A's i sit nuværende forløb krydse korridoren vest for gennemsejlingen ved Rute T. Det vil enten kræve en separat hovedbro hvilket ikke giver en kost-effektiv løsning, eller en uhensigtsmæssig sammenfletning af Rute A og Rute T lige inden passage af korridoren. Rute A bør derfor omlægges og føres sammen med Rute T mindst 2-3 sømil nord for forbindelsen, så de store skibe fra Rute A kan nå en stabil kurs i Rute T inden passage af broen. For den nordligste korridor (KKN-1.1) giver Schultz's grund ikke plads til en sådan sammenlægning nord for broen – se Figur 5-3 – men selv for de sydligere korridorer (KKN-1.2, KKN-1.3 og KKN-1.4) vil en sammenfletning af Rute A ind i Rute T 2-3 sømil nord for korridoren give Rute A et uønsket komplekst forløb med en sammenfletning ved et knæk i Rute T og med en uønsket kursændring i nærheden af broen. Den sydligste korridor (KKN-2.1) vil som den eneste harmonere med den nuværende sammenfletning af Rute A ind i Rute T, men om muligt burde denne sammenfletning flyttes 1-2 sømil længere nordpå.

Trafik igennem Sjællands Rev via Snekkeløb

Endelig viser trafiktætheden i Figur 5-2 en koncentreret trafik igennem Sjællands rev, der er den undersøiske fortsættelse af Sjællands Odde. Passagen, der betegnes Snekkeløb, tilbyder i henhold til søkort en sikker dybde på 3,4 m, hvorfor trafikken igennem dette løb skulle være begrænset til mindre skibe. Trafikoversigten i Tabel 5-1 viser dog at også større skibe – op til 200 m – er identificeret at have passere løbet i 2018. Trafikken stiller krav om en gennemsejling øst for Rute T, men med udgangspunkt i den observerede trafik kan gennemsejlingen arrangeres i et (eller to) standard brospænd (200 m). Den nødvendige frihøjde er til rådighed for denne trafik, fordi brobanen ved passagen af løbet allerede er hævet for at nå den krævede frihøjde over Rute T. For den nordligste korridor (KKN-1.1), der forløber langs med revet, vil skibstrafikken være fokuseret pga. passagen igennem Snekkeløb, og gennemsejlingen vil skulle arrangeres igennem ét standardspænd, mens det vil være muligt at anvende ét spænd til hver retning for de øvrige korridorer.

For den nordligste korridor (KKN-1.1), der følger Sjællands Rev, giver placeringen af gennemsejlingen sig selv. For de øvrige korridorer bør gennemsejlingen lægges cirka midt imellem landfæstet og Rute T – se Figur 5-3. En omlægning af ruten for at sikre en mere vinkelret krydsning med korridoren kunne være nødvendig for de større skibe. Alternativt kan gennemsejlingen beholdes den mindre trafik.

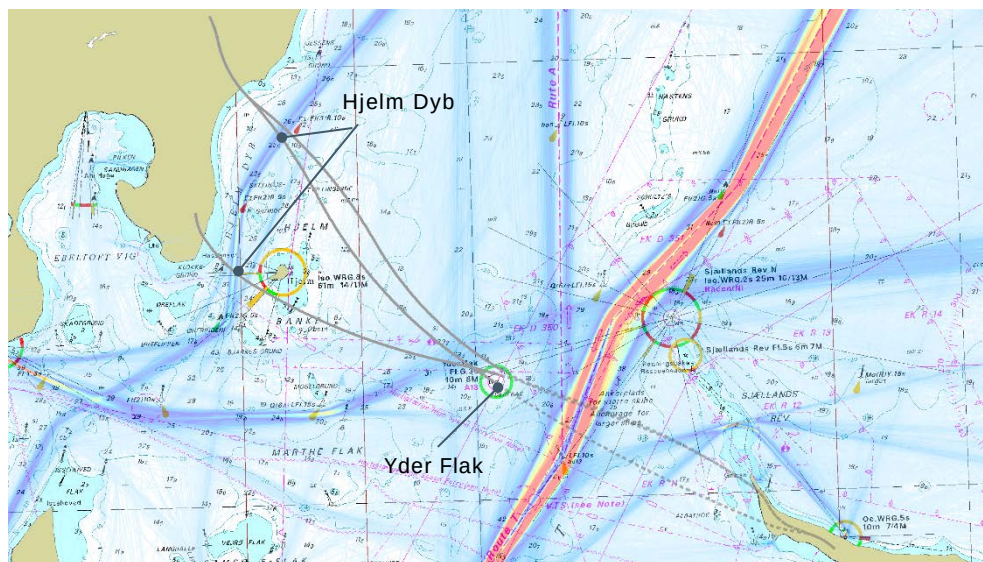
Aarhus-Kattegat

Trafikken imellem Aarhus og Kattegat (se Figur 5-3) vil krydse en højbro mellem Yder Flak og Djursland og det er relevant at omlade denne trafik til at passere en hovedbro mellem Sjællands Odde og Yder Flak. Denne omlægning diskuteres i afsnit 5.3.1.2.2 relation højbroen imellem Yder Flak og Djursland.

Tunnelløsninger under Rute T

Løsninger for den faste forbindelse, der omfatter en tunnel imellem Sjællands Odde og Yder Flak (KKN-1.2, KKN-1.3, KKN-1.4 og KKN-1.5) giver væsentlig

større frihed til at flytte den ovenfor nævnte skibstrafik, der ikke vil kunne passere broen mellem Yder Flak og Hjelm, til den åbne passage imellem Sjællands Odde og Yder Flak – se Figur 5-11. Sammenfletningen af Rute A til Rute T, der er en generel udfordring for broløsninger imellem Sjællands Odde og Yder Flak, kan ved en tunnelløsning ligeledes bibeholdes uden de ændringer på rutelægningen nord for forbindelsen, som en broforbindelse vil kræve. Den nord-sydgående trafik, der kan anes på Figur 5-11, ca. 6 km vest for og parallelt med Rute A, vil ligeledes kunne omledes til Rute A for passage henover tunneldelen.



Figur 5-6 Kombinerede løsninger (KKN-1.2, KKN-1.3, KKN-1.4 og KKN-1.5) med en tunnelløsning imellem Sjællands Odde og Yder Flak

5.3.1.2.2 Vestlig højbro med ilandføring på Djursland

Hjelm Dyb

Den kystnære trafik langs Djursland, der skal til/fra Aarhus eller sejler vest om Samsø, benytter den dybe sejlbende Hjelm Dyb og hvilket giver en veldefineret gennemsejling for en broløsning. Denne rute er ikke omfattet af internationale betingelser for fri passage igennem de danske bæltter, og det giver mulighed for, at gennemsejlingsåbningen i en fast forbindelse kan sætte en øvre grænse for størrelsen af de skibe, der må passere broen ved Hjelm Dyb. De større skibe kan så henvises til passage af forbindelsen via Rute T. Valget af navigationsåbningen over Hjelm Dyb kan dermed baseres på en afvejning af hvor stor en del af trafikken, det vurderes rimeligt og acceptabelt, at henvise til Rute T. I denne indledende undersøgelse af de nordlige korridorer foretages ikke en nuanceret vurdering med henblik på et optimalt og kost-effektivt valg af gennemsejlingsåbning. Den sydligste krydsning af Hjelm Dyb (KKN-1.4, se Figur 5-3 og Figur 5-11) skærer trafikretningen under en ugunstig, spids vinkel, der kan øge kravet til gennemsejlingsåbningen. Muligheden for at rette ruteforløbet igennem Hjelm Dyb op så krydsningen bliver mere vinkelret er diskuteret i afsnit 5.3.1.3.2.

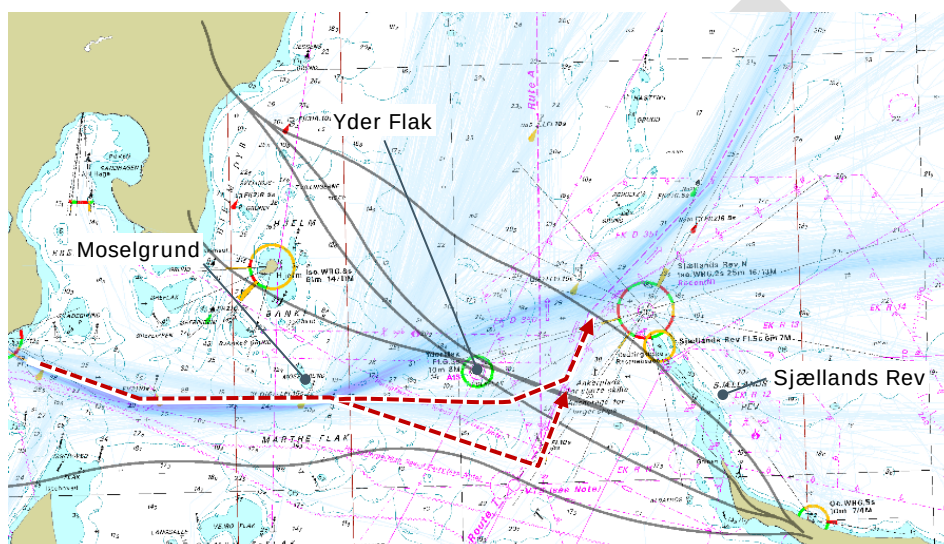
Aarhus Bugt

En del af trafikken til og fra Aarhus Bugt anvender en rute syd om Moselgrund og nord om Yder Flak og enten fletter sammen med Rute T eller går nord om Sjællands Rev – se Figur 5-7. Trafikken omfatter ca. 1100 årlige passager af skibe med en længde over 150m, og standardspændet for højbroen mellem Yder Flak og Djursland på 200m vil være utilstrækkeligt som navigationsfag for denne

trafik. En skråstagsbro med et spænd på omkring 300m vil være nødvendigt for at tillade denne trafik at passere højbroen vest for Yder Flak, og denne omkostningsforøgelse for den vestlige højbro er vanskelig at retfærdiggøre når den østlige hovedbro (eller tunnel) giver betingelser for sikker passage af korridoren.

For korridorerne henover Yder Flak (KKN-1.2, KKN-1.3, KKN-1.4 og KKN-1.5) vil omlægning af trafikken give en næsten vinkelret tilslutning til Rute T blot 3-4 km syd for broen, hvilket giver et uhensigtsmæssigt arrangement, der på grund af den store trafik i Rute T er sikkerhedsmæssigt tvivlsomt. For den nordligste korridor (KKN-1.1) kan forløbet gøres bedre med en mindre vinkel i tilslutningen.

Løsninger, der omfatter en tunnel fra Sjællands Odde til Yder Flak (KKN-1.3, KKN-1.4 og KKN-1.5) vil give større frihed til at omlede denne trafik syd om Yder Flak og arrangere en hensigtsmæssig og sikker tilslutning til Rute T.

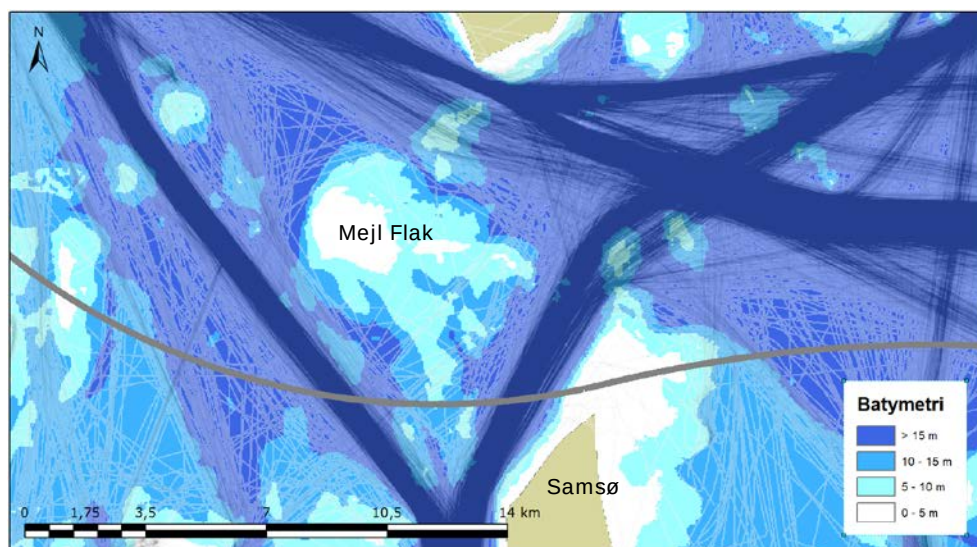


Figur 5-7 Trafikken mellem Aarhus Bugt og Kattegat og eventuelle omlægninger af trafikken til at passere øst om Yder Flak og igennem hovedbroen.

5.3.1.2.3 Vestlig høj/lavbro med ilandføring ved Aarhus/Fløjstrup

Alle løsninger for KKN-2.1 og KKN-2.2 anvender en lavbro løsning på den knap 40 km strækning fra Marthe Flak til Fløjstrup. Denne bro krydser to trafikstrømme vest og øst om Mejl Flak mellem Aarhus hhv. Hjelm Dyb i nord og sejlrenden vest for Samsø i syd. I begge tilfælde krydser trafikken korridoren under en uhensigtsmæssig skæv vinkel, og batymetrien omkring disse to ruter – se Figur 5-12 – giver ikke mulighed for at rette ruterne op, så der opnås en mere vinkelret krydsning.

Trafikken på disse ruter (linje 101 og 102 i Tabel 5-1) har begge en størrelses-sammensætning, der i sig selv fordrer et betragteligt gennemsejlingsfag, og den skrå vinkel af krydsningerne stiller endnu større krav til disse fag.



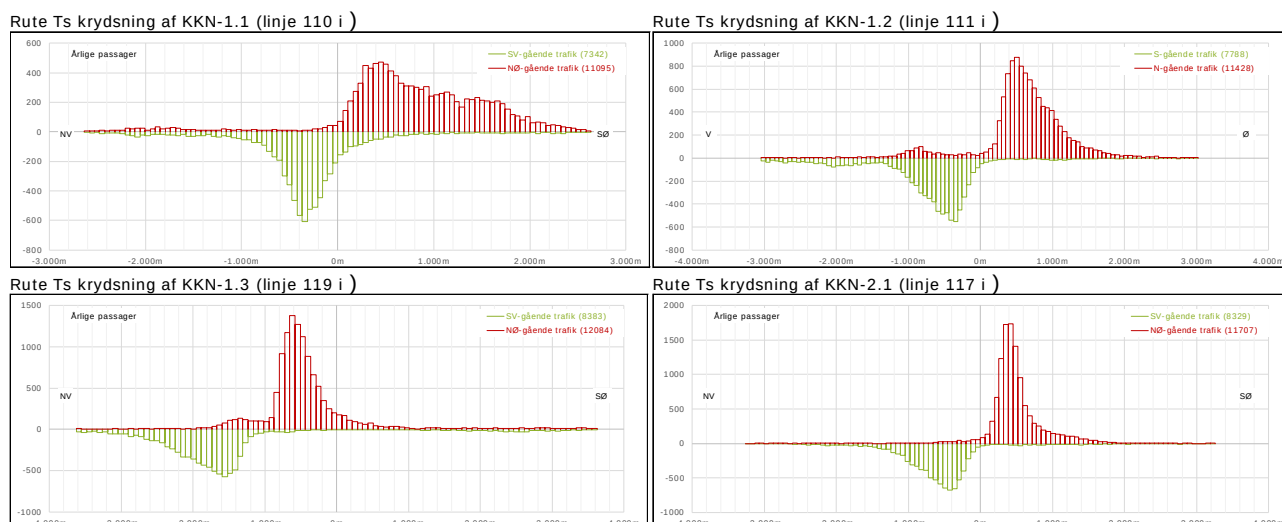
Figur 5-8 Bathymetri omkring trafikken der krydser KKN-2.1 og KKN-2.2 syd fra Mejl Flak.

5.3.1.3 Gennemsejlingsåbninger

5.3.1.3.1 Østlig hovedbro over Rute T og Rute A

Rute T

De observerede geometriske fordelinger i Figur 5-9 af trafikens nuværende spredning omkring Rute T ved de foreslåede korridorer, viser en stor forskel i den plads, som trafikken aktuelt anvender i deres navigation på Rute T. Selv ved KKN-2.1, hvor trafikken er mest fokuseret, anvender hver retning en bredde på mere end 1.000 m. Arrangementet ved gennemsejlingen af en broløsning og det trafikale arrangement op til broen med en separationszone (TSS), bøjemarkeringer og ledelys vil samle og fokusere trafikken i forhold til den nuværende udstrækning/spredning, og vejledning og organisering af trafikken op til en bropassage vil harmonisere kravet til gennemsejlingsåbningen for de undersøgte korridorer for en broløsning. Så selvom trafikens fordeling aktuelt er forskellige ved korridorerne kan hovedbroen over Rute T antages at skulle tilbyde samme gennemsejlingsåbninger for alle de nordlige løsninger. For nærværende forundersøgelse forudsættes hovedbroen at tilbyde en gennemsejlingsåbning på 690m×65m for hver retning for alle løsninger. Denne løsning bygger på erfaringerne fra manøvreresimuleringer og risikovurderinger for en broløsning over Femern Bælt.



Figur 5-9 Observeret geometrisk fordeling af Rute T trafikens passage af korridorerne (linje 110, 11, 117 og 119 i)

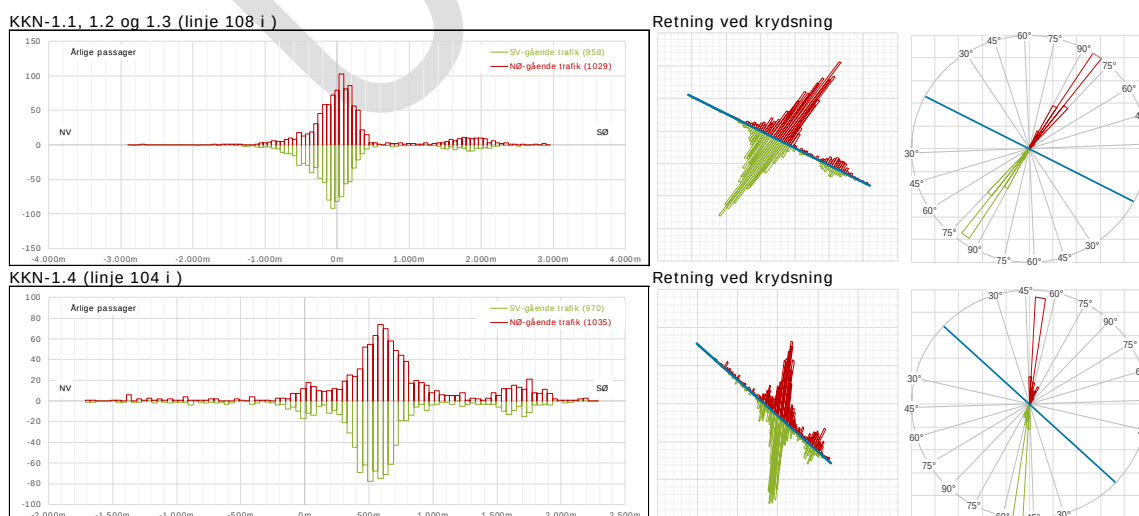
I senere faser af undersøgelsen af mulige korridorer skal denne antagne gennemsejling prøves/valideres med nøjere analyse af de nødvendige ændringer af trafikarrangement op til gennemsejlingsfaget og ultimativt igennem navigations-simuleringer af den/de endeligt betragtede korridorer og bro-løsninger.

Snekkeløb

Trafikken gennem Snekkeløb er naturligt begrænset af sejlrenden gennem løbet, og vil derfor ikke stille særlige krav til gennemsejlingen i KKN-1.1, der krydser denne trafik netop ved løbet. Gennemsejlingsåbningen for denne trafik – både for KKN-1.1 og for de øvrige løsninger – vil dermed kunne arrangeres i et standard brofag på 200 m med én navigationsåbning på 170 m×26 m til trafik i begge retninger.

