

KATTEGATFORBINDELSE - KYST-KYST ANLÆGSTEKNISKE FORUNDERSØGELSER

INTERFACEINFORMATION TIL MILJØUNDERSØGELSER

FAGNOTAT

INDHOLD

1	Indledning	3
2	Spørgsmål fra Rambøll	5
2.1	Marine udgravningsmetoder	5
2.2	Tilbagefyldning, klapning og landopfyldning	6
2.3	Spildmængder	7
2.4	Arbejdspladsarealer	7
2.5	Skibstrafik	8
2.6	Anlæg i udgravning og dæmninger	9
2.7	Ramning	10
2.8	Linjeføring på land	11
2.9	Støj- og lysgener	11
3	Bro	13
3.1	KKØ-2.1 Nyby Vest - Hjalmarsgård (Hængebro)	14
3.2	KKV-2.1 Onsbjerg Syd - Hou (Højbro/Lavbro)	19
3.3	KKV-3.1 Kolby Kås - Gylling Næs (Højbro/Lavbro)	20
3.4	KKØ-1.1 Nyby Øst - Besser (Hængebro)	21
3.5	KKØ-3.1 Asnæs Syd - Vesborg Fyr (Skråstagsbro)	25
3.6	KKV-2.3 Fogedmark - Hou (Højbro/Lavbro)	28
3.7	KKV-3.4 Fogedmark - Gylling (Højbro/Lavbro)	29
3.8	KKØ-2.2 Nyby Øst - Hjalmarsgård (Hængebro)	31
3.9	KKØ-2.3 Nyby Vest - Samsø Syd (Hængebro)	33
3.10	KKØ-2.4 Nyby Øst - Samsø Syd (Hængebro)	34
3.11	KKV-2.2 Onsbjerg Nord - Hou (Højbro/Lavbro)	35

PROJEKTNR.

DOKUMENTNR.

A134385

A134385-A-NOT-001

VERSION

UDGIVELSESDATO

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

KONTROLLERET

GODKENDT

1.2

19. maj 2021

TSH

PTR

PTR

3.12	KKV-3.2 Samsø Syd - Gylling Næs (Højbro/Lavbro)	36
3.13	KKØ-4.3 Asnæs Syd - Hjalmarsgård (Skråstagsbro)	38
4	Sænketunnel	41
4.1	KKØ-2.1 Nyby Vest - Hjalmarsgård (Sænketunnel)	41
4.2	KKØ-2.6 Nyby Øst - Hjalmarsgård (Sænketunnel)	46
5	Boret tunnel	47
5.1	KKØ-4.1 Asnæs Nord - Hjalmarsgård (Boret tunnel)	47
5.2	KKV-3.5 Fogedmark - Søby (Boret tunnel)	48
6	Kombineret bro og tunnel	49
6.1	KKØ-3.1 Asnæs Syd - Kunstig ø - Vesborg Fyr (Sænketunnel/Lavbro)	50
6.2	KKØ-3.2 Asnæs Nord - Kunstig ø - Vesborg Fyr (Boret tunnel/Lavbro)	52
6.3	KKV-1.1 Onsbjerg Nord - Kunstig ø - Hou (Sænketunnel/Lavbro)	54
6.4	KKØ-2.5 Røsnæs Syd - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Boret tunnel/Lavbro)	56
6.5	KKØ-3.3 Asnæs Syd - Kunstig ø - Samsø Syd (Sænketunnel/Lavbro)	57
6.6	KKØ-3.4 Asnæs Nord - Kunstig ø - Samsø Syd (Boret tunnel/Lavbro)	58
6.7	KKØ-4.1 Asnæs Nord - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Boret tunnel/Lavbro)	59
6.8	KKØ-4.3 Asnæs Syd - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Sænketunnel/Lavbro)	61
6.9	KKV-1.2 Onsbjerg Syd - Kunstig ø - Hou (Sænketunnel/Lavbro)	63
7	Referencer	65

BILAG

Bilag A	Bro – skitser
Bilag B	Bro – geometri (pdf og Excel)
Bilag C	Afsætningsdata (Excel)
Bilag D	Kunstig ø – skitser

1 Indledning

Dette notat indeholder anlægsteknisk information efterspurgt af Rambøll til brug for miljøundersøgelser.

Det er aftalt at undersøge følgende 26 korridorer:

- > KKØ-1.1 Nyby Øst - Besser (Hængebro)
- > KKØ-2.1 Nyby Vest - Hjalmarsgård (Hængebro)
- > KKØ-2.1 Nyby Vest - Hjalmarsgård (Sænketunnel)
- > KKØ-2.2 Nyby Øst - Hjalmarsgård (Hængebro)
- > KKØ-2.3 Nyby Vest - Samsø Syd (Hængebro)
- > KKØ-2.4 Nyby Øst - Samsø Syd (Hængebro)
- > **KKØ-2.5 Røsnæs Syd - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Boret tunnel/Lavbro)**
- > **KKØ-2.6 Nyby Øst - Hjalmarsgård (Sænketunnel)**
- > KKØ-3.1 Asnæs Syd - Vesborg Fyr (Skråstagsbro)
- > KKØ-3.1 Asnæs Syd - Kunstig ø - Vesborg Fyr (Sænketunnel/Lavbro)
- > KKØ-3.2 Asnæs Nord - Kunstig ø - Vesborg Fyr (Boret tunnel/Lavbro)
- > KKØ-3.3 Asnæs Syd - Kunstig ø - Samsø Syd (Sænketunnel/Lavbro)
- > KKØ-3.4 Asnæs Nord - Kunstig ø - Samsø Syd (Boret tunnel/Lavbro)
- > KKØ-4.1 Asnæs Nord - Hjalmarsgård (Boret tunnel)
- > **KKØ-4.1 Asnæs Nord - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Boret tunnel/Lavbro)**
- > **KKØ-4.3 Asnæs Syd - Hjalmarsgård (Skråstagsbro)**
- > **KKØ-4.3 Asnæs Syd - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Sænketunnel/Lavbro)**

- > KKV-1.1 Onsbjerg Nord - Kunstig ø - Hou (Sænketunnel/Lavbro)
- > KKV-1.2 Onsbjerg Syd - Kunstig ø - Hou (Sænketunnel/Lavbro)
- > KKV-2.1 Onsbjerg Syd - Hou (Højbro/Lavbro)
- > KKV-2.2 Onsbjerg Nord - Hou (Højbro/Lavbro)
- > **KKV-2.3 Fogedmark - Hou (Højbro/Lavbro)**
- > KKV-3.1 Kolby Kås - Gylling Næs (Højbro/Lavbro)
- > KKV-3.2 Samsø Syd - Gylling Næs (Højbro/Lavbro)
- > **KKV-3.4 Fogedmark - Gylling (Højbro/Lavbro)**
- > **KKV-3.5 Fogedmark - Søby (Boret tunnel)**

Der henvises generelt til Delrapport [1] for beskrivelse af korridorer og tekniske løsninger. De 8 korridorer markeret med fed skrift er tilføjet efter udarbejdelse af [1] og er kun kortfattet beskrevet i pixi fakta-ark. Dog er de mht. datainput til miljøundersøgelser bearbejdet til samme detaljeringsgrad som øvrige korridorer, og således også inkluderet i bilagene til nærværende notat.

Der er løbende tilføjet korridorer og tekniske løsninger til tidligere versioner af notatet, hvorfor beskrivelserne kommer i kronologisk rækkefølge og ikke i korridornummer rækkefølge.

Geologisk information og fysiske egenskaber af bund er kun til rådighed i meget begrænset form i nuværende fase. Der henvises til fagnotat [2].

Der er på dette stade ikke gennemført en fortolkning af den geologisk information, som grundlag for de nuværende koncepter. Projektudformningen er udarbejdet efter bedste skøn, og vil muligvis kunne ændres som følge af et uddybet kendskab til jordbundsforholdene. Hvor usikkerhed omkring projektets udformning knytter sig til usikkerhed omkring jordbundsforhold er dette fremhævet i beskrivelsen.

I beskrivelserne af anlægsmetoder er ikke lagt så meget vægt på den samlede varighed af hele anlægsprocessen, men mere intensiteten af operationerne.

Trafiktal vurderes ikke af COWI.

2 Spørgsmål fra Rambøll

I dette afsnit er spørgsmål i Rambølls "liste over tekniske input til miljø – teknisk forudsætningsliste 20200325" søgt besvaret.

Spørgsmålene er grupperet som følger og overordnet beskrevet hvor svar forventes givet;

- > "*Generelt vedr. projektbeskrivelsen*" – Første fase særligt vigtigt med en beskrivelse af projektets fysiske karakteristika – dimensioner og udformning.
- > "*Barrierevirkning, arealinddragelse*" – Vil fremgå af linjeføringstegninger og arealoversigter (under udarbejdelse). Af disse skal de fremgå hvilke barrierer og arealer der er midlertidige og hvilke der er permanente.
- > "*Ressourcer*" – Mængder vil fremgå af senere opgørelser (under udarbejdelse), genbrug og indbygning af materiale anses som et emne "planlægning" og håndteres derfor ikke specifik i denne note
- > "*Gener, anlægsfase*" – primært forhold som vil have indflydelse på påvirkning fra sedimentspild, støj og lys fremgår af dette notat.
- > "*Gener, driftsfase*" – primært forhold som vil have indflydelse på påvirkning fra støj og lys fremgår af dette notat. Information skal evt. indeholde forhold som konsekvensen af en flyttet sejlrrende.

Bemærk: Dette notat omfatter ikke specifikke input til eventuelle beregninger af klimabelastning.

I de efterfølgende hovedafsnit (3 -6) samt tilhørende bilag er emnerne behandlet mere detaljeret.

2.1 Marine udgravningsmetoder

Der er på nuværende tidspunkt i projektet ikke tilstrækkelig viden om jord- og havbundsforhold til at man kan angive den præcise udførelsesmetode for udgravning af renden for sænketunnelen. Ligeledes for en eventuelt senere VVM-undersøgelse vil man heller ikke kunne angive præcise metoder, men nærmere forventes det at kunne påvise mulige miljøpåvirkninger ved forskellige udgravningsmetoder, som entreprenøren tænkes anvende.

Således er det heller ikke muligt på nuværende grundlag at komme med angivelser for præcis fremdrift og præcise spildprocenter. Den præcise fremdrift og aktuelle spildprocent vil afhænge af entreprenørens valgte udstyr og planlægning. For en optimal udførelse er det af overordnet vigtighed at metodevalget i videst muligt omfang tages af entreprenøren. Det forventes ikke at der vil være behov for mellemdepoter for udgravet materiale. Det forventes at udgravet materialet transporteres til endeligt deponi, hvor det placeres enten ved klappning eller indbygges i nye inddæmmede landområder for eksempel som fyldmateriale til kunstig ø.

Alle disse parametre er tæt knyttet til givne jordbundsforhold, vanddybde, strømforhold, afstand til områder underlagt habitatregulativet (Natura 2000) og anden følsom natur, som derfor kræver langt højere vidensniveau før der kan gives mere præcis information om valg af udførselsmetode og de deraf ønskede specifikke fremdriftsrater samt specifikke spildprocenter.

Nedenstående er en ikke udtømmende liste af mulige metoder, der kan blive benyttet til udgravning:

- > Clamshell dredger (grab)
- > Dragline
- > Suction dredging by centrifugal pumping
- > Trailing suction hopper dredger
- > Bucket dredging (spandkædemaskine)
- > Cutter-suction dredger (CSD)
- > Back-hoe dredgers (gravemaskine)

Det er højst sandsynligt, at der vil blive benyttet flere forskellige metoder og samtidig afhængigt af ovennævnte parametre eventuel i modificeret til at minimere spild f.eks. med øko-grab og/eller tilsvarende.

2.2 Tilbagefyldning, klapping og landopfyldning

Opgravet materiale både til tunnel og broer kan som hovedregel ikke tilbagefyldes omkring konstruktionerne, hvor der er behov for velgraderede grusmaterialer. Opgravet materiale kan muligvis udnyttes i det undersøiske rev, som er påtænkt som skibsstødssikring af en broløsning i f.eks. KKØ-2.1. Det forventes også at kunne tilbagefyldes i midlertidige arbejdskanaler; men sådanne vil der med de aktuelle vanddybder være meget få af med undtagelse af enkelte KKV korridorer. Vi antager at det ikke vil være acceptabelt at deponere opgravet materiale på havbunden i umiddelbar nærhed af udgravningerne.

Derfor antages det, at der vil være behov for at bortskaffe materiale, og konservativt ansat vil det være hele den opgravede mængde (se hovedafsnit 3 og 4). Landindvinding antages at være en mere bæredygtig løsning end klapping. Vi undersøger ikke hvor landindvinding vil kunne finde sted. Vi anser dette for at være et planforhold.

Følgende antagelser omkring udgravning foretages:

- > Der anvendes pramme til transport af opgravet materiale ved alle udgravninger (dette er for miljøanalysen på den sikre side – entreprenøren vil kunne vælge andet materiel til transport, så længe spildet er mindre end det er ved brug af pramme)
- > Al opgravet materiale deponeres i inddæmmet område og/eller på projektets kunstige øer, som det er tilfældet på Storebælt, Øresund og Femern projekterne. Dette skyldes hensynet til de relativt store udgravningsmængder >20 mio. m³ og risikoen forbundet med miljøpåvirkningerne af sådan

en stor mængde til klappning. En eventuel omkostningsforøgelse ved indbygning i inddæmmet område sammenlignet med klappning skal sammenstilles med den værdiforøgelse inddæmningen vil medføre.

Det kan være hensigtsmæssigt at spild ved afgravning adskilles fra spild ved indbygning. Det er antaget (hvis ikke andet er beskrevet) at spildkrav ved afgravning indeholder det samlede spild ved gravefronten og ved opfyldning af prammen.

2.3 Spildmængder

Spildmængder vil være en afvejning af tekniske forhold, økonomi og miljøhensyn. Nogle forhold vil være givne og andre kan der justeres på jf. Tabel 2-1.

I efterfølgende hovedafsnit 3 og 4 og tilhørende bilag er spildmængder kvantificeret på det meget usikre grundlag der er til stede.

