

Thyborøn Kanal og Vestlige Limfjord

Teknisk resumé

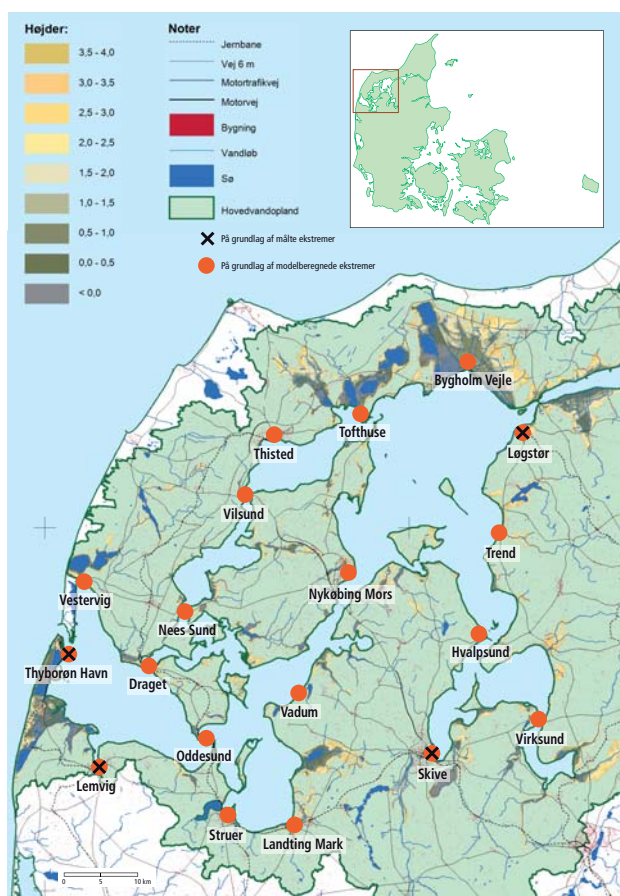


September 2012

1 Indledning	4
Resumé og konklusion	4
Baggrund	5
Thyborøn Kanal fra 1868 til nu	5
2 Udfordringerne i Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjord.	7
Udviklingen i stormflodsvandstandene	7
Andre betydende udfordringer i og omkring Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjord	8
3 Mulige fremtidige strategier for håndtering af udviklingen i kanalen	11
Sammenfatning	11
Strategi 1: Fortsættelse af hidtidig udvikling af Thyborøn Kanal - udbygning af kystbeskyttelsen i Limfjorden – 0-alternativ	12
Strategi 2: Begrænsning af indstrømningen	13
Udbygning af hofde 58/59	13
Udbygning af hofde 63, så kanalen indsnævres mellem hofde 63 og 68	14
Forlængelse af hofder på sydenden af Agger Tange	15
Fremrykning af havneindsejlingen	16
Barriere på fjordgrundene	16
Dæmning med skibsfartssluse inkl. forlængelse af hofde 58/59	17
Højvandsbarriere - Lukning af kanalen under stormfloder	18
4 Økonomiske betragtninger	19

Resumé og konklusion

Kystdirektoratet har i perioden 2009 til 2012 gennemført en undersøgelse af udviklingen af Thyborøn Kanal og dennes betydning for stormflodsvandstandene i den vestlige del af Limfjorden. Resultatet er rapporteret i tre rapporter; en der gennemgår den historiske udvikling af kanalen, en som omhandler undersøgelse af stormfloder i den vestlige Limfjord samt en teknisk samlerapport, hvori der udover stormflodsvandstandene er analyseret en række andre udfordringer i Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjord. Undersøgelsen omfatter analyse af 7 løsningsmodeller for de analyserede udfordringer og et 0-alternativ, hvori det antages, at håndteringen af kanalen og den vestlige Limfjord fortsættes som i dag.



Figur 1: Thyborøn kanal og den vestlige Limfjord. De orange punkter viser, hvor der er modelleret en højvandsstatistik, og stationer med x viser, hvor der er udarbejdet reviderede højvandsstatistikker.

I undersøgelsen er den vestlige Limfjord defineret som området fra Thyborøn Kanal og indtil Aggersund lige nordøst for Løgstør, se figur 1.

Analyserne viser, at den hidtidige morfologiske¹ udvikling af Thyborøn Kanal og havspejlsstigningen har medført en stigning i stormflodsvandstandene på 35 cm i de seneste 50 år og vil medføre en yderligere 59 cm stigning i stormflodsvandstandene over de næste 50 år. Som et led i undersøgelsen er der endvidere udarbejdet en ny højvandsstatistik².

De øgede stormflodsvandstande er ikke den eneste udfordring eller konsekvens af Thyborøn Kanals ændrede morfologi. Oprensningsmængderne er i de seneste år steget og bølgeuro i Thyborøn Havn har betydet, at staten har stigende omkostninger i forbindelse med, at en såkaldt sandpude³ ved havnen kontinuerligt skal fjernes. I fremtiden vil behovet for sand til kystfodring på Limfjordstangerne stige som følge af klimaændringerne, hvilket også vil medføre øgede omkostninger. De afledte konsekvenser af fjernelse af sandpuden og en eventuel uddybning af Thyborøn Kanal betyder, at stormflodsvandstandene øges yderligere.

De ovenstående forhold er analyseret, og der er foretaget en analyse af, hvilke løsninger i og omkring Thyborøn Kanal, der bedst tager hånd om udfordringerne.

Undersøgelsen konkluderer, at der kan spares fremtidige bevillinger i forhold til 0-alternativet, hvis der vælges en løsning, hvor hofde 58/59⁴ forlænges, så der ikke sker en stigning i stormflodsvandstandene frem til år 2060 i kanalen og i den vestlige Limfjord.

¹ Morfologi er ændringer i formen (bund og sider).

² Højvandsstatistik er en statistik, der viser hvor ofte en given vandstand forekommer eller overskrides. F.eks. vil en 50 års middeltidsvandstand på 2 meter betyde, at der statistisk set over en længere periode vil forekomme en stormflodsvandstand på 2 meter eller derover hvert 50. år. Statistikken er trendfri, hvilket betyder, at den er renset for tidslige udviklinger så som havspejlsstigninger. Dette medfører, at en trendfri stormflodsvandstand for 50 år siden kan sammenlignes direkte med en trendfri stormflodsvandstand i dag.

