

Til
Sund & Bælt Holding A/S

Dokumenttype
Design Basis

Dato
Oktober, 2022

ALS-FYN FORUNDERSØGELSE DESIGN BASIS

ALS-FYN FORUNDERSØGELSE DESIGN BASIS

Projekt navn **Als-Fyn Anlægsteknisk Forundersøgelse**
Projektnr. **1100052138**
Modtager **Sund & Bælt Holding A/S**
Dokumenttype **Rapport**
Version **6.0**
Dato **2024-08-02**
Udarbejdet af **Alexandra Caspersen/John Elnegaard/Johannes Stevnsbak
Andersen/Henrik Mikkelsen/Simon Mathias Gren/Maria S. Normann Øbro**
Kontrolleret af **Mads Abrahamsen/Eydbjørn Dal Jákupsson**
Godkendt af **Lene Hougaard Vesterholt**
Beskrivelse **Design Basis**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
<https://dk.ramboll.com>

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Medlem af FRI

INDHOLD

1.	Indledning	2
1.1	Generelt	2
1.2	Referencer	3
1.3	Tegnings- og modelliste	4
2.	Grundlag og forudsætninger	6
2.1	Generelt	6
2.2	Terrændata/Koordinatsystem	6
2.3	Beliggenhedskrav	6
2.4	Levetid	7
2.5	Geotekniske forhold	8
2.6	Sejladsanalyse	12
2.7	Trafikale forhold	12
2.8	Ilandføringspunkter	13
2.9	Ledningskortlægning	15
2.9.1	Eksisterende ledninger	15
2.9.2	Fremtidige ledninger	16
2.10	Flytrafik	16
3.	Funktionskrav	17
3.1	Funktionskrav til vejprojektet	17
3.1.1	Hastighedsbegreber	17
3.1.2	Dimensionsgivende køretøj	19
3.1.3	Geometriske forudsætninger	19
3.2	Trafiksikkerhed	23
3.3	Sikkerhedskoncept	23
3.4	Installationer og udstyr	23
3.5	Konstruktive krav til tunnel	24
3.6	Konstruktive krav til bro	24
3.7	Betalingsanlæg	24
3.8	Adgangsveje	24
3.9	Drift og vedligehold	24

1. INDLEDNING

1.1 Generelt

Formålet med denne design basis er at definere de anlægstekniske krav og beskrive de eksisterende forhold som projekteringsgrundlag for den anlægstekniske forundersøgelse af en fast forbindelse mellem Als-Fyn - kyst til kyst. Krav vedrørende natur-, miljø- og planforhold er ikke indeholdt i denne design basis. En miljøteknisk vurdering af de forskellige løsninger for en kyst-kyst forbindelse foretages parallelt med den anlægstekniske analyse.

Kyst til kyst forbindelsen inkluderer bro, tunnel eller kombineret bro og tunnel mellem Fyn og Als. For en mulig tunnelloøsning vil to forskellige typer tunnel blive undersøgt, en boret tunnel samt en sænketunnel. Af bro typer vil en bjælkebro samt skrånstagsbro være de mest oplagte brotyper. En hængebro vil ikke være økonomisk fordelagtig med de nødvendige gennemsejlsbredder der er identificeret, se afsnit 2.6.

Grundet det manglende geotekniske grundlag på nuværende tidspunkt undersøges specifikke linjeføringer for mulige tunnelloøsninger eller broløsninger ikke på nuværende tidspunkt, men der arbejdes med nærmere placeringer af mulige korridorer.

Denne design basis vil være et levende dokument, som bør anvendes af projektet til at arbejde efter veldefinerede forudsætninger. På nuværende tidspunkt indeholder denne design basis den nyeste information indenfor hvert område.

Table 1-1 - Oversigt over ændringer.

Version	Dato	Opdateringer
1	28-10-2022	-
2	16-11-2022	Følgende afsnit er opdateret: <u>1.1 Indledning</u> Reference til register over kommentarer Tabel med oversigt over ændringer tilføjet <u>2.1 Generelt</u> Vejløsninger som betragtes i sikkerheds workshop <u>2.5 Geotekniske forhold</u> Hele afsnittet er opdateret med nyeste information vedrørende geotekniske forhold. <u>2.8 Trafikale forhold</u> Nye tal fra Vejdirektoratet er tilføjet. <u>2.10.2 Fremtidige ledninger</u> Nyt afsnit er tilføjet.
3	09-03-2023	Følgende afsnit er opdateret: 1.2 Referencer 1.3 Tegnings- og modelliste 2.5 Geotekniske forhold

4	29-09-2023	Følgende afsnit er opdateret: 1.2 Referencer 1.3 Tegnings- og modelliste 2.1 Generelt 2.3 Beliggenhedskrav 2.5 Geotekniske forhold 2.7 Sejladsanalyse 2.9 Ilandføringspunkter 3.1.1 Hastighedsbegreber 3.1.3.1 Tilslutning på Als 3.1.3.2 Tilslutning på Fyn 3.1.3.3 Fritrumsprofil i tunnel 3.1.3.4 Længdeprofil 3.1.3.6 Tværprofil 3.1.3.7 Kørespor 3.1.3.8 Kantbaner 3.1.3.9 Nødspor 3.1.3.10 Midteradskillelse 3.2 Trafiksikkerhed 3.3 Sikkerhedskoncept 3.4 Installationer og udstyr
5	08-02-2024	Følgende afsnit er opdateret med udvidet undersøgelsesområde: 1.2 Referencer 1.3 Tegnings- og modelliste 2.3 Beliggenhedskrav 2.5 Geotekniske forhold 2.6 Sejladsanalyse 2.8 Ilandføringspunkter
6	02-08-2024	Design Basis er opdateret med korridor ALA11. Følgende afsnit er opdateret: 1.3 Tegnings- og modelliste 2.5 Geotekniske forhold

1.2 Referencer

Relevante referencer er listet nedenfor.

- [1] Miniudbudsbrev - forundersøgelse af en fast forbindelse mellem Als og Fyn – Anlægstekniske undersøgelser
- [2] Ydelsesbeskrivelse – Anlægstekniske undersøgelser (bilag A)
- [3] En fast forbindelse mellem Als og Fyn, Rapport 596-2019 (<https://www.vejdirektoratet.dk>) (bilag B3)
- [4] Kommissorium - Forundersøgelse af en fast forbindelse mellem Als og Fyn, 3. december 2021 (bilag C)
- [5] Als-Fyn-forbindelsen, Identifikation af særligt betydningsfulde områder (bilag D)
- [6] Vejteknisk beskrivelse, landanlæg i Als – Fyn forbindelsen <https://www.vejdirektoratet.dk>

- |7| Kystdirektoratet, "Højvandsstatistikker 2017", 2019.
- |8| Danish Cable Protection Committee <https://qgiscloud.com>
- |9| Grundlag for udformning af trafikarealer 01-06-21, Vejdirektoratet – Vejregler <https://www.vejdirektoratet.dk/lillebaeltsbroen>
- |10| Geoteknisk forundersøgelse, 80700 Fast forbindelse Als-Fyn, 31-01-2019, <https://www.vejdirektoratet.dk>
- |11| Tværprofiler i åbent land, februar 2021, <https://vejregler.dk>
- |12| Grundlag for udformning af trafikarealer, maj 2021, <https://vejregler.dk>
- |13| Als-Fyn Teknisk Forundersøgelse – Sejladsanalyse, Rambøll, september 2022
- |14| Screenings rapport for Als Fyn forbindelsen, december 2018, Rambøll
- |15| Als-Fyn Funderingsmetode, januar 2019, Rambøll
- |16| Als-Fyn forbindelse, Trafikal vurdering af 2+1 løsning, juni 2020, Rambøll
- |17| Als Fyn forbindelsen, Teknisk screening og anlægsoverslag, februar 2019, Rambøll
- |18| Als Fyn forbindelsen, Vækst, innovation og muligheder, marts 2020, Rambøll
- |19| Anlægsvurderinger for Als-Fyn forbindelsen, juli 2027, COWI
- |20| Cykelsti på Als-fyn-broen, maj 2021, COWI
- |21| ALSFYNBROEN, Forstudie: Mulig brugerfinansiering og anlægsoverslag, december 2020, Rambøll
- |22| Energinet.dk. Jylland-Fyn Cable Routes. Geophysical and Geotechnical investigations. GEO, 14. November 2014.
- |23| Sønderborg Forsyning. Lillebælt Syd Nearshore Windfarm. Geotechnical Survey. Task B – Factual Report. GEO, 31. Maj 2018
- |24| Sønderborg Forsyning. Lillebælt Syd Nearshore Windfarm. Geotechnical Survey. Task C – Interpretative Report. GEO, 13. August Maj 2018.
- |25| RDK2022N00489-RAM-RP-00005, Screening af tværsnit
- |26| Als-Fyn Forbindelsen. Geofysiske forundersøgelser. Geologisk model til brug for miljø- og anlægstekniske analyser. Danmarks og Grønlands Geologiske undersøgelser, GEUS. Rapport 2023/26.
- |27| RDK2022N00489-RAM-RP-00013, Geoteknisk vurderingsrapport
- |28| Als-Fyn Forbindelsen, Kyst – Kyst, Tegningsbilag