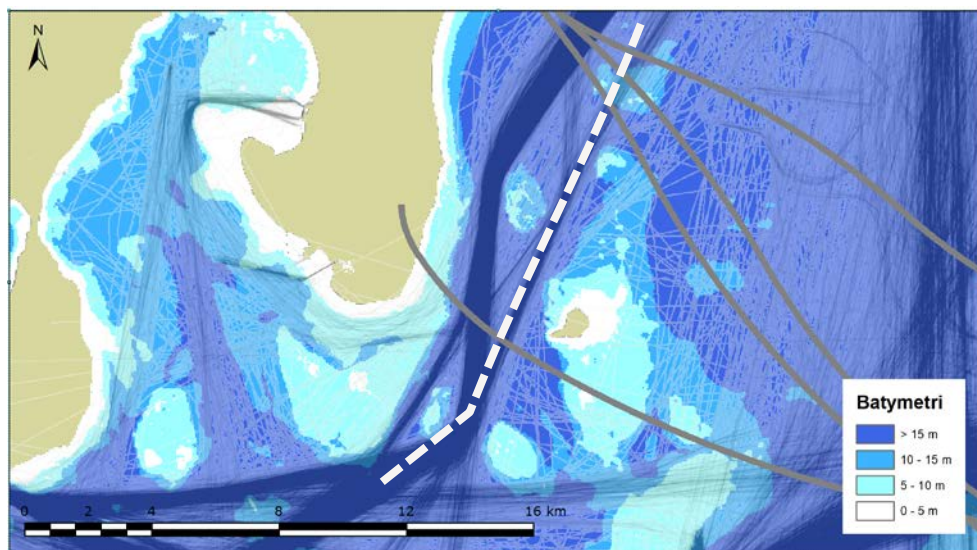
5.3.1.3.2 Vestlig højbro med ilandføring på Djursland

Den observerede geometriske fordeling af skibstrafikken gennem Hjelm Dyb langs med korridorerne er vist i Figur 5-10.



Figur 5-10 Observeret geometrisk fordeling og krydsningsvinkel for trafikken gennem Hjelm Dyb ved krydsning med korridorerne.

Ved den nordlige krydsning (linje 108 i Tabel 5-1) har korridorerne (KKN-1.1, KKN-1.2 og KKN-1.3) kunne arrangeres så de krydser trafikken under en næsten ret vinkel, mens ilandføring af den sydlige korridor (KKN-1.4) har betinget en ret skæv krydsning ca. 40 grader fra vinkelret. Skævheden vil alt andet lige kræve et større spænd for denne løsning eller at en større del af trafikken på ruten må omledes østover til passage igennem Rute T. Batymetrien ville alternativt tillade at ruten rettes op, så skæringen bliver mere optimal – se Figur 5-8 – men det vil kræve uddybning i den nordlige ende af denne rute.



Figur 5-11 Mulig opretning af krydsningen af KKN-1.4 ved Hjelm Dyb. (Baggrunden viser batymetrien overlejret med trafikintensiteten)

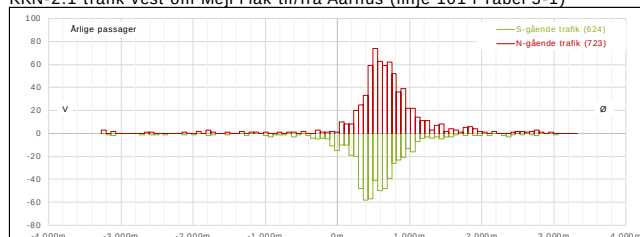
I den samlede vurdering af løsningerne er det valgt at fastholde samme navigationsåbning for alle løsningerne med 170 m×26 m åbning for hver retning. KKN-1.4 må så tillægges nogen usikkerhed/risiko for øgede omkostninger eller trafikale begrænsninger pga. den skrå skæring.

5.3.1.3.3 Vestlig høj/lavbro med ilandføring ved Aarhus/Fløjstrup

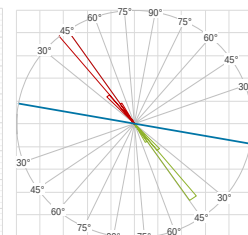
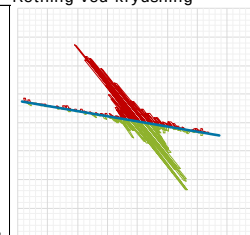
Trafikken imellem farvandet vest for Samsø og Aarhus hhv. Hjelm Dyb krydser KKN-2.1 under vinkler, der afviger fra den optimale vinkelrette krydsning med 45 hhv. 30 grader. Batymetrien vist i Figur 5-6 tillader ikke disse ruter at blive rettet op til en mere optimal krydsning.

For enkelhedens skyld forudsættes samme navigationsåbninger her som ved Hjelm Dyb – 170 m×26 m for hver retning – men løsningen tillægges øget risiko/usikkerhed i forhold til om disse navigationsåbninger ved en senere, mere detaljeret vurdering, kan vises at være tilstrækkelig.

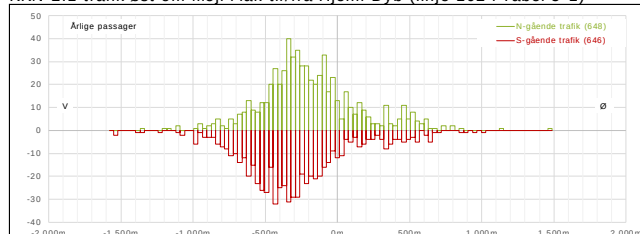
KKN-2.1 trafik vest om Mejl Flak til/fra Aarhus (linje 101 i Tabel 5-1)



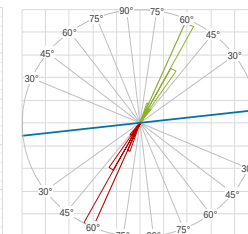
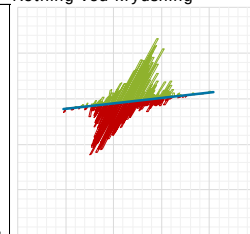
Retning ved krydsning



KKN-2.1 trafik øst om Mejl Flak til/fra Hjelm Dyb (linje 102 i Tabel 5-1)



Retning ved krydsning



Figur 5-12 Observeret geometrisk fordeling og krydsningsvinkel med KKN-2.1 for trafikken imellem farvandet vest for Samsø med passage vest eller øst om Mejl Flak.

5.3.1.3.4 Fritidssejlsads

Passagemulighederne for fritidstrafikken igennem en broløsning vil generelt være tilgodeset med de gennemsejlinger, der er nødvendige af hensyn til den kommercielle trafik. Dog vil en kystnær gennemsejling til fritidstrafikken skulle arrangeres for KKN-2.1 i vest nær den jyske kyst og nord for Samsø, til trafikken imellem vestsiden af Samsø og Djursland.

Det vurderes tilstrækkeligt at disse navigationsåbninger mindst har en bredde på 70 m, hvorved de kan rummes i en lavbro med 100 m spænd, og en frihøjde på 18 m, svarende til frihøjden på tilsvarende navigationsfag på Vestbroen over Storebælt.

5.3.1.4 Kollisionsrisiko

5.3.1.4.1 Modellering

Modellerne for estimering af hyppigheden af en skibskollision er udviklet med udgangspunkt i enkle, enten observerbare eller indlysende logiske sammenhænge, der betinger at risikoen for en kollision mod en bro er afhængig af:

- › volumenet og sammensætningen af skibstrafikken,
- › navigationsåbningens størrelse i forhold til skibenes dimensioner,
- › arrangementet af sejlsadsen op til gennemsejlingen,
- › skibenes manøvrejagtighed i farvandet,
- › særlige navigationsmæssige betingelser og udfordringer,
- › navigationsmæssige hjælpeforanstaltninger eller støtte

I Danmark er modellerne etableret igennem et større udviklingsarbejde i relation til etablering af Storebæltsforbindelsen, og modellerne er anvendt og modnet ved anvendelse på efterfølgende broprojekter og ved opfølgning på eksisterende broforbindelser.

Beskrivelsen af kollisionsrisikoen er oprindeligt delt op i fire dele:

- **Kategori I:** kollision i forbindelse med den faktiske passage som følge af mindre afvigelser i umiddelbar nærhed af navigationsåbningen,
- **Kategori II:** kollision fordi et skib ikke foretager den/de kursændringer, der er nødvendige for at følge ruten frem til gennemsejlingen,
- **Kategori III:** kollision forårsaget af undvigemanøvre ved to eller flere skibes møde nærheden af broen,
- **Kategori IV:** kollision af anden årsag

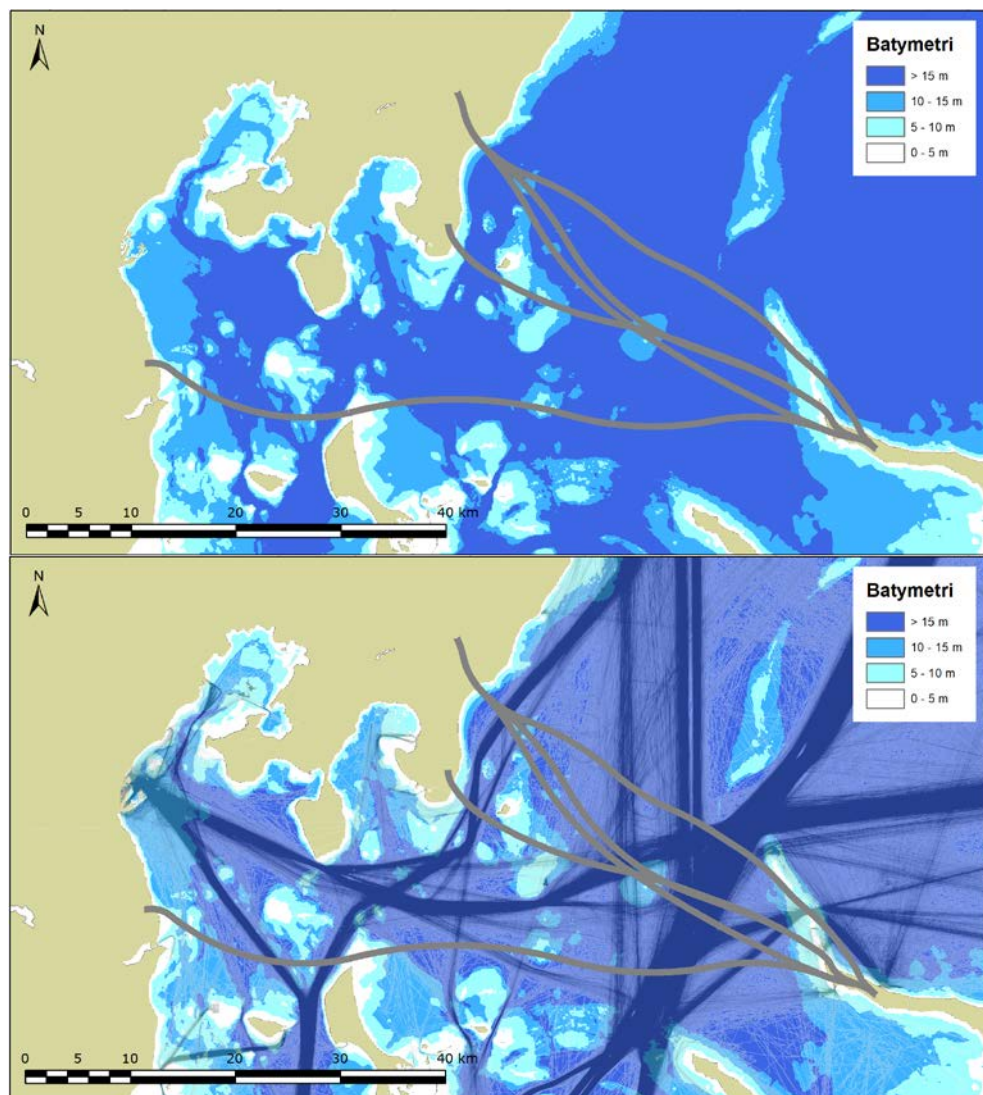
Kategori I og II er baseret på gentagne, observerbare hændelser og er derfor funderet på kombination af et solidt statistisk grundlag kombineret og simple hændelsesforløb. Kategori III har vist sig vanskeligt at forfølge med en kausal model og er blevet absorberet ind i Kategori I, mens Kategori IV udgør en restgruppe, erkendt ved at Kategori I og II ikke kan redegøre for alle de faktisk observerede kollisioner eller nærved kollisioner. Skibe, der har mistet motorkraft og driver for vind, strøm og bølger, er et oplagt scenarie for Kategori IV kollisioner, men den begrænsede fart af et drivende skib gør disse situationer mindre kritiske end hvor et skib under motorkraft er på afveje.

Om end Kategori IV er etableret som følge af faktisk observerede hændelser, er der tale om sjældne hændelser, der ikke giver det statistisk grundlag til at nuancere modelleringen og bestemme afhængigheden af forhold omkring det aktuelle broprojekt. Modellen for dette bidrag er dermed det simplest tænkelige, nemlig at risikoen er proportional med trafikvolumenet og at kollisionerne kan ske et hvert sted langs med broen. Der er hverken grundlag for eller metoder til at bestemme den underliggende proportionalitets- eller risikofaktor i afhængighed af de lokale forhold og betingelser, og faktoren har derfor karakter af at være en passende konservativ antagelse mere end en deduceret/udledt størrelse. Kategorien er modelleret med udgangspunkt i trafikken, der passerer igennem broen, men det overordnede princip for risikoen – at skibstrafik kan give anledning til kollisioner hvor som helst vanddybden tillader det – forpligter til, at risikobidraget også betragtes for skibstrafik, der passerer forbi og/eller langs med broen. Herved opstår der usikkerhed i modelleringen forhold til hvordan parametrene for en sådan situation – specifikt rutens afstand fra broen, og længden af den eksponerede bro – skal afspejles i proportionalitetsfaktoren for Kategori IV bidraget.

Når Kategori IV kollisioner antages at eksponerer alle dele af broen omfatter det pillerne langt fra gennemsejlingen, der traditionelt ikke er designet for skibsstød, og dele af broen med lav frihøjde, hvor brodrageren kan rammes. Den relativt svagt funderede model for Kategori IV risikobidrag kan dermed blive bestemmende for at dele af broen langt fra gennemsejlingen skal forstærkes og/eller hæves, og de lange broer i de foreslåede KKN korridorer er eksponeret for denne problemstilling. Det giver en usikkerhed i forhold til, om broløsningernes sikkerhed skal evalueres med udgangspunkt i den aktuelle modelleringspraksis, eller om modelleringen skal udfordres, for at give en mere realistisk beskrivelse af risikoen i denne navigationsmæssige situation og for disse typer af broer.

5.3.1.4.2 Batymetri

En væsentlig forudsætning for at kollisioner kan ske langt fra hvor trafikken normalt befinder sig og at det involverer skibe af tilstrækkelig størrelse til at forvolde skade på konstruktionerne, er at der er tilstrækkelig vanddybde til at skibet rent fysisk kan nå frem til brokonstruktionen uden at grundstøde undervejs.



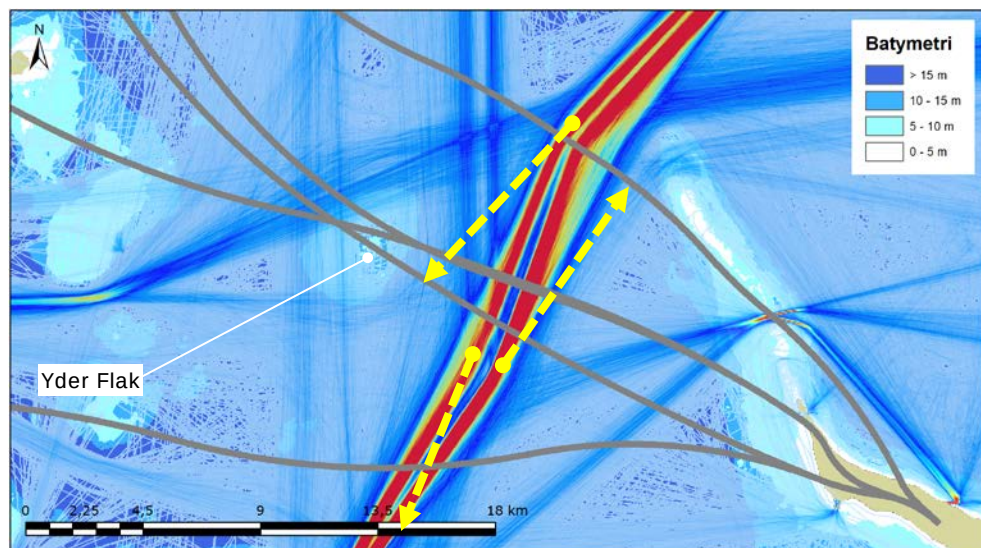
Figur 5-13 Bathymetrien omkring de nordlige korridorer (øverst) og med trafiktætheden overlejret (nederst).

Batymetrien omkring broen vil således være bestemmende for, hvor på broen skibe på afveje kan ramme. Med udgangspunkt i sædvanlige, ikke særligt beskyttede brokonstruktioner langt fra gennemsejlingsåbningerne, skal vanddybden være mindre end ca. 5 m for at udgøre en effektiv barriere for skibe, der er store nok til at forvolde skade. Af batymetrien omkring de nordlige korridorer vist i Figur 5-13 ses det at vanddybder mindre end 5 m kun findes meget lokalt omkring land. Ydermere passerer store dele af korridorerne gennem sammenhængende områder med vanddybder på mere end 10 m, hvor selv ganske store skibe vil kunne nå ind. Det kan derfor konkluderes at batymetrien ikke yder brokonstruktionerne KKN korridorerne synderlig beskyttelse imod skibe på afveje.

5.3.1.4.3 Østlig Hovedbro over Rute T og A

Kategori I

Risikoen forbundet med kollisioner i Kategori I – dvs. kollisioner i relation til skibenes passage af hovedbroen ved krydsningen med Rute T – bestemmes af hovedbroens design, gennemsejlingens størrelse og placering og af pylonernes modstandsevne overfor kollisioner. Disse designforhold forventes at kunne sikres således at denne risiko bliver acceptabel for hovedbroerne i alle korridorer.



Figur 5-14 Batymetri og skibstrafiktæthed omkring den østlige hovedbro over Rute T og Rute A. De gule pile markerer hvor korridorerne er eksponeret for Kategori II kollisioner (skibe der glemmer at dreje).

Kategori II

Eksponering for Kategori II kollisioner – dvs. skibe der glemmer at dreje ved rutenækk – opstår i forlængelse af ruterne inden knækket som vist på Figur 5-14 – og det ses at alle løsninger er eksponeret for denne type kollision fra trafik i den ene eller begge retninger. For alle korridorer vil mindst den ene af de eksponerede lokationer være tilkørselsbrofag på væsentlige vanddybde, hvorved det bliver omstændeligt at forstærke og/eller beskytte konstruktionen til at modstå kollisioner fra de store skibe, der besejler Rute T. For den sydligste hovedbro (KKN-2.1) vil kategori II kollisioner kunne holdes i nærheden af skråstagsbroen, hvor der er høj strukturel kapacitet.

Omlægges Rute A til at flette ind i Rute T nord for korridoren, vil det tilføje et eller flere knæk på denne rute, som ville kunne blive kilde til yderligere Kategori II kollisioner.