³ Sandpuden er en sandbanke, der vokser op mellem hofde 63 og 65 på Harboøre Tange, se figur 5.

⁴ Uddybning af hofde 58 eller 59. Der er på nuværende tidspunkt ikke taget stilling til hvilken hofde, der udbygges.

Baggrund

Baggrunden for undersøgelsen skal findes i de mange forhold, der påvirker Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjords morfologiske udvikling, herunder også de historiske beslutninger. De mest betydende begrundelser er listet herunder:

- Ved ophævelsen⁵ af Thyborøn Loven fra 1946, blev det indstillet til ministeren "... , at vandbygningsvæsenet⁶ holder den fortsatte udvikling under observation og viderefører de fornødne sikringsarbejder, samt på længere sigt fortsætter allerede påbegyndte overvejelser for i givet fald at kunne anviser løsninger af Thyborøn-spørgsmålet i overensstemmelse med 1946-lovens principper gennem andre og billigere tekniske løsninger"⁷. Kystdirektoratet er således pålagt at følge udviklingen og overveje en fremtidssikret løsning for udfordringerne i og omkring Thyborøn Kanal.
- Siden 1970 lovens vedtagelse er der foretaget mange analyser og udarbejdet adskillige rapporter om forholdene omkring Thyborøn Kanal. I perioden 1994 til 1999 blev der foretaget en grundig analyse⁸ 25 år efter ophævelsen af Thyborøn loven fra 1946 i år 1970. Denne rapport samlede op på de forudgående analyser, hvor fokus var på Limfjordstangerne og ikke på udviklingen i Limfjorden. For at sikre, at der i tide sættes ind mod uønskede ændringer, igangsatte Kystdirektoratet i 2009 en ny undersøgelse af forholdene omkring Thyborøn Kanal og denne gang også med fokus på den vestlige Limfjord.
- Thyborøn Kanal har i de seneste år ændret sig. Kanalen er blevet dybere, og hovedløbet har i dag et andet forløb end tidligere. En foreløbig analyse har påvist, at dette med stor sandsynlighed har betydning for stormflodsvandstandene i den vestlige del af Limfjorden, hvorfor dette undersøges nærmere.
- I Thyborøn Kanal har der ikke været tilsandinger i en 20-årig periode frem til 2007. I de seneste år har der imidlertid været problemer med kontinuerligt at overholde den garanterede dybde på 8 meter i sejløbet. For at opfylde forpligtigelsen har Kystdirektoratet siden februar 2007 ad flere omgange foretaget ekstraordinære oprensninger.
- I tilknytning til problemet med tilstrækkelig vanddybde har Thyborøn Havn de senere år oplevet forværrede bølgeforhold ved ydermolerne og inde i selve havnen. Det ønskes undersøgt, om fjernelsen af sandpuden har nedsat bølgeuroen, og i hvilket omfang sandpuden påvirker bølgeuroen.

- Oprensningsbehovet af sandpuden og indsejlingskorridoren til Thyborøn Kanal vil fortsat være stigende i de følgende år⁹.
- Kystdirektoratet har store udgifter til kystbeskyttelse af Limfjordstangerne. De fremtidige udgifter til kystbeskyttelse af Limfjordstangerne vil være stigende bl.a. som følge af klimaforandringerne og Thyborøn Kanals udvikling.
- Høfderne på Agger Tanges sydende er under et stigende pres, og i forbindelse med oplæg til "Fællesaftalestrækningen Lodbjerg-Nymindegab – Status på kystudviklingen samt forslag til fremtidig indsats 2014-18" (august 2012) foreslås et større beløb anvendt til at fastholde kystbeskyttelsen.
- Ønske om 10 meters vanddybde i sejløbet ind til Thyborøn Havn.

Thyborøn Kanal fra 1868 til nu

Thyborøn Kanal har, som vi kender den i dag, været åben for sejlads siden 1868, og det har været vigtigt for udviklingen både lokalt og regionalt at holde Limfjordstangerne stabile og dermed sikre indsejlingen til Limfjorden fra Nordsøen.

I årtierne efter Thyborøn Kanals dannelse var den ikke stabil. Der var en kraftig udvikling med erosion af kysten og i kanalen.

For at stabilisere Limfjordstangerne blev der allerede fra 1875 og frem bygget høfder på Limfjordstangerne. Efter en kort årrække blev det nødvendigt at stabilisere Thyborøn Kanal, og der blev derfor også opført høfder inde i kanalen. Fra midten af 1930'erne diskuterede man, hvorledes Thyborøn by kunne sikres, da der skete en meget kraftig erosion af Limfjordstangerne. Datidens eksperter var usikre på, om det ville være muligt at sikre byen mod stormflod i fremtiden.

I 1946 blev der vedtaget en anlægslov¹⁰, der skulle sikre Agger og Thyborøn byer samt landbrugets interesser. Den valgte løsning medførte, at Thyborøn Kanal skulle lukkes med en dæmning inklusiv en skibsfartssluse og en gennemstrømningsluse. Arbejdet med sikkerhedsdæmningerne blev påbegyndt og kan i dag ses som de to store bane- og vejanlæg på henholdsvis Agger og Harboøre tanger. Projektet blev ikke fuldt ud gennemført, fordi der op gennem 1950'erne igen opstod diskussion om kanallukningen, bl.a. i en doktordisputats¹¹, hvor der blev stillet spørgsmålstegn ved nødvendigheden af kanallukningen. Regeringen valgte at nedsætte et nyt udvalg i 1957. Udvalget kom med en betænkning i 1968, og

⁵ Lov om ophævelse af lov om foranstaltninger til sikring af Limfjordstangerne, Thyborøn havn og Thyborøn kanal - lov nr. 477 af 9. december 1970.

⁶ Nu Kystdirektoratet.

⁷ Limfjordstangerne, 1975. Kystinspektoretet.

⁸ Thyborøn 25 års eftersyn, 1999. Kystinspektoretet.

⁹ Budgetanalyse af KDI's oprensningssopgave, 2011.

¹⁰ "Loven om Foranstaltninger til Sikring af Limfjordstangerne, Thyborøn Havn og Thyborøn Kanal" - LOV nr. 454 af 14. august 1946.