Tabel 2-1 Grænsefladeinformation om spild

Grundlag inkl. krav, der ikke ændres på	Antagelser man kunne justere	Konsekvens
Jordbundsforhold	Byggemetoder og udstyr	Myndighedsgodkendelse (ja/nej)
Vand og strømforhold	Byggesekvens og fremdrift	Aktuelle spildprocenter
Habitat-direktivet	Acceptable spildprocenter	Aktuelt byggeprogram
N2000 områder	Planlagt byggeprogram	Aktuel anlægspris
Beskyttelse af dyr og planter	Budgetteret anlægspris	
Linjeføring (som analyseres)	Risikotillæg	

2.4 Arbejdspladsarealer

Det vurderes, at der ikke er mulighed for at etablere store sænketunnel elementproduktionspladser i umiddelbar nærhed af korridorerne. Elementer forudsættes derfor produceret på miljøgodkendt produktionsplads andetsteds. Dette kunne f.eks. være ved udnyttelse af elementproduktionspladsen for Femernprojektet i Rødby (både sænketunnelelementer og broelementer). Ligeledes betonsegmenter for boret tunnel forventes støbt andetsteds og sejlet til relevant start skakt.

Der vil dog for alle tre teknologier (bro, sænketunnel og boret tunnel) være behov for arbejdspladsarealer tæt ved ilandføringspunkterne, dels af hensyn til opførelsen af konstruktionerne på land (endevederlag, tunnelportaler og -ramper),

dels såfremt bropillerne nærmest kysten udføres in situ fra midlertidig arbejdsdæmning og dels for servicering af de marine aktiviteter i brolinjen. Som en konservativ antagelse vil disse arbejdspladsarealer indeholde blandestation til fremstilling af in-situ beton for udførelse af anlæggene på land; men betonen vil også kunne fremstilles hos eksisterende betonleverandører og føres til pladsen med lastbiler. I begge tilfælde må der forventes støbninger med anvendelse af betonpumper og stavvibratores.

I det nuværende stade har vi ikke tilstrækkelig detaljeret information til at kunne kvantificere ovenstående. Det er dog antaget at **arbejdsdæmning vil være opbygget med perimeterdæmning som for kunstig ø og fyld er sand/grus uden nævneværdigt spild.**

Efter udførelse antages det at områderne anvendt til midlertidige arbejdspladser reetableres i henhold til overordnede lokalplaner for arealfunktion og landskab.

2.5 Skibstrafik

Den nuværende kommercielle skibstrafik forventes i store træk uændret i anlægsperioden. Efter byggeriet må det antages at færgefart til Samsø og ruterne Sjællands Odde - Ebeltoft og Sjællands Odde - Århus nedlægges.

I anlægsperioden vil der være ekstra sejlads omkring bro- og tunnellinjen af skibe som tilfører materialer til byggepladserne, samt af slæbebåde som bugserer pramme og broelementer og tunnelementer samt nogle mindre fartøjer til transport af mandskab samt udførelse af miljøovervågning.

Transport af sænketunnelementer og store caissoner til brofundamenter udføres ved hjælp af store slæbebåde normalt brugt til store containerskibe og tilsvarende.



I tilfælde af at pillefundamenter og -skafter præfabrikeres på en produktionsplads udenfor arbejdsområdet, skal disse transporteres f.eks. på pram og placeres i brolinjen med flydekran eller et specialdesignet montagefartøj. Det samme

gør sig gældende for brodragelementer, hvis disse ligeledes som forventet præfabrikeres. Derfor vil der som minimum være sejlads af 1 stk. pillefundament, 1 stk. pilleskafte og 1 stk. brodrager for hvert brospænd. Derudover kommer transport af andre materialer, udstyr og mandskab, som er nødvendige for montagen.

Flydekraner og evt. specialdesignet montagefartøj vil sandsynligvis være selvdrevne, altså uden behov for bugserbåde, dog vil der være behov for fartøjer til udlægning af ankre m.m. Broelementer på pram og immersion rig til sænketunnel-elementer kræver et antal slæbebåde til transport og positionering. Antal og kapacitet vil afhænge af dimensioner på broelementerne.

Afhængig af byggehastighed vil denne sejlads blive mere eller mindre frekvent, men hvis det antages, at der monteres et fag per uge, vil den ekstra sejlads være 1 stk. pillefundament, 1 stk. pilleskafte samt 1 stk. brodrager per uge, samt nødvendig sejlads af hjælpefartøjer. For sænketunnel kan det antages at der sænkes 2-3 tunnelelementer per måned over en periode på 3-4 år, det vil formentligt være nødvendigt at omlægge sejlrenden midlertidigt i området hvor sænkningen foregår.

For hængebroen er situationen anderledes, da der her er tale om en større grad af in-situ arbejde. Bortset fra pylonfundamenter og fundament for ankerblokke, som må forventes præfabrikeret, vil øvrigt montagearbejde foregå on site. For pylon og ankerblokfundamenter er disse montageoperationer få (4 i alt), men vil kræve et større antal af større slæbebåde (6-8 stk. per operation, 100-200t BP) og hjælpefartøjer.

For pylon og ankerblokke vil arbejdet støbearbejdet foregå in situ som beskrevet ovenfor. Derfor vil der være et større antal sejlads med større og mindre fartøjer, som transporterer materialer, udstyr og mandskab. Frekvensen af disse vil afhænge af den planlagte byggehastighed.

Når pyloner og ankerblokke er færdige, vil der først blive transport af materialer og mandskab til montage af hovedkabelsystemet. Der vil være få, men specialiserede sejlads ifm. montage af catwalk, men ellers vil det være transport og montage af klemmer og hængere. Senere vil brodæksektioner, som forventes præfabrikeret udenfor området, transporteres til brostedet, placeret under broen og monteret med kraner, som understøttes på hovedkablet. I denne situation vil transportfartøjet skulle være placeret i brolinjen i et stykke tid, mens brodæksektionen løftes op fra transportfartøjet. Her må der forventes, at der er restriktioner på øvrig sejlads.

2.6 Anlæg i udgravning og dæmninger

Anlæg i udgravninger under vand er afhængig af det udgravede materials beskaffenhed. For sænketunnel er antaget et gennemsnitligt anlæg på 1:4 (se afsnit 4.1.1). For brofundamenter har vi antaget en væsentlig mindre dybde af udgravningerne, og vi har valgt et anlæg på 1:2 (se bilag A).

Ved anlæg af bro på vanddybder under 6 m er der behov for at udgrave arbejdskanaler parallelt med brolinjen for at sikre adgang for arbejdsfartøjer. Der er

antaget et gennemsnitligt anlæg på 1:2 og en bredde i kote -6.0 m på 100 m (beliggende med hhv. 1/3 og 2/3 på hver side af brolinjen), på nær ved lavbro med 60 m fag, hvor en bredde på 50 m er antaget (beliggende centralt om brolinjen).

Det er antaget at arbejdskanaler ikke skal tilbagefyldes.

Afgravning til brofundamenter og arbejdskanal er beregnet uafhængigt af hinanden og der er således ikke taget hensyn til overlap. Dette er berettiget med de grove antagelser der er gjort.

Afgravninger og dæmninger på land er antaget at kunne udføres med et anlæg på 1:2.

2.7 Ramning

I udgangspunktet forventes det at broerne kan funderes direkte uden brug af pæleramning, bortset fra enkelte KKV løsninger, hvor vi har antaget at fundering på monopiles vil være den mest økonomiske løsning.

For de øvrige broer er der grund til at antage at eventuel pæleramning kun vil blive aktuel for et fåtal af fundamenter. Enten i form af en egentlig hård fundering med bærende pæle eller pæle som jordforstærkning (inclusion piles).

Når ramningen forløber ubesværet i de øverste jordlag skønnes 1 m pæl at kunne rammes på 5 minutter. Det er selve rammetiden, hvor der er støj. Der bruges også tid på at flytte rammegrejet til en ny pæleposition etc. I de nederste 5-10 m kan rammetiden være meget større op til 1 time per meter. I gennemsnit for 25 m dybde antager vi ca. 5 timer i snit (den tid hvor ramningen foregår, hvor der er støj). Til et typisk højbrofundament med areal 30x24 m skal der overslagsmæssigt bruges ca. 30 pæle med diameter 1,5 m. Det vil kræve ramning i $30 \times 5 = 150$ timer hvor der er støj.

For pylonfundamenterne skal man bruge skønsmæssigt 165 pæle, hvilket vil medføre støj i $165 \times 5 = 825$ timer pr. fundament. Den totale tid for at installere pælene til ét fundament (165 stk. 2,5m diameter pæle) skønnes til 1,5-2 måneder med én maskine.

For casing til monopiles antages at de øverste jordlag er mindre kompakte. Derfor antages at en casing på 5-10 m kan rammes på 2 timer. Se endvidere afsnit 3.3.2.

For sænketunnel og boret tunnel må det forventes at cut & cover og åben rampe udføres i udgravning med enten sekantvægge, slidsevægge og/eller spunsvægge, i hvilket omfang den tilstødende rende med sænketunnelelementer placeret imod cut & cover tunnel, bliver udført med spuns vil afhænge af aktuelle forhold, dog forventes det at ramning af spuns vil være mest økonomisk og mest skånsomt for miljøet på land. Nødvendighed og omfang af eventuelle afværgeforanstaltninger imod støj forventes at kunne blive indarbejdet i de fleste løsninger, men vil afhænge af de specifikke forhold omkring løsningen.

2.8 Linjeføring på land

Linjeføringer på land er i den tidligere fase alene udarbejdet i 2D, og fremgår af de tidligere fremsendte DGN-filer.

2.8.1 Fodaftryk på land

Længden af fodaftrykket på land er defineret på korridorplanerne som følger:

Boret tunnel:	Fra overgangen boret tunnel/cut&cover til enden af truget
Sænketunnel:	Fra kystlinjen til enden af truget
Bro:	Fra kystlinjen til enden af vejdæmningen

Bredden af fodaftrykket skønnes til:

Sænketunnel:	Bredde af tunnel 42 m + på hver side: (Afstand til slidsevæg 3 m + slidsevæg 1 m + sikkerhedsafstand 5 m + adgangsveje mm. 20 m). I alt 100 m.
Bro:	Bredde af vej + bane inklusive rabatter 50 m + på hver side: (dæmningsskråning 20 m + adgangsvej 20 m). I alt 130 m.

Da der ofte kan være mulighed for flere konstruktionstyper i samme tracé anbefales det at antage den største værdi af ovenstående samt tillægge 20 m i reserve, således at der analyseres på en bredde på 150 m i alle korridorer.

2.9 Støj- og lysgener

Elementmontage og sænkning af tunnelelementer antages at foregå i dagslys; men vil kunne trække ud, og for ikke at afbryde en operation kan det komme på tale at fortsætte ind i aftenen og natten. Det antages at der af hensyn til selve udførelsen vil være et ønske om at støbning af bropiller kan foregå i døgndrift, hvorfor der vil være støj og projektorlys i arbejdsområdet.

Grundet det store antal bro- og tunnelelementer må det antages, at montage af broelementer vil foregå i døgndrift for at begrænse den totale byggetid, hvorfor arbejdspladsen vil være belyst som nødvendigt. Dette gælder for montage af broelementer til lavbroerne og for montage af hængebroen i særdeleshed.

For hængebroen må det forventes at støbning af pyloner og ankerblokke foregår i døgndrift, hvorfor der vil være relateret støj og lys fra arbejdsområdet. Støj vil genereres fra operation af det flydende blandeværk, placeret tæt på arbejdsområdet, fra operation af tårnkraner samt fra øvrige montageaktiviteter.

Kabelmontage må ligeledes forventes at foregå i døgndrift, blot med den begrænsning at indjustering af delkabler hovedsageligt foregår om natten, hvorfor støj herfra vil være minimal.

Montage af brodæksektioner vil foregå hovedsageligt i dagslys og formentligt i sommerhalvåret, hvor de klimatiske forhold er gunstigst. Selve perioden, hvor brodækket hænges op i kabelsystemet er relativt kort (2-3 måneder), hvorefter

sammensvejsning af brokasser foregår. Dette arbejde forventes at foregå i døgndrift.

Sænkning af tunnelelementer forventes at kunne foretages på alle tider af året. Det må dog forventes at sænkning indstilles i perioder med kraftig blæst eller tåge jf. risiko for sejlads.



Boret tunnel forventes udført fra arbejdspladser på begge sider, med en TBM fra hver side per rør. Med andre ord: 4 styk TBM for vej og 6 styk TBM for vej og jernbane. Antaget fremdrift til byggetid er 250m per måned. Tunnelboring vil foregå i døgndrift året rundt.

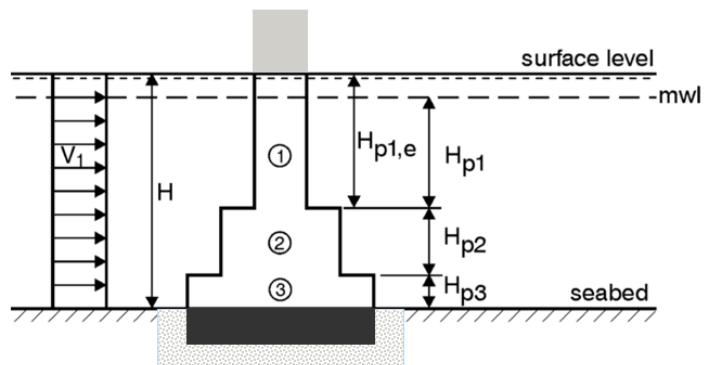
For broer kan påregnes 1 dilatationsfuge pr. km (i hver kørselsretning). Skinneudtræk over dilatationssamlingerne forventes ikke at give anledning til ekstra støj fra togtrafikken.

3 Bro

For bro er følgende efterspurgt:

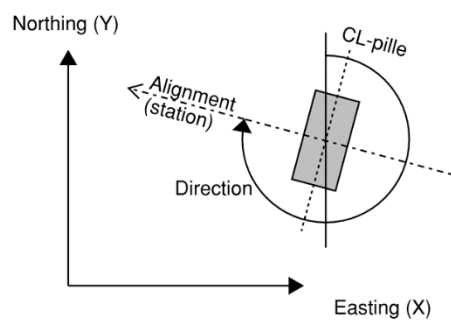
- > Fysisk udformning af anlægselementer, se Figur 3-1
- > Placering af anlægselementer, se Figur 3-2
- > Anlægsmetoder (gravemetoder, produktionsrate, etc.)
- > Geologisk information for området
- > Fysiske egenskaber for bund (faldhastigheder)
- > Spildprocent

Fysisk udformning er delt op i rektangulære kasser:



Figur 3-1 Fysisk udformning af anlægselementer under vand

Placering af anlægselementer for bro er defineret som vist i Figur 3-2 og Tabel 3-1.