1.3 Tegnings- og modelliste

Tegningsliste:

Fagdisciplin	Tegningsnr.	Beskrivelse
General		
	AF-A-ATX-GEN-001	Tegningsliste
Geoteknik		
	AF-A-TG-ALA01-001	Geologisk Længdesnit - ALA01
	AF-A-TG-ALA02-001	Geologisk Længdesnit - ALA02
	AF-A-TG-ALA03-001	Geologisk Længdesnit - ALA03
	AF-A-TG-ALA04-001	Geologisk Længdesnit - ALA04
	AF-A-TG-ALA05-001	Geologisk Længdesnit - ALA05
	AF-A-TG-ALA07-001	Geologisk Længdesnit - ALA07
	AF-A-TG-ALA09-001	Geologisk Længdesnit - ALA09
	AF-A-TG-ALA10-001	Geologisk Længdesnit – ALA10
	AF-A-TG-ALA11-001	Geologisk Længdesnit – ALA11

Tunnel

AF-A-TT-GEN-001	Generelt - Tunnel - Typiske tværsnit
AF-A-TT-ALA01-001	ALA01 - Tunnel - Længdesnit
AF-A-TT-ALA03-001	ALA03 - Tunnel - Længdesnit
AF-A-TT-ALA04-001	ALA04 - Tunnel - Længdesnit
AF-A-TT-ALA05-001	ALA05 - Bro og Tunnel Kombination - Længdesnit
AF-A-TT-ALA09-001	ALA09 - Tunnel - Længdesnit
AF-A-TT-ALA10-001	ALA10 - Tunnel - Længdesnit
AF-A-TT-ALA11-001	ALA11 - Tunnel - Længdesnit

Bro

AF-A-TB-GEN-001	Generelt - Bro - Typiske snit
AF-A-TB-ALA02-001	ALA02 - Bro - Længdesnit - 1/2
AF-A-TB-ALA02-002	ALA02 - Bro - Længdesnit - 2/2
AF-A-TB-ALA05-001	ALA05 - Bro og Tunnel Kombination - Længdesnit
AF-A-TB-ALA07-001	ALA07 - Bro – Længdesnit 1/3
AF-A-TB-ALA07-002	ALA07 - Bro – Længdesnit 2/3
AF-A-TB-ALA07-003	ALA07 - Bro – Længdesnit 3/3

Tegningerne fremgår af Tegningsbilag af |28|.

Model og GIS system

Alle modeller er leveret til Sund og Bælts database og er tilgængelig via disse portaler.

2D kort: [Als-Fyn: Rambøll Teknik Internt Arbejdskort \(sundogbaelt.dk\)](http://sundogbaelt.dk)

3D kort: [Als Fyn - 3D kort \(sundogbaelt.dk\)](http://sundogbaelt.dk)

Adgang gives af Sund og Bælt

Modelmateriale er leveret til Sund og Bælt ArcGIS database.

2. GRUNDLAG OG FORUDSÆTNINGER

2.1 Generelt

I denne fase af projektet ønskes forskellige løsningsforslag undersøgt. Basisprojektet indeholder det smalleste mulige tværsnit med en planlægningshastighed på 90 km/t, samtidig med at der arbejdes med tilvalg til basisprojektet, som inkluderer bredere tværsnit, i tilfælde af at fremkommeligheden ønskes øget.

For en mulig tunnelloøsning, betragtes to forskellige typer tunnel, en sænketunnel og en boret tunnel.

For en mulig broløsning, betragtes fire forskellige typer af broer, skråstagsbro, bjælkebro, klapbro og svingbro. Broerne kan være udført som rene betonbroer, eller med stål-kassetværsnit eller som kompositkonstruktion med ståltrug og betondæk.

En kombineret tunnel/bro løsning vil også blive betragtet.

2.2 Terrændata/Koordinatsystem

Kortgrundlaget er fremstillet på basis af nyeste grundlag fra datafordeler.dk (*Offentlig grunddata fra Danmarks myndigheder*) ved projekt start august 2022. Terrænmodellen på land er afledt af Danmarks Højdemodel og højdekurver er beregnet ud fra denne. Orthofoto er fra Maxar, Microsoft. Dette kort er kun anvendt orienterende.

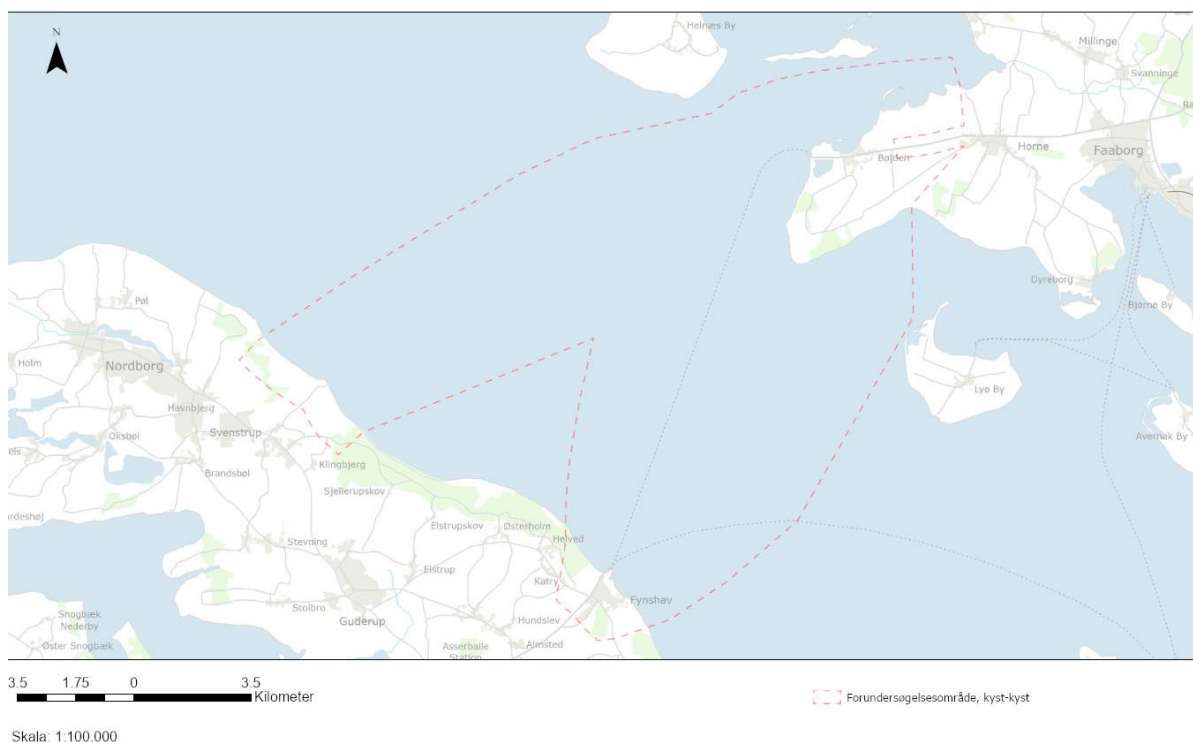
Koordinatsystem anvendt i forundersøgelserne er:

- > Geodætisk datum: Dansk, EUREF89
- > Projektion: UTM, zone 32N
- > Vertikal datum: DVR90

Søkort basis fra DMI/IHO, WGS1984.