¹¹ Bruun, Per (1954), Coast Stability, Doktordisputats ved Danmarks tekniske Højskole.

udvalgets arbejde medførte, at Folketinget i 1970 ophævede Thyborøn Loven fra 1946. Som tidligere beskrevet fik Kystdirektoratet dog til opgave at følge udviklingen og komme med et nyt udspil til, hvorledes der kunne findes en helhedsorienteret og fremtidssikret løsning for Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjord.

Fra Thyborøn Kanals dannelse og frem til i dag er kanaltværsnittet vokset som følge af, at åbningen konstant forsøger at tilpasse sig en ligevægt med vandudvekslingen mellem Nordsøen og den vestlige Limfjord.

Beliggenheden af Thyborøn Kanal har i store træk været stabil frem til 1983. I perioden fra 1983 til 2009 har Thyborøn Kanals sejløb imidlertid flyttet sig ca. 300 meter mod øst ud for Thyborøn Havn.

De morfologiske ændringer har medført en række uhensigtsmæssigheder, der beskrives i det følgende afsnit.

Udfordringerne i Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjord

Udviklingen i stormflodsvandstandene

En af de største udfordringer i Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjord er stigningen i stormflodsvandstandene.

I rapporten "Thyborøn Kanal 2009"¹² er foretaget en historisk gennemgang af de tiltag, der har været på Limfjordstangerne og i Thyborøn Kanal for at klarlægge, hvilke tiltag og strategier, der har været benyttet gennem tiden. Herefter er foretaget en analyse af ændringerne i klimatiske og hydrologiske forhold i samme periode samt en morfologisk analyse af løb og flader i den vestlige Limfjord. Rapporten konkluderer, at en sammenhæng mellem udviklingen af Thyborøn Kanal og udviklingen i stormflodsvandstande ikke kan udelukkes.

På denne baggrund er der foretaget en analyse af, hvordan stormflodsvandstandene har udviklet sig. Analysen af stormflodsvandstandene i den vestlige Limfjord bygger på en numerisk modellering af storme på kanalbathymetriene¹³ i 1958, 2005 og i år 2060, hvor 1958 og 2005 er valgt ud fra tilgængelige data og er suppleret med en fremskrivning af den hidtidige udvikling til år 2060 ud fra ønsket om at følge en udvikling af stormflodsvandstanden over tid¹⁴. For det øvrige område i den vestlige Limfjord er Farvandsvæsenets søopmåling anvendt.

For at kalibrere modellen blev en model af 2005 bathymetri en påvirket med 6 storme fra perioden 2002 til 2008. Herudover er der foretaget en følsomhedsanalyse for at se hvilke parametre, der er betydende for modellen. Modelleringen viste en afvigelse i

stormflodsvandstanden på mellem 0 og 20 cm, hvilket opfylder det opstillede kvalitetsmål. Der er udarbejdet en højvandsstatistik for hver af de tre modelårgange på baggrund af 31 højvandshændelser fra de modellerede storme.

Analysen viser, at på trods af høfdernes tilstedeværelse, har Thyborøn Kanal fortsat en naturlig udvidelse. Udviklingen vil fortsætte, indtil kanalen er i ligevægt med den daglige vandudveksling mellem Nordsøen og den vestlige Limfjord. Det er det mindste kanal tværsnit, som er bestemmende for hvor meget vand, der kan strømme ind i den vestlige Limfjord under storm. En konsekvens af den fortsatte naturlige forøgelse af det mindste tværsnit vil derfor, alt andet lige, være forøgede vandmængder i fjorden under storm og højere stormflodsvandstande end tidligere.

Modelleringen viser, at ændringerne i Thyborøn Kanals tværsnit betyder op til 29 cm højere stormflodsvandstande i 2005 i den vestlige Limfjord i forhold til en tilsvarende storm i 1958.

Stormflodsvandstanden vil dog afhænge af stormes styrke, varighed og retning samt lokaliteten i den vestlige Limfjord, se tabel 1. Dette er påvist gennem en detaljeret analyse af 6 forskellige storme samt modellering af 31 storme til brug for en ny højvandsstatistik².

Som eksempel er en stormflodsvandstand i 1958 i Lemvig øget fra 166 cm DVR90 til 192 cm DVR90; altså med 26 cm. Hertil kommer en relativ havspejlsstigning på 5 cm i perioden (1958-2005). Det betyder, at en stormflodsvandstand reelt er øget med 31 cm i perioden fra 1958 til 2005 for den samme storm i Lemvig, se tabel 1.

Højvandsstatistik	Metode	Station			
		Thyborøn	Lemvig	Løgstør	Skive
Med 1958 kanal tværsnit	Modellering	189	166	190	196
Nuværende statistik, 2007 ¹⁵	Statistik	184	177	181	184
Med 2005 kanal tværsnit	Korrigeret statistik	190	192	193	188
Med år 2060 kanal tværsnit	Korrigeret statistik	203	227	209	200

Tabel 1: Resultatet af analysen af stormflodsvandstandene og efterfølgende beregnet højvandsstatistik, se figur 1 for stedsangivelse. Tallene er vist i cm DVR90 som 50 års middeltidsvandstand. Til sammenligning er vist den nuværende højvandsstatistik fra 2007. I anden kolonne er metode for statistikken angivet. 1958 er resultatet af en ren modellering, 2005 og 2006 er en korrigeret statistik, se forklaring i kilde i fodnote 14.

¹² Knudsen, S.B., Sørensen, C., Toxvig Madsen, H. og Ingvarsdén, S.M., 2011. Thyborøn Kanal 2009 – Teknisk rapport. Kystdirektoratet. December 2011.

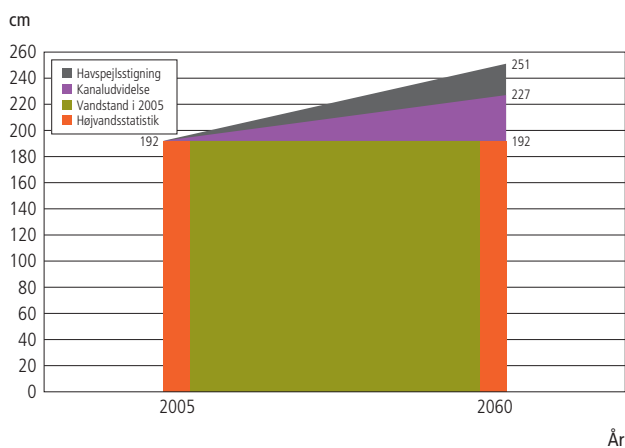
¹³ Bathymetri er havbundens niveauoverflade.