Figur 3-2 Placering af anlægselementer

Tabel 3-1 Eksempel på placering af bropiller

Easting (X)	Northing (Y)	Elevation road	Elevation seabed	Station	Direction (deg)	Radius
606721.643	6181782.009	48.066	-18.999	33640	290.5676	20000
606534.746	6181853.207	46.846	-20.245	33840	291.1406	20000

Her er data for x,y, stationering, kote for vej og havbund samt retningsvinkel for linjeføringen angivet. Bropillernes vinkel med nord er 90 grader større end retningsvinklen for linjen ved bropillen. Data for linjeføringer med broløsninger og linjeføring med sænketunnel over havbund (KKØ-2.1 og KKØ-2.6) samt to udvalgte sænketunneler (KKØ-4.3 og KKV-1.2) er inkluderet i bilag C (Excel format). Kombineret tunnel og bro KKØ-3.3 er identisk til KKØ-3.1 bortset fra at den stopper på havet i station 54+450 i punkt Samsø Syd. Bilag C-18 er derfor ikke inkluderet, i stedet anvendes bilag C-7 hvor der ses bort fra station 54+450 og fremefter.

Havbundskoter anvendt i skitser og beregning af fundamentsstørrelser er fra tidligere fase og ikke med samme nøjagtighed som havbundskoter leveret i bilag C, som er baseret på finere grid. Dette har dog ikke betydning for nøjagtigheden af opgjorte volumener og arealer.

Detaljeret information for individuelle korridorer er inkluderet i følgende afsnit. Alle skitser og mængder er for kombineret vej/bane løsning, også refereret til som 4+2. For ren vejløsning vil størrelser af fundamenter og piller kunne reduceres, ligesom afgravningsmængder også reduceres.

3.1 KKØ-2.1 Nyby Vest - Hjalmarsgård (Hængebro)

3.1.1 Anlægselementer

Pyloner

Pylonfundamenterne er udformet som sænkekasser med elliptisk form med hovedakser på henholdsvis 100 m på tværs af broaksen og henholdsvis 50 m i brolinjen.

Baseret på vanddybderne for de to pylonlokaliteter på -21,7 m på vestsiden og -26,8 m på østsiden og det nuværende geologiske længdeprofil er følgende vurderet. Sænkekassen på vestsiden har fundamentsniveau i kote -25,0 m placeret på en stenpude med tykkelse 5m, dvs. udgravningskoten er -30,0 m. På østsiden er fundamentsniveau i kote -30,0 m og stenpudens tykkelse 3 m, dvs. udgravningsniveau i kote -33,0 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-1 og A-2 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-1 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Ankerblokke

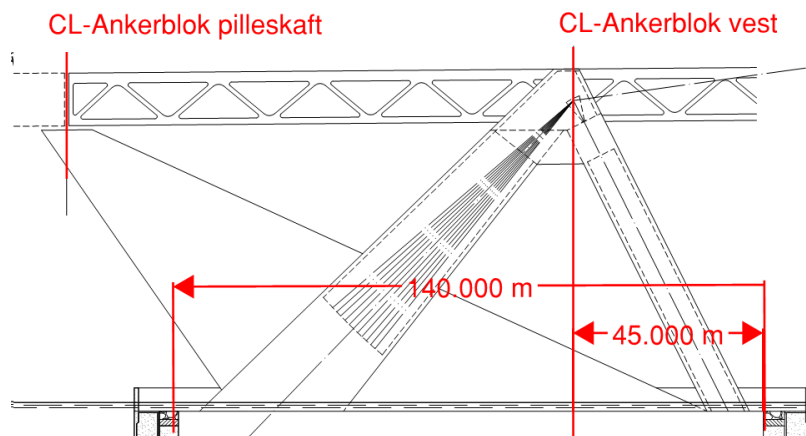
Ankerblokfundamentene er også udformet som sænkekasser men med rektangulær form på 140x60 m. Uden om de primære sænkekasser er der placeret en cirkulær væg med 160 m diameter til skibsstødssikring. Området mellem den primære sænkekasse og beskyttelses væggen er antaget fyldt med sand- eller stenfyld.

Baseret på vanddybderne for de to ankerblok lokaliteter på -19,4 m på vestsiden og -20,9 m på østsiden og det nuværende geologiske længdeprofil er følgende vurderet. Begge sænkekasser har fundamentsniveau i kote -24,0 m placeret på en stenpude med tykkelse 3 m, dvs. udgravningskoten er -27,0 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-3 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-1 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Stationering og afsætning af ankerblokke er i centerlinje ankerblok defineret som vist i Figur 3-3.



Figur 3-3 Afsætning af ankerblokke (vest vist)

Højbro piller

Højbro piller er udformet som sænkekasser med pilleskaffer ovenpå, begge dele med rektangulær form.

Baseret på det nuværende geologiske længdeprofil er følgende vurderet. Sænkekasserne har fundaments niveau 4,0 m under havbund og er placeret på en stenpude med tykkelse 1m, dvs. udgravningsdybden er 5,0 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-4 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor. Der er anvendt to forskellige fundamentsstørrelser afhængig af højden af pillerne. Pilleskafterne har lineært varierende tværsnitsdimensioner som afhænger af pillehøjden.

I bilag B-1 til B-2 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Kunstige rev

Kunstige rev er udformet med tværsnit som vist bilag A-7 bortset fra at revene for miljøvurderinger konservativt antages at have krone i kote -3,0 og kronebredde 24 m. Tværsnit for et rev KKØ-Nord er vist for havbund i kote -22 m, medens tværsnit for et rev KKØ-Syd er vist for havbund i kote -30 m. For havbund i anden kote varierer højde og bredde af ral område 2. Revene er 2,5 km lange og beliggende hovedsagelig i syd/nordgående retning med start og slut koordinater som angivet i nedenstående tabel. Ved start og slut koordinater afsluttes rev med halvcirkel med origo i koordinatpunkter.

Tabel 3-2 Afsætningsdata kunstige rev

Rev		Easting (X)	Northing (Y)
KKØ-Nord	Start syd	611585	6185128
	Slut nord	611585	6187628
KKØ-Syd	Start syd	610254	6171066
	Slut nord	610662	6173533

Rev er for nuværende antaget anlagt direkte på eksisterende havbund uden afgravninger.

De undersøiske rev opbygges af de samme materialer som kunstige øers undersøiske dele, se afsnit 6, og anlægsprocessen er primært den samme. Alt anlægges fra søen, da der er tale om en undersøisk konstruktion.

Revenes kerne består af sand. Mængder af indfyldt sand er sammenfattet i følgende tabel.

Tabel 3-3 Sandmængder kunstige rev

Rev	Sand [m ³]
KKØ-Nord	1.300.000
KKØ-Syd	1.400.000

I stedet for sand kan afgravet materiale fra brofundamenter, eller sænketunnel ved kombineret tunnel og lavbroløsning, anvendes i miljøvurderinger, da det vil være konservativt mht. spild. Afgravede mængder er givet for alle bro- og sænketunnelløsninger i nærværende notat. Hvis der er materialeunderskud fra

afgravning, anvendes ekstern kilde. Hvis det i en senere fase viser sig at afgravede materialer er så dårlige at de ikke egner sig til indbygning anvendes udelukkende ekstern kilde.

Følgende kan konservativt antages:

- > Det nordlige og det sydlige rev udføres samtidigt
- > Samtidighed i tilførsel af materiale afgravet fra fundamenterne og ekstern kilde
- > Spildprocent 5% svarende til den øvre grænse af det interval der er vurderet i afsnit 4.1.6.

3.1.2 Anlægsmetoder

Udgravning til fundamenter

Følgende 3 metoder (udstyr) for udgravning til fundamenter vurderes at være relevante for pyloner, ankerblokke og højbro-piller.

- > Udgravning med "bucket dredger" (spandkædemaskine) som blev anvendt til Storebælt Vestbro og Østbro for vanddybder ned til 32 m. Den anvendte spandkædemaskine, Holland I havde en spand kapacitet på 0,84 m³.
- > Udgravning med "back-hoe dredger" som blev anvendt til Storebælt Vestbro for vanddybder ned til 24 m. Den anvendte gravemaskine, Rocky, kunne udstyres med en 2,5 – 7,5 m³ grab.
- > Udgravning med "clamshell dredger" som blev anvendt for to store hængebro projekter i Tyrkiet henholdsvis Osmangazi broen som blev indviet i 2016 og 1915 Canakkale broen som er under udførelse. For begge projekter var vanddybden for udgravningen 40-45 m. Kapaciteten for grabben er typisk 40-50 m³.

Metoder som "cutter suction dredger" er mere egnet til afgravning af store sammenhængende områder og anses derfor ikke som værende relevante for de aktuelle typer af udgravning.

Produktionsrate for afgravning er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront. Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumenen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner og ankerblokke, en startende fra Samsø og en startende fra Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-1 til B-2.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-4 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.1

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Pyloner og ankerblokke	Vestlige tilslutningsbro start Samsø	Østlige tilslutningsbro start Røsnæs	-
Arbejdsdage	235	224	128	-
Afgravet mængde [m ³]	462.000	345.000	197.000	1.004.000
Spild [m ³]	16.000	12.000	7.000	35.000

Udgravning til arbejdskanal

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-1 til B-2.

Varighed, afgravningsmængder og spilmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-5 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.1 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	95
Afgravet mængde [m ³]	380.000
Spild [m ³]	13.000

Pyloner og ankerblokke

For fundamenter til pyloner og ankerblokke antages anlægsmetoden at være baseret på sænkekasser udført i en tørdok. Efter færdiggørelsen i tørdokken bugseres sænkekasserne til brostedet og nedsænkes ved kontrolleret ballastering med vand til der opnås kontakt med en på forhånd udlagt stenpude. For ankerblokkene antages det, at der skal installeres en cirkulær skibsstødsbeskyttelse omkring den primære ankerblok sænkekasse. Denne ring antages at være baseret på et antal mindre sænkekasser som placeres omkring den primære sænkekasse og forbindes med en in-situ støbt del over vandoverfladen. Det må antages at beskyttelsesringen installeres 1 til 2 år senere end den primære sænkekasse.

Selve pylonerne og overdelene af ankerblokkene antages støbt in-situ med anvendelse af betonpumper og stavvibratører. Betonen hertil forventes produceret fra et blandeværk placeret på en pram opankret umiddelbart på arbejdsstedet. Herfra pumpes betonen til støbefronten.

Højbro piller

Anlægsmetoden for fundamenter til højbro pillerne antages at være baseret på præfabrikerede fundamentskonstruktioner bestående af en bundplade og et system af vægge som udføres på land. Efter færdiggørelsen på land transporteres de med flydekran til brostedet og nedsænkes derefter til der opnås kontakt med en på forhånd udlagt stenpude. Selve pillerne antages ligeledes at være præfabrikerede på land.

3.2 KKV-2.1 Onsbjerg Syd - Hou (Højbro/Lavbro)

3.2.1 Anlægselementer

Bropiller

Bropiller for både lavbro og højbro er udformet som sænkekasser med pilleskifter ovenpå, begge dele med rektangulær form. Løsninger svarer til Storebælt Vestbro.

Baseret på det nuværende geologiske længdeprofil er følgende vurderet. Sænkekasserne har fundaments niveau 4,0 m under havbund og er placeret på en stenpude med tykkelse 1m, dvs. udgravningsdybden er 5.0 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-5 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor. Der er anvendt forskelligt layout af fundament afhængig af vanddybden som følger:

- > Smal rektangulær del af caisson over havbund (kasse 2) anvendes kun ved vanddybder over 10 m.
- > Bred rektangulær del af caisson over havbund (kasse 4) anvendes kun ved vanddybder over 6,5 m.
- > Trapezformet del af caisson over havbund (kasse 3) anvendes kun ved vanddybder over 2,8 m.

I bilag B-3 til B-5 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

3.2.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder er som beskrevet for højbro-piller i afsnit 3.1.2.

Produktionsrate for afgravning er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront. Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Tre arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø, en startende fra Jylland og en ved den centrale del. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-3 til B-5.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-6 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-2.1

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Østlige del start Samsø	Vestlige del start Hou	Central del	-
Arbejdsdage	244	240	240	-
Afgravet mængde [m ³]	395.000	388.000	388.000	1.171.000
Spild [m ³]	14.000	14.000	14.000	42.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-3 til B-5.

Varighed, afgravningsmængder og spilmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-7 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-2.1 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	234
Afgravet mængde [m ³]	935.000
Spild [m ³]	33.000

3.3 KKV-3.1 Kolby Kås - Gylling Næs (Højbro/Lavbro)

3.3.1 Anlægselementer

Højbro piller

Bropiller er som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-6 til B-11 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Lavbro piller

Bropiller for lavbro med 60 m fag er udformet som monopiles med cirkulær form. Evt. erosionsbeskyttelsen er ikke defineret for nærværende.

I bilag A-6 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor. I bilag B-6 til B-11 er geometri af monopiles angivet.

3.3.2 Anlægsmetoder

Højbro piller

Anlægsmetoder for højbro piller er som beskrevet i afsnit 3.1.2. Produktionsrate for afgravning til højbro piller er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront.

Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumenen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Én arbejdsfront er antaget. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-6 til B-11.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-8 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-3.1 højbropiller

Arbejdsfront	1
Område	Højbro
Arbejdsdage	56
Afgravet mængde [m ³]	91.000
Spild [m ³]	3.000

Lavbropiller

For lavbro antages bropillerne udført som borede pæle, dvs. uden afgravning. Der anvendes casing ved boring i øvre løse jordlag. Herved er der intet sedimentspild. Casing kan enten efterlades eller trækkes op når pælen er støbt. Produktionsraten for ramning af stål casing er vurderet til at være 1 arbejdsdag per bropille (2 monopiles) for kombineret vej/bane løsning. Med 348 lavbropiller tager ramning af casing dermed 348 arbejdsdage.

Udgravning til arbejdskanal

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-6 til B-11.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-9 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-3.1 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	249
Afgravet mængde [m ³]	997.000
Spild [m ³]	35.000

3.4 KKØ-1.1 Nyby Øst - Besser (Hængebro)

3.4.1 Anlægselementer

Hængebro og højbro for KKØ-1.1 er udformet på samme måde som ved KKØ-2.1. Anlægselementer er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.1 på nær som beskrevet i det følgende.

Der er ikke udarbejdet geologisk længdeprofil for KKØ-1.1. Derfor er anvendt udgravningsdybde på 7 m for pyloner og ankerblokke og 5 m for højbro piller svarende til gennemsnit for KKØ-2.1.