2.3 Beliggenhedskrav

I vinteren 2022 blev et bredt område mellem Als og Fyn undersøgt, ref. [5], med henblik på et overordnet overblik over nogle forventeligt væsentlige miljømæssige udfordringer inden for dette område. Med baggrund i en vurdering af kommissoriet er der herefter af Styregruppen blevet fastlagt til et mindre undersøgelsesområde, som skal danne baggrund for de undersøgelser, som der skal laves af en mulig fast forbindelse. Dette område er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1 – Undersøgelsesområde vist med rød stiplede linje.

Konsekvensen af krydsning af de særligt betydningsfulde områder, vurderes af miljøteamet. Der kan læses nærmere vedrørende analyse og metode i bilag D, ref. [5].

2.4 Levetid

Den overordnede konstruktion skal designes for en levetid på 120 år. Specifikke elementer vil have kortere levetid end angivet og skal derfor projekteres så de kan udskiftes/reparerer uden at forstyrre den overordnede drift.

2.5 Geotekniske forhold

I foråret 2023 gennemførte Sund & Bælt en indledende geofysisk undersøgelse af forundersøgelsesområdet for den faste forbindelse mellem Als og Fyn. Den geofysiske undersøgelse blev udført af GEUS. Den overordnede geologi er vist på de geologiske længdesnit listet i afsnit 1.3 Geoteknik.

Der er ikke gennemført geotekniske undersøgelser for den faste forbindelse mellem Als og Fyn hvorfor geotekniske materialeparametre ikke kan fastlægges for jordarterne beskrevet i den geofysiske undersøgelsesrapport, ref. [26], og vist på de geologiske længdesnit.

I 2014 gennemførte Energinet en geofysisk undersøgelse for to mulige kabelruter mellem Horne Næs og Fynshav, ref. [22]. Denne undersøgelse omfatter ligeledes 16 stk. 3 m - 5 m vibrocore. Vibrocore prøverne er geologisk beskrevet og der er udført klassifikationsforsøg på udvalgte prøver. I marts 2018 gennemførte Sønderborg Forsyning en indledende geotekniske undersøgelser for vindmølleparken Lillebælt Syd, beliggende nord for den påtænkte faste forbindelse, ref. [23] og [24]. I 2022 og 2023 er der gennemført geotekniske undersøgelser for et oprensingsprojekt ved Himmark Stand, dvs. syd for ilandføringen ved Tranerodde. Der er gennemført geotekniske borer og CPTu-forsøg på Als og i Lillebælt indtil knap 200 m fra kysten.

Resultaterne at de nævnte geofysiske og geotekniske undersøgelser er anvendt til at bestemme foreløbige materialeparametre for jordlagene vist på de geologiske længdesnit. Da der ikke er udført geotekniske undersøgelser i forundersøgelsesområdet for den faste forbindelse mellem Als og Fyn er alle foreløbige materialeparametre bestemt på baggrund af ingeniørmæssige vurderinger/valg samt erfaringer med liggende jordlag.

Vanddybden på størstedelen af strækningen mellem Horne og Fynshav er mellem 35 m og 42 m. På strækningen mellem Horne og Tranerodde er vanddybden ca. 30.

Øverst træffes mellem 5 og 10 m postglaciale (Holocæne) marine sedimenter, primært bestående af gytje. Enkelte steder er tykkelsen op til ca. 15 m, se Figur 2-2. Under gytjen træffes postglaciale (Holocæne) brakvandssedimenter som primært består af organiskrige kohæsive (lerede) sedimenter. Tykkelsen af brakvandssedimenterne er maksimalt 5 m.

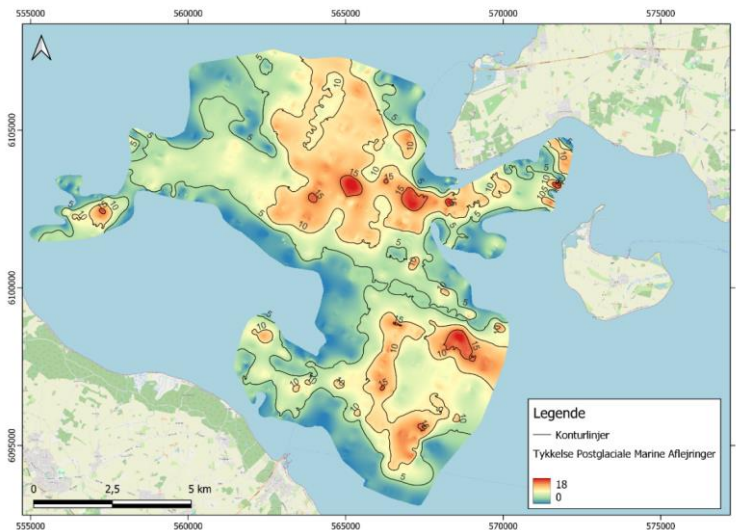
Under de postglaciale sedimenter træffes generelt sen-glaciale aflejringer. Disse består øverst af lerede søaflejringer (ferskvandsler/smeltevandsler). Under den sen-glaciale ler træffes i store dele af forundersøgelsesområdet sen-glaciale smeltevandssand. Under de sen-glaciale aflejringer træffes glacielle aflejringer primært bestående af moræneler. Dog træffes der på en strækning syd for Søndre Stenrøn prækvartære aflejringer i form af Lillebæltssler under de glacielle aflejringer. Lillebæltssleret træffes mellem 10 m og 20 m under havbunden. Områder hvor der er truffet Lillebæltssler er vist på Figur 2-3. Der er kun truffet Lillebæltssler ved de fem sydlige korridorer, ALA01 – ALA05. Korridoren for ALA11 er valgt således at tunnelen føres syd om området hvor der er truffet Lillebæltssleret, se Figur 2-3.

Et par km syd for undersøgelsesområdet er der i 2013 udført en ca. 200 m dyb boring, DGU nr. 551029.16 / IOPD M0059 (The Integrated Ocean Drilling Program). Jorden er geologisk beskrevet med der er ikke udført geotekniske laboratorie- eller feltforsøg. Øverst træffes der ca. 50 m postglaciale marine sedimenter, gytje. Gytjen underlejres af sen-glaciale og glacielle aflejringer og der træffes kridt/kalk ca. 170 m under havbunden. Med de store forekomster af

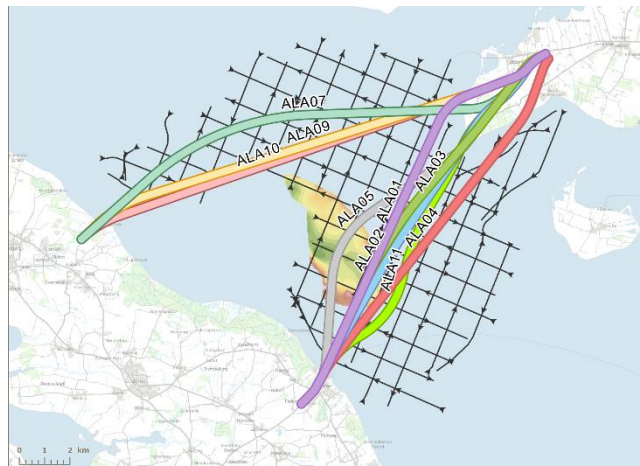
gytje vurderes det, at denne boring ikke er relevant for denne geotekniske vurdering. Men det konkluderes, at i det sydlige Lillebælt kan forventes meget store variationer i jordbundsforhold / geologi over relativ korte afstande.

I områder hvor de øverste marine og organiske-holdige postglaciale aflejringer har en tykkelse på mere end ca. 6 m forekommer der ofte gas som følge af nedbrydning af det organiske materiale. Dette benævnes normalt "shallow gas". På Figur 2-4 er illustreret hvor der er truffet "shallow gas" i undersøgelsesområdet. Det ses at der er truffet "shallow gas" i størstedelen af undersøgelsesområdet. Ved bestemmelse af tykkelsen af de øvre gasholdige jordlag er der anvendt konservative seismiske hastigheder således at den viste tykkelse af de postglaciale aflejringer er den maksimale tykkelse. Det vurderes således, at tykkelsen vil kunne reduceres når der er gennemført geotekniske undersøgelser og resultaterne af geotekniske og geofysiske undersøgelser korreleres.