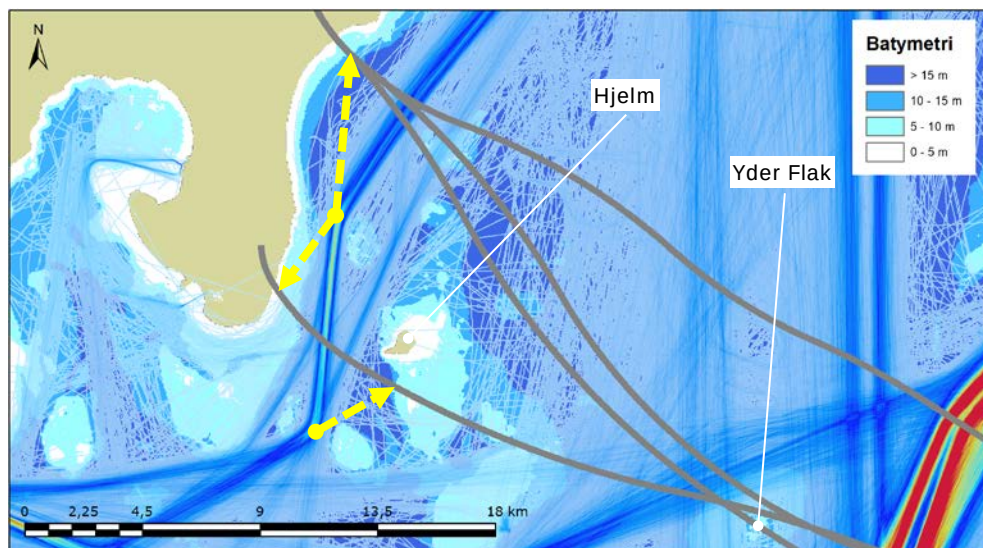
Kategori IV

Batymetrien omkring hovedbroen yder generelt ikke beskyttelse imod Kategori IV kollisioner – dvs. vildfarne skibe – med den østlige del af KKN-1.1 langs med Sjællands Rev som eneste undtagelse. Hovedbroens tilkørselsfag vil derfor være eksponeret for kollisioner fra store skibe, og de store vanddybder gør det omstændeligt at forstærke og/eller beskytte pillerne for at reducere denne risiko. Før korridorerne betragtes i yderligere detalje, bør det som minimum undersøges, hvor store kræfter et 3-400 m langt skib, der driver for kraftig vind, kan påvirke broen med. For det vil være et realistisk scenarie, som broen gerne skulle være i stand til at modstå.

5.3.1.4.4 Vestlig højbro med ilandføring på Djursland

Kategori I

Risikoen forbundet med kollisioner i Kategori I – dvs. kollisioner i relation til skibes passage af gennemsejlingen ved Hjelm dyb på den vestlige højbro – bestemmes af gennemsejlingens størrelse og placering og af pillernes modstandsevne overfor kollisioner. Disse designforhold forventes at kunne sikres for den vestlige højbro i alle korridorer således at denne risiko bliver acceptabel.



Figur 5-15 Batymetri og skibstrafiktæthed omkring den vestlige højbro med landfæste på Djursland. De gule pile markerer hvor korridorerne er eksponeret for Kategori II kollisioner (skibe der glemmer at dreje).

Kategori II

Eksponering for Kategori II kollisioner – dvs. skibe der glemmer at dreje ved ruteknæk – opstår i forlængelse af benene på ruten igennem Hjelm Dyb som vist på Figur 5-15. De nordlige korridorer (KKN-1.1, KKN-1.2 og KKN-1.3) er eksponeret tæt ved Djursland hvor det kunne være opportunt at beskytte broen med en kunstig ø. Den sydlige korridor (KKN-1.4) vil tilsvarende være eksponeret tæt ved land for kollisioner nordfra, og her kunne beskyttelse med en kunstig ø være en relevant løsning. Øst for Hjelm Dyb er KKN-1.4 eksponeret på dybere vand, og det kunne blive vanskeligere at beskytte denne del af broen. Oprettningen af ruten igennem Hjelm Dyb vist i Figur 5-11 vil eliminere hovedparten af Kategori II eksponeringerne, men eksponeringen af KKN-1.4 øst for Hjelm Dyb vil blive rykket mod vest på dybere vand hvorved den bliver vanskeligere at beskytte eller forstærke broen imod.

Kategori IV

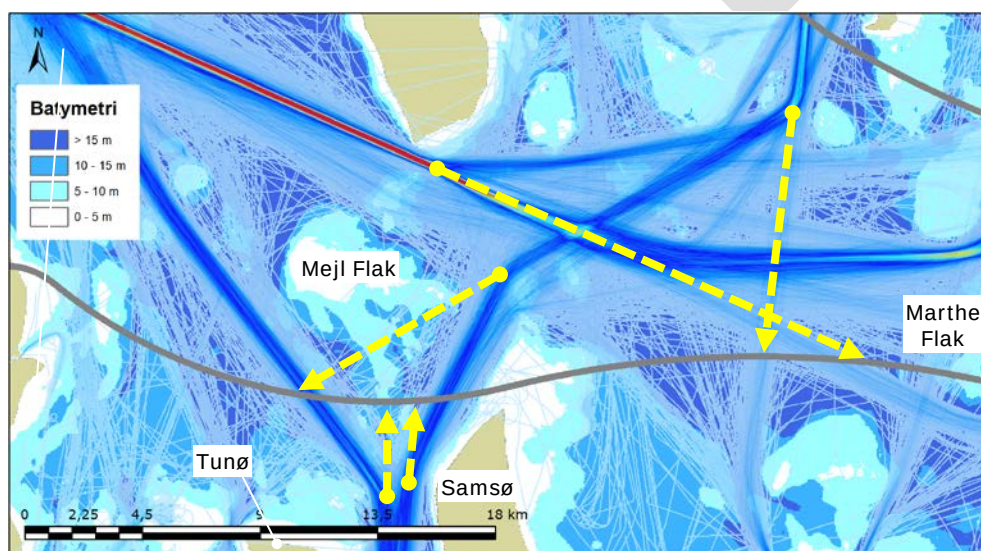
Den vestlige Højbro mellem Yder Flak og Djursland er eksponeret mod det åbne farvand i Kattegat mod nordøst, som i den store skala kun er skærmet af Hastens og Schultz's Grund se Figur 5-3 hvor vanddybden lokalt er reduceret til 5-10m. Korridorerne over Yder Flak er tillige lokalt skærmet af de lave vanddybder ved Yder Flak, og den sydligste korridor (KKN-1.4) er skærmet af de lavere vanddybder omkring Hjelm (Hjelm Banke). Men der er stadig tale om mere end 20 km bro eksponeret for trafikken i Kattegat, der – med undtagelse af Hastens og Shultz's Grund (se Figur 5-3) – giver uhindret og fri navigation helt op til Anholt.

Som det ses på Figur 5-13 er hovedparten af alle korridorerne placeret på dybt vand (>15 m) hvorved det bliver særlig omstændeligt at etablere en strukturel robusthed overfor skibskollisioner. Før korridorerne betragtes i yderligere detalje, bør det som minimum undersøges, hvor store kræfter et 3-400 m langt skib, der driver for kraftig vind, kan påvirke broen med. For det vil være et realistisk scenarie, som broen gerne skulle være i stand til at modstå.

5.3.1.4.5 Vestlig høj/lavbro med ilandføring ved Aarhus/Fløjstrup

Kategori I

Risikoen forbundet med kollisioner i Kategori I – dvs. kollisioner i relation til skibes passage af gennemsejlingerne af den vestlige høj/lavbro syd for Mejl Flak – bestemmes af gennemsejlingens størrelse og placering og af pillernes modstandsevne overfor kollisioner. Disse designforhold forventes at kunne etableres for den vestlige høj/lavbro således at denne risiko bliver acceptabel for begge korridorer (KKN-2.1 og KKN-2.2).



Figur 5-16 Batymetri og skibstrafiktæthed omkring den vestlige lavbro imellem Marthe Flak og Aarhus/Fløjstrup. De gule pile markerer hvor korridorerne er eksponeret for Kategori II kollisioner (skibe der glemmer at dreje).

Kategori II

Eksponering for Kategori II kollisioner – dvs. skibe der glemmer at dreje ved ruteknæk – opstår som vist i Figur 5-16 flere steder langs korridoren. Dels fra trafik fra syd imellem Tunø og Samsø, der skal foretage kursændringer for at komme øst eller vest om Tunø. Desuden er korridoren eksponeret umiddelbart vest for Marthe Flak af østgående trafik fra Aarhus og af sydgående trafik igennem Hjelm Dyb. Alle de eksponerede dele af korridoren er på dybt vand hvor det vil være vanskeligt at forstærke og/eller beskytte en brokonstruktion.

Kategori IV

En stor del af skibstrafikken nord for korridoren har ikke til hensigt at sejle hverken nær eller gennem broen, og bortset fra de årsagsrelaterede Kattegori II kollisioner, vil det kræve større og længerevarende fejlsituationer, førend denne trafik utilsigtet kommer nær broen. Trafikkens tilstedeværelse, de store vanddybder, der giver uhindret adgang til korridorerne for alle størrelser af skibe til store dele af korridoren, og erkendelsen af at den slags større navigationsmæssige afvigelser rent faktisk forekommer, gør, at Kategori IV kollisioner forventes

at kunne give et væsentligt og måske dominerende bidrag til kollisionsrisikoen for den vestlige høj/lavbro. Usikkerhederne om modelleringen af dette bidrag – se diskussionen i afsnit 5.3.1.4.1 – og muligheden for at bidraget kunne blive afgørende, giver dermed anledning til usikkerhed om projektets gennemførlighed. Situationen er parallel til Vestbroen over Storebælt, hvor risikoen for kollision er relateret til trafik, der navigerer syd for broen, men ikke har til hensigt at krydse brolinien. Den vestlige høj/lavbro fra Marthe Flak til Fløjstrup er ca. 6 gange så lang som Vestbroen, og siden det er Vestbroen og ikke Østbroen over Rute T, der har oplevet den værste kollision i Storebæltsforbindelsens levetid (Karen Danielsen, 2005) skal risikoen forbundet med trafik, der navigere i nærheden af broen, gives behørig opmærksomhed.

5.3.1.5 Sammenfatning

Overvejelserne om sejladsforholdene, sejladsikkerheden og risikoen for kollisioner mod broløsninger i de betragtede korridorer er sammenfattet i Tabel 5-2. I tabellen er anført hvilket/hvilke forhold, der vurderes at udgøre en konkret udfordring for den specifikke del af forbindelsen. Hvor udfordringen er vurderet at være stor, eller dens afklaring giver anledning til usikkerhed for projektets gennemførlighed, er dette markeret med en grå-toning i tabellen. Gråtoningen svarer til *Forhøjet Risiko*. Er udfordringen vurderet at være særlig stor, er det/de anførte forhold tillige markeret med fed skrift og denne markering svarer til *Uacceptabel Risiko*.

For de nordligste placeringer af den østlige hovedbro (KKN-1.1, KKN-1.2 og KKN-1.4) vurderes det ikke muligt at opnå et arrangementet af sejladsen omkring og igennem hovedbroen, der er hensigtsmæssig og sikker for trafikken, der benytter Rute A, og for øst-vest gående trafik til og fra Aarhus. Derfor er disse forhold markeret som *uacceptabel risiko*. Risiko for Kategori II og IV kollisioner er tillige fremhævet for disse broløsninger, men er ikke markeret som forhøjet risiko, fordi tilsvarende forhold er håndteret i det foreslåede broprojekt for Femern Bælt.

Den østlige hovedbro for KKN-2.1 er generelt fundet hensigtsmæssig om end risiko for Kategori IV kollisioner forventes at blive høj. Parallelt med de øvrige østlige hovedbroer er denne risiko vurderet håndterbar med henvisning til broprojekt for Femern Bælt.

Alle de vestlige højbroer vurderes at være eksponeret for en *uacceptabel stor risiko* for Kategori IV kollisioner baseret på den aktuelle modellering af dette risikobidrag. Det vurderes tillige usikkert om der kan etableres en revideret modellering, der bringer risikoen ned på et acceptabelt niveau og samtidigt kan accepteres af de relevante faglige fora og myndigheder. Derfor er disse forhold som *uacceptabel risiko*.

Tabel 5-2 Summarisk evalueringen af sejladsforhold og sikkerhed ved broforbindelser i de betragtede korridorer. Gråmarkering: Forhøjet risiko; Fed skrift: Uacceptabel risiko.

Korridor	Del	Navigations- arrangement	Kollisionsrisiko		
			Kategori I	Kategori II	Kategori IV
KKN-1.1	Østlig Hovedbro	Rute A		Rute T	Stort bidrag
KKN-1.2	Østlig Hovedbro	Rute A + Aarhus/Katte-		Rute T	Stort bidrag
KKN-1.4	Østlig Hovedbro	Rute A + Aarhus/Katte-		Rute T	Stort bidrag
KKN-2.1	Østlig Hovedbro				Stort bidrag
KKN-1.1	Vestlig højbro				Stort bidrag + Usikker model
KKN-1.2	Vestlig højbro				Stort bidrag + Usikker model
KKN-1.3	Vestlig højbro				Stort bidrag + Usikker model
KKN-1.4	Vestlig højbro			Hjelm Dyb	Stort bidrag + Usikker model
KKN-1.5	Vestlig højbro			Hjelm Dyb	Stort bidrag + Usikker model
KKN-2.1	Vestlig Høj/Lavbro			Flere bidrag	Stort bidrag + Usikker model
KKN-2.2	Vestlig Høj/Lavbro			Flere bidrag	Stort bidrag + Usikker model

Broforbindelser i KKN-1.4 og KKN-1.5 er i Hjelm Dyb eksponeret for kategori II kollisioner, og den eksponerede del af broen står på relativt dybt vand. I forhold til de øvrige udfordringer for disse broløsninger, vurderes denne problemstilling håndterbar.

Endelig er broforbindelserne imellem Marthe Flak og Aarhus/Fløjstrup i KKN-2.1 og KKN-2.2 eksponeret for Kategori II kollisioner på flere lokationer, og den store vanddybde ved disse lokationer gør det vanskeligt at forstærke og/eller beskytte brokonstruktionen, for at bringe risikoen ned på et acceptabelt niveau. Derfor er disse forhold markeret som *forhøjet risiko*.

5.3.2 Designbasis konstruktioner

Der henvises til [1].

5.3.3 Kabelbårne broer

Der henvises til [1].

5.3.4 Bjælkebroer

Der henvises til [1].

5.3.5 Brotværsnit

Der henvises til [1].

5.3.6 Brounderbygninger

Der henvises til [1].

5.3.7 Tunneler generelt

Der henvises til [1].

5.3.8 Sænketunneler

Der henvises til [1].

5.3.9 Borede tunneler

Der henvises til [1].

5.3.10 Cut & cover tunnel og portalbygninger

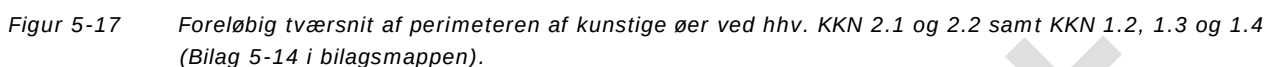
Der henvises til [1].

5.3.11 Trug

Der henvises til [1].

5.3.12 Vandbygningskonstruktioner

For de nordlige korridorer KKN 2.1 og 2.2 hhv. 1.2, 1.3 og 1.4 skal der etableres kunstige øer der forbinder tunneler og broer. Der er reelt tale om 2 øer (foreløbig placering ses markeret med rød cirkel på Figur 3-1). I nuværende fase af projektet er der meget lille forskel mellem de to øers opbygning og ydre forhold (bølger og vanddybder) hvorfor de vil blive projekteret ens i nuværende fase. Desuden vil der kun være lille forskel mellem øernes opbygning og perimeter på den nordlige hhv. sydlige del, så der alene bliver præsenteret ét tværsnit gældende for hele øens perimeter for begge øer, se Figur 5-14.



5.3.13 Udfletningsanlæg imellem bane og vej på land

Der henvises til [1].

5.4 Indledende geologisk og geoteknisk screening

Linjeføringerne fra Sjællands Odde til Jylland (KKN-1, KKN-2) er screenet geoteknisk i en korridor på ca. 50 km bredde baseret på offentligt tilgængelige geotekniske databaser (JUPITER) suppleret med relevant kortmateriale i form af jordartskort, andre geologiske, tematiske kort fra GEUS samt søkort.

Den geologiske model for de nordlige korridorer (KKN) anvender samme geologiske (hydrostratigrafiske) enheder som i de indledende linjeføringsovervejelser [1], og geotekniske parametre for den geologiske model skal derfor indledningsvis hentes fra screeningsrapporten, [2]. Supplerende klassifikationsforsøg og andre geotekniske laboratorie- eller feltforsøg for de nordlige korridorer vil blive inddraget i den endelige geotekniske screening i form af en konsolidering af materialeparametre for de enkelte enheder. Den geologiske model vil blive genbesøgt, når resultaterne af de planlagte overfladenære og dybde-seismiske undersøgelser er tilgængelige.

Formålet med den geologiske og geotekniske screening i denne rapport er at beskrive funderingsforholdene for en mulig Kattegatforbindelse mellem Sjællands odde og Jylland.

5.4.1 Overordnede geologiske forhold

Den geologiske model for Kattegat Kyst-Kyst består af 8 hydrostratigrafiske hovedenheder, som angivet nedenfor:

- > Post-glaciale aflejringer
 - > Postglacial tørv og gytje
 - > Postglacial sand
 - > Senglacial ler
- > Øvre sand
 - > (Sen)glaciale forekomst af sand og grus
- > Øvre ler
 - > Smeltevandsler
 - > Moræneler
- > Mellem sand
 - > Smeltevandssand og -grus
 - > Svagt leret morænesand/-grus
- > Mellem ler
 - > Smeltevandsler
 - > Moræneler
- > Nedre sand
 - > Smeltevandssand og -grus
 - > Svagt leret morænesand/-grus
- > Nedre ler
 - > Smeltevandsler
 - > Moræneler
- > Prekvartære aflejringer
 - > Kalk/kridt
 - > Palæogent ler

Disse overordnede enheder underinddeles i underenheder, som skal danne basis for fastlæggelse af de geotekniske karakteristika, som f.eks. styrke og stivhed.

Den geologiske model for området mellem Sjællands Odde og Jylland er eksemplificeret for linjeføringen KKN-1.2 for den kombinerede bro/tunnel løsning med en kunstig ø etableret på Yder Flak (km 218 til 219), se Figur 5-15. Linjeføring er skitseret på planen med sedimentkort. Grønne områder angiver de dele hvor havbunden overvejende består af bløde, organisk holdige sedimenter, mens brun angiver fritlagt glacial moræneler/sand. Gul markerer sandbund.