Pyloner

Pylonfundamenterne er udformet som sænkekasser med elliptisk form. Hovedakserne er:

- > Vest: 110 m på tværs af broaksen og 55 m i bro-linjen
- > Øst: 120 m på tværs af broaksen og 60 m i bro-linjen

Det østlige pylonfundament skal placeres meget dybt og har derfor et større areal end det vestlige. Det er begrundet i at sikre et nogenlunde ensartet funderingstryk og effektivt areal for skibsstød for de to pylonfundamenter

Vanddybderne for de to pylonlokaliteter er -24,0 m på vestsiden og -43,0 m på østsiden. Sænkekassen på vestsiden har fundamentsniveau i kote -28,0 m placeret på en stenpude med tykkelse 3m, dvs. udgravningskoten er -31,0 m. På østsiden er fundamentsniveau i kote -47,0 m og stenpudens tykkelse 3 m, dvs. udgravningsniveau i kote -50,0 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-8 og A-9 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-12 til B13 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Ankerblokke

Ankerblokfundamenterne er også udformet som sænkekasser men med rektangulær form på 150x60 m. Uden om de primære sænkekasser er der placeret en cirkulær væg med 170 m diameter til skibsstødssikring. Området mellem den primære sænkekasse og beskyttelses væggen er antaget fyldt med sand- eller stenfyld.

Vanddybderne for de to ankerblokklokaliteter er -23,0 m på vestsiden og -34,0 m på østsiden. Sænkekassen på vestsiden har fundamentsniveau i kote -27,0 m placeret på en stenpude med tykkelse 3m, dvs. udgravningskoten er -30,0 m. På østsiden er fundamentsniveau i kote -38,0 m og stenpudens tykkelse 3 m, dvs. udgravningsniveau i kote -41,0 m. Udgravningsskrænten er antaget at være 1:2.

For ankerblokkene er der en stor forskel i havbundskoter. Derfor er der for østlige ankerblok antaget en opfyldning med 11 m højde under beskyttelsesringen. Det betyder at selve beskyttelsesvæggen har den samme geometri for de to ankerblokke. Erosionsbeskyttelsen er dermed placeret over eksisterende havbund for den østlige ankerblok mens erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund for den vestlige ankerblok.

I bilag A-10 og A-11 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-12 til B13 er afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Stationering og afsætning af ankerblokke er i centerlinje ankerblok defineret som vist i Figur 3-3.

Højbro piller

I bilag B-12 til B-13 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Kunstige rev

Der er to nordlige kunstige rev ved KKØ-1.1, et ved knæpunkt af dybvandsruten (KKØ-Nord 1) og et hvor dybvandsruten møder rute T (KKØ-Nord 2). Kunstige rev er udformet med tværsnit som vist bilag A-7 bortset fra at revene for miljøvurderinger konservativt antages at have krone i kote -3,0 og kronebredde 24 m. Revene er 1,4 km lange og beliggende hovedsagelig i syd/nordgående retning med start og slut koordinater som angivet i nedenstående tabel. Ved start og slut koordinater afsluttes rev med halvcirkel med origo i koordinatpunkter.

Tabel 3-10 Afsætningsdata kunstige rev KKØ-1.1

Rev		Easting (X)	Northing (Y)
KKØ-Nord 1	Start syd	612477.7429	6193782.476
	Slut nord	612477.7429	6195182.476
KKØ-Nord 2	Start syd	612467.4729	6186963.21
	Slut nord	612467.4729	6188363.21

Rev er for nuværende antaget anlagt direkte på eksisterende havbund uden afgravninger.

De undersøiske rev opbygges af de samme materialer som kunstige øers undersøiske dele, se afsnit 6, og anlægsprocessen er primært den samme. Alt anlægges fra søen, da der er tale om en undersøisk konstruktion.

Revenes kerne består af sand. Mængder af indfyldt sand er sammenfattet i følgende tabel.

Tabel 3-11 Sandmængder kunstige rev KKØ-1.1

Rev	Sand [m ³]
KKØ-Nord 1	730.000
KKØ-Nord 2	730.000

I stedet for sand kan afgravet materiale fra brofundamenter, eller sænketunnel ved kombineret tunnel og lavbroløsning, anvendes i miljøvurderinger, da det vil være konservativt mht. spild. Afgravede mængder er givet for alle bro- og sænketunnelløsninger i nærværende notat. Hvis der er materialeunderskud fra afgravning, anvendes ekstern kilde. Hvis det i en senere fase viser sig at afgravede materialer er så dårlige at de ikke egner sig til indbygning anvendes udelukkende ekstern kilde.

Følgende kan konservativt antages:

- > De to nordlige rev udføres samtidigt
- > Samtidighed i tilførsel af materiale afgravet fra fundamenterne og ekstern kilde
- > Spildprocent 5% svarende til den øvre grænse af det interval der er vurderet i afsnit 4.1.6.

3.4.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder for hængebro og højbro for KKØ-1.1 er de samme som ved KKØ-2.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.2.

Produktionsrate for afgravning er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront. Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumenen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner og ankerblokke, en startende fra Samsø og en startende fra Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-12 til B-13.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-12 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-1.1

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Pyloner og ankerblokke	Vestlige tilslutningsbro start Samsø	Østlige tilslutningsbro start Røsnæs	-
Arbejdsdage	358	223	198	-
Afgravet mængde [m ³]	709.000	343.000	305.000	1.357.000
Spild [m ³]	25.000	12.000	11.000	48.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-12 og B-13.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-13 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-1.1 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	59
Afgravet mængde [m ³]	237.000
Spild [m ³]	8.000

3.5 KKØ-3.1 Asnæs Syd - Vesborg Fyr (Skråstagsbro)

3.5.1 Anlægselementer

Pyloner

Pylonfundamentene er udformet som sænkekasser med henholdsvis cirkulær form for den centrale pylon og elliptisk form med varierende tværsnit for de to ydre pyloner. Hovedakserne er:

- > Central pylon: 74 m diameter
- > Ydre pyloner: 76 m på tværs af broaksen og 36 m i bro-linjen til kote -6.5. Derefter varierende tværsnit fra 76 m til 92 m på tværs af broaksen og fra 36 m til 52 m i bro-linjen.

Vanddybden for den centrale pylonlokalitet er -26.4 m og for de to ydre pylonlokaliteter henholdsvis -23.3 m på østsiden og -30.2 på vestsiden. Sænkekasserne er placeret på en stenpude med tykkelse 3m, baseret på en udgravningsdybde på 7 m under eksisterende havbund, dvs. at udgravningskoten er -33.4 m for den centrale pylon og for de to ydre pylonlokaliteter henholdsvis -30.3 m på østsiden og -37.2 m på vestsiden. Udgravningsskrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-12 til A-14 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-14 til B-16 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Ankerpiller og overgangspiller

Uden om ankerpillerne og overgangspillerne er der placeret en ellipseformet beskyttelses væg af hensyn til sikring mod skibsstød med hovedakser på 80 m på tværs af broen og 50 m i bro-linjen. Området mellem den primære pille og beskyttelses væggen er antaget fyldt med sand- eller stenfyld.

Pillerne er placeret på en stenpude med tykkelse 3 m, baseret på en udgravningsdybde på 7 m under eksisterende havbund. Udgravningsskrænten er antaget at være 1:2.

For den østlige side er vanddybden for både ankerpiller og overgangspiller identisk 22.2 m mens vanddybden er væsentlig større på den vestlige side henholdsvis 32.9 m for ankerpillen og 35.8 m for overgangspillen. Derfor er beskyttelsesvæggen placeret på en opfyldning på vestsiden således at selve beskyttelsesvæggen design bliver identisk på de to sider.

I bilag A-15 til A-17 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-14 til B-16 er afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Højbro-piller

Bropiller er som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-14 til B-16 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Kunstigt rev

Kunstigt rev er udformet med tværsnit som vist bilag A-7. Tværsnit for rev KKØ-Nord er vist for havbund i kote -22 m. Revet er 2,5 km langt og beliggende i syd/nordgående retning med start og slut koordinater som angivet i nedenstående tabel. Ved start og slut koordinater afsluttes rev med halvcirkel med origo i koordinatpunkter.

Tabel 3-14 Afsætningsdata kunstige rev KKØ-3.1

Rev		Easting (X)	Northing (Y)
KKØ-Nord	Start syd	611585	6185128
	Slut nord	611585	6187628

Revet er for nuværende antaget anlagt direkte på eksisterende havbund uden afgravninger.

Det undersøiske rev opbygges af de samme materialer som kunstige øers undersøiske dele, se afsnit 6, og anlægsprocessen er primært den samme. Alt anlægges fra søen, da der er tale om en undersøisk konstruktion.

3.5.2 Anlægsmetoder

Udgravning til fundamenter

Anlægsmetoder for udgravninger er de samme som ved KKØ-2.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.2.

Produktionsrate for afgravning er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront. Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner, en startende fra Samsø og en startende fra

Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-14 til B-16.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-15 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.1

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Pyloner og anker- og overgangspiller	Vestlige tilslutningsbro start Samsø	Østlige tilslutningsbro start Asnæs	-
Arbejdsdage	220	364	208	-
Afgravet mængde [m ³]	426.000	560.000	320.000	1.306.000
Spild [m ³]	15.000	20.000	11.000	46.000

Udgravning til arbejdskanal

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-14 til B-16.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-16 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.1 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	193
Afgravet mængde [m ³]	771.000
Spild [m ³]	27.000

Pyloner

For fundamenter til pyloner antages anlægsmetoden at være baseret på sænkekasser udført i en tørdok. Efter færdiggørelsen i tørdokken bugseres sænkekasserne til brostedet og nedsænkes ved kontrolleret ballastering med vand til der opnås kontakt med en på forhånd udlagt stenpude.

Selve pylonerne antages støbt in-situ med anvendelse af betonpumper og stavvibratorer. Betonen hertil forventes produceret fra et blandeværk placeret på en pram opankret umiddelbart på arbejdsstedet. Herfra pumpes betonen til støbefronten.

Ankerpiller og overgangspiller

Anlægsmetoden for fundamenter til ankerpiller og overgangspiller antages at være baseret på præfabrikerede fundamentskonstruktioner bestående af en bundplade og et system af vægge som udføres på land. Efter færdiggørelsen på land transporteres de med flydekran til brostedet og nedsænkes derefter til der opnås kontakt med en på forhånd udlagt stenpude. Selve pillerne antages ligeledes at være præfabrikerede på land. Beskyttelsesvæggen antages også at være

baseret på et antal præfabrikerede segmenter udført på land og installeret med flydekran som beskrevet for pillerne. Disse segmenter sammenstøbes in-situ med en tyk plade over vandlinjen.

Højbro piller

Anlægsmetode for bro piller er som beskrevet i afsnit 3.1.2.

3.6 KKV-2.3 Fogedmark - Hou (Højbro/Lavbro)

3.6.1 Anlægselementer

Bropiller

Bropiller for både lavbro og højbro er udformet som sænkekasser med pilleskaffer ovenpå, begge dele med rektangulær form. Løsninger svarer til Storebælt Vestbro.

Baseret på det nuværende geologiske længdeprofil er følgende vurderet. Sænkekasserne har fundaments niveau 4,0 m under havbund og er placeret på en stenpude med tykkelse 1m, dvs. udgravningsdybden er 5.0 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-5 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor. Der er anvendt forskelligt layout af fundament afhængig af vanddybden som følger:

- > Smal rektangulær del af caisson over havbund (kasse 2) anvendes kun ved vanddybder over 10 m.
- > Bred rektangulær del af caisson over havbund (kasse 4) anvendes kun ved vanddybder over 6,5 m.
- > Trapezformet del af caisson over havbund (kasse 3) anvendes kun ved vanddybder over 2,8 m.

I bilag B-30 til B-33 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

3.6.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder er som beskrevet for højbro piller i afsnit 3.1.2.

Produktionsrate for afgravning er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront. Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner og ankerblokke, en startende fra Samsø og en startende fra Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-30 til B-33.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-17 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-2.3

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Østlige del start Samsø	Vestlige del start Hou	Central del	-
Arbejdsdage	281	280	276	-
Afgravet mængde [m ³]	455.000	453.000	446.000	1.354.000
Spild [m ³]	16.000	16.000	16.000	48.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-30 til B-33.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-18 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-2.3 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	116
Afgravet mængde [m ³]	465.000
Spild [m ³]	16.000

3.7 KKV-3.4 Fogedmark - Gylling (Højbro/Lavbro)

3.7.1 Anlægselementer

Højbropiller

Bropiller er som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-34 til B-39 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Lavbropiller

Bropiller for lavbro med 60 m fag er udformet som monopiles med cirkulær form. Evt. erosionsbeskyttelsen er ikke defineret for nærværende.

I bilag A-6 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor. I bilag B-34 til B-39 er geometri af monopiles angivet.

3.7.2 Anlægsmetoder

Højbropiller

Anlægsmetoder for højbropiller er som beskrevet i afsnit 3.1.2. Produktionsrate for afgravning til højbropiller er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront. Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumenen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Én arbejdsfront er antaget. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-34 til B-39.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-19 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-3.4 højbropiller

Arbejdsfront	1
Område	Højbro
Arbejdsdage	89
Afgravet mængde [m ³]	144.000
Spild [m ³]	5.000

Lavbropiller

For lavbro antages bropillerne udført som borede pæle, dvs. uden afgravning. Der anvendes casing ved boring i øvre løse jordlag. Herved er der intet sedimentspild. Casing kan enten efterlades eller trækkes op når pælen er støbt. Produktionsraten for ramning af stål casing er vurderet til at være 1 arbejdsdag per bropille (2 monopiles) for kombineret vej/bane løsning. Med 326 lavbropiller tager ramning af casing dermed 326 arbejdsdage.

Udgravning til arbejdskanal

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-34 til B-39.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-20 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-3.4 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	219
Afgravet mængde [m ³]	875.000
Spild [m ³]	31.000

3.8 KKØ-2.2 Nyby Øst - Hjalmarsgård (Hængebro)

3.8.1 Anlægselementer

Hængebro og højbro for KKØ-2.2 er udformet på samme måde som ved KKØ-2.1. Anlægselementer er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.1 på nær som beskrevet i det følgende.

Der er ikke udarbejdet geologisk længdeprofil for KKØ-2.2. Derfor er anvendt udgravningsdybde på 7 m for pyloner og ankerblokke og 5 m for højbro-piller svarende til gennemsnit for KKØ-2.1.

Pyloner

Pylonfundamenterne er udformet som sænkekasser med elliptisk form. Hovedakserne er som for KKØ-2.1.

Vanddybderne for de to pylonlokaliteter er -23,1 m på vestsiden og -26,2 m på østsiden. Sænkekassen på vestsiden har fundamentsniveau i kote -27,1 m placeret på en stenpude med tykkelse 3m, dvs. udgravningskoten er -30,1 m. På østsiden er fundamentsniveau i kote -30,2 m og stenpudens tykkelse 3 m, dvs. udgravningsniveau i kote -33,2 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-18 og A-19 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-40 til B-41 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Ankerblokke

Ankerblokfundamenterne er også udformet som sænkekasser men med rektangulær form på 140x60 m. Uden om de primære sænkekasser er der placeret en cirkulær væg med 160 m diameter til skibsstødssikring. Området mellem den primære sænkekasse og beskyttelses væggen er antaget fyldt med sand- eller stenfyld.