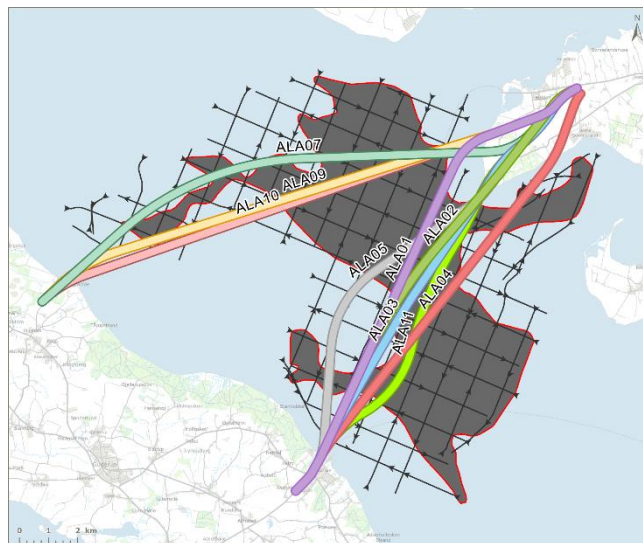
Foreløbige materialeparameteren for jordlagene vist på de geologiske længdesnit er angivet i Tabel 2-1 og Tabel 2-2. For en mere detaljeret beskrivelse af geologien, udledning af foreløbige materialeparametre mm, henvises til den Geotekniske vurderingsrapport, ref. [27].



Figur 2-2 Tykkelse af postglaciale (Holocæne) marine sedimenter, gytje, ref. [26].



Figur 2-3 Illustration af områder med Lillebæltsler, ref. [27].



Figur 2-4 Illustration af områder med "shallow gas", ref. [27].

Tabel 2-1 Indledende geotekniske materialeparametre, offshore, ref. [27].

Id.	Jordart	Miljø/ alder [-]	Rumvægt γ' [kN/m ³]	Styrke				Stivhed		Anlæg A [-]
				ϕ'_{pl} [°]	c_u [kPa]	ϕ'_{tr} [°]	c' [kPa]	ε_{50} [*] [%]	E_{oed} [MPa]	
1	Marine aflejringer / Gytje	Ma/Pg	2	-	20	15	0	-	45	5
2	Postglaciale ler	Ma/Pg	8	-	20	15	0	-	45	5
3A	Smeltevandssler	Sm/Sg	10	-	100	30	10	1,0	15	3
3B	Smeltevandssand	Sm/Sg	9	35	-	-	-	-	30	3
4A	Moræneler (over -60 m DVR90)	Gl/Gc	11	-	250	32	20	1,0	75	3
4B	Moræneler (under -60 m DVR90)	Gl/Gc	11	-	500	32	20	1,0	150	3
5	Lillebæltssler		9	-	150	16	20**	1,0	25	5

* Vurderer på baggrund af erfaringer

Tabel 2-2 Indledende geotekniske materialeparametre for primære onshore jordarter, ref. [27].

Id.	Jordart	Miljø/ alder [-]	Rumvægt γ / γ' [kN/m ³]	Styrke				Stivhed	
				ϕ'_{pl} [°]	c_u [kPa]	ϕ'_{tr} [°]	c' [kPa]	ε_{50} [%]	E_{oed} [MPa]
6A	Moræneler, Horne Næs/Land	Gl/Gc	21 / 11	-	150	31	15	-	35
6B	Smeltevandssand, Horne Næs/Land	Sm/Gc	19 / 9	37	-	-	-	-	40
7A	Moræneler, Als	Gl/Gc	21 / 11	-	200	31	20	-	40
7B	Smeltevandssand, Als	Sm/Gc	19 / 9	37	-	-	-	-	40
7C	Gytje	Ma/Pg	15 / 5		50	25	0	30	-

2.6 Sejladsanalyse

Der henvises til sejladsanalysen /26/.

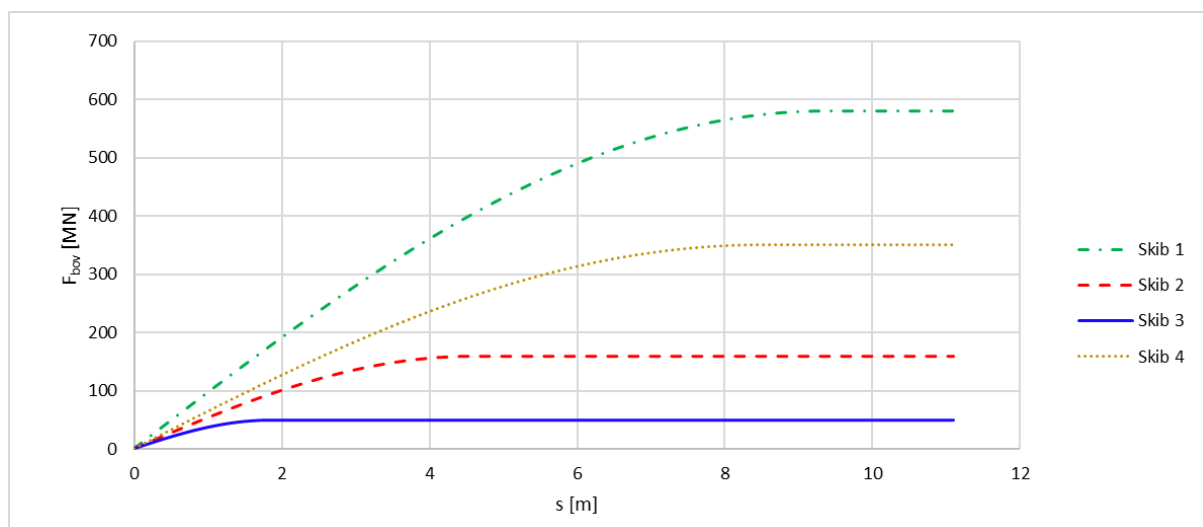
Indledende projektering af brokonstruktioner for skibskollision baseres på skibsdata for de tre skibe opgivet i Tabel 2-3 for frontalkollision.

Tabel 2-3 Data for design skibe

	m_x [ton]	LPP [m]	v_0 [m/s]	$F_{bov.max}$ [MN]	s_{max} [m]
Skib 1	195129	292	5,68	580	9,38
Skib 2	20270	149	6,48	160	4,60
Skib 3	2995	80	5,98	50	1,85
Skib 4	81733	221	6,50	350	8,52

Ved brug af en dynamisk analyse benyttes last-sammentrykningskurverne vist i Figur 2-5 og givet ved følgende udtryk:

$$F_{bov}(s) = \begin{cases} F_{bov.max} \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{s}{s_{max}}\right) & \text{for } 0 \leq s \leq s_{max} \\ F_{bov.max} & \text{for } s_{max} < s \end{cases} \quad (1)$$



Figur 2-5 Idealiseret last-sammentrykningskurver ved frontal kollision for design skibe

De opgivende design skibe antages relevant for følgende dele af konstruktionen:

- **Skib 1:** Design skib for frontalkollision med pyloner på en skråstagsbro med 550 m gennemsejlingsfag og 60 m gennemsejlingshøjde. *Gælder ikke ALA07.*
- **Skib 2:** Design skib for frontal kollision med bropiller på en frit-frembygget bjælkebro med 320 m gennemsejlingsfag og 36 m gennemsejlingshøjde.
- **Skib 3:** Design skib for typisk bjælkebro med 110-140 m fag og 18 m frihøjde.
- **Skib 4:** Design skib for frontalkollision med pyloner på en skråstagsbro med 550 m gennemsejlingsfag og 60 m gennemsejlingshøjde. *Gælder kun ALA07.*

Skibslaster for samtlige skibe antages at angribe i enten kote -2 m eller kote +2 m.

2.7 Trafikale forhold

Vejdirektoratet (VD), har udført analyser på nedenstående to scenarier.

Det første scenarie (fremsendt af VD 25-05-2022):

Den faste forbindelse er antaget at være en bro
Linjeføring som tidligere anvendt
Ingen opgraderinger af vejnettet på land
2 sporet vej
Skiltet hastighed er 90 km/t
Samme takster som anvendt tidligere

Dette vil medføre ca. 7.300 køretøjer på broen, hvoraf 2.400 er lastbiler. En anden takststruktur vil betyde at resultaterne ændrer sig. Rambøll har i deres notat fra 2020 estimeret en trafik på op mod 11.700 køretøjer, men det er inklusiv nogle større hastighedsopgraderinger på land, som VD ikke har med i deres projekt. Selvom takststrukturen ændres, bliver trafikallet nok ikke større end det.