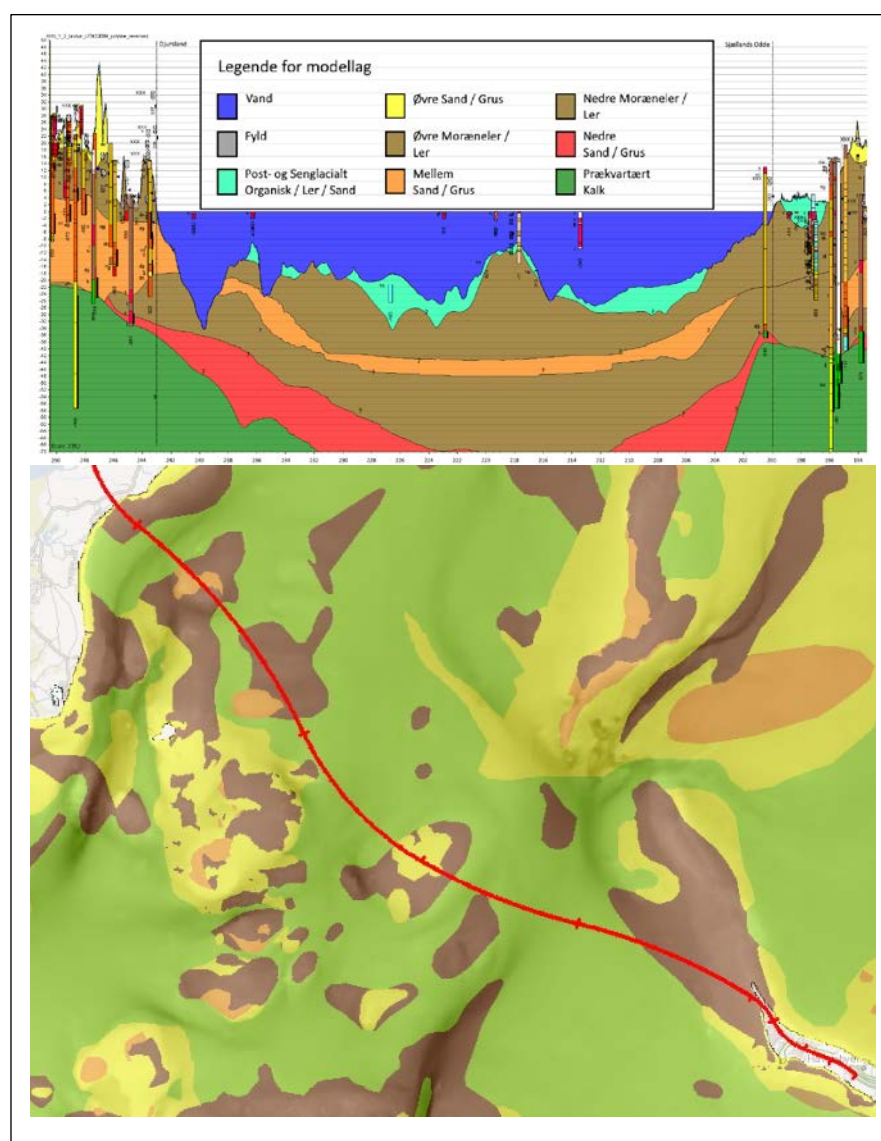
Længdeprofilet viser, at der ved kysterne, i de dybe render samt på Yder Flak kan forventes glaciale/senglaciale funderingsegnede aflejringer nær havbund.

Det er dog vurderingen, at der kan være sedimenter (evt. mobile grundet strømforholdene) i disse områder, som ikke ses på den geologiske model grundet manglende geotekniske borer lokalt i disse områder. Det betyder, at man i disse områder skal forvente, at der skal graves i større udstrækning end denne model antyder

På begge sider af Yder Flak (km 204 til 215 samt km 220 til 230), forventes større områder med bløde sedimenter, som skal bortgraves for at nå bæredygtige aflejringer. Tykkelsen af disse sedimenter kan være op til 8-10 m, men den

konkrete placering af disse er forbundet med stor usikkerhed grundet at data-grundlaget er yderst begrænset. Konkret vurderes anormaliteten i den øvre moræneoverflade mellem km 222 og 228, herunder især den meget dybe dal ved km 226,5, hvor sedimentlaget er op til 15 m tykt, at være en konsekvens af interpolationsmetode og begrænsede datapunkter i dette område.

De øvre prækvartære aflejringer i dette område forventes primært at bestå af kalk/kalksten. Dog kan Palæogent, plastisk ler enkelte steder udgøre den øverste del af prækvartæren, ligesom der må forventes at optræde større eller mindre flager af plastisk ler i de overliggende kvartære glacial aflejringer. Disse flager/lag kan have betydelig indflydelse på styrke- og deformationsegenskaber for de enkelte områder. Datagrundlaget er dog på nuværende tidspunkt ikke stort nok til at kunne udpege områder med prækvartære flager specifikt.



Figur 5-18: Øverst: Geologisk længdesnit for korridor KKN-1.2 (bro/tunnel)
Nederst: Linjeføring KKN-1.2 på baggrund af jordartskort

5.4.2 Anlægstekniske konsekvenser

De geotekniske forhold påvirker de forskellige anlægskonstruktioner på forskellig vis. Nedenfor er givet en kort, generel vurdering af funderingsprincipper og anlægstekniske udfordringer. Konkrete vurderinger for de enkelte linjeføringer er, hvor det er vurderet relevant, givet i Kapitel 7.

5.4.2.1 Brofundering

Generelt vurderes (sen)glaciale aflejringer at udgøre oversiden af bæredygtige lag, som er egnede til direkte fundering af bropillerne. Som nævnt ovenfor er der sandsynligvis større mægtigheder (5-12 m) af post-glaciale aflejringer på begge sider af Yder Flak, hvilket vil kræve betydelig gravning.

Det er erfaringen, at der kan være enkelte lommer af Palæogent ler i de glacial lag. Disse lommer øger risikoen for sætninger af fundamenterne, som evt. må imødegås ved pæleforstærkning eller egentlig pælefundering. Baseret på det ovenstående geologiske profil er det forventningen at risikoen er stigende ind mod kysterne, hvor de prækvartære aflejringer findes i lavere dybde og de glacial lag generelt er tyndere.

5.4.2.2 Sænketunnel

Funderingsforholdene for sænketunneller er generelt gode. Erfaringsmæssigt vil de glacial lag være yderst egnede som funderingsunderlag til sænketunnel og forbundet med begrænset risiko for differenssætninger/-hævning over hele træceen.

Tunnelelementerne skal generelt graves ca. 10 m ned under eksisterende havbund. Der er således lille risiko for, at der findes større områder med blødbund, som kræver dybere udgravning og efterfølgende tilbagefyld af grus/sand.

Anlægsteknisk skal man forholde sig til både de bløde sedimenter og til de kompetente glacial aflejringer (primært moræner).

I områder med store mængder blødbund skal der graves et fladt anlæg. For de områder, hvor de glacial aflejringer er fritlagt, skal man være opmærksom på udfordringen med at grave i til tider meget stiv moræne. Yderligere skal man være opmærksom på, at der er flere større stenblokke i morænen, som kan påvirke udgravningen. Der blev i forbindelse med anlægget af Storebæltsforbindelsen udviklet en ganske præcis model til at forudsige antallet af sten, som forventes at være repræsentativ for også dette projekt.

5.4.2.3 Borede tunneller

Generelt skal der bores i glacial aflejringer – i forhold som er sammenlignelige med Storebælt.

Sten udgør en risikofaktor, men mængden og størrelsen af disse kan vurderes med modellen udviklet for Storebæltsforbindelsen, se ovenfor.

Baseret på nylige erfaringer fra København findes det, at de glaciale aflejringer karakteriseres som "slidende til stærk slidende" på boremateriellet.

5.4.2.4 Kunstige øer og undersøiske rev

Der er lagt op til at etablere en kunstig ø på Yder Flak, som overgang mellem bro og tunnel. Funderingsforholdene på Yder Flak er gunstige, forekomsten af bløde sedimenter er begrænset til ca. 1 m.

Det anbefales at fjerne evt. blødbund direkte under vej/jernbane, så sætningsrisikoen minimeres. Udenfor dette område kan det vælges at efterlade blødbund og udlægge et offerlag (tykkere filterlag), som kan synke ned i blødbunden. Dette vil kræve, at stenkastningen udlægges i faser og monitoreres for at kunne indbygge passende overhøjde, som kan kompensere for sætninger, der opstår i byggeperioden og tage højde for restsætninger i levetiden.

Samme princip kan med fordel anvendes for eventuelle undersøiske rev – selv for områder med større blødbundsforekomster. Dog skal der i så fald tages passende hensyn til muligt stabilitetssvigt ved for hurtig opbygning af revene.

6 Plan- og miljøforhold i projektområdet

Der henvises til [3].

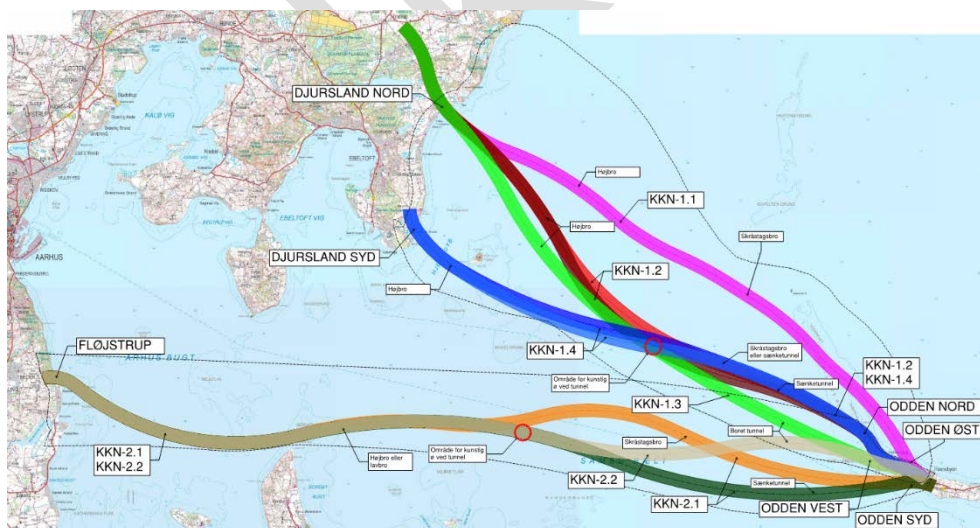
Udkast

7.1 Overordnet beskrivelse

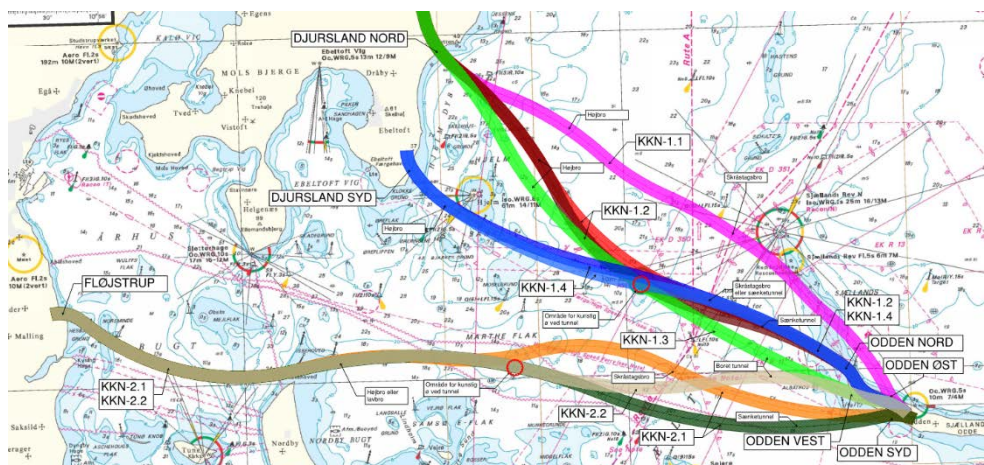
Tabel 7-1 De to undersøgte foreløbige overordnede KKN-korridorer

Disse to foreløbige overordnede korridorer kan forbindes med flere ilandføringspunkter på land. Herved opnås i alt 6 korridorer for KKN. De forskellige varianter af hver overordnet korridor er nummereret fortløbende i niveau 2, f.eks. som korridor KKN-1.1 Korridorerne er vist i Figur 7-1 sammen med geografiske ilandføringspunkter og konstruktionstyper, samt i Figur 7-2 på et søkort.

Stiplet linje på Figur 7-1 angiver område inden for hvilket projektet kan placeres for hver af de to overordnede korridorer.

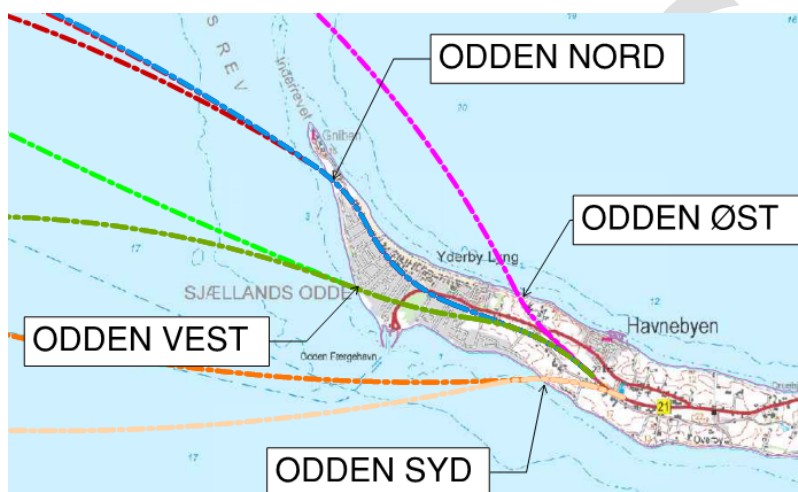


Figur 7-1 KKN foreløbige korridorer, geografiske ilandføringspunkter og konstruktionsstyper (Bilag 7-1 i bilagsmappen)



Figur 7-2 KKN foreløbige korridorer på søkort (Bilag 7-2 i bilagsmappen)

Ilandføringspunkter på Sjællands Odde er vist i Figur 7-3 sammen med foreløbig centerlinje af korridorer.



Figur 7-3 KKN foreløbige korridorer, ilandføringspunkter Sjællands Odde

Ilandføringspunkt Odden Nord er placeret så nordligt som muligt for at opnå kortest mulig afstand kyst til kyst. Punktet ligger umiddelbart nord for de nordligste bebyggelser.

Ilandføringspunkt Odden Vest er udelukkende forbeholdt boret tunnellsninger og er derfor placeret uden hensyntagen til bebyggelser, men bestemt af linjeføring på land og mulig placering af tunnelportal ved Yderby. Forløb af boret tunnel på Sjællands Odde er illustreret i Figur 7-12.

Ilandføringspunkt Odden Syd er udelukkende forbeholdt korridorer mod Aarhus (Fløjstrup) som forløber i vestlig retning. Derfor kan ilandføringspunkt med fordel flyttes syd for bebyggelser ved Odden for at påvirke Sjællands Odde mindst muligt.

Ilandføringspunkter er beskrevet i detaljer i afsnit for de enkelte korridorer.

Eftersom nogle af korridorerne er udarbejdet for specifikke konstruktionsløsninger, undersøges alle konstruktionsløsningerne ikke systematisk for alle korridorerne.

Der er set på rene broløsningen samt tunnellsøsninger under T-ruten grundet skibsstødsproblematikken for broer. Alle tunnellsøsninger forudsættes ført til kunstig ø og videre mod Jylland på bro.

En ren tunnellsøsning, enten som sænketunnel eller boret tunnel, er der set bort fra på grund af den store længde. Det forventes at anlægsmkostningen for en ren tunnellsøsning vil være højere end den vil være for en kombineret bro og tunnellsøsning og af den grund er de rene tunnellsøsninger fravalgt her. Grundet anlægsmkostning er boret tunnel løsning fravalgt hvor anlæg af sænketunnel er mulig.

De undersøgte kombinationer af korridorer og konstruktionsløsninger er sammenfattet i Tabel 7-2 og Tabel 7-3.

Tabel 7-2 KKN-korridorer, undersøgte kombinationsmuligheder

Korridor	Bro kyst-kyst	Kombineret bro og sænketunnel	Kombineret bro og boret tunnel
KKN-1.1	✓		
KKN-1.2	✓	✓	
KKN-1.3			✓
KKN-1.4	✓	✓	
KKN-1.5			✓ ¹⁾
KKN-2.1	✓	✓	
KKN-2.2			✓

¹⁾ Ikke optegnet

Tabel 7-3 KKN-korridorer, ilandføringspunkter, kunstige øer og konstruktionstyper

Korridor	Ilandføringspunkt start	Ilandføringspunkt slut	Kunstig ø	Konstruktionstype
KKN-1.1	Odden Øst	Djursland Nord	-	Skråstagsbro
KKN-1.2	Odden Nord	Djursland Nord	-	Skråstagsbro
KKN-1.2	Odden Nord	Djursland Nord	Ved Yderflak	Sænketunnel/Højbro
KKN-1.3	Odden Vest	Djursland Nord	Ved Yderflak	Boret tunnel/Højbro
KKN-1.4	Odden Nord	Djursland Syd	-	Skråstagsbro
KKN-1.4	Odden Nord	Djursland Syd	Ved Yderflak	Sænketunnel/Højbro
KKN-1.5 ¹⁾	Odden Vest	Djursland Syd	Ved Yderflak	Boret tunnel/Højbro
KKN-2.1	Odden Syd	Fløjstrup	-	Skråstagsbro
KKN-2.1	Odden Syd	Fløjstrup	Ved Marthe flak	Sænketunnel/Lavbro

KKN-2.2	Odden Vest	Fløjstrup	Ved Marthe flak	Boret tunnel/Lavbro
---------	------------	-----------	-----------------	---------------------

¹⁾ Ikke optegnet

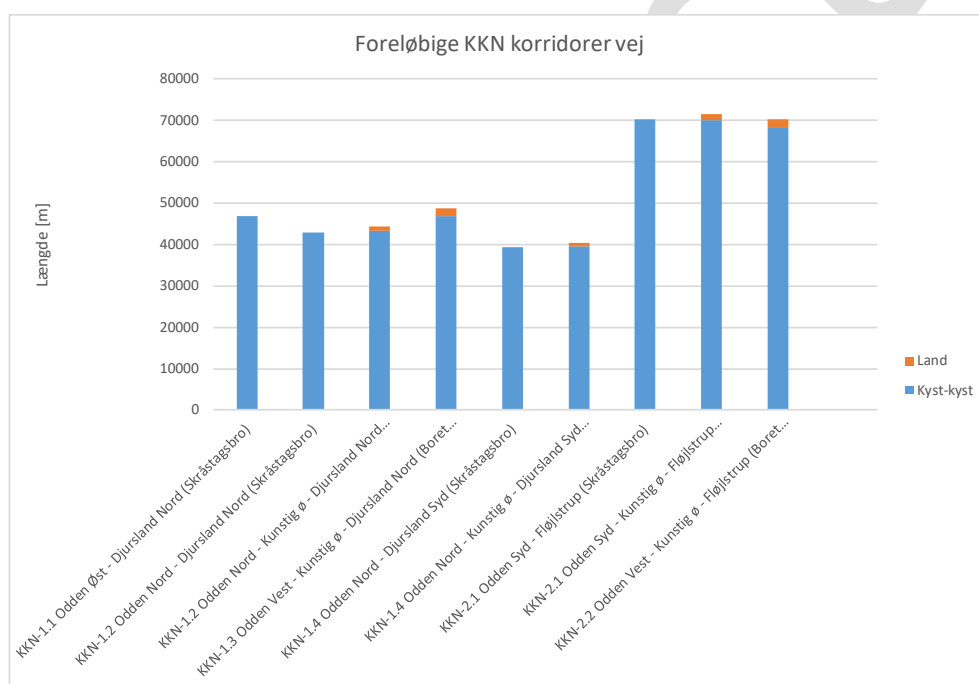
Konstruktionstypen skråstagsbro omfatter også tilslutningsbroer, som er benævnt højbro.

Tunnel/bro omfatter kombineret bro og tunnel inklusiv kunstig ø ved overgang fra bro til tunnel. For beskrivelser, se særskilte afsnit for hver korridor.

Længdeprofiler er optegnet for kombineret vej og jernbane.