¹⁴ Christensen, B.B., 2011a. Stormflodsundersøgelse i Limfjorden. Modelgrundlag, kalibrering og følsomhedsanalyse. Teknisk Notat. Udarbejdet af DHI for Kystdirektoratet. Marts 2011. Christensen, B.B., 2011b. Stormflodsundersøgelse i Limfjorden. Teknisk Notat – ny bathymetri og uddybning til 10 meters vanddybde. Udarbejdet af DHI for Kystdirektoratet. Marts 2011.

¹⁵ Kystdirektoratet udgiver højvandsstatistikker for hele Danmark med 5 års mellemrum bl.a. til brug for Stormrådet. Seneste statistik er fra 2007.

For at modellere stormflodshændelserne i år 2060 er udviklingen af Thyborøn Kanal frem til år 2060 fremskrevet under forudsætning af, at Thyborøn Kanal fortsætter samme udvikling som hidtil. Der er i udformningen af 2060 bathymetrien lagt vægt på, at tværsnittets volumenforøgelse, overordnet set, svarer til den forventede udvikling og i mindre grad på, hvor i kanalen disse ændringer vil ske. Endvidere har en følsomhedsanalyse vist, at det alene har været nødvendigt at modificere bathymetrien omkring Thyborøn Kanal for at modellere storme i år 2060.

Som det fremgår af tabel 1 og figur 2, vil en stormflodsvandstand i Lemvig øges fra 192 cm til 227 cm DVR90 i perioden 2005-2060. Den samlede stigning kan opdeles i 2 bidrag – selve stormens styrke – altså de 192 cm, hvortil der i 2060 vil komme et ekstra bidrag fra kanaludviklingen på 35 cm. Herudover vil en formodet havspejlsstigning bidrage med 24 cm. Det betyder, at 50-års stormflodsvandstanden i år 2060 vil øges med op til 59 cm i forhold til 2005 i Lemvig.



Figur 2: Udvikling i 50-års vandstanden i Lemvig 2005-2060. De forskellige elementers bidrag er illustreret.

Stigningerne er størst i Nissum Bredning (Thyborøn og Lemvig), da vandet først skal passere indsnævringen ved Oddesund for at komme ind i den øvrige del af den vestlige Limfjord, hvorved effekten dæmpes.

Som det fremgår af tabel 1, er der en betydelig forskel mellem den nuværende og den korrigerede (nye) højvandsstatik. Den nuværende statistik er op til 15 cm lavere i forhold til den korrigerede statistik. Den mest betydende årsag er, at der ikke tidligere har været taget hensyn til kanaludviklingen. Reviderede højvandsstatistikker offentliggøres ultimo 2012.

I stormflodsvandstandsanalysen er der foretaget beregninger af, hvad fjernelse af sandpuden, som er beliggende i det mindste tværsnit, betyder for stormflodsvandstandene. Det er beregnet,

at fjernelsen af sandpuden i 2010 resulterede i en forøgelse på 4 cm af stormflodsvandstandene i Thyborøn Havn. Uddybningen af sejlrenden ind til Thyborøn Havn vil ligeledes få en effekt på de fremtidige stormflodsvandstande i den vestlige Limfjord. Effekten bliver i størrelsesorden 1 til 2 cm på en 50 års stormflodsvandstand i Thyborøn. Årsagen til at vandstanden ikke ændres mere er, at uddybningen kun i mindre grad påvirker det mindste tværsnit.

Konsekvensen af den højere vandstand i fremtiden er beskrevet i afsnittet "Mulige fremtidige strategier for håndtering af udviklingen i kanalen".

Andre betydende udfordringer i og omkring Thyborøn Kanal og den vestlige Limfjord

Høfderne på Limfjordstangerne har reduceret tilbagerykning af Limfjordstangerne, men har ikke kunnet standse tilbagerykningen. Der bruges i gennemsnit ca. 0,53 mio. m³ sand om året på kystfodring for at holde tangerne på deres nuværende position¹⁶.

Det er beregnet, at det gennemsnitlige fordringsbehov for de næste 50 år er på 0,60 mio. m³/år, hvis der ikke tages hensyn til klimaændringer, mens forstøjning og kanaludvidelsen medregnes. Med en forventet havspejlsstigning på 24 cm frem til år 2060, vil det fremtidige behov for kystfodring stige, hvis kysten skal holdes på dens nuværende position¹⁷. Stigningen i fodringsbehovet vil være mindst i starten og størst i år 2060, hvor behovet i 2050-2060 er beregnet til 0,71 mio. m³ om året.

Omkostningen pr. år er i dag ca. 21 mio. kr. Udgiften til kystfodringen vil i gennemsnit over de næste 50 år, uden kompensation for klimaændringer, være 24 mio. kr. om året, mens udgiften inklusiv klimaændringer vil være ca. 26 mio. kr. om året.

Hovedløbet gennem Thyborøn Kanal har siden 1983 forskudt sig mod nordøst, så kanalen nu ligger tættere ved Agger Tanges sydende, se figur 3, der viser ændringen i perioden 1937 til 2005. For at beskytte tangen, blev der på Agger Tanges sydende i 1960'erne opført en række høfder. Disse høfder er sidenhen ændret ad flere omgange for at følge kystlinjens tilbagerykning.

I 1990 blev der valgt en strategi med kontrolleret tilbagerykning af høfderne på Agger Tanges sydende. Med den viden Kystdirektoratet har i dag, ville fastholdelse eller udbygning af høfderne have været en bedre strategi for at sikre tangen og færgelejet. Især den sydligste af høfderne (høfde 65) er under pres og skal derfor repareres inden for kort tid.

¹⁶ Gennemsnittet er 2004 til 2008.

¹⁷ Jensen, J. og Sørensen, C., 2008. Fremskrivning af fodringsindsatsen på Vestkysten. Kystdirektoratet har beregnet det fremtidige fodringsbehov med en klimabetinget havspejlsstigning.



Figur 3: Hovedløbet i Thyborøn Kanal. Med rødt år 1937 og med sort år 2005.