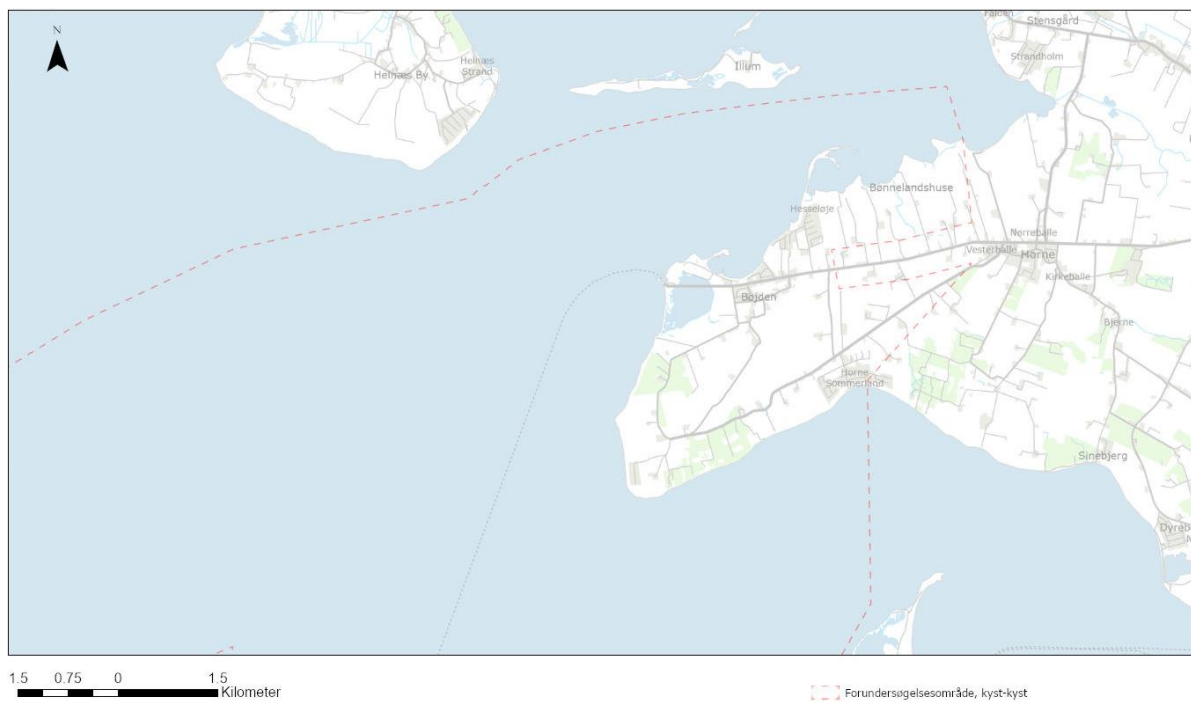
Det andet scenarie (fremsendt af VD 15-09-2022):

Absolutte maks. trafik
Hele Rute 43 har en hastighedsbegrænsning på 90 km/t
En kyst-kyst forbindelse uden takst og med hastighedsbegrænsning på 90 km/t

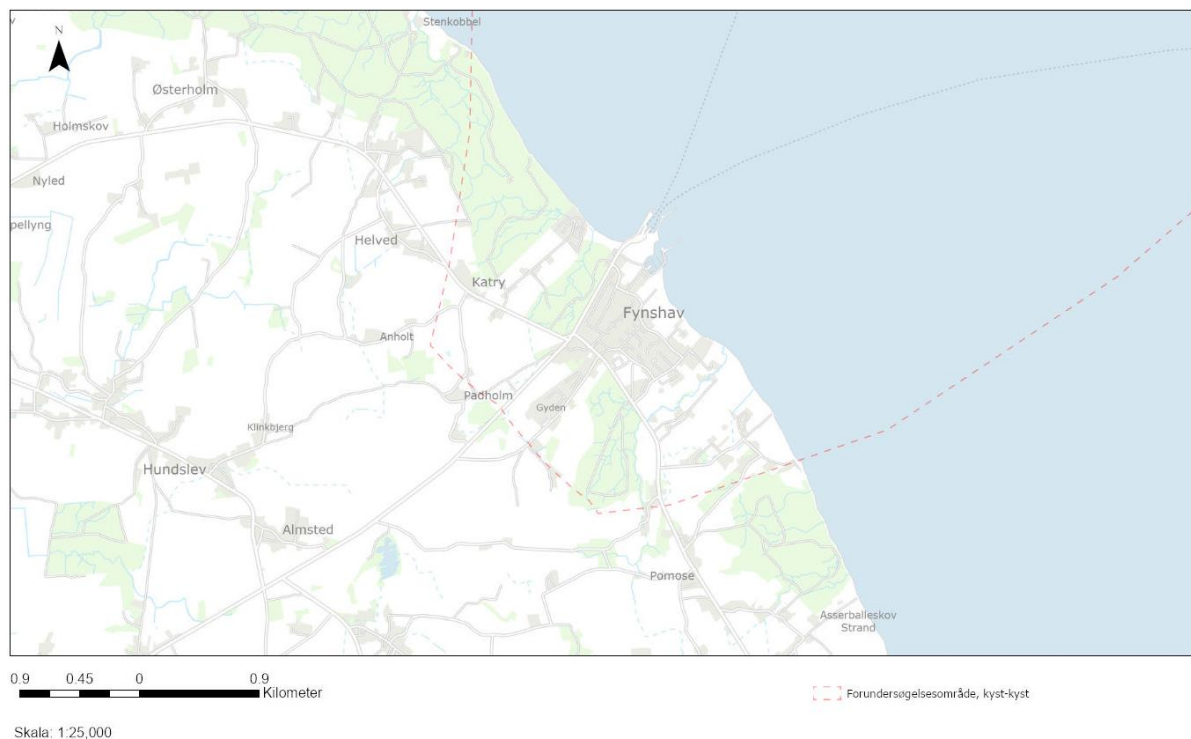
Dette vil medføre 18.000 køretøjer på forbindelsen. I den største time er der omkring 700 køretøjer i én retning, hvor kapaciteten er i størrelsesordenen 1800-2000 køretøjer. Hvis der er en takst på (70 kr.) var tallet omkring 7.000. Så prisen har stor indflydelse på antallet af køretøjer.

2.8 Ilandføringspunkter

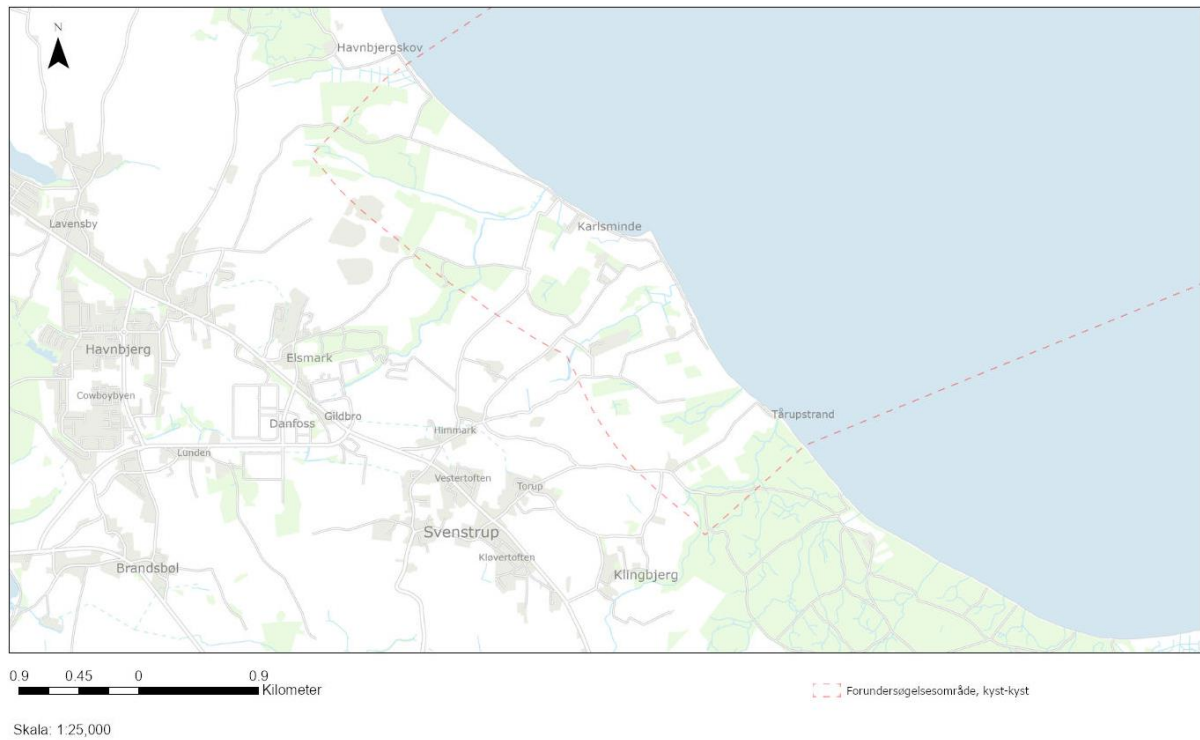
Rambøll skal udarbejde vejprojektet fra ilandføringspunkterne til landanlægsområderne markeret med lys rød i Figur 2-6, Figur 2-7 og Figur 2-8. Landanlæggene skitseprojekteres når der er valgt linjeføring for kyst til kyst forbindelsen. I udgangspunktet vælges den mest hensigtsmæssige placering på hav hvorefter tilslutningerne på land tilpasses bedst muligt til de lokale forhold.