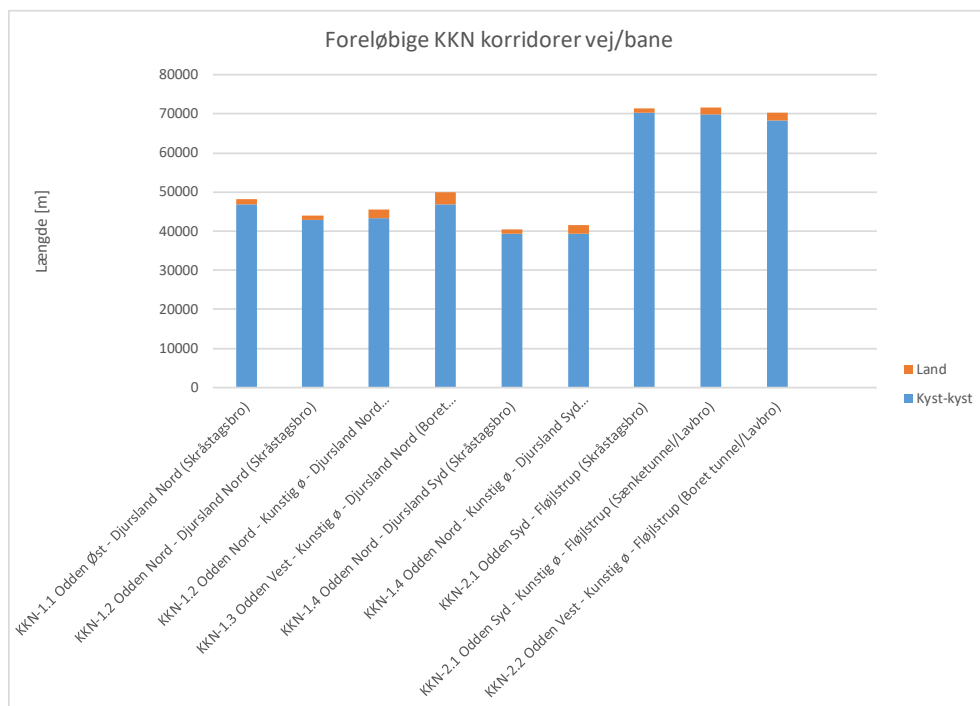
Længde kyst-kyst er afstand mellem landfæster, eller hvor sænketunnel hhv. boret tunnel går over i cut & cover tunnel. Længde på land inkluderer udfletningsanlæg for bro i to etager, cut & cover/portalbygning og trug ind i land for tunnelløsninger.

Længde af de forskellige korridorer for vejløsninger er illustreret i Figur 7-4.



Figur 7-4 KKN-korridorer vej, længder

Længde af de forskellige korridorer for kombineret vej/bane er illustreret i Figur 7-5.



Figur 7-5 KKN-korridorer vej/bane, længder

Kyst-kyst længder opdelt i konstruktionstyper for vej/bane er angivet i Tabel 7-4. Tunnel inkluderer sænkettunnel eller boret tunnel samt cut & cover tunnel.

Tabel 7-4 KKN-korridorer vej/bane, længder af konstruktioner

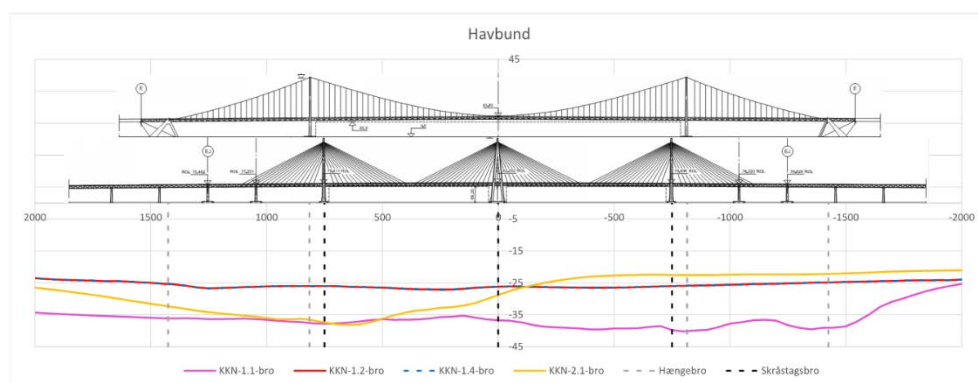
Korridor	Landførings-punkt start	Landførings-punkt slut	Bro [m]	Tunnel [m]	Kunstig ø [m]	Kyst-kyst ¹⁾ [m]
KKN-1.1	Odden Øst	Djursland Nord	46.900	0	0	46.900
KKN-1.2	Odden Nord	Djursland Nord	42.900	0	0	42.900
KKN-1.2	Odden Nord	Djursland Nord	24.000	18.567	1.250	43.250
KKN-1.3	Odden Vest	Djursland Nord	24.000	23.100	1.700	46.800
KKN-1.4	Odden Nord	Djursland Syd	39.300	0	0	39.300
KKN-1.4	Odden Nord	Djursland Syd	20.200	18.567	1.250	39.450
KKN-2.1	Odden Syd	Fløjstrup	70.300	0	0	70.300
KKN-2.1	Odden Syd	Fløjstrup	37.700	32.367	1.050	69.950
KKN-2.2	Odden Vest	Fløjstrup	37.300	31.500	1.500	68.300

¹⁾ Længde kyst-kyst er afstand mellem landfæster, eller hvor sænkettunnel hhv. boret tunnel går over i cut & cover tunnel.

Kyst-kyst længder for rene vejløsninger er de samme, bortset fra at den kunstige ø er 200 m kortere og bro tilsvarende længere.

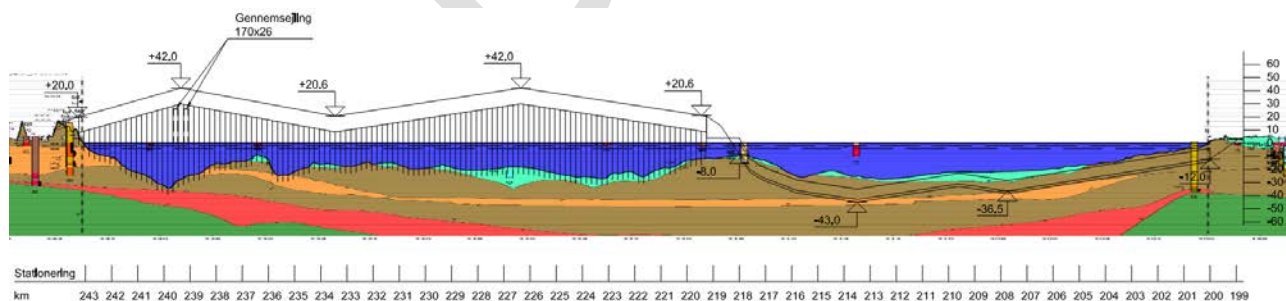
7.1.1 Tekniske løsninger

For broløsninger vil der af hensyn til skibstrafikken være behov for et stort gennemsejlingsfag eller alternativt to mindre gennemsejlingsfag med separeret skibstrafik. For at opnå de nødvendige spændvidder er der behov for enten en konventionel hængebro med 2 pyloner og et hovedfag eller en skråstagsbro med 3 pyloner og to hovedfag. Disse to muligheder er vist i Figur 7-6 sammen med havbundsprofil for KKN brokorridorerne. Broløsninger er udformet symmetrisk om T-ruten. Heraf fremgår at der ikke er nogen udtalt dyb rende ved T-ruten og derfor er det muligt at placere en pylon midt i sejlruen og adskille skibstrafikken i to navigationsfag. Herved kan skråstagsbroen med fordel anvendes. Hængebroen vil derimod have ankerblokke funderet på stor vanddybde, hvilket ikke er hensigtsmæssigt. Derfor er valgt skråstagsbro for både KKN-1 og KKN-2.



Figur 7-6 KKN broløsninger ved T-rute navigationsfag

De geologiske forhold er sammenlignelig med forholdene ved korridorerne over Samsø beskrevet i [1]. Der er dog større områder med bløde sedimenter og tykkelsen af disse sedimenter er også større, op til 8-10 m som beskrevet i afsnit 5.4.1. Derfor må betydelig afgravning forventes over lange strækninger og bropiller bliver tilsvarende dybere funderet. Foreløbigt geologisk profil langs KKN-1.2 er vist i Figur 7-7 sammen med bro- og sænketunnelløsning. For signaturforklaring, se Figur 5-15.



Figur 7-7 Geologisk længdeprofil og længdeprofil kombineret bro og tunnel vej/bane KKN-1.2

Der er muligvis lokalt et område med op til 15 m post- og senglacialt organisk/ler/sand (turkis signatur) omkring st. 226 km, vest for Ø hvor der er højbro med 200 m fag. Dette lag er ikke bæredygtigt og skal derfor graves væk. Her er tale om noget mere afgravning end for korridorerne over Samsø, men det berører kun ganske få bropiller. Det er vurderet ikke at være noget problem at grave

15 m væk på 20 m vand. I en senere fase kunne man vurdere at bruge jordforstærkning i form af "pile inclusions" lokalt og nøjes med en væsentlig mindre udgravning (det har man f.eks. gjort på den nye Storstrømsbro). Dette er en teknik hvor man forstærker jorden med pæle som ikke er forbundet til fundamentet. Disse pæle kan enten være betonpæle eller borehuller fyldt med en blanding af cement og jord. Dette vil dog forudsætte at hensynet til havpattedyr ikke forhindrer ramning eller nedvibrering af pæle.

7.2 KKN-1.1 Odden Øst - Djursland Nord

7.2.1 Beskrivelse

KKN-1.1 er den nordligste af de undersøgte foreløbige korridorer mellem Sjællands Odde og Djursland. Udgangspunktet for denne korridor er at undgå at skulle igennem sommerhusområdet Yderby Lyng. Korridoren går øst om Sjællands Odde og udnytter lavt vand hen over Sjællands Rev. Den muliggør placering af gennemsejlingsfag i knæpunktet af T-ruten med god afstand til A-ruten. Knækket på T-ruten er her 24 grader.

Korridoren er vist i Figur 7-1 og Figur 7-2. Korridoren starter i ilandføringspunkt Odden Øst og slutter i ilandføringspunkt Djursland Nord, lidt nord for Holme. Den samlede længde mellem ilandføringspunkter er 46,5 km.

Hvis korridoren bliver lagt nordligere, vil det ud fra en foreløbig vurdering have følgende konsekvenser:

- > Konflikt med Sjællands Rev fyr;
- > Del af korridoren nær Schultz's grund vil ved en noget nordligere placering skulle gå gennem et Natura 2000-område, hvilket med områdets forholdsvis høje tæthed af naturtyper ikke er vurderet acceptabelt ud fra analyseparameteret om, at korridorerne gennem Natura 2000-områderne til havs, inklusive ilandsætningspunkterne (0,5 km ind på land), skal udvælges således, at de ikke berører prioriterede naturtyper, og at de ikke-prioriterede naturtyper derudover ikke må berøres af korridorerne i betydeligt omfang (dette forhold gælder dog ikke boret tunnel).

Derfor er korridor for KKN-1.1 på det foreløbige grundlag ikke placeret nordligere. En vestligere placering på Odden er undgået af hensyn til den massive bebyggelse. En nordligere placering på Djursland er undgået for at undgå betydelig påvirkning af naturområdet ved Jernhatten.

7.2.2 Teknisk vurdering

Den tekniske løsning er en ren broløsning, men kan i princippet også udføres som en kombineret tunnel- og broløsning eller som en ren tunnel løsning. Det er dog ikke på det foreliggende grundlag vurderet hensigtsmæssigt med kombineret bro- og tunnelloøsning eller ren tunnel løsning på grund af stor vanddybde

over hele strækningen og dermed behov for omfattende mængder sand og sten til en kunstig ø.

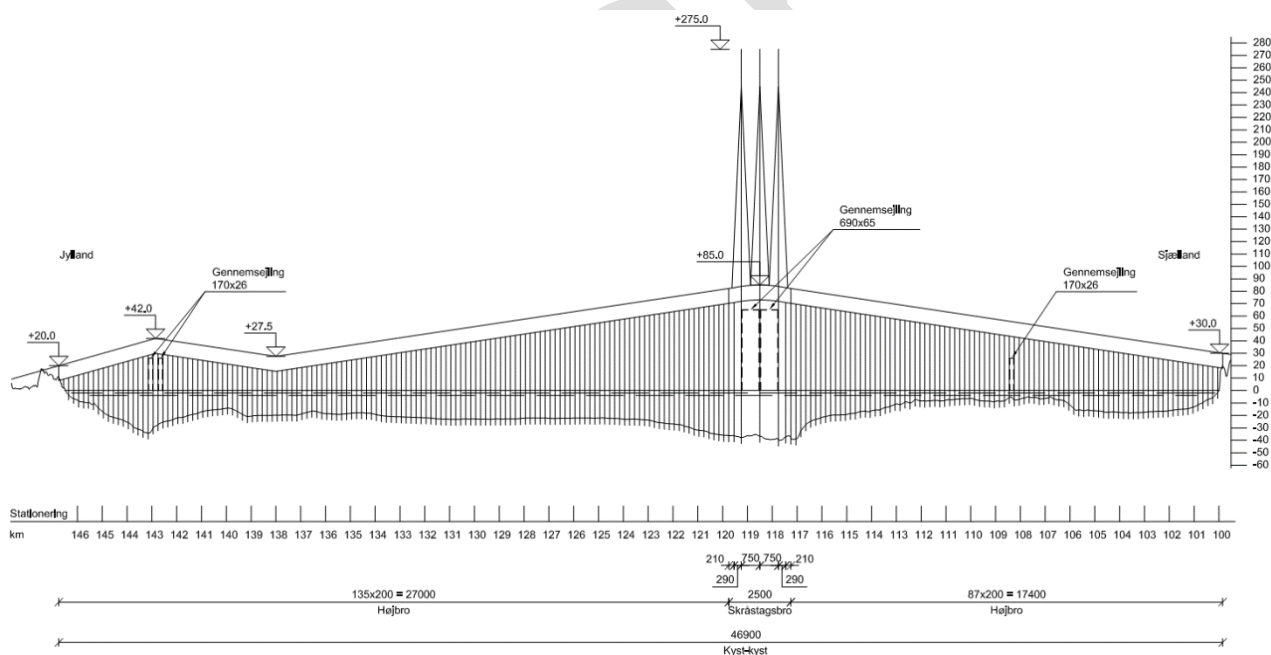
7.2.2.1 Bro

Korridoren forløber i starten langs Sjællands Rev på moderat vanddybde, dog med få bugt for at undgå meget lavt vand, hvor adgang med flydekran ville kræve uddybning. Det kan dog ikke udelukkes at der meget lokalt kan være behov for midlertidig uddybning.

Korridoren ligger således at vinklen mellem korridoren og T-ruten er 78 grader både nord og syd for knæpunkt. Som beskrevet i afsnit 7.1.1 er anvendt en skråstagsbro med 3 pyloner og 2 gennemsejlingsfag svarende til Femernbælt konceptdesign, hvor gennemsejlingsfag havde 724 m spændvidde. KKN-1.1 korridoren ligger med skrå skæring af sejlruen, hvorfor nødvendigt hovedfag på Kattegat bliver ca. 750 m.

Tilslutningsbroerne er udelukkende højbro med 200 m faglængde grundet forholdsvis stor vanddybde, hvor denne løsning er vurderet en økonomisk optimal spændvidde specielt for kombineret vej og jernbane, samt hensyn til sejladssikkerhed. Der er desuden gennemsejlingsfag lidt nord for Sjællands Odde, hvor AIS data viser at en del skibe krydser Sjællands Rev, og over Hjelms Dyb nær Djursland. Langsgående gradient er bestemt af minimumskrav for afvanding over størstedelen af strækningen.

Broløsningen er optegnet i Figur 7-8 for kombineret vej/bane. Udfletningsanlæg på land er ikke vist.



Figur 7-8 KKN-1.1 længdeprofil bro vej/bane (Bilag 7-3 i bilagsmappen)

Gennemsejlingsfaget er lagt henover knæpunktet af T-ruten, idet en kursændring i selve gennemsejlingen er at foretrække fremfor en kursændring umiddelbart inden gennemsejlingen. Relevansen af dette ikke helt sædvanlige valg skal

verificeres ved dialog med søfartsmyndighederne og med stedkendte navigatører, hvis der arbejdes videre med løsningen.

Det vurderes endog særdeles omstændeligt at arrangere og samle skibstrafikken nord og syd for forbindelsen, til at bruge gennemsejlingen ved Rute T, på sikker og acceptabel vis. Endeligt vurderes den store længde af tilkørselsbro på ganske dybt vand vest for hovedbroen over Rute T at udgøre en stor risiko for skibskollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

Baseret på ovenstående forhold vurderes projektrisikoen for denne løsning som:
Forhøjet risiko

7.3 KKN-1.2 Odden Nord - Djursland Nord

7.3.1 Beskrivelse

Den korteste kyst til kyst strækning, som ikke berører den sydlige del af Djursland nær Ebeltoft, er korridoren KKN-1.2. Korridoren er vist i Figur 7-1 og Figur 7-2. Korridoren starter i ilandføringspunkt Odden Nord og slutter i ilandføringspunkt Djursland Nord. To varianter er undersøgt:

- Brokorridor med vinkelret skæring af T-ruten. Den samlede længde mellem ilandføringspunkter er her 42,7 km.
- Kombineret tunnel- og brokorridor med tunnel under T-ruten. Denne korridor ligger lidt sydligere sammenlignet med brokorridoren da det ikke er nødvendigt at skære T-ruten vinkelret og for at komme hen over Yder Flak, hvor der med fordel kan etableres kunstig ø til overgang til bro. Herved bliver den samlede længde mellem ilandføringspunkter 43,1 km.

Denne korridors placering er fastlagt med fokus på at finde den korteste afstand fra et ilandføringspunkt på Sj. Odde til Djursland Nord. Ved placering af ilandføringspunkt på Sj. Odde er der således ikke taget hensyn til bebyggelse på den yderste del af Odden udover at ilandføringspunkt ligger nord for de yderste sommerhuse og korridor i land løber lange Gribenvej.

7.3.2 Teknisk vurdering

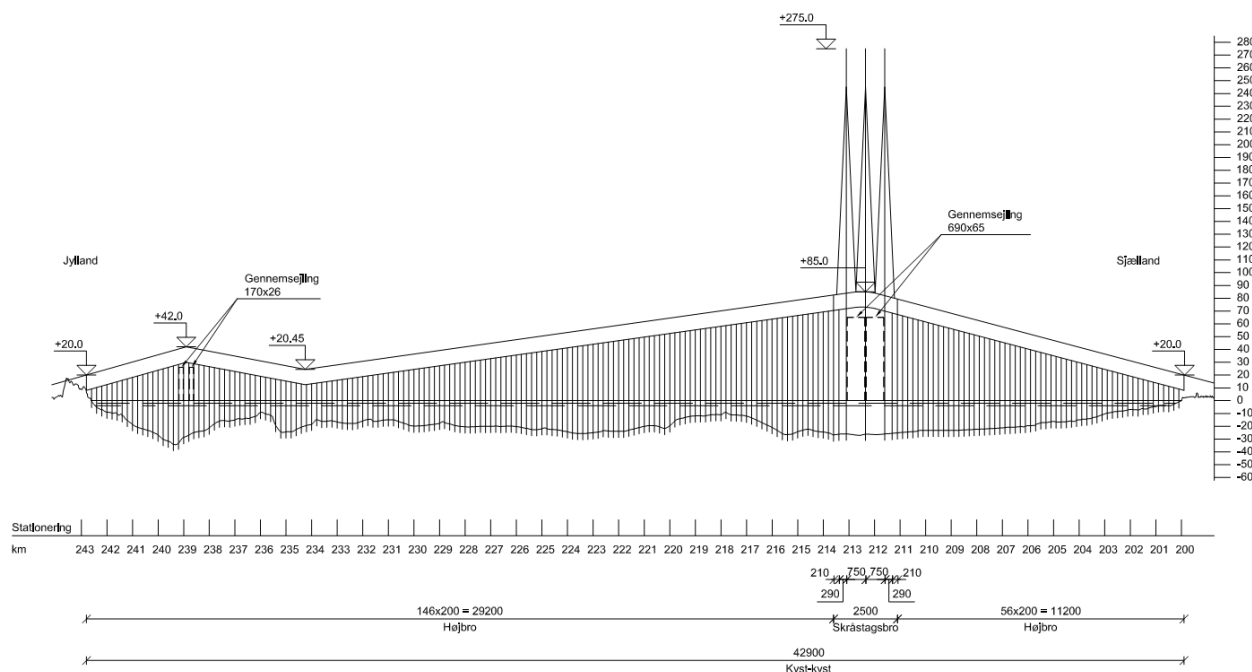
Den tekniske løsning kan være enten bro eller kombineret sænketunnel og bro.