Som det fremgår af figur 3, vil Thyborøn Kanals fortsatte bevægelse ind mod høfderne kræve, at der i løbet af et par år tages stilling til, hvad strategien for høfderne på Agger Tanges sydende skal være. Strategien med kontrolleret tilbagerykning af Agger Tange høfderne i Thyborøn Kanal kan ikke fortsætte frem til år 2060, fordi dette vil udgøre en trussel mod færgelejet på Agger Tange, se figur 4.



Figur 4: Stedsangivelse for høfde 65 og færgeleje på Agger Tanges sydspids.

En anden konsekvens af Thyborøn Kanals bevægelse mod Agger Tanges sydende er, at der aflejres sand på Thyborøn siden af kanalen. Det betyder, at der i området ud for Thyborøn Havns indsejling aflejres så meget sand, at det i 2007 for første gang blev nødvendigt at rense op i indsejlingen og i 2008 i fyrmlinjen (indsejlingen til Thyborøn Kanal), se figur 5. Der er foretaget en opgørelse af, hvor meget sand der oprenses i selve indsejlingen til Thyborøn Havn, i fyrmlinjen og på sandpuden. Vurdering af den fremtidige sandmængde er baseret på tal fra den korte periode med oprensning.



Figur 5: Oprensningsområder i Thyborøn Kanal. 1: fyrmlinjen, 2: sandpuden og 3: indsejlingen til Thyborøn Havn.

Oprensningsmængden¹⁸ i indsejlingen til Thyborøn Havn har gennemsnitligt været på 110.000 m³ om året. I denne undersøgelse er det skønnet, at den gennemsnitlige oprensningsmængde gradvist vil stige til 145.000 m³ om året i år 2060. I fyrmlinjen er der gennemsnitligt oprenset 18.000 m³ om året.

Af "Budgetanalyse af Kystdirektoratets oprensningsopgave 2011" fremgår, at der fremover skal bruges gennemsnitlig ca. 3,2 mio. kr. årligt til oprensning i kanalen ind til Thyborøn Havn. Denne udgift vil stige, så der i år 2060 skal anvendes ca. 4,3 mio. kr. (2011 priser) til oprensning i kanalen ind til Thyborøn Havn. Endvidere afhænger udgiften af, om og hvordan oprensningssandet kan nyttiggøres. Udgiften for staten vil samlet set blive mindre, hvis oprensningssandet nyttiggøres til fodring på Limfjordstangerne i stedet for klappning. Udgiften vil dog afhænge af, hvordan Thyborøn Kanal håndteres i fremtiden.

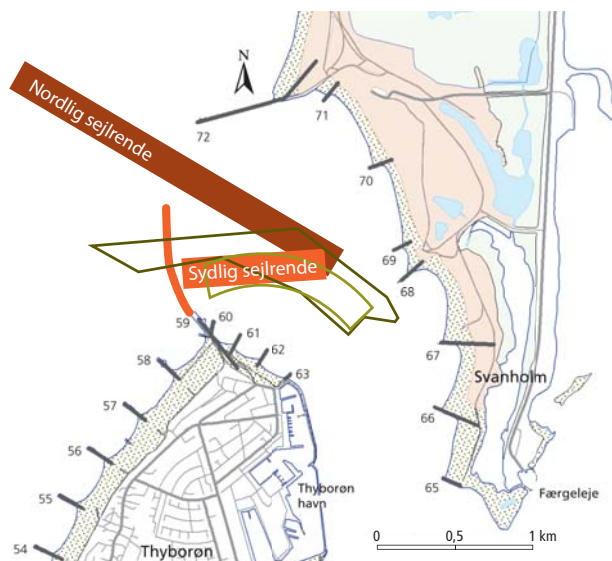
Thyborøn Kanals bevægelse mod nordøst har som beskrevet medført, at der er opstået en sandpude ud for høfderne 60 til 63 på Thyborøn siden af kanalen – vist som nr. 2 på figur 5. Sandpuden har, ifølge analyser foretaget af DHI¹⁹ i 2009 og Kystdirektoratet i 2011, betydning for bølgeuroen i Thyborøn Havn. Sandpuden blev fjernet i foråret 2010 og dette havde en signifikant indflydelse på bølgeretningen og dybden foran Thyborøn Havn har større betydning end selve sandpuden. To år efter at sandpuden blev fjernet, er den imidlertid opstået igen. Det er ikke en holdbar løsning, at sandpuden skal fjernes hvert andet år, da der er store omkostninger forbundet med oprensning på så lave vanddybder. Sandpuden opstår desuden ud for stedet med det mindste kanaltværsnit. Det betyder, at når sandpuden fjernes, vil udviklingen af kanalens mindste tværsnit fremskyndes til det større tværsnit, der beregningsmæssigt først kan forventes om ca. 10 år.

¹⁸ Gennemsnit af årene 2007 til 2011. Eksklusiv oprensning i fyrmlinjen og sandpuden, se figur 5

¹⁹ DHI: Dansk Hydraulisk Institut er en selvstændig, international rådgivnings- og forskningsvirksomhed. Analyse udført for Thyborøn Havn.

I Havnepakke II (del af Trafikaftalen 2011) blev der afsat 1 mio. kr. til at undersøge, om kanalen kan uddybes fra en besejlingsdybde på de nuværende 8 meter til 10 meter. Da området er meget dynamisk, og der derfor hurtigt kan opstå store aflejringer, er en forudsætning for at holde en sejlrende med en garanteret dybde på 10 meter, at der bliver uddybet til 12 meter. For at finde den optimale løsning, har Kystdirektoratet undersøgt 4 mulige tracéer for uddybning, se figur 6, og foretaget en geologisk undersøgelse af Thyborøn Kanals ydre del for at vurdere mængderne af sand og ler.

Set i forhold til de analyserede løsninger og omkostningerne til uddybning og oprensning er den bedste løsning et sydligt forløb eller et nordligt forløb. Det er meget vanskeligt at beregne oprensningsmængderne i de to valgte tracéer, men ud fra erfaring er bedste skøn, at en sydlig sejlrende vil forøge oprensningen i fyrlinjen fra ca. 0,02 mio. m³ om året i dag til 0,4 mio. m³ om året, mens oprensningsmængden for den nordlige og meget længere sejlrende vil vokse til 1,3 mio. m³ om året, hvis der foretages en uddybning af sejlrenden i dag.



Figur 6: De 4 undersøgte sejlrende forløb. De to valgte tracéer er vist med fyldte kasser.