Figur 2-6 - Grænseflade til landanlægget på Fyn markeret med rød stiple linje.



Figur 2-7 - Grænseflade til landanlægget på Als (Fynshav) markeret med rød stiple linje.



Figur 2-8 - Grænseflade til landanlægget på Als (Tranerodde).

2.9 Ledningskortlægning

Linjeføringskorridorerne er blevet undersøgt for større elkabler, telekommunikationskabler, gasledninger, kloak- og vandledninger. Mindre ledninger belyses ikke i denne fase af projektet.

2.9.1 Eksisterende ledninger

Eksisterende ledninger identificeret og kortlagt af Danish Cable Protection Committee i projektområdet er præsenteret i Figur 2-9.



Figur 2-9 - Ledninger offshore (grøn: kommunikation, rød: power) ref. [8].

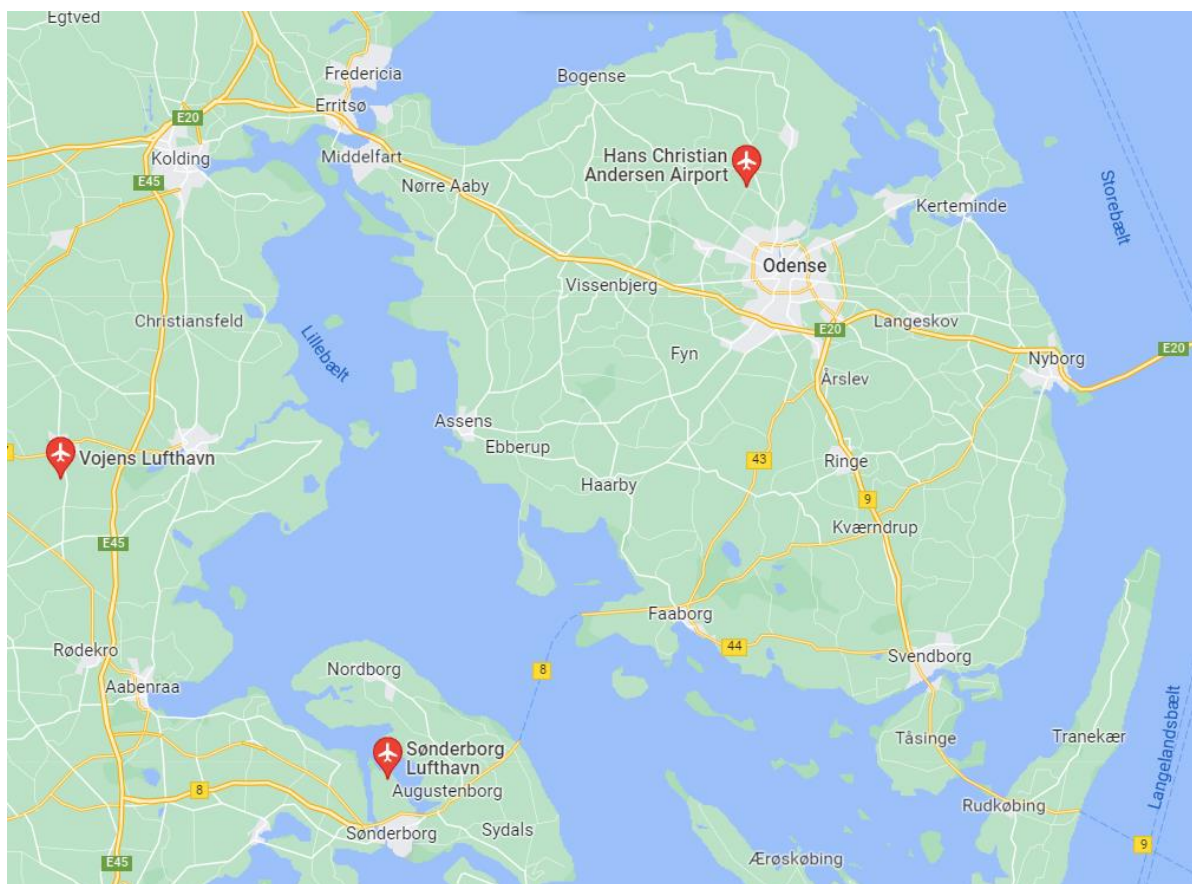
Der er identificeret et 132 kV kabel fra Energinet der løber fra Als til Fyn. Der er i øjeblikket ikke identificeret andre større ledningsanlæg.

2.9.2 Fremtidige ledninger

På nuværende tidspunkt, er der kendskab til en mulig fremtidig havvindmøllepark nordvest for undersøgelsesområdet.

2.10 Flytrafik

Ved broløsninger, skal sikkerheden for flytrafik tages i betragtning. Et kort over de nærmeste lufthavne er præsenteret i Figur 2-10.



Figur 2-10 - Kort med nærmeste lufthavne indikeret.

Det kan ses at den nærmeste lufthavn er Sønderborg Lufthavn.

3. FUNKTIONSKRAV

I denne fase, er følgende funktionskrav antaget at være gældende for den faste forbindelse mellem Als og Fyn.

3.1 Funktionskrav til vejprojektet

I dette afsnit gennemgås kravene til udformning af vejprojektet. Projektet tager udgangspunkt i en skiltet hastighed på 90 km/t for en motortrafikvej, jf. afsnit 2.1. Denne forudsætning samt tværsnitsbredden skal koordineres med Vejdirektoratet i forhold til udformning af grænsefladen mellem vejanlægget på hhv. land og hav.

3.1.1 Hastighedsbegreber

Planlægningshastighed:

Planlægningshastigheden (V_p) er den hastighed, som vejmyndigheden af hensyn til fremkommelighed, trafiksikkerhed og miljø ønsker, at trafikanterne skal køre med, og er grundlag for den detaljerede planlægning og projektering af de enkelte delstrækninger. Planlægningshastigheden er her den samme som den skiltede hastighed.

Dimensionerende hastighed:

Dimensionerende hastighed (V_d) er den hastighed, som vejmyndigheden vælger at dimensionere vejen efter i situationer, hvor en trafikant, der kører for hurtigt, kan komme til at skade andre. Den fastsættes ud fra kørselsdynamiske forudsætninger og sikkerhedsmæssige overvejelser om trafikanternes hastighedsadfærd. Den dimensionerende hastighed vil som udgangspunkt ikke være lavere end planlægningshastigheden.

Den dimensionerende hastighed for vejanlægget vil afhænge af de respektive vejklasser der undersøges for.

Tabel 3-1 - Anbefalede dimensionerende hastigheder på veje i åbent land.