7.3.2.1 Bro

Som beskrevet i afsnit 7.1.1 er anvendt en skråstagsbro med 3 pyloner og 2 gennemsejlingsfag svarende til Femernbælt konceptdesign, hvor gennemsejlingsfag havde 724 m spændvidde. KKN-1.2 korridoren ligger med vinkelret skæring af sejlrueten ligesom Femernbælt, hvorfor nødvendigt hovedfag på Kattegat som udgangspunkt kunne være 724 m. I nuværende fase er dog anvendt 750 m svarende til de øvrige skråstagsbro-løsninger.

Tilslutningsbroerne er udelukkende højbro med 200 m faglængde grundet forholdsvis stor vanddybde, hvor denne løsning er vurderet en økonomisk optimal spændvidde specielt for kombineret vej og jernbane, samt hensyn til sejladssikkerhed. Der er desuden gennemsejlingsfag over Hjelm Dyb nær Djursland. Langsgående gradient er bestemt af minimumskrav for afvanding over størstedelen af strækningen.

Broløsningen er optegnet i Figur 7-9 for kombineret vej/bane. Udfletningsanlæg på land er ikke vist.



Figur 7-9 KKN-1.2 længdeprofil bro vej/bane (Bilag 7-4 i bilagsmappen)

Gennemsejlingsfaget er lagt i tilstrækkelig afstand fra knæpunkter på T-ruten så risikoen for kollision mod hovedbroen samlet set vurderes at være sædvanlig for en bro, der krydser skibstrafik svarende til Rute T. Det vil dog være omstændeligt at arrangere og samle skibstrafikken nord og syd for forbindelsen, til at bruge gennemsejlingen ved Rute T, på sikker og acceptabel vis.

Endeligt vurderes den store længde af tilkørselsbro på ganske dybt vand vest for hovedbroen over Rute T at udgøre en stor risiko for skibskollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

Baseret på ovenstående forhold vurderes projektrisikoen for denne løsning som:

Forhøjet risiko

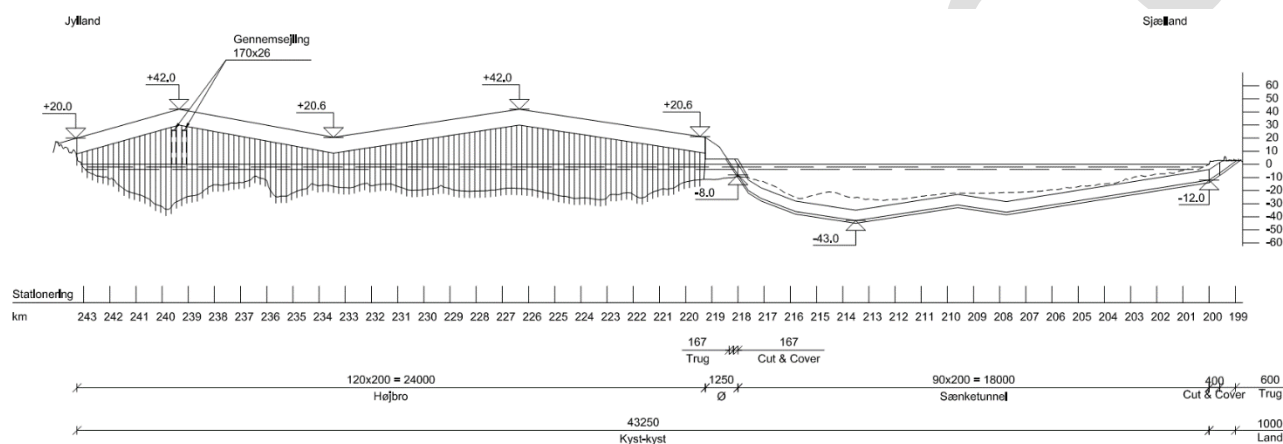
7.3.2.2 Kombineret bro og tunnel

Tunnelløsning er anvendt over første del af korridoren, hvor T-ruten krydses. Tunnel udføres som sænketunnel, da anlægskostningen for denne forventes lavere end for en boret tunnel ved denne korridor. Hvor korridoren passerer en grund med ca. 10 m vanddybde, opbygges en overgangssø og konstruktionstypen skifter til højbro med 200 m fag grundet hensyn til sejladssikkerhed. Der er

desuden gennemsejlingsfag over Hjelm Dyb nær Djursland. Langsgående gradient er bestemt af minimumskrav for afvanding over størstedelen af strækningen. Den kunstige ø vil have en samlet længde omkring 1,2 km svarende til en sænketunnelløsning der anvendes under T-ruten.

Med en tunnelløsning under Rute T vurderes det muligt at skabe et sikkert og acceptabelt arrangement af skibstrafikken nord og syd for brodelen til at passere øst om Yder Flak henover tunnelen. Den store længde af tilkørselsbroen på ganske dybt vand vest for Yder Flak vurderes dog stadig at udgøre en stor risiko for kollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

For generel udformning af sænketunnelløsning henvises der til [1]. Strækningen med sænketunnel vil holdes indenfor længden svarende til længden for Femern sænketunnel. Overgangen imellem bro og sænketunnel på en kunstig ø vil skulle placeres på vanddybder op til 10 m (se Figur 7-10), som udført før f.eks. Øresund og Hong Kong - Zhuhai - Macao (HZM). Løsningen til Kattegat forbindelse her baserer sig derfor på kendte tilsvarende løsninger.



Figur 7-10 KKN-1.2 længdeprofil kombineret sænketunnel og bro vej/bane (Bilag 7-5 i bilagsmappen)

Baseret alene på risikoen for kollision mod brodelen vurderes projektrisikoen for denne løsning som: **Forhøjet risiko**

7.4 KKN-1.3 Odden Vest - Djursland Nord

7.4.1 Beskrivelse

KKN-1.3 er en korridor der håndterer risiko for skibsstød på principielt samme vis som korridor KKN-1.2, men som er tilpasset specifikt til en boret tunnelløsning på den østlige del under T-ruten. Da en boret tunnel ikke påvirker kystnær bebyggelse, er ilandføringspunkt i stedet placeret lige nordvest for Odden Færgenhavn, hvilket giver et bedre korridorforløb af tunnel på land og påvirkning af bebyggelse i Yderby Lyng undgås.

Korridoren er vist i Figur 7-1 og Figur 7-2. Korridoren starter i ilandføringspunkt Odden Vest og slutter i ilandføringspunkt Djursland Nord, lidt nord for Holme. Den samlede længde mellem ilandføringspunkter er 44,5 km.

7.4.2 Teknisk vurdering

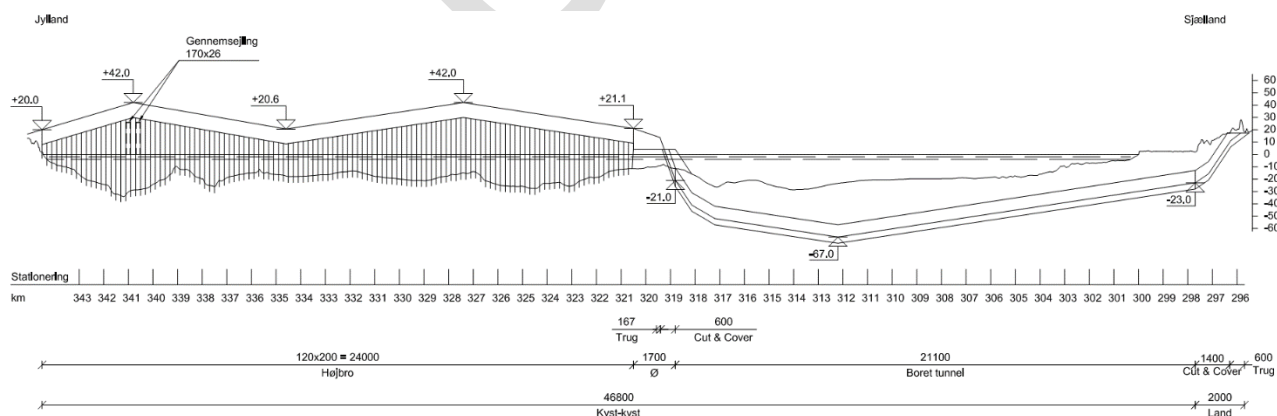
Den tekniske løsning er en kombineret boret tunnel og bro.

7.4.2.1 Kombineret bro og tunnel

En tunnellsøsnung er anvendt over første del af korridoren, hvor T-ruten krydses. Tunnel udføres som boret tunnel, da ilandføring af en sænketunnel ikke er mulig indenfor rimelige betragtninger (se nedenfor). Hvor korridoren passerer en grund med ca. 10 m vanddybde, opbygges en overgangsø og konstruktionstypen skifter til højbro med 200 m fag grundet forholdsvis stor vanddybde, hvor denne løsning er vurderet en økonomisk optimal spændvidde specielt for kombineret vej og jernbane, samt hensyn til sejladsikkerhed. Der er gennemsejlingsfag over Hjelm Dyb nær Djursland. Langsgående gradient er bestemt af minimumskrav for afvanding over størstedelen af strækningen. Den kunstig ø vil have en samlet længde omkring -1,7 km alt efter hvilken svarende til en boret tunnel løsning der anvendes under T-ruten.

Med en tunnellsøsnung under Rute T vurderes det muligt at skabe et sikkert og acceptabelt arrangement af skibstrafikken nord og syd for brodelen til at passere øst om Yder Flak henover tunnelen. Den store længde af bro på ganske dybt vand vest for Yder Flak vurderes dog stadig at udgøre en stor risiko for kollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

For generel udformning af boret tunnellsøsnung henvises der til [1]. Strækningen med boret tunnel vil holdes indenfor længden af Femern sænketunnelen (Figur 7-6), som udført før f.eks. Tokyo Bay. Løsningen til Kattegat forbindelse her baserer sig derfor på kendte tilsvarende løsninger.



Figur 7-11 KKN-1.3 længdeprofil kombineret boret tunnel og bro vej/bane (Bilag 7-6 i bilagsmappen)

Ilandføring på Sjællands Odde er vist i Figur 7-12. Boret tunnel går fra kystlinje til skakt. Fra skakt til portal er der cut&cover tunnel.



Figur 7-12 KKN-1.3 ilandføring boret tunnel

Baseret alene på risikoen for skibskollision mod brodelen vurderes projektrisikoen for denne løsning som: **Forhøjet risiko**

7.5 KKN-1.4 Odden Nord - Djursland Syd

7.5.1 Beskrivelse

Den korteste kyst til kyst strækning er korridoren KKN-1.4. Korridoren er vist i Figur 7-1 og Figur 7-2. Korridoren starter i ilandføringspunkt Odden Nord og slutter i ilandføringspunkt Djursland Syd. Korridoren går syd om Hjelm. To varianter er undersøgt:

- > Brokorridor med vinkelret skæring af T-ruten. Den samlede længde mellem ilandføringspunkter er her 39,2 km.
- > Kombineret tunnel- og brokorridor med tunnel under T-ruten. Denne korridor ligger lidt sydligere sammenlignet med brokorridoren da det ikke er nødvendigt at skære T-ruten vinkelret og for at komme hen over Yder Flak, hvor der med fordel kan etableres kunstig ø til overgang til bro. Herved bliver den samlede længde mellem ilandføringspunkter 39,3 km.

Denne korridors placering er fastlagt med fokus på at finde den korteste afstand fra et ilandføringspunkt på Sj. Odde til Djursland. Ved placering af ilandføringspunkt på Sj. Odde er der således ikke taget hensyn til bebyggelse på den yderste del af Odden udover at ilandføringspunkt ligger nord for de yderste sommerhuse og korridor i land løber lange Gribenvej.

7.5.2 Teknisk vurdering

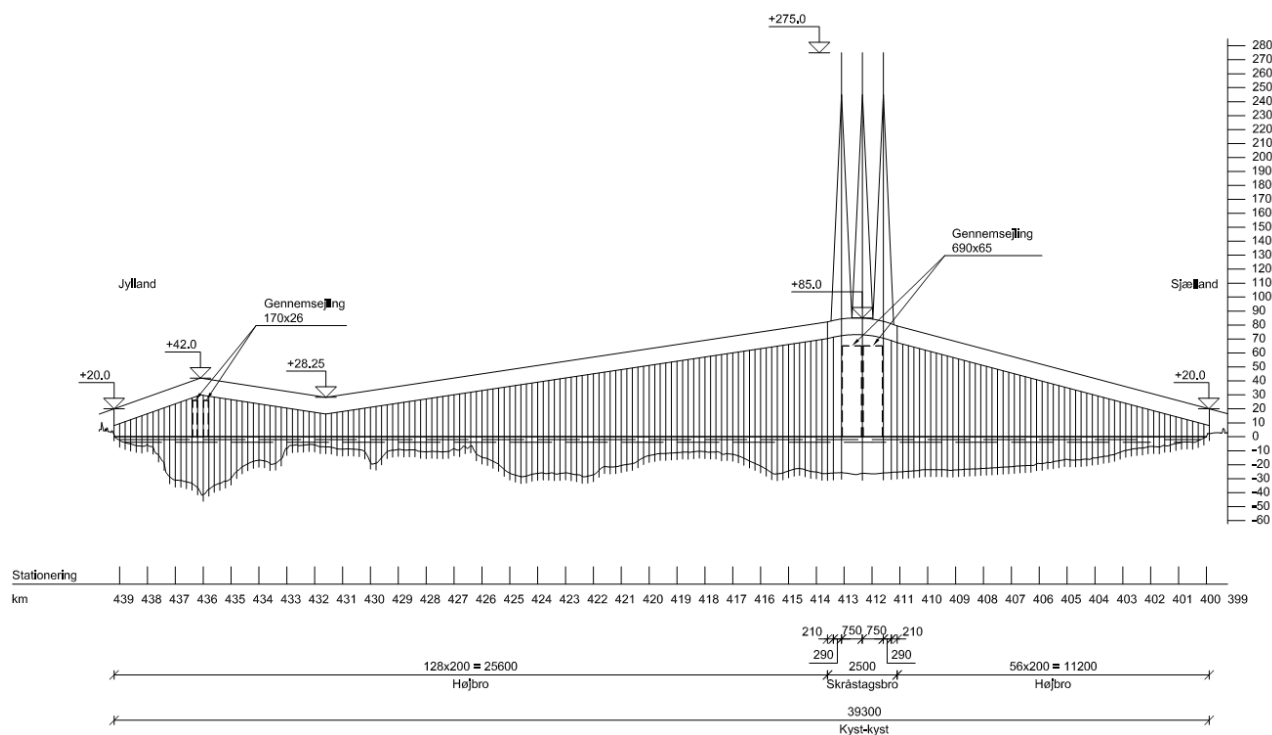
Den tekniske løsning kan være enten bro eller kombineret sænketunnel og bro.

7.5.2.1 Bro

Broløsningen svarer til KKN-1.2 bortset fra at korridoren slutter i sydligere ilandføringspunkt og dermed er kortere. Korridoren er placeret syd om øen Hjelm da

Hjelm er fredet grundet såvel historiske og arkæologiske interesser samt naturhensyn. Det er desuden ikke vurderet hensigtsmæssigt at udnytte landgang på Hjelm til at reducere længden af bro til havs, da det drejer sig om en kort strækning, der ikke modsvares af komplikationer med forskellig byggemetode og overgangskonstruktioner.

Brøløsningen er optegnet i Figur 7-13 for kombineret vej/bane. Udfletningsanlæg på land er ikke vist.



Figur 7-13 KKN-1.4 længdeprofil bro vej/bane (Bilag 7-7 i bilagsmappen)

Gennemsejlingsfaget er lagt vinkelret på T-ruten og i god afstand fra rutens knæpunkter, så risikoen for kollision mod hovedbroen vurderes samlet set at være sædvanlig for en bro, der passerer denne skibstrafik. Det vil dog være omstændeligt at arrangere og samle skibstrafikken nord og syd for forbindelsen, til at bruge gennemsejlingen ved Rute T, på sikker og acceptabel vis.

Desuden vurderes den store længde af tilkørselsbro på ganske dybt vand vest for hovedbroen over Rute T at udgøre en stor risiko for kollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

Baseret på ovenstående forhold vurderes projektrisikoen for denne løsning som:

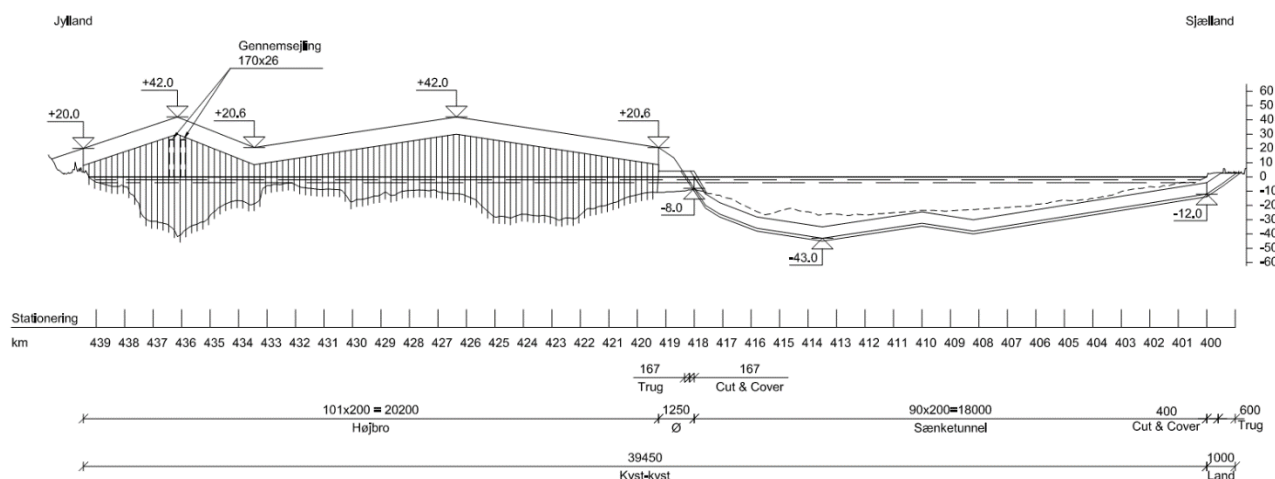
Forhøjet risiko

7.5.2.2 Kombineret bro og tunnel

Tunnel er anvendt over første del af korridoren, hvor T-ruten krydses. Korridor for tunneldelen af KKN-1.4 er sammenfaldende med tunneldelen af KKN-1.2. Bro fra kunstig ø til Djursland svarer til KKN-1.2, men er kortere.

Med en tunnellsøsnings under Rute T vurderes det muligt at skabe et sikkert og acceptabelt arrangement af skibstrafikken nord og syd for brodelen til at passere øst om Yder Flak henover tunnelen. Den store længde af tilkørselsbroen på ganske dybt vand vest for Yder Flak vurderes dog stadig at udgøre en stor risiko for kollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

Længdeprofil er vist på Figur 7-14, og teknisk vurdering er i øvrigt som beskrevet for løsningen i KKN-1.2.



Figur 7-14 KKN-1.4 længdeprofil kombineret sænketunnel og bro vej/bane (Bilag 7-8 i bilagsmappen)

Baseret alene på risikoen for skibskollision mod brodelen vurderes projektrisikoen for denne løsning som: **Forhøjet risiko**

7.6 KKN-1.5 Odden Vest - Djursland Syd

7.6.1 Beskrivelse og teknisk vurdering

Beskrivelse og teknisk vurdering af bro og boret tunnel som beskrevet for løsningen i KKN-1.3.