Vanddybderne for de to ankerbloklokaliteter er -20,4 m på vestsiden og -27,3 m på østsiden. Sænkekassen på vestsiden har fundamentsniveau i kote -24,4 m placeret på en stenpude med tykkelse 3m, dvs. udgravningskoten er -27,4 m. På østsiden er fundamentsniveau i kote -31,3 m og stenpudens tykkelse 3 m, dvs. udgravningsniveau i kote -34,3 m. Udgravnings skrænten er antaget at være 1:2.

For ankerblokkene er der en stor forskel i havbundskoter. Derfor er der for østlige ankerblok antaget en opfyldning med 6,9 m højde under beskyttelsesringen. Det betyder at selve beskyttelsesvæggen har den samme geometri for de to ankerblokke. Erosionsbeskyttelsen er dermed placeret over eksisterende havbund for den østlige ankerblok mens erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund for den vestlige ankerblok.

I bilag A-20 og A-21 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-40 til B-41 er afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Stationering og afsætning af ankerblokke er i centerlinje ankerblok defineret som vist i Figur 3-3.

Højbropiller

I bilag B-40 til B-41 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Kunstige rev

Kunstige rev er beliggende nord og syd for broen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.1.1.

3.8.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder for hængebro og højbro for KKØ-2.2 er de samme som ved KKØ-2.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.2.

Produktionsrate for afgravning er vurderet til 2000 m³ om dagen per arbejdsfront. Antal arbejdsdage per fundament er beregnet ud fra afgravningsvolumen og produktionsrate, inkl. tillæg for forberedelse og skift. Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner og ankerblokke, en startende fra Samsø og en startende fra Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-40 til B-41.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-21 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.2

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Pyloner og ankerblokke	Vestlige tilslutningsbro start Samsø	Østlige tilslutningsbro start Røsnæs	-
Arbejdsdage	299	224	163	-
Afgravet mængde [m ³]	591.000	345.000	251.000	1.187.000
Spild [m ³]	21.000	12.000	9.000	42.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-40 og B-41.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-22 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.2 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	73
Afgravet mængde [m ³]	292.000
Spild [m ³]	10.000

3.9 KKØ-2.3 Nyby Vest - Samsø Syd (Hængebro)

3.9.1 Anlægselementer

Hængebro for KKØ-2.3 er identisk til KKØ-2.1. Højbro er udformet på samme måde som for KKØ-2.1 blot er den længere da den går syd om Samsø. Anlægselementer er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.1.

Pyloner og ankerblokke

I bilag B-42 til B-43 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Højbro piller

I bilag B-42 til B-43 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Kunstige rev

Kunstige rev er beliggende nord og syd for broen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.1.1.

3.9.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder for hængebro og højbro for KKØ-2.3 er de samme som ved KKØ-2.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.2.

Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner og ankerblokke, en startende fra Samsø Syd og en startende fra Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-42 til B-43.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-23 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.3

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Pyloner og ankerblokke	Vestlige tilslutningsbro start Samsø Syd	Østlige tilslutningsbro start Røsnæs	-
Arbejdsdage	235	261	128	-
Afgravet mængde [m ³]	462.000	402.000	197.000	1.061.000
Spild [m ³]	16.000	14.000	7.000	37.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-42 og B-43.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-24 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.3 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	55
Afgravet mængde [m ³]	218.000
Spild [m ³]	8.000

3.10 KKØ-2.4 Nyby Øst - Samsø Syd (Hængebro)

3.10.1 Anlægselementer

Hængebro for KKØ-2.4 er identisk til KKØ-2.2. Højbro er udformet på samme måde som for KKØ-2.2 blot er den længere da den går syd om Samsø. Anlægselementer er derfor som beskrevet i afsnit 3.8.1.

Pyloner og ankerblokke

I bilag B-44 til B-45 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Højbro piller

I bilag B-44 til B-45 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Kunstige rev

Kunstige rev er beliggende nord og syd for broen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.1.1.

3.10.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder for hængebro og højbro for KKØ-2.4 er de samme som ved KKØ-2.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.1.2.

Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner og ankerblokke, en startende fra Samsø Syd og en startende fra Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-44 til B-45.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-25 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.4

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Pyloner og ankerblokke	Vestlige tilslutningsbro start Samsø Syd	Østlige tilslutningsbro start Røsnæs	-
Arbejdsdage	299	266	163	-
Afgravet mængde [m ³]	591.000	410.000	251.000	1.252.000
Spild [m ³]	21.000	14.000	9.000	44.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-44 og B-45.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-26 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.4 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	35
Afgravet mængde [m ³]	141.000
Spild [m ³]	5.000

3.11 KKV-2.2 Onsbjerg Nord - Hou (Højbro/Lavbro)

3.11.1 Anlægselementer

KKV-2.2 er udformet på samme måde som KKV-2.1 blot er ilandføringspunkter forskellige. Anlægselementer er derfor som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-46 til B-48 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

3.11.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder er de samme som ved KKV-2.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.2.2.

Tre arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø, en startende fra Jylland og en ved den centrale del. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-46 til B-48.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-27 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-2.2

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Østlige del start Samsø	Vestlige del start Hou	Central del	-
Arbejdsdage	244	244	244	-
Afgravet mængde [m ³]	395.000	394.000	394.000	1.183.000
Spild [m ³]	14.000	14.000	14.000	42.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-46 til B-48.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder for arbejdskanal er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-28 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-2.2 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	172
Afgravet mængde [m ³]	689.000
Spild [m ³]	24.000

3.12 KKV-3.2 Samsø Syd - Gylling Næs (Højbro/Lavbro)

3.12.1 Anlægselementer

KKV-3.2 er udformet på samme måde som KKV-3.1 blot går den syd om Samsø uden ilandføringspunkt på Samsø. Anlægselementer er derfor som beskrevet i afsnit 3.3.1.

I bilag B-49 til B-55 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet for højbro piller sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

3.12.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder er de samme som ved KKV-3.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.3.2.

Højbropiller

Én arbejdsfront er antaget. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-49 til B-55.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-29 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-3.2 højbropiller

Arbejdsfront	1
Område	Højbro
Arbejdsdage	99
Afgravet mængde [m ³]	160.000
Spild [m ³]	6.000

Lavbropiller

For lavbro antages bropillerne udført som borede pæle, dvs. uden afgravning. Der anvendes casing ved boring i øvre løse jordlag. Herved er der intet sedimentspild. Casing kan enten efterlades eller trækkes op når pælen er støbt. Produktionsraten for ramning af stål casing er vurderet til at være 1 arbejdsdag per bropille (2 monopiles) for kombineret vej/bane løsning. Med 407 lavbropiller tager ramning af casing dermed 407 arbejdsdage.

Udgravning til arbejdskanal

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-49 til B-55.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder for arbejdskanal er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-30 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-3.2 arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	256
Afgravet mængde [m ³]	1.025.000
Spild [m ³]	36.000

3.13 KKØ-4.3 Asnæs Syd - Hjalmarsgård (Skråstagsbro)

3.13.1 Anlægselementer

Pyloner

Pylonfundamentene er udformet som sænkekasser med henholdsvis cirkulær form for den centrale pylon og elliptisk form med varierende tværsnit for de to ydre pyloner. Hovedakserne er:

- > Central pylon: 79 m diameter
- > Ydre pyloner: 76 m på tværs af broaksen og 36 m i bro-linjen til kote -6.5. Derefter varierende tværsnit fra 76 m til 92 m på tværs af broaksen og fra 36 m til 52 m i bro-linjen.

Vanddybden for den centrale pylonlokalitet er -35.2 m og for de to ydre pylonlokaliteter henholdsvis -25.8 m på østsiden og -36.0 på vestsiden. Sænkekasserne er placeret på en stenpude med tykkelse 3 m, baseret på en udgravningsdybde på 7 m under eksisterende havbund, dvs. at udgravningskoten er -42.2 m for den centrale pylon og for de to ydre pylonlokaliteter henholdsvis -32.8 m på østsiden og -43.0 m på vestsiden. Udgravningsskrænten er antaget at være 1:2 og erosionsbeskyttelsen er placeret under eksisterende havbund.

I bilag A-22 til A-24 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-71 til B-72 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

I forhold til sammenlignelig skråstagsbrosløsning for KKØ-3.1 er diameter af den centrale pylon øget med 5 m på grund af større vanddybde.

Ankerpiller og overgangspiller

Uden om ankerpillerne og overgangspillerne er der placeret en ellipseformet beskyttelses væg af hensyn til sikring mod skibsstød med hovedakser på 80 m på tværs af broen og 50 m i brolinjen. Området mellem den primære pille og beskyttelsesvæggen er antaget fyldt med sand- eller stenfyld.

Pillerne er placeret på en stenpude med tykkelse 3 m, baseret på en udgravningsdybde på 7 m under eksisterende havbund. Udgravningsskrænten er antaget at være 1:2.

For den østlige side er vanddybden 22.2 m for ankerpille og 20.3 m for overgangspille mens vanddybden er væsentlig større på den vestlige side henholdsvis 31.8 m for ankerpillen og 30.0 m for overgangspillen. Derfor er beskyttelsesvæggen placeret på en opfyldning på vestsiden således at selve beskyttelsesvæggen design bliver identisk på de to sider.

I bilag A-25 til A-27 er dette illustreret med skitser af de antagne løsninger som beskrevet ovenfor.

I bilag B-71 til B-72 er afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen beregnet.

Højbropiller

Bropiller er som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-71 til B-72 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Kunstige rev

Kunstige rev er beliggende nord og syd for broen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.1.1.

3.13.2 Anlægsmetoder

Anlægsmetoder for skråstagsbro og højbro for KKØ-4.3 er de samme som ved KKØ-3.1. Anlægsmetoder er derfor som beskrevet i afsnit 3.5.2.

Tre arbejdsfronter er antaget, en ved pyloner, en startende fra Hjalmarsgård og en startende fra Sjælland. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-71 til B-72.

Varighed for de 3 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-31 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-4.3

Arbejdsfront	1	2	3	I alt
Område	Pyloner	Vestlige tilslutningsbro start Hjalmarsgård	Østlige tilslutningsbro start Asnæs Syd	-
Arbejdsdage	209	277	232	-
Afgravet mængde [m ³]	405.000	427.000	357.000	1.189.000
Spild [m ³]	14.000	15.000	12.000	41.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanalen tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-71 til B-72.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 3-32 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-4.3 arbejdskanal

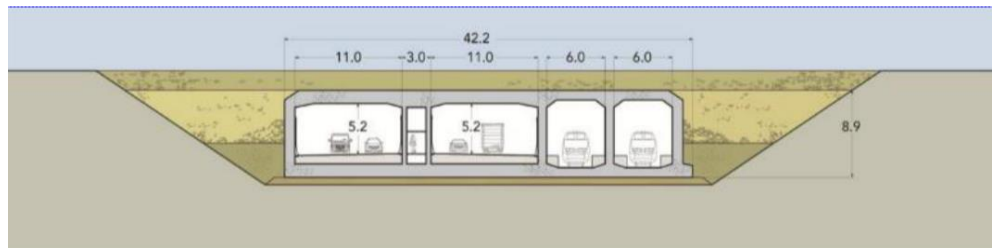
Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	129
Afgravet mængde [m ³]	516.000
Spild [m ³]	18.000

4 Sænketunnel

4.1 KKØ-2.1 Nyby Vest - Hjalmarsgård (Sænketunnel)

For sænketunnel er følgende efterspurgt: Beskrivelse af udformning, udførelse og udgravningsmængder

4.1.1 Fysisk udformning af renden til sænketunnel elementer (tværsnitsareal)



Figur 4-1 Udgravningsprofil for sænketunnel

Udgravningsprofil anlægges med anlæg 1:4 og skal anses som en gennemsnitsantagelse. I de øverste jordlag omkring havbunden forventes det at blødere jordlag vil forefindes og anlægget derved skulle være fladere, mens i den dybe del af renden her kunne anlægget i de forventelige stivere jordlag, i den endelige udformning, være stejlere. Det forudsatte trapezformede tværnsnit med anlæg på 1:4 forventes at give et rimeligt centralestimat på den samlede udgravningsmængde.

Udgravet materiale fra renden forventes set ud fra et bæredygtighedsperspektiv genanvendt i størst muligt omfang, hvor dette er muligt, rentabelt og/eller ønskeligt. Der antages at dele af udgravet materiale fra rende til sænketunnel vil kunne indbygges i evt. kunstig ø.

Udgravningsbredde varierer afhængigt af det valgte tunnelprofil men ligger imellem 31 m og 46,2 m. Bredde af tunnelprofil 4+0, 4+1 og 4+2 er hhv. 27,0m, 35,2m og 42,2m. Højde for alle tre tunnelprofiler 8,9m. Dybden af udgravning d kan beregnes som $d = \text{kote havbund} - \text{kote vej} + 2 \text{ m}$. Koter havbund og vej kan findes i bilag C og er benævnt seabed hhv. road level.

- Sænketunnellens længde er 18,0km eksklusive længden (ca. 2 x 0.8km) på tilstødende cut & cover tunneller på land, som ikke bidrager til marint spild.
- Gennemsnitsudgravningsdybden er 13,5m

Udgravningsdybde varierer jf. den vertikale linjeføring som er angivet nedenfor. Figuren indgår også i Bilag 8-5 til Delrapport [1].

Tabel 4-1 Afgravnings- og tilbagefyldvolumener

Tunnelprofil	Afgravningsmængde m ³	Tunnel volumen m ³	Tilbagefyld til oprindeligt havbunds niveau. m ³
4+0	25.800.000	5.600.000	20.200.000

4+1	28.100.000	7.000.000	21.100.000
4+2	30.100.000	8.300.000	21.800.000

4.1.2 Linjeføring

Linjeføringen fremgår af Bilag 8-5 til Delrapport [1]. Afsætningsdata er inkluderet i bilag C-4 med samme format som for broer, se beskrivelse i afsnit 3. Data er givet ved fuger mellem tunnelelementer, dvs. per 200m interval.

4.1.3 Sænkning af elementet og tilbagefyldning

Tilbagefyldning omkring tunnelen og over tunnelen skal bl.a. sikre tunnelen imod skibsstød og ankerkræfter fra skibssankre. Tilbagefyldning kan opdeles i 2 grupper:

"Locking material" (sikringsfyld) som har til formål at sikre tunnelens position og stabilitet. Tilbagefyldsmaterialet omkring sænketunnel vil bestå af velgraderet grusmaterialer eller stenmaterialer, der placeres med grab eller gravemaskine omkring sænketunnellen uden komprimering. Operationen vil blive skånsomt udført, da man ikke vil beskadige tunnelelementerne.