Sammenfatning

I de følgende afsnit gives et resumé af analysen af to strategier for håndtering af udviklingen i kanalen:

Strategi 1: lade kanalen fortsætte sin udvikling og beskytte de oversvømmelsestruede områder i den vestlige Limfjord i takt med, at stormflodsvandstandene stiger, 0-alternativet.

Strategi 2: tage hånd om den fremtidige forøgelse af stormflodsvandstandene; altså standse tværsnitsforøgelsen af kanalen og dermed fastholde det nuværende kanal tværsnit. Der ses på 7 forslag til begrænsning af indstrømningen til den vestlige Limfjord.

Der er gjort rede for de enkelte forslags fordele og ulemper, samt givet et overblik over deres økonomiske konsekvenser. Det samlede resultat er vist i tabel 2.

I tabellen er fordele og ulemper ved de enkelte løsningsforslag angivet med farve.

Grøn: Løsningsforslaget har en positiv virkning på udfordringen.

Gul: Løsningsforslaget har en neutral virkning på udfordringen.

Rød: Løsningsforslaget har en negativ virkning på udfordringen.

Det er desuden valgt at vise effekten med og uden havspejlsstigning.

Udfordringer	Strategi 1		Strategi 2													
	Hidtidig udvikling inkl. kyst-beskyttelse, 0- alternativ		Udbygning af høfde 58/59		Udbygning af høfde 63		Udbygning af høfde 65-69		Udbygning af havnen		Barriere på fjord-grundene		Dæmning m. skibsfartssluse		Højvandsbarriere	
	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.
Havspejlsstigning	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.	E.	I.
Stormflodsvandstandene																
Behov for kystfodring på Limfjordstangerne																
Oprensning i indsejling																
Oprensning i fyrlinje																
Oprensning på sandpuden																
Bølgeuro																
Erosion på NØ-siden af kanalen																
Besejlings-forholdene generelt																
Nødhavn																

Tabel 2: Oversigt over fordele og ulemper ved de enkelte løsninger. I tabellen står E for Eksklusiv havspejlsstigning og I for Inklusiv havspejlsstigning.

Strategi 1: Fortsættelse af hidtidig udvikling af Thyborøn Kanal - udbygning af kystbeskyttelsen i Limfjorden – 0-alternativ

Fortsættelse af hidtidig udvikling af Thyborøn Kanal vil medføre, at stormflodsvandstanden, pga. kanalens udvikling og havspejlsstigning frem til år 2060, kan stige op til 59 cm i forhold til i dag, ved en 50 års storm. Flere ejendomme vil derfor opleve flere og mere voldsomme oversvømmelser i fremtiden.

For at vurdere om der er behov for yderligere kystbeskyttelse i den vestlige Limfjord, er der foretaget en analyse af potentielt oversvømmelsestruede værdier. Analysen tager udgangspunkt i de eksisterende værdier såsom ejendomme (helårsbeboelse, erhverv og sommerhuse) og infrastruktur (veje og jernbaner) samt arealer (boligarealer, erhvervsarealer, landbrugsarealer og naturarealer). Analysen viser, at 750 km veje, 17 km jernbane, 180 ha erhvervsområde, 27.000 ha landbrugsområde, kan blive oversvømmet under en 50 års stormflodsvandstand i år 2060, hvilket vurderes at medføre et tab på op til 11,5 mio. pr. stormflod.

Der er i dag ca. 86 km diger i den vestlige del af Limfjorden, som Kystdirektoratet har kendskab til. Flere Limfjordsbyer som for eksempel Lemvig forbereder sig i disse år på, at vandstanden vil blive højere i fremtiden. For at imødegå den fremtidige udvikling i stormflodsvandstanden i takt med at Thyborøn Kanal udvider sig, og havspejlet stiger, vil der skulle bygges flere og højere diger i Limfjordsområdet for at bibeholde det nuværende sikkerhedsniveau. Det vurderes nødvendigt at udvide den samlede digelængde med ca. 177 km, hvis det nuværende sikkerhedsniveau skal holdes.

Kystdirektoratet har i denne analyse ikke set på, hvorvidt der er juridiske, tekniske eller miljømæssige hindringer for at anlægge de 177 km diger. Omkostningen til forhøjelse af eksisterende diger og anlæggelse af nye diger er beregnet til 516 mio. kr. over 50 år. Hertil kommer en udgift til vedligeholdelse af kystbeskyttelsen på ca. 129

mio. kr. I alt vil den samlede udgift være 645 mio. kr. over 50 år²⁰, se tabel 3.

Ud fra en gennemsnitlig 50 års stormflodsvandstand for hele den vestlige Limfjord på 1,9 m DVR90²¹ er den maksimale gennemsnitlige skadesværdi for ejendomme opgjort til ca. 3 mia. kr.²² i dag, mens den i år 2060, hvor den gennemsnitlige stormflodsvandstand er steget til 2,24 m DVR90, beregnet til 3,7 mia. kr. (2011 prisniveau).

Det betyder, at skadeværdien vil vokse med minimum 0,7 mia. kr. for ejendomme i den vestlige Limfjord, hvis det antages, at der ikke bygges nye ejendomme, og ejendommene fastholder deres værdi. Hertil kommer et ukendt beløb til infrastruktur og afgrødetab.

For at kompensere for denne stigning i stormflodsvandstanden, er det nødvendigt at opføre ny kystbeskyttelse og foretage forstærkning/forhøjelse af eksisterende kystbeskyttelse i den vestlige del af Limfjorden.

Fordele ved denne strategi er, at der kun foretages kystbeskyttelse, hvor det er nødvendigt, og at oprensningen af fyrinjen med stor sandsynlighed bortfalder ved en havspejlsstigning på 24 cm kombineret med en fortsat naturlig uddybning af Thyborøn Kanal. Ulempen er imidlertid, at de andre udfordringer i og omkring Thyborøn Kanal ikke imødegås. Det medfører et fortsat pres på høfderne på Agger Tanges sydende, øget behov for fodring på Limfjordstangerne, et øget behov for oprensning i indsejlingen til Thyborøn Havn, samt fortsatte problemer med bølgeuroen, hvis sandpudden ikke fjernes. I tabel 3 ses de samlede udgifter ekskl. og inkl. havspejlsstigninger.