Baseret alene på risikoen for skibskollision mod brodelen vurderes projektrisikoen for denne løsning som: **Forhøjet risiko**

7.7 KKN-2.1 Odden Syd - Fløjstrup

7.7.1 Beskrivelse

KKN-2.1 er den direkte korridor mellem Sjællands Odde og Aarhus uden påvirkning af Djursland. To varianter er undersøgt:

- > Brokorridor med vinkelret skæring af T-ruten. Den samlede længde mellem ilandføringspunkter er her 70,1 km.

- > Kombineret tunnel- og brokorridor med tunnel under T-ruten. Denne korridor ligger lidt sydligere sammenlignet med brokorridoren da det ikke er nødvendigt at skære T-ruten vinkelret og for at komme hen over Marthe Flak, hvor der med fordel kan etableres kunstig ø til overgang til bro. Herved bliver den samlede længde mellem ilandføringspunkter 69,9 km.

Korridorens nord/sydlig placering har i denne del af forundersøgelsen været fokuseret på at finde den korteste afstand til et ilandføringspunkt på land samt at undgå Natura 2000 områder til havs. En sydligere eller nordligere placering mellem ilandføringspunkter ville give længere afstand. Korridoren er vist i Figur 7-1 og Figur 7-2. Korridoren starter i ilandføringspunkt Odden Syd og slutter i ilandføringspunkt Fløjstrup syd for Aarhus.

Hvis korridoren bliver lagt nordligere eller sydligere, vil det ud fra en foreløbig vurdering have følgende konsekvenser:

- > Del af korridoren nær Mejl Flak vil ved en nordligere placering skulle gå gennem et Natura 2000-område, og skære ind i Fløjstrup Skov
- > Del af korridoren nær Vejrø Flak vil ved en sydligere placering skulle gå gennem et Natura 2000-område;
- > Under inddragelse af områdets forholdsvis tætte indhold af naturtyper er dette ikke vurderet acceptabelt ud fra analyseparameteret om, at korridorerne gennem Natura 2000-områderne til havs, inklusive ilandsætningspunkterne (0,5 km ind på land), skal udvælges således, at de ikke berører prioriterede naturtyper, og at de ikke-prioriterede naturtyper derudover ikke må berøres af korridorerne i betydeligt omfang (dette forhold gælder dog ikke boret tunnel).

Derfor er korridor for KKN-2.1 på det foreløbige grundlag ikke placeret sydligere eller nordligere. En vestligere placering på Odden er undgået af hensyn til den massive bebyggelse. En nordligere placering syd for Aarhus er undgået for at undgå betydelig påvirkning af naturområder.

7.7.2 Teknisk vurdering

Den tekniske løsning kan være enten bro eller kombineret tunnel og bro.

7.7.2.1 Bro fra kyst-til-kyst

Som beskrevet i afsnit 7.1.1 er anvendt en skråstagsbro med 3 pyloner og 2 gennemsejlingsfag svarende til Femernbælt konceptdesign, hvor gennemsejlingsfag havde 724 m spændvidde. KKN-2.1 korridoren ligger med vinkelret skæring af sejlruen ligesom Femernbælt, hvorfor nødvendigt hovedfag på Kattegat som udgangspunkt kunne være 724 m. I nuværende fase er dog anvendt 750 m svarende til øvrige skråstagsbro-løsninger.

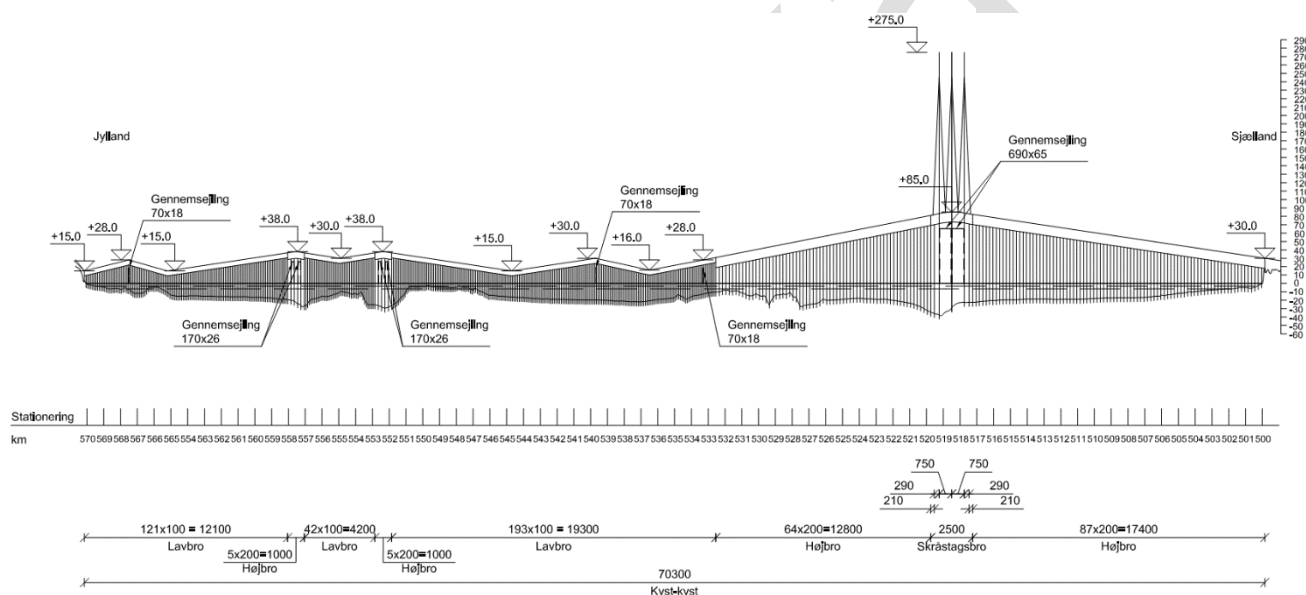
Tilslutningsbroerne udgør 17,4 km og 12,8 km henholdsvis øst og vest for skråstagsbroen og består af højbro med 200 m faglængde og trafik i 2 etager. Den resterende del har trafik i ét niveau og består primært af lavbro med 100 m fag

på nær to sektioner hver med 1 km højbro over de to gennemsejlingsområder mellem Samsø og Jylland. I alt syv sekundære gennemsejlingsfag er placeret hvor AIS data viser skibstrafik i dag, 3 til lystbåde og 2x2 til kommerciel regionaltrafik.

Ved stationering 532,5 km skifter højbro med trafik i 2 etager til lavbro med trafik i et niveau, og der vil derfor være behov for en overgangskonstruktion, hvor vej og jernbane samles i samme niveau. Sådant en konstruktion er mere kompliceret på vand end tilsvarende udfletningslæg på land, men kan udføres med portal rammer. Konstruktionen er ikke undersøgt nærmere på dette stadie af forundersøgelsen, men længden vil være ca. 300 m til hver side af overgangspunkt eller 600 m i alt. Ved prisoverslag er enhedspris for den dyrere højbro anvendt, indtil overgangspunkt og enhedspris for den billigere lavbro er anvendt fra overgangspunkt. Dette er, som gennemsnit vurderet prismæssigt at repræsentere en overgangskonstruktion.

Langsgående gradient er bestemt af minimumskrav for afvanding over størstedelen af strækningen. Herved er 4 dybdepunkter nødvendige for at undgå unødvendig høj beliggenhed af brodrager.

Broløsningen er optegnet i Figur 7-15 for kombineret vej/bane. Udfletningsanlæg på Sjælland og til havs er ikke vist.



Figur 7-15 KKN-2.1 længdeprofil bro vej/bane (Bilag 7-9 i bilagsmappen)

Gennemsejlingsfaget er lagt næsten vinkelret på Rute T og i tilstrækkelig afstand fra knæpunkter på ruten, så risikoen for kollision mod hovedbroen vurderes samlet set at være sædvanlig for en brokrydsning af denne skibstrafik. Men den store længde af tilkørselsbro på ganske dybt vand både vest og øst for hovedbroen samt længden af lav- og højbro vest for Samsø eksponerer løsningen for stor risiko for kollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

Baseret alene risikoen for kollision mod tilkørselsbroerne samt høj- og lavbroerne vest for Samsø vurderes projektrisikoen for denne løsning som:

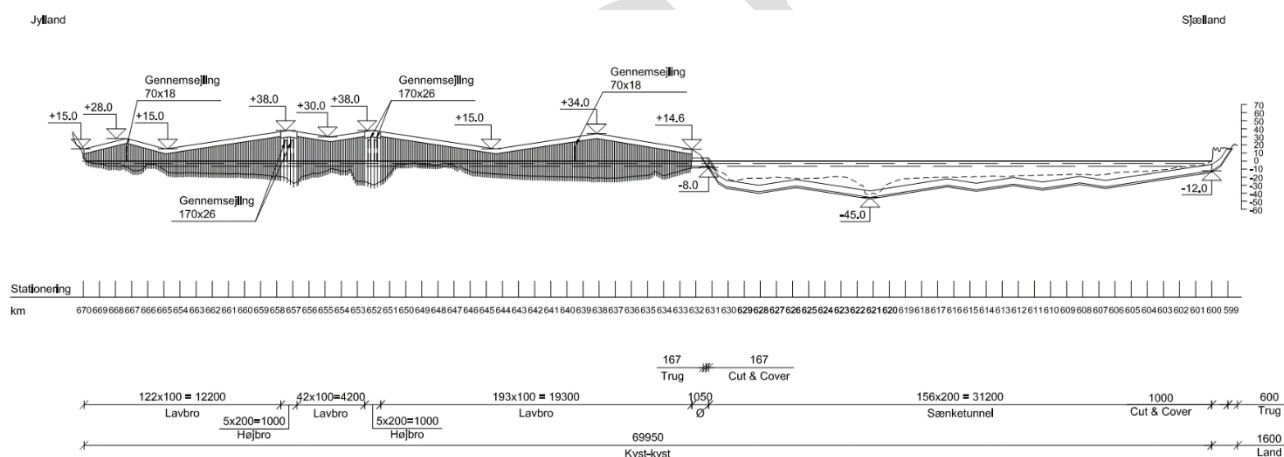
Forhøjet risiko.

7.7.2.2 Kombineret bro og tunnel

Tunnelløsning er anvendt over første del af korridoren, hvor T-ruten krydses. Hvor korridoren passerer en grund med ca. 8 m vanddybde, opbygges en overgangssø og konstruktionstypen skifter til lavbro eller højbro med 100 m eller 200 m fag som beskrevet for den rene broløsning. I alt seks sekundære gennemsejlingsfag 2 til lystbåde og 2x2 til kommerciel regionaltrafik er placeret, hvor AIS data viser skibstrafik i dag. Langsgående gradient er bestemt af minimumskrav for afvanding over størstedelen af strækningen. Herved er 3 dybdepunkter nødvendige for at undgå unødvendig høj beliggenhed af brodrager. Den kunstig ø vil have en samlet længde omkring 1,0-1,5 km alt efter hvilken tunnellsøsnings der anvendes under T-ruten.

Med en tunnellsøsnings under Rute T elimineres en væsentlig risiko for kollision mod tilkørselsbroerne på hver side af passagen af Rute T, men den store længde af høj- og lavbro vest for Samsø vurderes stadig at udgøre en stor risiko for kollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

Længdeprofil optegnet på Figur 7-16. I øvrigt som beskrevet i løsningen for KKN-1.2, dog omkring 75% længere, hvilket med en antagelse om principielt samme tidsplan, som for Femern vil kræve en facilitet for produktion af elementer som er tilsvarende 75% større. Af den grund vurderes projektrisikoen for at være forhøjet.



Figur 7-16 KKN-2.1 længdeprofil kombineret sænketunnel og bro vej/bane (Bilag 7-10 i bilagsmappen)

Baseret på risikoen for skibskollision mod brodelen og sænketunnel længden vurderes projektrisikoen for denne løsning som: **Forhøjet risiko.**

7.8 KKN-2.2 Odden Vest - Fløjstrup

7.8.1 Beskrivelse

Korridor KKN-2.2 håndterer risiko for skibsstød på principielt samme måde som korridor KKN-2.1, men som er tilpasset specifikt til en boret tunnellsøsnings på den østlige del under T-ruten. Da en boret tunnel ikke påvirker kystnær bebyggelse er ilandføringspunkt i stedet placeret lige nordvest for Odden Færgehavn hvilket giver et bedre korridorforløb i tunnel på land og påvirkning af bebyggelse i Yderby Lyng undgås.

Korridoren er vist i Figur 7-1 og Figur 7-2. Korridoren starter i ilandføringspunkt Odden Vest og slutter i ilandføringspunkt Fløjstrup syd for Aarhus. Den samlede længde mellem ilandføringspunkter er 66,0 km.

7.8.2 Teknisk vurdering

Den tekniske søsning er en kombineret boret tunnel og bro.

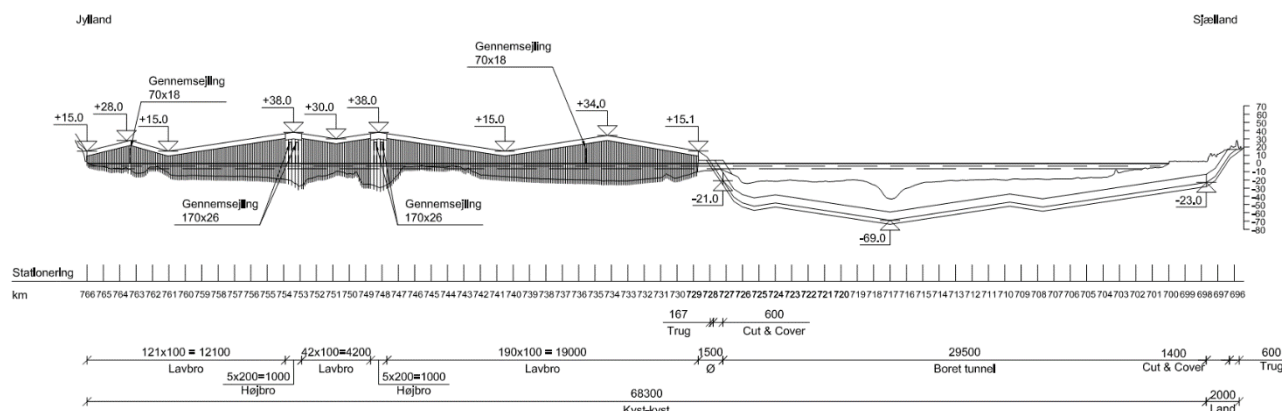
7.8.2.1 Kombineret bro og tunnel

Tunnellsøsnings er anvendt over første del af korridoren, hvor T-ruten krydses. Hvor korridoren passerer en grund med ca. 8 m vanddybde, opbygges en overgangsø og konstruktionstypen skifter til lavbro eller højbro med 100 m eller 200 m fag. Broløsning svarer til KKN-2.1 kombineret bro og tunnel. Den kunstige vil have en samlet længde omkring 1,5 km alt efter hvilken tunnellsøsnings der anvendes under T-ruten.

Med en tunnellsøsnings under Rute T elimineres en væsentlig risiko for kollision mod tilkørselsbroerne på hver side af passagen af Rute T, men den store længde af høj- og lavbro vest for Samsø vurderes stadig at udgøre en stor risiko for kollisioner, som det vil være vanskeligt/prohibitivt at forstærke broen imod.

Grundet længden af boret tunnel vurderes risikoen for denne del at være forhøjet.

Teknisk vurdering er som beskrevet for søsning i KKN-1.3



Figur 7-17 KKN-2.2 længdeprofil kombineret boret tunnel og bro vej/bane (Bilag 7-11 i bilagsmappen)

Baseret på risikoen for kollision mod brodelen og længden af tunnelen vurderes projektrisikoen for denne løsning som: **Forhøjet risiko.**

7.9 Sammenfatning Kyst-Kyst Nord

7.9.1 Foreløbige korridorer

Der er undersøgt seks foreløbige korridorer for kyst-kyst nord om Samsø (KKN). Alle korridorerne har udgangspunkt på Sjællands Odde. Der er undersøgt 4 ilandføringspunkter på Sjællands Odde. Ilandføringspunkter i Jylland er 2 på Djursland (lidt nord for Holme eller øst for Ebeltoft) samt ved Fløjstrup syd for Aarhus. Længden af disse korridorer varierer mellem 39 km og 70 km.

Fælles for de seks korridorer er, at vanddybden typisk er op til 20 m undtaget ved T-ruten, hvor vanddybden varierer mellem 26 m og 43 m afhængig af korridor, ved Hjelm Dyb hvor vanddybden er ca. 35-40 m og ved to sejlrender mellem Samsø og Aarhus hvor vanddybden er op til 30 m.

Længdeprofiler med angivelse af mest oplagte konstruktionstyper er optegnet for 9 udvalgte løsninger. Dette er gjort for kombineret vej og jernbane. Løsningerne vil også kunne anvendes i en ren vejforbindelse, her vil forskel blot være dragerhøjde samt længde af kunstige øer. Konstruktionstyper omfatter bro på hele strækningen eller kombineret bro og tunnel inklusiv kunstig ø ved overgang fra bro til tunnel. For tunnelloøsningerne er omfang af cut & cover tunnel og trug desuden undersøgt.

Korridorernes og de anlægstekniske løsnings endelige påvirkning af omgivelserne afhænger af, hvor de endelige korridorer placeres, samt i sidste instans hvor de enkelte linjeføringer placeres indenfor korridorerne.

Nedenfor opsamles den samlede foreløbige vurdering af fordele og ulemper (vurderet alene på anlægstekniske forhold) ved de forskellige løsninger ud fra den viden, som det på nuværende tidspunkt har været muligt at indsamle som led i denne indledende del af forundersøgelsen.

7.9.2 Broløsninger

For broløsninger vil der af hensyn til skibstrafikken på T-ruten være behov for et stort gennemsejlingsfag svarende til Storebælts Østbro eller alternativt to mindre gennemsejlingsfag med separeret skibstrafik. For at opnå de nødvendige spændvidder er der behov for enten en konventionel hængebro med to pyloner og et hovedfag eller en skråstagsbro med tre pyloner og to hovedfag. Der ikke er nogen udtalt dyb rende ved T-ruten ved de undersøgte linjeføringer for broløsninger og derfor er det muligt at placere en pylon midt i sejlrueten og adskille skibstrafikken i to navigationsfag. Herved kan skråstagsbroløsningen med fordel anvendes. Hængebroen vil derimod have ankerblokke funderet på stor vanddybde, hvilket ikke er hensigtsmæssigt. Derfor er der i denne fase taget udgangspunkt i en løsning med en skråstagsbro for både KKN-1 og KKN-2.

For KKN-1, mellem Sjællands Odde og Djursland, er tilslutningsbroerne, samt brodel af kombinerede bro- og tunnellsøsninger, udelukkende forudsat som højbro med 200 m faglængde grundet forholdsvis stor vanddybde, hvor denne løsning er vurderet en økonomisk optimal spændvidde specielt for kombineret vej og jernbane, samt hensyn til sejladsikkerhed.

For KKN-2, mellem Sjællands Odde og Aarhus syd, udgør tilslutningsbroerne 17,4 km og 12,8 km henholdsvis øst og vest for skråstagsbroen og er af samme grund forudsat udført som højbro med 200 m faglængde og trafik i 2 etager. Den resterende del, samt brodel af kombinerede bro- og tunnellsøsninger, har trafik i ét niveau og består primært af lavbro med 100 m fag på nær to sektioner hver med 1 km højbro over de to gennemsejlingsområder mellem Samsø og Jylland.