"Protective material" (tilfyld) som har til formål at beskytte tunnelen imod påvirkninger fra skibssankre, skibsstød, fisketrawl og lignende. Tunnelbeskyttelsen bygges op over tilbagefyldsmaterialet placeret i renden med tilstrækkeligt dimensioneret filterlag imod den øverste beskyttelse, hvis stenstørrelse vil afhænge af strøm og bølgeforhold, vanddybde og muligheden for erosion fra skibes propeller.

Ovenstående tager udgangspunkt i erfaringer fra lignende sænketunnelprojekter. Sikringsfyld og tilfyld forventes at bestå af materiale som ikke giver anledning til større spild, såsom grus eller ral. Tilbagefyldning vil foregå successivt og umiddelbart efter installation af det enkelte tunnelelement.

Tilbagefyldsoperationer vil varetages parallelt med sænketunneloperationer over en periode på 2-3 år.

4.1.4 Geologisk information for området

Al nuværende viden om geologiske forhold er indeholdt i fagnotat Geologisk og geoteknisk screening [2].

Som beskrevet i indledningen er den geologisk information ikke fuldt ud indarbejdet i koncepterne. Løsninger i dette afsnit er derfor udarbejdet udelukkende på baggrund af en generel viden af Danmarks geologi med dertil hørende og forventelige jordtyper, eksempelvis moræneler, smeltevandsand og grus. Områder med potentielt sætninggivende plastisk Lillebæltsler vil kunne forefindes under sænketunnel.

Det er antaget at sænketunnellen udføres med direkte fundering på et afrettet lag af grus jf. Øresund, som placeres med fall-pipe, dvs. stort set uden spild.

4.1.5 Fysiske egenskaber for bund langs linjeføringen

Der er på nuværende tidspunkt i projektet ikke tilstrækkelig viden om geotekniske forhold og havbundsforhold til at man kan angive de fysiske egenskaber for havbunden. De oplysninger der er til rådighed, er indeholdt i Delrapport [1]

Det er for dette notat antaget, at i de tilfælde Lillebæltsler (eller tilsvarende potentielt sætningsgivende jordlag) identificeres under sænketunnellen, så vil forekomsten ikke medføre uforholdsmæssigt store sætninger, som ville medføre eventuel jordforbedring. Dette forhold vil kunne afdækkes enten ved behandling af de foreliggende data eller ved yderligere jordbundsundersøgelser.

4.1.6 Spildprocent (langs linjeføringen)

Et præcist estimat for spildprocent vil være afhængigt af en lang række parametre hvoraf ingen i den præcise sammensætning er til rådighed på nuværende tidspunkt og vil formodentlig fortsat ikke være til rådighed langt ind i udviklingen af projektet.

Der foreligger ikke oplysninger om bl.a. miljømæssige forhold, strømforhold og geoteknik, samt til rådighed værende udgravningsmateriel, før det er muligt at fremkomme med mere præcise oplysninger herom.

Baseret på krav til udgravning af Øresund og Femern sænketunnelprojekter jf. VVM, forventes det at man for en planlagt Kattegat sænketunnelprojekt vil skulle stille et endeligt krav til begrænsning af gennemsnitsspild i størrelsesorden: 3,5% – 5,0% (bemærk jo lavere denne spildværdi er, jo højere bliver anlægsprisen og at sammenhængen er ikke lineær).

I tillæg til acceptkravet skal spildet monitoreres og entreprenøren skal som en del af sit tilbud vedlægge dokumentation for opfyldelse af kravet, herunder angive hvilke tiltag der kan iværksættes i det tilfælde acceptkriteriet (mod forventning) overskrides under udførelse.

Tabel 4-2 *Maksimale spildmængder*

Antagelse	Udgravet mængde (m ³)	Spild (m ³)
Maksimum udgravning Max spildprocent 5,0 %	30,1 mio.	1,51 mio.
Maksimum udgravning Max spildprocent 3,5 %	30,1 mio.	1,05 mio.
Maksimum fremdrift per måned, max spild 5,0 %	2,5 mio.	0,13 mio.
Ved land - skøn på volumen baseret på Femern tunnel, max spildprocent 1,0%	0,7 mio.	0,01 mio.

I miljøfølsomme områder tæt på Natura 2000 områder og/eller langs med kysten forventes det at kravet til spild vil skulle være lavere end gennemsnitskravet, mens kravet til spild i områder langt fra Natura 2000 områder langt fra kysten vil kunne være større end gennemsnitskravet. Disse forhold forventes undersøgt, som en del af miljøundersøgelserne i denne fase.

En anlægsperiode på omkring 12-18 måneder til den primære udgravning (bulk) er erfaringsmæssigt sat ud fra tilsvarende større sænketunnelprojekter (f.eks. Busan og HZM) med en antagelse om en jævn produktionsrate per måned. På Femern tunnel er det antaget at udgravning af rende til sænketunnelen foretages over en periode på 18 måneder. Præcisionsudgravning kan forventes lige inden placering af gruslag og tunnelelementer.

Udgravning af renden må ikke planlægges til at vare i en alt for kort eller i en alt lang for tidsperiode, herved kunne produktionen ende med at påvirke enhedsprisen for udgravning. Udgravning af rende til sænketunnel udføres programmæssigt tidligere og uafhængigt af sænkning og tilbagefyld af tunnel elementer, herved opnås optimal udnyttelse af udgravningsmateriel. Det kan ikke udelukkes at en finafgravning (på 1-2m) tidsmæssigt lige før placering af funderingslag og sænkning af tunnel elementer, vil være nødvendig bl.a. på grund af naturlig sedimentation og/eller præcision af udgravningsmateriel.

I alternativerne er der beregnet udgravningsmængder i en størrelsesorden fra minimum 25,8 mio. m³ til maksimum 30,1 mio. m³ (målt for udgravning, ikke bulk).

Med disse volumener og antaget periodelængder på udgravning, vil fremdriften i et skøn forventes at være:

Ved højeste samlede volumen:

- > Maksimum fremdrift: 30,1 mio. m³ / 12 måneder = 2,5 mio. per måned
- > Minimum fremdrift: 30,1 mio. m³ / 18 måneder = 1,7 mio. per måned

Ved laveste samlede volumen:

- > - Maksimum fremdrift: 25,8 mio. m³ / 12 måneder = 2,2 mio. per måned
- > - Minimum fremdrift: 25,8 mio. m³ / 16 måneder = 1,6 mio. per måned

Udgravning forventes at blive udført alene eller i en kombination af trailing suction hopper dredgers for produktionsudgravning i blødere aflejringer tæt på havbund, cutter suction dredgers til produktions- og præcisionsudgravning af dybere og stivere aflejringer og mindre produktive grab og/eller gravemaskine ved kystnære og/eller i mere miljøfølsomme områder.

For al udgravning antages der skånsom udgravning hvor det er nødvendigt, ellers billigst og hurtigst i denne prioritetsrækkefølge og naturligvis indenfor budget og tidsplan. Al materiale forventes at sejles bort til genanvendelse eller klapping, enten i selve udgravningsfortøjet eller på pramme.

Det forventes at der arbejdes i døgndrift hvor dette er muligt, 25 dage om måneden, dvs. 1 dag om ugen til vedligehold.

Ved maksimal produktion udgraves der omkring 100.000 m³ om dagen.

Antages det at en større cutter suction dredger (CSD) udgraver imellem 3.000 m³ – 5.000 m³ i timen ca. 6-12 timer per dag, udgraver denne CSD i størrelsesordenen imellem 18.000 m³ til 60.000 m³

Med en produktion på 100.000 m³ om dagen kræves derfor omkring 2-3 cutter suction dredgers (CSD) (alternativt en trailing suction hopper dredger) med en kapacitet i størrelsesorden 3.000 m³ – 5.000 m³ udgravning i timen.

Det forventes at markedets største udgravningsudstyr (dredging vessels) vil skulle benyttes, dvs. udstyr med kraft installeret (power installed) omkring 20.000-25.000 kW. Denne type udstyr forventes at påvirke med et støvniveau (source level) i størrelsesorden 160-180 dB (dette støjniveau bør blive verificeret med erfaring fra Øresund og Femern sænketunneller).

Støj fra marine arbejdspladstrafik (dvs. tug-både, transport) vil være af væsentlig mindre karakter end støj fra udgravningsudstyr (dredging).

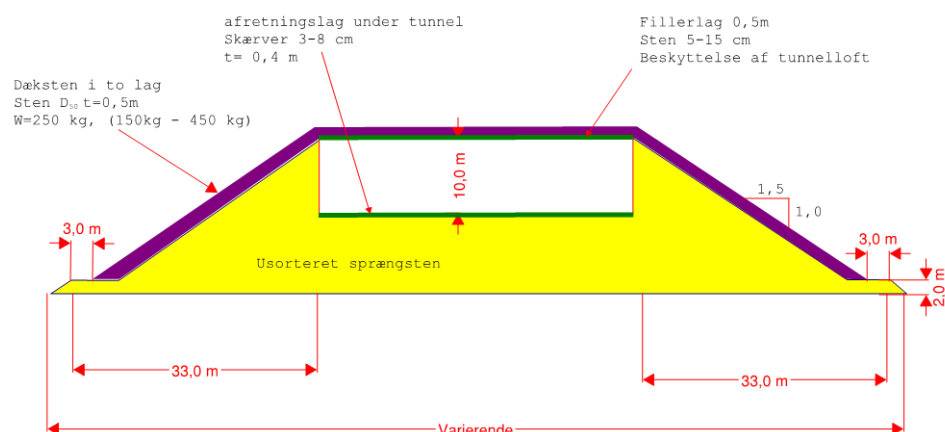
Der vil være byggepladser omkring tunnel portaler for alle tunnel løsninger på alle landfæster Typiske beton og jordmængder for Cut & Cover tunnel og ramper vil blive udarbejdet i en opdateret version af dette dokument.

4.1.7 Tunnelarbejder på land

Udgravning, armerings-, formarbejder, støbning og afsluttende arbejder af cut & cover tunnel og ramper tænkes udført over en periode på 2-3 år. Cut & cover tunnel på den side, hvor det første sænketunnelement monteres, forventes at ligge på tidsplanens kritiske sti, og vil derfor være en af projektets første aktiviteter. Der vil være adgang til tunnellen fra denne side indtil åbning dvs. i stort set hele byggeperioden på 5-7 år.

4.1.8 Undersøisk rev for fundering af sænketunnel

På nedenstående skitse er vist et principsnit for opbygning af en undersøisk dæmning til fundering af en sænketunnel.



Figur 4-2 Tværsnit i dæmning til sænketunnel

Bredden af dæmningen er afhængig af det valgte tunnelprofil.

Længden af dæmningen er ca. 600 m i varierende højde afhængigt af variationen af havbunden.

Tabel 4-3 Tilfyldningsvolumen for undersøisk dæmning

Tunnelprofil	Tilfyldningsvolumen m ³
4+0	348.600
4+1	380.600
4+2	407.900

Fyldmaterialet forventes at være grus eller sten, som ikke umiddelbart kan skylles væk af strøm, hermed forventes en relativ lav spildprocent. Ved placering af fyldmaterialer forventes det ikke at der spredes sedimenter af betydning. Der bliver tale om en blanding af placering af sten med grab eller igennem strømpe som begrænser spredning af sedimenter.

Det forventes at opfyldning af undersøisk rev under tunnel elementet vil kunne foretages over en periode imellem 0.5 – 1.0 år, men at yderligere tid til sænkning af tunnel element og tilbagefylde vil kunne vare yderligere 0.5 – 1.0 år.

Der skal afhængigt af bund og geotekniske forhold foretages en udgravning til bæredygtige lag. Det forventes at mindst 2-3 m af blød bund skal udskiftes, dog er den forventelige udskiftning ikke kvantificeret, da der ikke er tilstrækkeligt med viden herom på nuværende tidspunkt.

4.2 KKØ-2.6 Nyby Øst - Hjalmarsgård (Sænketunnel)

Sænketunnel i KKØ-2.6 svarer til sænketunnelen i KKØ-2.1 bortset fra at den er ført i en større vinkel ud fra kystlinjen og længere væk fra Røsnæs rev af miljømæssige hensyn. KKØ-2.6 er udarbejdet efter at foreløbige resultater for sedimentpild ved KKØ-2.1 kunne indikere en uacceptabel påvirkning af Røsnæs rev.

Den samlede udgravningsmængde for KKØ-2.6 er sammenlignelig med KKØ-2.1, der henvises derfor til afsnit 4.1 for generelle beskrivelser og størrelsesorden for spild.

Linjeføring for KKØ-2.6 er stort set sammenfaldende med KKØ-2.2. Den under-søiske dæmning forventes at blive lidt mindre med denne linjeføring i forhold til den tilsvarende dæmning i KKØ-2.1.

- Sænketunnellens længde er 20,1km, som ikke inkluderer længden (ca. 1,2+0,6km) på tilstødende cut & cover tunneller på land. Konstruktioner på land bidrager ikke til marint spild.
- Gennemsnitsudgravningsdybden er 12,7m

Udgravningsdybde varierer jf. den vertikale linjeføring. Udgravnings- og tilbagefyldsvolumener er givet i Tabel 4-4. Tunnelvolumen er for den del af tunnelen som er beliggende under oprindeligt havbunds niveau. Tilbagefyld er til oprindelig havbund også hvor tunnel er beliggende delvis over oprindelig havbund.

Tabel 4-4 Afgravnings- og tilbagefyldvolumener

Tunnelprofil	Afgravningsmængde m ³	Tunnel volumen m ³	Tilbagefyld til oprindeligt havbunds niveau. m ³
4+0	28.000.000	4.700.000	23.400.000
4+1	30.500.000	6.100.000	24.400.000
4+2	32.500.000	7.300.000	25.300.000

Afsætningsdata er inkluderet i bilag C-23 med samme format som for broer, se beskrivelse i afsnit 3. Data er givet ved fuger mellem tunnelelementer, dvs. per 200 m interval. I samme bilag er også inkluderet fordeling af afgravningsmængder, tunnel volumen og tilbagefyld til oprindeligt havbunds niveau per tunnelelement.

5 Boret tunnel

5.1 KKØ-4.1 Asnæs Nord - Hjalmarsgård (Boret tunnel)

Miljøpåvirkning fra en boret tunnel vil primært udgå fra aktiviteterne fra byggepladser fra startskakte på begge sider. Sedimentspild vil afhænge af valg af den endelige placering af det udgravede materiale. Dette antages som for sænketunnellen at være en planopgave og derfor ikke en del af denne note.

Det noteres at der ikke er sedimentspild ved transport af tunnelmuck, da der på land vil anvendes lukkede lastbiler til transport og på vand lukkede pramme fra tunnelarbejdspladsen til det endelige deponi.