		V_p										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
V_d	Motorveje							90	100	110	120	130
	Mødefri veje	30	40	50	60	70	80	90	100			
	Veje med modkørende eller krydsende trafik i niveau	40	55	70	80	90	95	100				

¹ Mødefri veje defineres som højklassede veje med niveaufri kryds, hvor der ikke er modkørende trafik inden for sikkerhedszonen og ikke færdes stitrafik.
² På veje med en maksimal kørehastighed bestemt af kurveradius (for eksempel sløjferamper) er den dimensionerende hastighed den maksimale kørehastighed.

For motortrafikvej dimensioneres for en hastighed på 100km/t (Skiltet hastighed 90-100 km/t med et sikkerhedstillæg på 0-10km/t).

De øvrige designelementer for tracéring fastsættes ud fra den dimensionerende hastighed.

Den horisontale og vertikale geometri fastlægges ud fra nedenstående trafiktekniske grundværdier:

Der dimensioneres for stopsigt ved kø.

Øjepunktshøjde: 1,00 m

Øjepunktshøjde, lastbil, konkave kurver 2,50 m

Objektpunktshøjde, motortrafikveje: 0,25 m

Objektpunktshøjde, motortrafikveje: 0,25 m

Førerens reaktionstid: 2,0 sek.

Friktionskoefficienten fastsættes ift. den dimensionerende hastighed:

Tabel 3-2 - Friktionskoefficienter for forskellige dimensionerende hastigheder.

Dimensionerende hastighed (km/h)	Resulterende friktionskoefficient	Sidefriktionskoefficient	Bremsefriktionskoefficient
	Lige vej		Kurve
V_d	μ_{res}	μ_r	μ_{br}
130	0,377	0,080	0,368
120	0,377	0,088	0,367
110	0,377	0,097	0,364
100	0,377	0,107	0,361

3.1.2 Dimensionsgivende køretøj

Der bruges følgende begreber til planlægning og projektering af vejanlæg:

- Det dimensionsgivende køretøj
- Det tilgængelighedskrævende køretøj
- Det hastighedsmaksimerede køretøj

Som dimensionerende køretøj benyttes modulvogntog (MVT3). Som tilgængelighedskrævende køretøj benyttes specialkøretøj (SK) med en maksimal bredde på 3,65 m. Særtransporter kan være op til 3,65 m brede uden følgebil. Disse transportere skal selv sikre, at der er den fornødne plads på vejnettet.

Der vil ikke blive taget hensyn eller sikret plads for vindmølletransporter e.l.

3.1.3 Geometriske forudsætninger

Der henvises generelt til afsnit 3.1.1.

3.1.3.1 Tilslutning på Als

Forbindelsen er planlagt tilslutning på Als til den eksisterende Færgevej ved Fynshav. De østligste ca. 900 m af den eksisterende Færgevej ligger i dag mellem eksisterende Fredsskov og tæt bebyggelse (Fynshav). Færgevej fungerer i dag som fordelingsvej for den lokale trafik i byen.

Det bør vurderes hvorledes opgradering til motortrafikvej vil kunne ske uden at påvirke adgangen til byen unødigt.

Forbindelsen skal ydermere krydse den eksisterende Katry vej.

3.1.3.2 Tilslutning på Fyn

Forbindelsen er planlagt tilslutning til det eksisterende vejanlæg på Hornelandevej øst for Bøjden by. Herfra føres forbindelsen syd om Bøjden by.

3.1.3.3 Fritrumsprofil i tunnel

Den samlede fri højde på forbindelsen skal være 4,63 m, tilsvarende den fri højde under broer i åbent landskab jf. ref. [12], denne højde skal opfyldes over kørebaner samt 1 m til hver side af kørebanerne. Vejskilte designes til at blive revet ned ved påkørsel således at de ikke udgøre en påkørselsfare. Der anordnes nicher til øvrigt teknisk udstyr, f.eks. tunnelventilation og brandbekæmpelses udstyr.

3.1.3.4 Længdeprofil

Længdeprofilet skal etableres således at de trafiktekniske grundværdier jf. afsnit 3.1.1 overholdes.

Forbindelsen projekteres med en maksimal gradient på hhv. 35‰ og 30‰. De 30‰ er relevant hvis stigningen foregår over en længere strækning.

Forbindelsen projekteres med en minimumsgradient på 5‰. Dette er for at sikre ordentlig afvanding af vejen.

3.1.3.5 Linjeføring, horisontalkurver

Linjeføringen skal etableres således at de trafiktekniske grundværdier jf. afsnit 3.1.1 overholdes.

Bro

Linjeføringen ved hovedbroer skal så vidt muligt være en ret linje. For skråstagsbroer gælder dette indenfor det frie spænd.

Sænketunnel

For meget lange sænketunneller f.eks. Øresund og Femern støbes elementer under fabrikslignende forhold. Anlægsomkostningerne minimeres ved at linjeføringen for sænketunnellen gøres retlinet over den længst mulige strækning, hvilket tilstræbes på nærværende projekt.

Boret tunnel

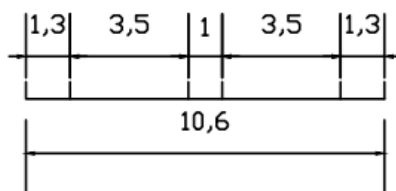
Horisontal linjeføring for borede tunneller kan i modsætning til sænketunnel lettere laves krumme. Der er p.t. ikke tilstrækkelig detaljerede oplysninger til at optimere på linjeføringen af den borede tunnel. Dette forhold forventes dog ikke at have større indflydelse på anlægsomkostningen i denne fase, men kan være med til at reducere udførelsesrisikoen under hensyntagen til geologi og vanddybder.

3.1.3.6 Tværprofil

På baggrund af screeningen af sikkerheds- og redningskonceptet samt en vejteknisk vurdering er minimumsløsningen for et tværprofil for hhv. en bro og tunnel bestemt og vist i det følgende. Nedenstående antagelser er anvendt for basisprojektet.

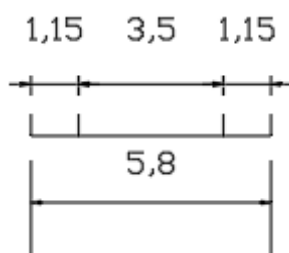
- Kørebanebredde skal jf. afsnit 4.5.2 i |11| være minimum 3,25 m ved 60 km/t (i tilfælde af dobbeltrettede trafik i tunnelen) og 3,50 m ved 80-90 km/t. Kørebredde ved 90 km/t anbefales dog af være 3,75 m ved 90km/t.
- Bevægelsesrummet skal min. være 0,6 m, det anbefales dog 1,0 m jf. afsnit 6.3.2 i |12|.
- Bevægelsesprofilen skal minimum være 5,80 m for passering af nedbrudt køretøj jf. afsnit 6.3.2 i |12|.
- Kørebanelinjerne bevares uændret ved overledning af trafik.

Minimumsløsningen for et tværprofil, indeholdende begge retninger af trafik, for en bro er vist i Figur 3-1.



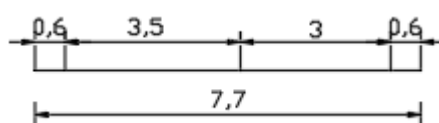
Figur 3-1 - Minimumsbredde af 1+1 løsning uden nødspor og uden midterautoværn.

Minimumsløsningen for et tværprofil, for trafikken i én retning, for en sænketunnel er vist i Figur 3-2.



Figur 3-2 - Vejprofil for minimumsløsningen for en sænketunnel.

Minimumsløsningen for et tværprofil, for trafikken i én retning, for en boret tunnel er vist i

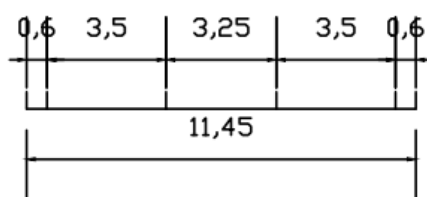


Figur 3-3 Vejprofil for minimumsløsningen for en boret tunnel.

Derudover er nedenstående tilvalg identificerede, i tilfælde af at fremkommeligheden ønskes øget.

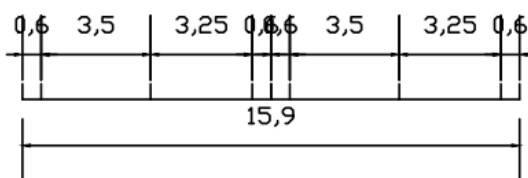
For broløsningen er følgende tre mulige tilvalg identificerede.