Sejlsforhold og skibsstød er sammenfattet i afsnit 5.3.1.3. I forhold til det navigationsmæssige arrangement og risikoen for kollisioner mod broen forekommer KKN-1.2 på nuværende tidspunkt at være den mindst problematiske korridor. Krydsningen af Rute T og Hjelm Dyb er stort set vinkelret, foregår hvor skibstrafikken er mest fokuseret, og ligger i størst mulig afstand fra knækkene i nord og syd på Rute T. Løsningen kræver dog, at der kan etableres en forsvarlig og sikker sammenføring af Rute A ind i Rute T nord for korridoren inden passage af broen. Den begrænsede plads nord for korridoren gør det tvivlsomt, om denne forudsætning kan opfyldes.

7.9.3 Tunnellsøsninger

4 forskellige konfigurationer med tunnel er undersøgt:

- > Sænketunnel + højbro
- > Boret tunnel + højbro
- > Sænketunnel + lavbro
- > Boret tunnel + lavbro

Tunnellsøsningerne og korridorerne i KKN er generelt præget af en moderat vanddybde der ikke i sig selv er kompleks at håndtere. Tunnellængderne i KKN-korridorerne varierer mellem ca. 19 km og 32 km portal-portal. Løsningerne

mod Fjølstrup er klart de længste – begge omkring 30 km, hvor løsningerne mod Djursland er 19-22 km.

Femern drift- og sikkerhedskonceptet, som er anvendt som basis er udviklet til 18 km tunnel med let trafik. Det antages muligt at udvide konceptet til at dække løsningerne mod Djursland. En vurdering af om Femern erfaringer er tilstrækkelige for løsningerne pågår parallelt og tager udgangspunkt i de forskelle der er på de to projekter ud over længden eksempelvis i form af trafikmængde, sammensætning og intensitet, regelsæt osv. Specielt forhold omkring friskluftsventilation forventes at være afgørende for begrænsning af tunnellængde. Ligeledes vurderes det i hvilket omfang Femern data kan benyttes til vurdering lange boret tunnel løsninger og vi hvilket omfang erfaring fra store borede tunneller bør inddrages.

7.9.4 Plan- og miljøforhold

Der henvises til [3].

7.9.5 Projektrisiko

Overvejelser om projektrisiko er i nærværende Delrapport foretaget efter kategorisering med 4 risikoniveauer som beskrevet i afsnit 4.2.

Kategoriseringen er foretaget for alle 6 foreløbige KKN-korridorer 1.1 til 1.4 og 2.1 til 2.2, for beskrevne konstruktionstyper. Projektrisiko er primært vurderet ud fra:

- Broer: Risiko for skibsstød, broløsning og længde af hovedfag i kabelbårne broer i forhold til kendt teknologi;
- Borede tunneler: Længde og dybde i forhold til kendt teknologi, herunder længdens betydning for drift- og sikkerhedskonceptet og anlægsmetode;
- Sænkettunneler: Længde og dybde i forhold til kendt teknologi, herunder længdens betydning for drift- og sikkerhedskonceptet.

Projektrisiko er sammenfattet i Tabel 7-5.

Ingen af løsningerne er i nuværende fase kategoriseret som lav risiko grundet størrelsen og kompleksiteten af en Kattegatforbindelse herunder udfordringer med sejladsikkerhed.

Tunneldelen af de kombinerede tunnel- og broløsninger er generelt er vurderet at have acceptabel risiko og forhøjet risiko om end en vurdering af drift- og sikkerhedskoncepter pågår og afrapporteres separat fra denne rapport.

Alle broløsninger er vurderet at have forhøjet risiko på grund af sejladsforhold og skibsstød.

Tabel 7-5 Sammenfatning af projektrisiko for KKN-korridorer (tunnel/bro)

Korridor (konstruktionstype)	Projektrisiko
KKN-1.1 Odden Øst - Djursland Nord (Skråstagsbro)	Forhøjet
KKN-1.2 Odden Nord - Djursland Nord (Skråstagsbro)	Forhøjet
KKN-1.2 Odden Nord - Kunstig ø - Djursland Nord (Sænketunnel/Højbro)	Forhøjet
KKN-1.3 Odden Vest - Kunstig ø - Djursland Nord (Boret tunnel/Højbro)	Forhøjet
KKN-1.4 Odden Nord - Djursland Syd (Skråstagsbro)	Forhøjet
KKN-1.4 Odden Nord - Kunstig ø - Djursland Syd (Sænketunnel/Højbro)	Forhøjet
KKN-1.5 Odden Vest - Kunstig ø - Djursland Syd (Boret tunnel/Højbro)	Forhøjet
KKN-2.1 Odden Syd - Fløjstrup (Skråstagsbro)	Forhøjet
KKN-2.1 Odden Syd - Kunstig ø - Fløjstrup (Sænketunnel/Lavbro)	Forhøjet
KKN-2.2 Odden Vest - Kunstig ø - Fløjstrup (Boret tunnel/Lavbro)	Forhøjet

8 Anlægsoverslag

8.1 Indledning

I det følgende er overordnet beskrevet, hvordan nærværende anlægsoverslag for Kattegatforbindelsen er udarbejdet.

Der henvises generelt til [1].

Udkast

8.2 Mængder for kyst-kyst korridorer

8.2.1 Generelt

Der henvises generelt til [1].

Sænketunnelen for KKN-2.1 er 31 km lang og dermed væsentligt længere end de andre sænketunneler der er vurderet for KKØ, KKV, og KKN. Af denne grund er der til denne korridor afsat ekstra midler til en supplerende tunnelfabrik med tilhørende arbejdshavn.

8.2.2 Vej og bane

Kyst-kyst korridorer for kombineret vej/bane indeholder følgende hovedkonstruktionselementer:

- > Skråstagsbro
- > Højbro (bjælkebro med spændvidde 200 m)
- > Lavbro (bjælkebro med spændvidde 100 m)
- > Sænketunnel
- > Boret tunnel
- > Landanlæg
 - > Cut & cover tunnel
 - > Trug
- > Kunstig ø på dybt åbent vand.
- > Udfletningsanlæg (separation af bane og vej)

Længder af disse konstruktionselementer er vist på længdeprofiler i afsnit 6 (samt Bilag 7-3 til 7-11 i bilagsmappen) for kombineret vej/bane-løsninger og sammenfattet i tabel i bilag 8-3 i bilagsmappen.

For kunstig ø er længden beregnet fra brolandfæste til overgang mellem tunnel og cut & cover tunnel. Hertil er lagt tillæg i begge ender for overlap mellem ø og bro hhv. tunnel. For boret tunnel med vej/bane er øen 50 m bredere i "tunnel-ende" end for en sænketunnel pga. nødvendig afstand mellem de 3 tunnelrør. Derfor er der i gennemsnit her lagt 25 m til øens længde, hvorved den totale længde af perimeterdæmningen bliver 50 m længere.

Den kunstige ø består af følgende delelementer:

- > Perimeterdæmning
- > Vej/bane dæmning
- > Trug
- > Cut & cover tunnel

Det bemærkes at de kunstige øer på KKN ligger væsentligt mere ubeskyttede end på KKØ og KKV. Der er derfor behov for en mere robust og dermed dyrere konfiguration end for KKØ og KKV.

Længden af perimeterdæmning er beregnet ud fra øens længde og bredde med halvcirkel i hver ende, som anført i tabel i bilag 8-3 i bilagsmappen.

Længde af cut & cover tunnel er beregnet ud fra 3% langsgående gradient mellem startstationering ved overgang tunnel til cut & cover tunnel og slutstationering ved portal, defineret hvor koten er -3,0 m, som følger:

- > Længde $L = (\text{slut kote} - \text{start kote}) / \text{gradient}$
- > Sænketunnel: $L = (-3,0 - (-8,0)) / 0,03 = 167 \text{ m}$
- > Boret tunnel: $L = (-3,0 - (-21,0)) / 0,03 = 600 \text{ m}$

Længde af trug er beregnet ud fra 3% langsgående gradient mellem startstationering ved afslutning af cut & cover tunnel (portalen) og slutstationering ved kote +2,0 m, som følger:

- > Længde $L = (\text{slut kote} - \text{start kote}) / \text{gradient} = (2,0 - (-3,0)) / 0,03 = 167 \text{ m}$

Længde af vej/bane dæmning afhænger af om broløsning har trafik i et eller to niveauer.

For trafik i ét niveau (KKN-2) er den resterende længde defineret som længde af kunstig ø mellem brolandfæste og tunnelportal minus trug. Dette giver ca. 725 m. Dæmningen starter i kote +3.0 m og slutter i kote +15.0 m, dvs. 12 m højdeforskel. Kronebredden er 40 m og hældning af skrænter 1:2. Herved bliver maksimal bredde af skrå skrænter $2 \times 12 \text{ m} = 24 \text{ m}$ til hver side.

For trafik i to niveauer på bro (KKN-1) er der to typer dæmninger, en fra hvor trug slutter til start af udfletningskonstruktion og en langs udfletningskonstruktion. Den første skal op i kote +13.8 m for vejdel og den anden skal op i kote +11.1 m. Dvs. top koten er sammenlignelig med top koten for dæmning med trafik i et niveau. Derfor er anvendt samme enhedspris. Den samlede længde af de to dæmninger er ca. 925 m.

Længde af udfletningsanlæg på land eller kunstig ø ved kombineret vej/bane broløsning i to etager er 600 m per landfæste.

Endelig haves følgende øvrige konstruktioner:

- > Tunnel beskyttelse af sænketunnel på lavt vand over havbund med længde 350 m for KKN-1.2, KKN-1.4 og KKN-2.1;
- > Tunnel beskyttelse af sænketunnel på dybt vand over havbund med længde 600 m for KKN-2.1.

Der er ikke udarbejdet enhedspris for tunnelbeskyttelse i nuværende fase. Det er vurderet, at der skal være en 30 m bred dæmning på hver side af tunnelen for

at beskytte mod skibsstød. Det er derfor vurderet rimeligt at anvende perimeterdæmning på begge sider af tunnelen, hvorfor længder ovenfor er ganget med to og enhedspris for perimeterdæmning anvendt.

For konstruktionselementer, hvor referencepriser er per m², er anvendt følgende bredder:

- > 4+2: Bredde = 23,6 m + 12,3 m = 35,9 m
- > 4+1: Bredde = 23,6 m + 8,0 m = 31,6 m

8.2.3 Vej

Konstruktionselementer for løsningen med kun vej er som for kombineret vej/bane med undtagelse af følgende:

- > Udfletningsanlæg på land er ikke nødvendige;
- > Kunstige øer kan gøres 200 m kortere grundet lempeligere vertikal radius, og lavbro vil så tilsvarende være 200 m længere. Den del af øen, som er afkortet, er vejdæmning, som herved bliver ca. 525 m lang.

Længder for alle konstruktionselementer er sammenfattet i bilag 8-3 i bilagsmappen.

Vejdæmning har mindre kronebredden end vej/bane dæmning, og har derfor mindre mængder. Kronebredden er ca. 30 m.

For konstruktionselementer, hvor referencepriser er per m², er anvendt følgende bredde:

- > 4+0: Bredde = 23,6 m

8.3 Anlægsoverslag

Anlægsoverslaget kan for de samlede korridorer via Odden-Djursland hhv Odden-Fløjstrup opdeles i de 3 korridorbidrag; Landanlæg på Sjælland, kyst-kyst anlæg og landanlæg i Jylland). Det vil sige at for at vurdere det samlede anlægsoverslag skal relevante kombinationer af de 3 korridorbidrag lægges sammen. Da denne rapport er alene omfatter kyst-kyst strækningerne (KKN), kan et samlet anlægsoverslag ikke præsenteres.

Det er dog værd at bemærke at landanlæg på Sjællands Odde må antages at kræve nogle ganske omfattende afværgeforanstaltninger, såsom en overdækning af vej og bane (cut & cover tunnel) over en længere strækning på Odden for at beskytte sommerhusområdet mod støj og sikre uhindret adgang til nordkysten. Sådanne udgifter vil have mærkbar indflydelse på et samlet anlægsoverslag (kyst-kyst plus landanlæg); men er ikke medtaget i denne rapport, som kun omhandler anlægget kyst-kyst.

Alle anlægsoverslag baserer sig på nogle foreløbige antagelser om konstruktiv udformning af broer og tunneler og nogle simplificerede modeller for prissætning

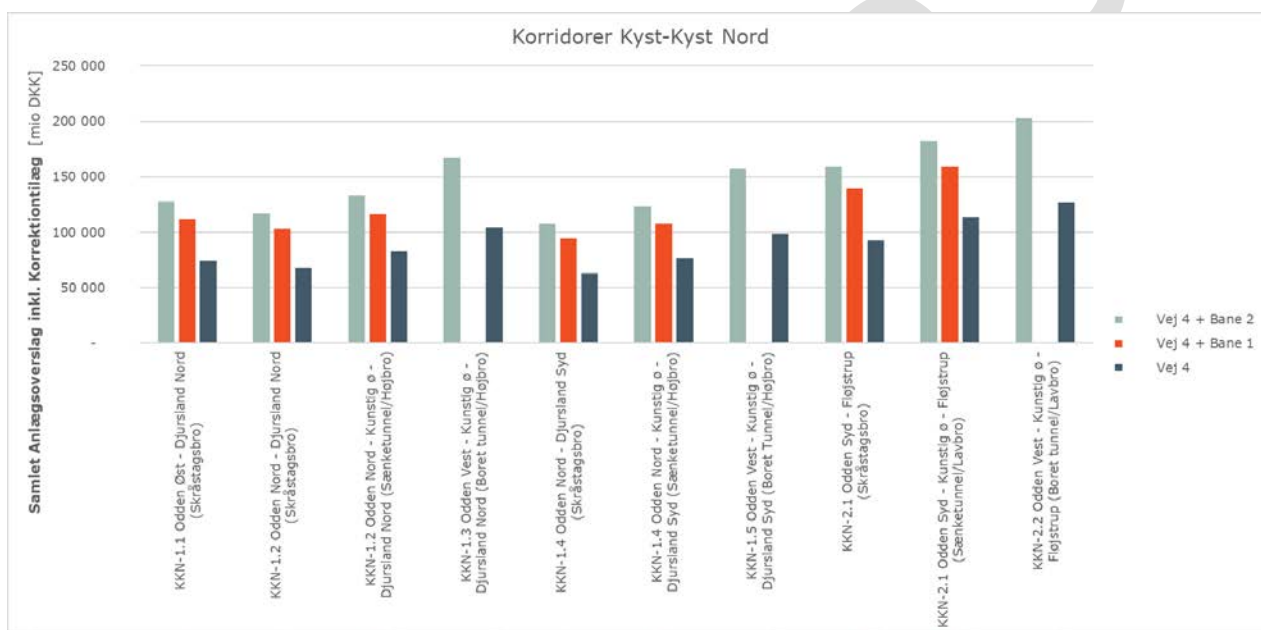
baseret på relevante referenceprojekter, men som på dette stadie ikke er tilpasset de projektspecifikke forhold som vil gøre sig gældende for Kattegatforbindelsen.

Enhedspriser anvendt for broer er typisk baseret på 10 referenceprojekter med varierende udformning og forskel i dimensionerende laster, se [1]. De fleste referenceprojekter er dimensioneret for store vandrette laster, enten fra skibsstød eller jordskælv. Der er derfor indregnet en vis effekt fra skibsstød i enhedspriser. Alle KKN brøløsningerne er vurderet til at have forhøjet projektrisiko pga. skibsstød og derfor må øgede omkostninger forventes. Nuværende anlægsoverslag indregner ikke fuldt ud omkostninger til forstærkning af piller imod skibsstød.

For KKN, er resultater vist for:

- vej (4 spor) + bane (2 spor).
- vej (4 spor) + bane (1 spor)
- vej (4 spor)

8.3.1 Kyst – Kyst Nord



Figur 8-1 Anlægsoverslag Kyst – Kyst Nord (inkl. 50% korrektionstillæg) (bilag 8-2 i bilagsmappen)

Tabel 8-1 Anlægsoverslag Kyst – Kyst Nord (bilag 8-1 i bilagsmappen)

Korridor navn		KKN-1.1 Odten Øst - Djursland Nord (Svendsborg)	KKN-1.2 Odten Nord - Djursland Nord (Svendsborg)	KKN-1.3 Odten Nord - Kunstig ø - Dursaud Nord (Sanketunnel/Hjgro)	KKN-1.3 Odten Vest - Kunstig ø - Dursaud Nord (Bort Tunnel/Hjgro)	KKN-1.4 Odten Nord - Djursland Syd (Skalsgård)	KKN-1.4 Odten Nord - Kunstig ø - Dursaud Syd (Sanketunnel/Hjgro)	KKN-1.5 Odten Vest - Kunstig ø - Dursaud Syd (Bort Tunnel/Hjgro)	KKN-2.1 Odten Syd - Fjagstrup (Skalsgård)	KKN-2.1 Odten Syd - Kunstig ø - Fjagstrup (Sanketunnel/Hjgro)	KKN-2.2 Odten Vest - Kunstig ø - Fjagstrup (Bort Tunnel/Hjgro)
Længde											
Vej	[km]	46.90	42.90	44.25	48.80	39.30	40.45	45.00	70.30	71.55	70.30
Bane	[km]	48.10	44.10	45.45	50.00	40.50	41.65	46.20	71.50	71.55	70.30
Entreprisearbejder på strækningen											
Vej 4	[mio DKK]	44.243	40.556	49.131	62.178	37.427	45.489	58.770	55.146	67.655	75.672
Bane 2	[mio DKK]	31.746	29.251	30.252	37.287	27.005	27.881	34.916	39.555	41.083	44.896
Bane 1	[mio DKK]	22.279	20.542	20.314	62.178	18.980	18.665	58.770	27.669	26.938	75.672
PTA (12% add on)											
Vej 4	[mio DKK]	5.309	4.879	5.896	7.461	4.491	5.459	7.052	6.618	8.119	9.081
Bane 2	[mio DKK]	3.810	3.510	3.630	4.474	3.241	3.346	4.190	4.747	4.930	5.387
Bane 1	[mio DKK]	2.673	2.465	2.438	7.461	2.278	2.240	7.052	3.320	3.233	9.081
Samlet anlægsoverslag											
Vej 4	[mio DKK]	49.552	45.534	55.027	69.639	41.919	50.948	65.822	61.764	75.774	84.753
Bane 2	[mio DKK]	35.556	32.761	33.882	41.761	30.246	31.227	39.106	44.302	46.012	50.283
Bane 1	[mio DKK]	24.952	23.007	22.752	69.639	21.257	20.905	65.822	30.989	30.170	84.753
Korrektionstilæg											
Vej 4	50%	24.776	22.767	27.514	34.819	20.959	25.474	32.911	30.882	37.887	42.376
Bane 2	50%	17.778	16.380	16.941	20.881	15.123	15.614	19.653	22.151	23.006	25.142
Bane 1	50%	12.476	11.504	11.376	34.819	10.629	10.452	32.911	15.494	15.085	42.376
Samlet Anlægsoverslag inkl. Korrektionstilæg											
Vej 4	[mio DKK]	74.328	68.302	82.541	104.458	62.878	76.422	98.733	92.645	113.661	127.129
Vej 4 + Bane 2	[mio DKK]	127.662	117.443	133.364	167.100	108.246	123.263	157.392	159.098	162.679	202.554
Vej 4 + Bane 1	[mio DKK]	111.756	102.813	116.669	-	84.763	107.779	-	139.129	158.916	-

9 Referencer

- [1] »Indledende linjeføringsovervejelser for en Kattegatforbindelse, Delrapport,« COWI, Marts 2020.
- [2] »Forundersøgelse af kattegatforbindelse - indledende linjeføringsovervejelser. Geologisk og geoteknisk screening,« COWI, 2019.
- [3] »Miljøundersøgelser (titel afventes),« Rambøll, 2020.