Det må antages at byggeplads for boret tunnel og cut&cover tunnel vil have påvirkning på støj og lys i og omkring byggepladsen.

Udgravning, armerings-, formarbejder, støbning og afsluttende arbejder af cut & cover tunnel og ramper tænkes udført over en periode på 2-3 år. Cut & cover

tunnel på den side, hvor det første sænketunnelelement monteres, forventes at ligge på tidsplanens kritiske sti, og vil derfor være en af projektets første aktiviteter. Der vil være adgang til tunnellen fra denne side indtil åbning dvs. i stort set hele byggeperioden på 5-7 år.

Cut & cover tunnel vil grundet dybden af den borede tunnel være længere end cut & cover tunnel i forbindelse med en sænketunnel.

Der tages udgangspunkt i boret tunnel koncepter fra Femern tunnel studier af boret tunnel. Det udelukkes ikke, at optimering af koncepter kan foretages. Boret tunnel 4+1 er forudsat udført med tværtunneller i modsætning til 4+0 og 4+2 som anlægges i hhv. 2 og 3 separate rør.

Tunnellængden er 25.2km (delrapport februar 2020 [1]).

Tabel 5-1 Boret volumener

	TBM Diameter (ydre)	Boret volumen per m (areal)	Total volumen
4+0	Til vej: 15,94 m Ingen jernbane	199,6 m ³ /m	5.100.000 m ³
4+2	Til vej: 15,94 m Til jernbane: 16,94 m	425,0 m ³ /m	10.700.000 m ³

5.2 KKV-3.5 Fogedmark - Søby (Boret tunnel)

Den borede tunnels udformning og udførelse for denne linjeføring (KKV-3.5) er som beskrevet i afsnit 5 for KKØ-4.1.

Tunnellængden er 24,1 km (ny løsning som på anden vis adresserer bindinger omkring Natura 2000 områder vest for Samsø).

Tabel 5-2 Boret volumener

	TBM Diameter (ydre)	Boret volumen per m (areal)	Total volumen
4+0	Til vej: 15,94 m Ingen jernbane	199,6 m ³ /m	4.800.000 m ³
4+2	Til vej: 15,94 m Til jernbane: 16,94 m	425,0 m ³ /m	10.200.000 m ³

6 Kombineret bro og tunnel

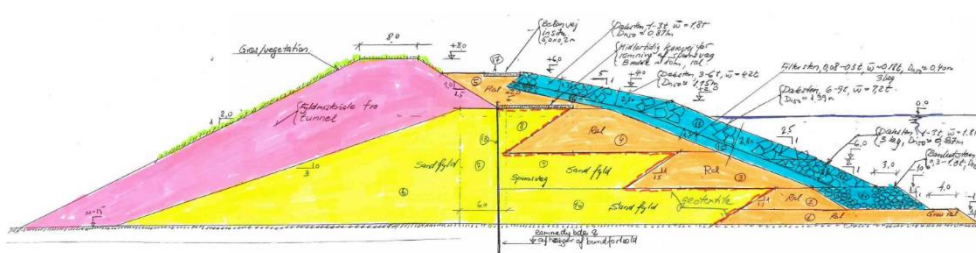
Løsninger med kombineret bro og tunnel (enten sænketunnel eller boret tunnel) inkluderer en kunstig ø ved overgang fra tunnel til bro. Bro- og tunnelloøsninger svarer til løsninger beskrevet i foregående afsnit og er derfor kun kortfattet beskrevet. For kunstig ø er følgende efterspurgt:

- > Perimeter
- > Anlægsmetoder (åben/spuns, produktionsrate, etc.)
- > Fysiske egenskaber for fyldmateriale (faldhastigheder)
- > Spildprocent

En kunstig ø er ca. 1-1,5 km lang, og har til formål at danne overgangen mellem tunnel (sænketunnel eller boret tunnel) og bro. Dens længde er primært bestemt af den maksimale stigning på jernbanen på 3 %. En sådan ø kendes fra Danmark, med Sprogø på Storebælt og Peberholmen på Øresund.

Øen opbygges således på et område af havbunden der ligger noget højere end de generelle dybder i bro/tunnel traceerne, og der regnes overslagsmæssigt med en vanddybde på ca. 15 m. De geotekniske data der p.t. er til rådighed er ikke tilstrækkelige til at afgøre om der vil være funderingsproblemer på disse lokaliteter. Men, da der er tale om relativ højtliggende havbund er det sandsynligt at der er tale om gode funderingsforhold med sand eller moræneler. Det er derfor p.t. forudsat at en ø vil kunne funderes direkte på den eksisterende havbund. Om dette er korrekt vil blive verificeret når der foreligger detaljerede data for geoteknik på de pågældende lokaliteter. Hvis det viser sig at der er tynde og øvre dyndlag på op til 1-1,5 m kan der eventuelt anvendes "offerlag" i form af filterlag af grus lagt ovenpå blødt materiale, uden nogen form for afgravning.

Plan samt længde og tværsnit er vist i bilag D-1 til D-3. Tværsnit er gengivet i Figur 6-1.



Figur 6-1 Tværsnit af perimeterdæmning

Øen forventes opbygget af fire forskellige typer materialer:

- > Marint sand som indvindes fra miljø-godkendte indvindingsområder. Dette foregår formentlig med standard "cutter-suction" uddybningsudstyr. Sandet sejles til ø-lokaliteten og indpumpes med rørledning
- > Sandet udgør en del af øens kerne, og for at det kan holdes på plads under indpumpning vil der blive opbygget trapezformede undersøiske barrierer af

ral eller usorteret sprængsten, som vist med orange på figuren. Disse opbygges successivt til et højere niveau, indtil man når over vandspejlet. Selve kystbeskyttelsen ud mod havet på perimeteren og rundt langs øens yderside består af sprængsten af forskellig størrelse, vægt og gradering; så beskyttelsen er stabil mod bølgepåvirkning.

Ral forventes at komme fra grusgrave i Danmark, f.eks. fra Djursland; mens sprængsten vil komme fra stenbrud i Sverige eller Norge. Transporten af disse materialer vil ske på diverse typer pramme (barges), og udlægning ske enten direkte fra barge for kernematerialer (f.eks. fra splitbarges), eller hvis stenmaterialerne skal i land på øen med diverse stenudlægningsgrej, som store "gravemaskiner".

- > Det er sandsynligt, at dele af materialer fra tunnelen (enten boret eller sænketunnel) vil være egnet som fyldmateriale til en del af øen. Dette er på figuren vist skematisk med violet. Dette materiale kan først benyttes når hele øen er inddæmmet med sand, ral og stenmaterialer og vand-gennem-sivningen sikret med ramning af spunsen.
Hvor stor en procentdel af materialet til øen som kan komme fra tunnelprojektet kan ikke afgøres på nuværende tidspunkt, men det er en klar fordel at benytte så meget som muligt. I Sprogø-projektet blev der benyttet materiale fra kompensationsudgravningerne rundt om Sprogø, og til Peberholm-projektet blev der benyttet materiale fra udgravning til sænketunnelen mellem Amager og Peberholm.
- > Der er desuden her vist en spunsvæg. Denne har til formål at begrænse vandgennemstrømning fra havet til øens midte som er beliggende under havoverfladen. Denne rammes fra land, fra en midlertidig arbejdsvej, som vist på figuren. Spunsen, der ikke går helt op til kronen af perimeterkonstruktionen rammes løbende med at perimeteren udbygges.

Alle de ovennævnte materialer er relativt rene, og uden et større indhold af silt og ler; så der regnes med et relativt lille sedimentspild ved øens opbygning.

Det er vurderet, at det vil tage ca. 3 år at anlægge en kunstig ø.

6.1 KKØ-3.1 Asnæs Syd - Kunstig ø - Vesborg Fyr (Sænketunnel/Lavbro)

6.1.1 Lavbro

Lavbro for KKØ-3.1 er udformet på samme måde som lavbrodelen af KKV-2.1. Anlægselementer er som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-17 til B-20 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Anlægsmetoder er som beskrevet for højbro-piller i afsnit 3.1.2.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-17 til B-20.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-1 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.1 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Samsø	Østlige del start Kunstig ø	-
Arbejdsdage	218	216	-
Afgravet mængde [m ³]	352.000	349.000	701.000
Spild [m ³]	12.000	12.000	24.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-17 til B-20.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-2 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.1 lavbro arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	56
Afgravet mængde [m ³]	222.000
Spild [m ³]	8.000

6.1.2 Sænketunnel

Sænketunnellens udformning og udførelse for denne linjeføring (KKØ-3.1) er som beskrevet i afsnit 2 og afsnit 4.

- Sænketunnellens længde er 15,6km
- Gennemsnitsudgravningsdybden er 12,1m

Udgravnings- og tilbagefyldsvolumener er givet i Tabel 6-3.

Tabel 6-3 Afgravnings- og tilbagefyldvolumener

Tunnelprofil	Afgravningsmængde m ³	Tunnel volumen m ³	Tilbagefyld til oprindeligt hav- bunds niveau. m ³
4+0	19.200.000	4.900.000	14.300.000
4+1	21.000.000	6.100.000	14.900.000
4+2	22.500.000	7.200.000	15.300.000

6.1.3 Kunstig ø

Den kunstige ø's udformning af perimeter og udførelse for denne linjeføring (KKØ-3.1) er som beskrevet tidligere i dette afsnit 6.

Afsætningspunkt er defineret for østlige ende ved overgang fra sænketunnel til cut & cover tunnel (station 45.600) og vestlige ende ved centerlinje landfæste af bro (station 46.650) og kan findes i bilag C-7.

Længden af perimeterdæmningen og mængden af sandfyld og fyldmateriale fra tunnel i perimeterdæmningen under kote +0,0 m er sammenfattet i følgende tabel.

Tabel 6-4 Længder og fyldmængder perimeterdæmning

Løsning	Perimeterlængde [m]	Sand [m ³]	Materiale fra tunnel [m ³]
4+0	1.980	1.800.000	1.000.000
4+1 og 4+2	2.380	2.100.000	1.200.000

6.1.4 Kunstigt rev

Kunstigt rev er beliggende nord for lavbroen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.5.1.

6.2 KKØ-3.2 Asnæs Nord - Kunstig ø - Vesborg Fyr (Boret tunnel/Lavbro)

6.2.1 Lavbro

Lavbrodelen af korridor KKØ-3.2 svarer til lavbrodelen af korridor KKØ-3.1 hvorfor der henvises til afsnit 6.1.1.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-21 til B-23.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-5 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.2 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Samsø	Østlige del start Kunstig ø	-
Arbejdsdage	218	213	-
Afgravet mængde [m ³]	352.000	345.000	697.000
Spild [m ³]	12.000	12.000	24.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-21 til B-23.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-6 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.2 lavbro arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	54
Afgravet mængde [m ³]	217.000
Spild [m ³]	8.000

6.2.2 Boret tunnel

Den borede tunnels udformning og udførelse for denne linjeføring (KKØ-3.2) er som beskrevet i afsnit 5.

Tunnellængden er 15.8km (delrapport februar 2020 [1]).

Tabel 6-7 Boret volumener

	TBM Diameter (ydre)	Boret volumen per m (areal)	Total volumen
4+0	Til vej: 15,94 m Ingen jernbane	199,6 m ³ /m	3.200.000 m ³
4+2	Til vej: 15,94 m Til jernbane: 16,94 m	425,0 m ³ /m	6.700.000 m ³

6.2.3 Kunstig ø

Den kunstige øs udformning af perimenter og udførelse for denne linjeføring (KKØ-3.2) er som beskrevet tidligere i dette afsnit 6. Afsætningspunkter er

defineret for østlige ende ved overgang fra boret tunnel til cut & cover tunnel (station 44.000) og vestlige ende ved centerlinje landfæste af bro (station 45.500) og kan findes i bilag C-8.

Længden af perimeterdæmningen og mængden af sandfyld og fyldmateriale fra tunnel i perimeterdæmningen under kote +0,0 m er sammenfattet i følgende tabel.

Tabel 6-8 Længder og fyldmængder perimeterdæmning

Løsning	Perimeterlængde [m]	Sand [m ³]	Materiale fra tunnel [m ³]
4+0	3.012	2.700.000	1.500.000
4+1 og 4+2	3.462	3.100.000	1.800.000

6.2.4 Kunstigt rev

Kunstigt rev er beliggende nord for lavbroen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.5.1.

6.3 KKV-1.1 Onsbjerg Nord - Kunstig ø - Hou (Sænketunnel/Lavbro)

6.3.1 Lavbro

Lavbro for KKV-1.1 er udformet på samme måde som lavbrodelen af KKV-2.1. Anlægslementer er som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-24 til B-26 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodafttryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Anlægsmetoder er som beskrevet for højbro-piller i afsnit 3.1.2.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Jylland og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-24 til B-26.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-9 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-1.1 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Jylland	Østlige del start kunstig ø	-
Arbejdsdage	176	172	-
Afgravet mængde [m ³]	285.000	278.000	563.000
Spild [m ³]	10.000	10.000	20.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-24 til B-26.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-10 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-1.1 lavbro arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	49
Afgravet mængde [m ³]	194.000
Spild [m ³]	7.000

6.3.2 Sænketunnel

Sænketunnellens udformning og udførelse for denne linjeføring (KKV-1.1) er som beskrevet i afsnit 2 og afsnit 4.

- Sænketunnellens længde er 11,2km
- Gennemsnitsudgravningsdybden er 11,4m

Udgravnings- og tilbagefyldsvolumener er givet i Tabel 6-11.

Tabel 6-11 Afgravnings- og tilbagefyldsvolumener

Tunnelprofil	Afgravningsmængde m ³	Tunnel volumen m ³	Tilbagefyld til oprindeligt hav- bunds niveau. m ³
4+0	12.700.000	3.500.000	9.200.000
4+1	13.900.000	4.400.000	9.500.000
4+2	15.100.000	5.200.000	9.900.000

6.3.3 Kunstig ø

Den kunstige øs udformning af perimeter og udførelse for denne linjeføring (KKV-1.1) er som beskrevet tidligere i dette afsnit 6. Afsætningspunkter er defineret for østlige ende ved overgang fra sænketunnel til cut & cover tunnel (station 21.200) og vestlige ende ved centerlinje landfæste af bro (station 22.250) og kan findes i bilag C-9.

Længden af perimeterdæmningen og mængden af sandfyld og fyldmateriale fra tunnel i perimeterdæmningen under kote +0,0 m er sammenfattet i følgende tabel.