Kanalens udvikling fortsætter "0-alternativ"	Strategi 1	
Udgifter [mio. kr.]	Udgift frem til år 2060	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning
Kystbeskyttelse i Limfjorden	224 mio. kr.	645 mio. kr.
Kystdirektoratets øvrige udgifter i og omkring Thyborøn Kanal inkl. fodring på Limfjordstangerne indtil år 2060.	1.415 mio. kr.	1.533 mio. kr.
Udgift i alt	1.639 mio. kr.	2.178 mio. kr.

Tabel 3: Skønnede udgifter (2011 priser) til oprensning og kystbeskyttelse m.m., hvis skadespotentialet skal fastholdes på det nuværende niveau vha. kystbeskyttelse i den vestlige Limfjord.

²⁰ Omkostningen til kystbeskyttelse i Limfjorden er vurderet ud fra standard- og erfaringspriser, som det fremgår af den tekniske rapport. I beregningerne af kystbeskyttelsesudgiften er der benyttet priser varierende fra 550 til 2500 kr. pr. løbende meter alt efter, om diget forhøjes eller nybygges. Der er tillagt 0,5 % af anlægssummen til årlig vedligeholdelse i en 50 års periode.

²¹ Dansk Vertikal Reference.

²² For at opgøre værdien af boligerne og udregne det maksimale skadespotentiale under en 50 års storm, er der benyttet samme beregningsmetode som i Toxvig et al. 2006. Detaljer fremgår af den tekniske rapport.

Strategi 2: Begrænsning af indstrømningen

Denne strategi betyder en fastholdelse af kanaltværsnittet, så der ikke sker en forøgelse af stormflodsvandstandene i den vestlige Limfjord frem til år 2060. Der er flere metoder til dette; enten udbygning af hofder eller andre former for indsnævring af kanalen eller forskellige former for barrierer, der hindrer vandindstrømning.

De forskellige metoder er beskrevet i det følgende. Der er i dette projekt ikke foretaget en vurdering af miljøændringerne som følge af strategi 2, da indstrømningsmængden af vand ikke ændres, hvis der kun tages hensyn til Thyborøn Kanals morfologi. Alt andet lige betyder det, at miljøforholdene i den vestlige Limfjord ikke påvirkes negativt. Hvis havspejlsstigningen medtages, kan det ikke udelukkes, at løsninger kan påvirke vandmiljøet, hvorfor dette skal undersøges nærmere ved den valgte løsning.

Fordele og ulemper ved de enkelte løsningsforslag er summeret i tabel 2.

Udbygning af hofde 58/59

En metode til at reducere effekten af kanaludviklingen er en trinvis indsnævring af kanalens åbning mod vest mellem hofderne 58/59 og hofde 72. I dette skøn er udbygningen vist over 3 etaper, se principskitse til højre. Der er taget udgangspunkt i en udbygning af hofden til en indsnævring af kanalen til 500 m med en effektiv bundsikring mellem de to hofdeender. Herved opnås et kanaltværsnit svarende til kanalens nuværende mindste tværsnit. Dette tager hånd om kanalens naturlige uddybning frem til år 2060. Da der også skal tages hensyn til havspejlsstigningen skal kanalen yderligere indsnævres.

Som det fremgår af tabel 2, vil løsningen indebære, at stormflodsvandstandene inde i Limfjorden forbliver uændrede frem til år 2060, behovet for fodring på Limfjordstangerne reduceres, oprensningen i kanalen holdes på samme niveau eller reduceres og behovet for oprensning i fyrlijen bortfalder sandsynligvis inden år 2060. Presset på hofderne på Agger Tanges sydende reduceres. Besejlingsforholdene forbedres generelt, dog ikke ved udsejling til

Nordsøen når stormen tager af og vandstanden i Limfjorden falder. Thyborøn Havn kan stadig fungere som nødhavn.

Det vil sige, at samtidig med at stormflodsvandstandene forbliver uændrede, sker der forbedringer på næsten alle andre udfordringer i og omkring Thyborøn Kanal, se tabel 2.

Anlægsudgift og vedligeholdelse regnet som 2 % af anlægsprisen i 50 år er 500 mio. kr., se tabel 4, for de samlede skønnede udgifter uden havspejlsstigning. Prisen inkl. havspejlsstigning er 558 mio. kr. Som det fremgår af tabel 4, betyder havspejlsstigningen kun en lille forøgelse af den samlede investering.



Udbygning af hofde 58/59	Strategi 2		
	Udgift frem til år 2060	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning set i forhold til "0-alternativ"
Anlægspris for valgt løsning inkl. vedligeholdelse indtil år 2060	500 mio. kr.	558 mio. kr.	-87 mio. kr.
Kystdirektoratets øvrige udgifter i og omkring Thyborøn Kanal inkl. fodring på Limfjordstangerne indtil år 2060.	1.008 mio. kr.	1.095 mio. kr.	-438 mio. kr.
Udgift i alt	1.508 mio. kr.	1.653 mio. kr.	-525 mio. kr.

Tabel 4: Skønnede udgifter (2011 priser) til oprensning og kystbeskyttelse m.m. hvis skadespotentialet skal fastholdes på det nuværende niveau vha. udbygning af hofde 58/59.

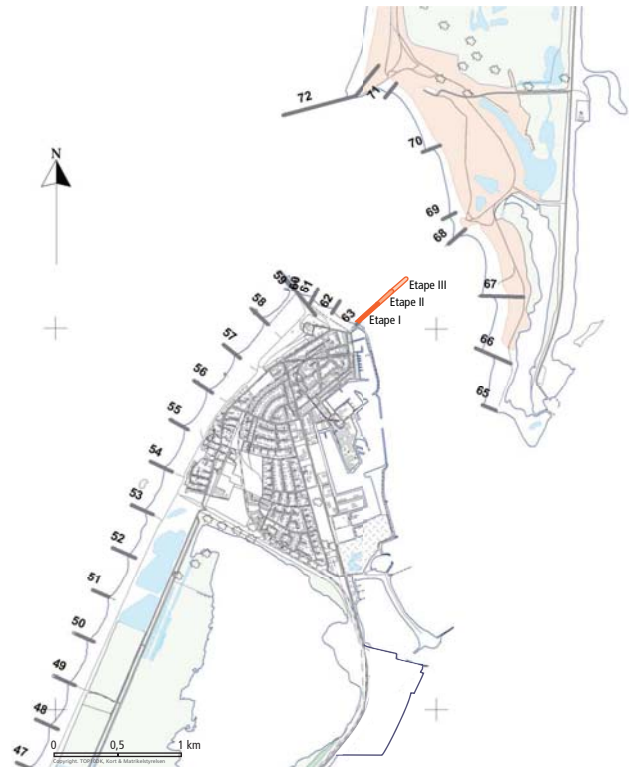
Det fremgår, at denne løsning samfundsmæssigt set er 525 mio. kr. billigere end blot at lade kanalen fortsætte sin hidtidige udvikling, 0-alternativet. Det betyder således, at der er en samfundøkonomisk gevinst ved at gennemføre en samlet løsning i stedet for at foretage kystbeskyttelse inde i Limfjordsområdet.