- a) Minimumsbredde for 2+1 løsning uden nødspor og uden midterautoværn



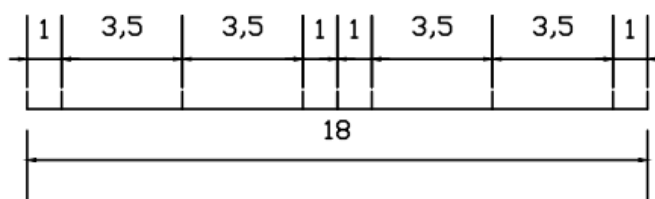
Figur 3-4 Minimumsbredde af 2+1 løsning uden nødspor og uden midterautoværn.

- b) Minimumsbredde for 2+2 løsning uden nødspor og uden midterautoværn



Figur 3-5 Minimumsbredde af 2+2 løsning uden nødspor med midterautoværn.

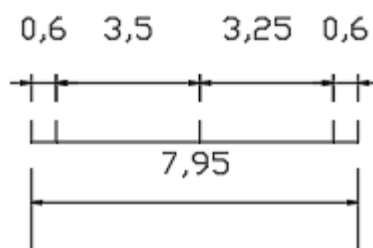
- c) Anbefalet bredde af 2+2 løsning uden nødspor og med midterautoværn



Figur 3-6 Anbefalet bredde af 2+2 løsning uden nødspor og med midterautoværn.

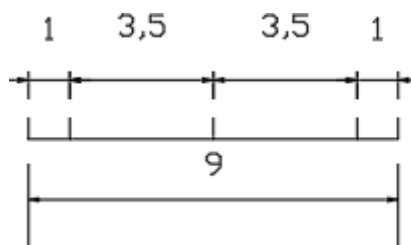
For en tunnelloøsning er følgende to mulige tilvalg identificerede.

- a) Minimumsbredde af vejprofil for ét rør, hvis det skal være muligt at have dobbeltrettede trafik i ét rør.



Figur 3-7 Minimum vejprofil, hvis det skal være muligt at have dobbeltrettede trafik i ét rør.

- b) Anbefalet vejprofil for ét rør, hvis det skal være muligt at have dobbeltrettede trafik i ét rør.



Figur 3-8 Anbefalet tværsnit, hvis det skal være muligt at have dobbeltrettede trafik i ét rør.

3.1.3.7 Kørespor

Kørespor anlægges normalt med en hældning på 25 ‰. Hvor nødvendigt etableres overhøjde med 25‰ (hvor horisontale radier overstiger 4000 m kan overhøjde udelades).

I basisprojekterne anvendes en kørebanebredde på 3,5 m.

3.1.3.8 Kantbaner

Foruden køresporene skal der etableres en kantbane på min. 0,5 m i hver side af kørebanerne. For de forskellige mulige løsninger justeres bredden af kantbanerne aht. sikkerhedsafstand såvel som sikring af oversigt, se afsnit 3.1.3.6.

3.1.3.9 Nødspor

Nødspor anvendes til at genvinde herredømmet over køretøjer, der utilsigtet forlader kørebanen, til henstilling af nedbrudte køretøjer, til fremføring af udrykningskøretøjer samt til fremføring af driftsmateriel.

Nødspor anlægges normalt med en bredde på 3,0 m hvilket er tilstrækkeligt til at opfylde kravet til nødzonens bredde. Nødsporet bør være så bredt, at et havareret køretøj kan henstå uden at være til gene eller fare.

I basisprojekterne etableres der kun nødspor for den boret tunnel.

3.1.3.10 Midteradskillelse

Basisprojektet for en bro indeholder ikke en midteradskillelse.

Alle tunnelløsningerne indeholder en midteradskillelse i form af en lodret væg, men ikke autoværn da hastigheden er 90 km/t. Dette er dog et krav fra et brandteknisk perspektiv og ikke grundet vejtekniske regler.

3.1.3.11 Yderrabat

Det skal vurderes hvilken form for sikring af yderrabatten der bør etableres i form af autoværn eller lignende.

3.2 Trafiksikkerhed

Trafiksikkerheden, for enten en bro eller tunnel, skal antages at være den samme, som på andre større faste forbindelser i Danmark; "Sikkerheden på en vejstrækning på bro og tunnel skal være den samme som en tilsvarende type vej i åbne terræn."

Ved en broløsning, vil trafikken i højere grad påvirkes af vejrforhold som vind, regn, sne og tåge, mens konsekvenserne ved en brand er større for en tunnelløsning. Sikkerheden defineres i sikkerhedskonceptet.

3.3 Sikkerhedskoncept

Der er udarbejdet en screening af sikkerheds- og redningskonceptet hvor kravene til dimensionering af hhv. bro- og tunnel tværsnit ud fra et sikkerhedsperspektiv blev opstillet, se [25]. Der blev taget udgangspunkt i at definere hvilket tværsnit der er behov for, for at opfylde sikkerhedsniveauet på tilfredsstillende vis.

3.4 Installationer og udstyr

De nødvendige installationer og udstyr afhænger af det valgte sikkerhedskoncept.

I tunnelen forventes nedenstående installationer og udstyr:

- Brandalarmeringsanlæg
- Brandvandssystem med hydranter
- CCTV
- Trafikstyring
- Flugtvejsbelysning

Der forventes ikke installeret et fast brandslukningsanlæg (sprinkler eller vandtåge).

3.5 Konstruktive krav til tunnel

Tunnelen forventes udført i slapt armeret beton og skal således opfylde krav til design og udførelse i forhold til gældende normer for denne type konstruktioner. Det primære normsystem vil være Eurocodes herunder også nationale annekser og udgivelser fra Vejdirektoratet. For tunnelen vil et svigt i konstruktionen med overvejende sandsynlighed medføre tab af menneskeliv. Konstruktionen skal derfor designes i henhold til krav om høj konsekvensklasse, svarende til CC3+ i normsystemet.

Tunnelen skal designes til at modstå de primære laster fra trafik, jord, vand og en række ulykkeslaste. Det kan derudover overvejes hvorvidt der skal laves designtiltag for at sikre konstruktionen mod påsejling, grundstød fra skibe, tabt anker eller sunket skib. Nogle af de væsentligste ulykkeshændelser er eksplosion og brand. Størrelsen af en brand og eksplosionshændelse fastlægges på baggrund af de typer gods, som tillades igennem vejttunnelen, og er ikke udtryk for eventuelle terrorangreb.

Da vejttunnelen på hovedparten af strækningen vil være permanent under vandspejlsniveau, vil sikring af konstruktionens opdriftsstabilitet og vandtæthed være afgørende. Opdriftsstabilitet sikres i videst muligt omfang ved egenvægt af konstruktioner og jord over vejttunnelen, da sikring med egenvægt er en meget veldefineret, robust og ikke mindst vedligeholdelsesfri metode. I områder hvor det ikke er muligt/rationelt at sikre med egenvægt, sikres opdriftsstabiliteten ved at der suppleres med opdriftsankre.

3.6 Konstruktive krav til bro

Broerne forventes udført som bjælke eller skråstagsbroer i slapt armeret/forspændt beton, som rene ståltværsnit eller som kompositbroer og skal således opfylde krav til design og udførelse i forhold til gældende normer for denne type konstruktioner. Det primære normsystem vil være Eurocodes herunder også nationale annekser og udgivelser fra Vejdirektoratet. Konstruktionerne skal designes i henhold til krav om høj konsekvensklasse, svarende til CC3+ i normsystemet.

3.7 Betalingsanlæg

Den overordnede placeringen af betalingsanlæg vil blive behandlet på projektet.

3.8 Adgangsveje

Adgangsveje til alle brolandfæster og tunnel portalbygninger skal etableres. Disse adgangsveje vil ikke blive skitseprojekteret i nærværende projekt.

3.9 Drift og vedligehold

Der skal sikres adgang til alle konstruktionsdele og tekniske installationer for inspektion og vedligehold, på nær fundamenter og på den udvendige side af tunneller. For alle løsningsforslag, skal vedligeholdelsesarbejde kunne udføres uden unødige gene for trafikken.

Når det er nærmere bestemt hvilken type bro og/eller tunnel som ønskes yderligere undersøgt vil dette afsnit uddybes tilsvarende.