Tabel 6-12 Længder og fyldmængder perimeterdæmning

Løsning	Perimeterlængde [m]	Sand [m ³]	Materiale fra tunnel [m ³]
4+0	1.980	1.600.000	500.000
4+1 og 4+2	2.380	2.000.000	600.000

6.4 KKØ-2.5 Røsnæs Syd - Kunstig ø - Hjalmsgård (Boret tunnel/Lavbro)

6.4.1 Lavbro

Lavbrodelen af korridor KKØ-2.5 svarer til lavbrodelen af korridor KKØ-3.1 hvorfor der henvises til afsnit 6.1.1.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-27 til B-29.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-13 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.5 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Samsø	Østlige del start Kunstig ø	-
Arbejdsdage	143	140	-
Afgravet mængde [m ³]	231.000	226.000	457.000
Spild [m ³]	8.000	8.000	16.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-27 til B-29.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-14 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-2.5 lavbro arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	33
Afgravet mængde [m ³]	130.000
Spild [m ³]	5.000

6.4.2 Boret tunnel

Den borede tunnels udformning og udførelse for denne linjeføring (KKØ-2.5) er som beskrevet i afsnit 5.

Tunnellængden er 14.2 km.

Tabel 6-15 Boret volumener

	TBM Diameter (ydre)	Boret volumen per m (areal)	Total volumen
4+0	Til vej: 15,94 m Ingen jernbane	199,6 m ³ /m	2.800.000 m ³
4+2	Til vej: 15,94 m Til jernbane: 16,94 m	425,0 m ³ /m	6.100.000 m ³

6.4.3 Kunstig ø

Den kunstige øs udformning af perimenter og udførelse for denne linjeføring (KKØ-2.5) er som beskrevet tidligere i dette afsnit 6. Afsætningspunkter er defineret for østlige ende ved overgang fra boret tunnel til cut & cover tunnel (station 30.900) og vestlige ende ved centerlinje landfæste af bro (station 32.400) og kan findes i bilag C-10.

Længden af perimeterdæmningen og mængden af sandfyld og fyldmateriale fra tunnel i perimeterdæmningen under kote +0,0 m er som for KKØ-3.2, se afsnit 6.2.3.

6.4.4 Kunstigt rev

Kunstigt rev er beliggende nord for lavbroen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.5.1.

6.5 KKØ-3.3 Asnæs Syd - Kunstig ø - Samsø Syd (Sænketunnel/Lavbro)

6.5.1 Lavbro

Lavbro for KKØ-3.3 er udformet på samme måde som lavbrodelen af KKØ-3.1 men er kortere da den stopper ved Samsø Syd. Anlægselementer er som beskrevet i afsnit 6.1.1.

I bilag B-56 til B-58 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Anlægsmetoder er som beskrevet for højbro-piller i afsnit 3.1.2.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø Syd og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-56 til B-58.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-16 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.3 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Samsø Syd	Østlige del start Kunstig ø	-
Arbejdsdage	164	162	-
Afgravet mængde [m ³]	265.000	262.000	527.000
Spild [m ³]	9.000	9.000	18.000

Der ikke er behov for afgravning til arbejds kanal da vanddybden er over 6 m på hele brostrækningen.

6.5.2 Sænketunnel

Sænketunnellen er identisk til KKØ-3.1 hvorfor der henvises til afsnit 6.1.2.

6.5.3 Kunstig ø

Den kunstige ø er identisk til KKØ-3.1 hvorfor der henvises til afsnit 6.1.3.

6.5.4 Kunstigt rev

Kunstigt rev er beliggende nord for lavbroen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.5.1.

6.6 KKØ-3.4 Asnæs Nord - Kunstig ø - Samsø Syd (Boretunnel/Lavbro)

6.6.1 Lavbro

Lavbro for KKØ-3.4 er udformet på samme måde som lavbrodelen af KKØ-3.2 men er kortere da den stopper ved Samsø Syd. Anlægs elementer er som beskrevet i afsnit 6.2.1.

I bilag B-59 til B-61 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fødaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Anlægs metoder er som beskrevet for højbro piller i afsnit 3.1.2.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø Syd og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-59 til B-61.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-17 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-3.4 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Samsø Syd	Østlige del start Kunstig ø	-
Arbejdsdage	164	159	-
Afgravet mængde [m ³]	265.000	257.000	522.000
Spild [m ³]	9.000	9.000	18.000

Der ikke er behov for afgravning til arbejdskanal da vanddybden er over 6 m på hele brostrækningen.

6.6.2 Boret tunnel

Den borede tunnel er identisk til KKØ-3.2 hvorfor der henvises til afsnit 6.2.2.

6.6.3 Kunstig ø

Den kunstige ø er identisk til KKØ-3.2 hvorfor der henvises til afsnit 6.2.3.

6.6.4 Kunstigt rev

Kunstigt rev er beliggende nord for lavbroen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.5.1.

6.7 KKØ-4.1 Asnæs Nord - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Boret tunnel/Lavbro)

6.7.1 Lavbro

Lavbrodelen af korridor KKØ-4.1 svarer til lavbrodelen af korridor KKØ-3.1 hvorfor der henvises til afsnit 6.1.1.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-62 til B-64.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-18 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-4.1 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Samsø	Østlige del start Kunstig ø	-
Arbejdsdage	142	141	-
Afgravet mængde [m ³]	230.000	228.000	458.000
Spild [m ³]	8.000	8.000	16.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-62 til B-64.

Varighed, afgravningsmængder og spilmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-19 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-4.1 lavbro arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	22
Afgravet mængde [m ³]	87.000
Spild [m ³]	3.000

6.7.2 Boret tunnel

Den borede tunnels udformning og udførelse for denne linjeføring (KKØ-4.1) er som beskrevet i afsnit 5.

Tunnellængden er 16.4 km.

Tabel 6-20 Boret volumener

	TBM Diameter (ydre)	Boret volumen per m (areal)	Total volumen
4+0	Til vej: 15,94 m Ingen jernbane	199,6 m ³ /m	3.300.000 m ³
4+2	Til vej: 15,94 m Til jernbane: 16,94 m	425,0 m ³ /m	7.000.000 m ³

6.7.3 Kunstig ø

Den kunstige øs udformning af perimeter og udførelse for denne linjeføring (KKØ-4.1) er som beskrevet tidligere i dette afsnit 6. Afsætningspunkter er defineret for østlige ende ved overgang fra boret tunnel til cut & cover tunnel

(station 54.600) og vestlige ende ved centerlinje landfæste af bro (station 56.100) og kan findes i bilag C-20.

Længden af perimeterdæmningen og mængden af sandfyld og fyldmateriale fra tunnel i perimeterdæmningen under kote +0,0 m er som for KKØ-3.2, se afsnit 6.2.3.

6.7.4 Kunstigt rev

Kunstigt rev er beliggende nord for lavbroen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.5.1.

6.8 KKØ-4.3 Asnæs Syd - Kunstig ø - Hjalmarsgård (Sænketunnel/Lavbro)

6.8.1 Lavbro

Lavbrodelen af korridor KKØ-4.3 svarer til lavbrodelen af korridor KKØ-3.1 hvorfor der henvises til afsnit 6.1.1. I bilag B-65 til B-67 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-3 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Anlægsmetoder er som beskrevet for højbropper i afsnit 3.1.2.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Samsø og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-65 til B-67.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-21 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-4.3 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Samsø	Østlige del start Kunstig ø	-
Arbejdsdage	148	144	-
Afgravet mængde [m ³]	239.000	233.000	472.000
Spild [m ³]	8.000	8.000	16.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-65 til B-67.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-22 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKØ-4.3 lavbro arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	25
Afgravet mængde [m ³]	101.000
Spild [m ³]	4.000

6.8.2 Sænketunnel

Sænketunnellens udformning og udførelse for denne linjeføring (KKØ-4.3) er som beskrevet i afsnit 2 og afsnit 4.

- Sænketunnellens længde er 16.4km (eksklusiv cut & cover tunneldel) - Gennemsnitsudgravningsdybden er 12,8 m

Afsætningsdata er inkluderet i bilag C-21 med samme format som for broer, se beskrivelse i afsnit 3. Data er givet ved fuger mellem tunnelelementer, dvs. per 200m interval.

Udgravnings- og tilbagefyldsvolumener er givet i Tabel 6-23.

Tabel 6-23 Afgravnings- og tilbagefyldvolumener

Tunnelprofil	Afgravningsmængde m ³	Tunnel volumen m ³	Tilbagefyld til oprindeligt havbunds niveau. m ³
4+0	21.800.000	3.900.000	17.900.000
4+1	23.800.000	5.100.000	18.700.000
4+2	25.500.000	6.200.000	19.300.000

6.8.3 Kunstig ø

Den kunstige ø's udformning af perimeter og udførelse for denne linjeføring (KKØ-4.3) er som beskrevet tidligere i dette afsnit 6.

Afsætningspunkt er defineret for østlige ende ved overgang fra sænketunnel til cut & cover tunnel (station 56.400) og vestlige ende ved centerlinje landfæste af bro (station 57.450) og kan findes i bilag C-21.

Længden af perimeterdæmningen og mængden af sandfyld og fyldmateriale fra tunnel i perimeterdæmningen under kote +0,0 m er som for KKØ-3.1, se afsnit 6.1.3.

6.8.4 Kunstigt rev

Kunstigt rev er beliggende nord for lavbroen og er udformet som beskrevet i afsnit 3.5.1.

6.9 KKV-1.2 Onsbjerg Syd - Kunstig ø - Hou (Sænketunnel/Lavbro)

6.9.1 Lavbro

Lavbro for KKV-1.2 er udformet på samme måde som lavbrodelen af KKV-2.1. Anlægselementer er som beskrevet i afsnit 3.2.1.

I bilag B-68 til B-70 er geometri af ækvivalente rektangulære kasser 1-4 beregnet sammen med afgravningsarealer (fodaftryk) i niveau med havbund og bund af udgravning samt afgravningsvolumen.

Anlægsmetoder er som beskrevet for højbropiller i afsnit 3.1.2.

To arbejdsfronter er antaget, en startende fra Jylland og en startende fra den kunstige ø. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for hvert fundament kan findes i bilag B-68 til B-70.

Varighed for de 2 arbejdsfronter, afgravningsmængder og spildmængder er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-24 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-1.2 lavbro

Arbejdsfront	1	2	I alt
Område	Vestlige del start Jylland	Østlige del start kunstig ø	-
Arbejdsdage	176	172	-
Afgravet mængde [m ³]	285.000	278.000	563.000
Spild [m ³]	10.000	10.000	20.000

Produktionsrate for afgravning til arbejdskanal er vurderet til 4000 m³ om dagen med en arbejdsfront. Spildprocent er vurderet til at være 3,5%. Beregninger for arbejdskanalkanal tilhørende hvert fundament kan findes i bilag B-68 til B-70.

Varighed, afgravningsmængder og spildmængder for arbejdskanal er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6-25 Varighed af afgravninger, mængder og spild KKV-1.2 lavbro arbejdskanal

Arbejdskanal	I alt
Arbejdsdage	29
Afgravet mængde [m ³]	115.000
Spild [m ³]	4.000

6.9.2 Sænketunnel

Sænketunnellens udformning og udførelse for denne linjeføring (KKV-1.2) er som beskrevet i afsnit 2 og afsnit 4.

- Sænketunnellens længde er 11,5 km (eksklusiv cut & cover tunneldel)
- Gennemsnitsudgravningsdybden er 11,6 m

Afsætningsdata er inkluderet i bilag C-22 med samme format som for broer, se beskrivelse i afsnit 3. Data er givet ved fuger mellem tunnelelementer, dvs. per 200m interval, dog er der et spring på 500 m fra land ved Samsø.

Udgravnings- og tilbagefyldsvolumener er givet i Tabel 6-26.

Tabel 6-26 Afgravnings- og tilbagefyldvolumener

Tunnelprofil	Afgravningsmængde m ³	Tunnel volumen m ³	Tilbagefyld til oprindeligt hav- bunds niveau. m ³
4+0	13.300.000	2.800.000	10.500.000
4+1	14.600.000	3.600.000	11.000.000
4+2	15.700.000	4.300.000	11.400.000

6.9.3 Kunstig ø

Den kunstige øs udformning af perimeter og udførelse for denne linjeføring (KKV-1.2) er som beskrevet tidligere i dette afsnit 6.3.3. Afsætningspunkter er defineret for østlige ende ved overgang fra sænketunnel til cut & cover tunnel (station 21.500) og vestlige ende ved centerlinje landfæste af bro (station 22.550) og kan findes i bilag C-22.

Længden af perimeterdæmningen og mængden af sandfyld og fyldmateriale fra tunnel i perimeterdæmningen under kote +0,0 m er som for KKV-1.1, se afsnit 6.3.3.

7 Referencer

[1] Indledende linjeføringsovervejelser for en Kattegatforbindelse – Delrapport, marts 2020

[2] Geologisk og geoteknisk screening - Fagnotat, november 2019

Bilag A Bro – skitser

Bilag B Bro – geometri (pdf og Excel)

Bilag C Afsætningsdata (Excel)

- C-1: KKØ-2.1-bro
- C-2: KKV-2.1-bro
- C-3: KKV-3.1-bro
- C-4: KKØ-2.1-tunnel
- C-5: KKØ-1.1-bro
- C-6: KKØ-3.1-bro
- C-7: KKØ-3.1-brotun
- C-8: KKØ-3.2-brotun
- C-9: KKV-1.1-brotun
- C-10: KKØ-2.5-brotun
- C-11: KKV-2.3-bro
- C-12: KKV-3.4-bro
- C-13: KKØ-2.2-bro (modelkørsel fravalgt og bilag derfor ikke inkluderet)
- C-14: KKØ-2.3-bro (modelkørsel fravalgt og bilag derfor ikke inkluderet)
- C-15: KKØ-2.4-bro (modelkørsel fravalgt og bilag derfor ikke inkluderet)
- C-16: KKV-2.2-bro (modelkørsel fravalgt og bilag derfor ikke inkluderet)
- C-17: KKV-3.2-bro
- C-18: KKØ-3.3-brotun (identisk til KKØ-3.1-brotun og bilag derfor ikke inkluderet, anvend i stedet bilag C-7 men se bort fra station 54+450 og fremefter)
- C-19: KKØ-3.4-brotun (modelkørsel fravalgt og bilag derfor ikke inkluderet)
- C-20: KKØ-4.1-brotun (modelkørsel fravalgt og bilag derfor ikke inkluderet)
- C-21: KKØ-4.3-brotun (tunnel tilføjet og uploadet 02-12-2020)
- C-22: KKV-1.2-brotun (tunnel tilføjet og uploadet 02-12-2020)
- C-23: KKØ-2.6-tunnel
- C-24: KKØ-4.3-bro**

Bilag markeret med fed skrift er revideret i nærværende version.

Bilag D Kunstig ø – skitser