Udbygning af høfde 63, så kanalen indsnævres mellem høfde 63 og 68

En anden måde at kompensere for effekten af kanaludviklingen på, er ved trinvist at indsnævre åbningen mellem høfde 63 og 68 til 500 m ved at forlænge høfde 63, se principskitse til højre. Høfde 63 er valgt, da den kan udbygges på den eksisterende sandpude. For at kompensere for en uddybning i kanaltværsnittet mellem høfde 63 og 68 udføres bundsikring mellem høfderne.

Løsningen indebærer, at stormflodsvandstandene inde i Limfjorden forbliver uændrede frem til år 2060. Behovet for fodring på Limfjordstangern vil fortsat stige. Oprensning i indsejlingen til Thyborøn Havn forbliver uændret. Oprensningen i fyrlijen bortfalder sandsynligvis inden år 2060. Bølgeuroen reduceres. Presset på høfderne på Agger Tanges sydende vil stige. Besejlingsforholdene bliver generelt forbedret, men kan dog forværres under storm, se tabel 2. Thyborøn Havn kan stadig fungere som nødhavn.

Anlægsudgift og vedligeholdelse regnet som 2 % af anlægsprisen i 50 år er 376 mio. kr. for udbygning af høfde 63, se de samlede udgifter i tabel 5.



Udbygning af høfde 63 så kanalen indsnævres mellem høfde 63 og 68	Strategi 2		
	Udgift frem til år 2060	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning set i forhold til "0-alternativ"
Udgifter [mio. kr.]			
Anlægspris for valgt løsning inkl. vedligeholdelse indtil år 2060	350 mio. kr.	376 mio. kr.	-269 mio. kr.
Kystdirektoratets øvrige udgifter i og omkring Thyborøn Kanal inkl. fodring på Limfjordstangerne indtil år 2060.	1.354 mio. kr.	1.470 mio. kr.	-63 mio. kr.
Udgifter i alt	1.704 mio. kr.	1.846 mio. kr.	-332 mio. kr.

Tabel 5: Skønnede udgifter (2011 priser) til oprensning og kystbeskyttelse m.m., hvis skadespotentialet skal fastholdes på det nuværende niveau vha. udbygning af høfde 63.

Forlængelse af hølfer på sydenden af Agger Tange

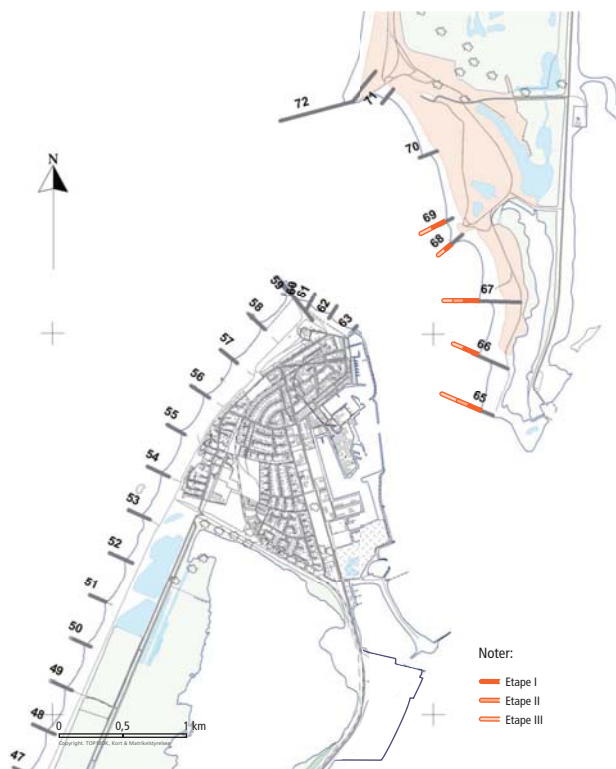
De hølfer, der er anlagt på sydenden af Agger Tange, har tidligere været mellem 35 og 115 meter længere søvæerts end i dag. Hølferne 65 til 69 forlænges trinvis, så kanalen får et jævnt konvekst forløb, se principskitse til højre.

Hølfermellemrummene vil sandsynligvis fyldes med sand, og hølferenderne og det mindste kanalværsnit beskyttes med bundsikring.

Forlængelsen af hølfe 65 til 69 vil tage hånd om flere af udfordringerne i den vestlige Limfjord. Løsningen forudsætter, at Thyborøn Kanal kan tvinges tilbage mod syd mod Harbøre Tange. Da de morfologiske fremskrivninger er usikre for denne løsning, er den forbundet med nogen usikkerhed.

Af tabel 2 fremgår, at løsningen ikke kan tage hånd om havspejlsstigningen i den vestlige Limfjord alene. Løsningen skal derfor suppleres med kystbeskyttelse inde i fjorden. Fodringsbehovet nedsættes ikke på Limfjordstangerne ved denne løsning, men behovet for oprensning i indsejlingen, i fyrlinjen og af sandpuden nedsættes. Bølgeuroen mindskes og erosionen på sydenden af Agger Tange nedsættes pga. bundsikringen, men selve vedligeholdelsesudgiften for hølferne og især bundsikringen bliver høj, se tabel 10. Besejlingsforholdene forbedres eller holdes neutrale. Thyborøn Havn kan stadig fungere som nødhavn.

Anlægsudgift og vedligeholdelse regnet som 2 % af anlægsprisen i 50 år er 682 mio. kr. for udbygning af hølfe 65 til 69 suppleret med kystbeskyttelse i Limfjorden, se tabel 6.



Forlængelse af hølfer på sydenden af Agger Tange	Strategi 2		
	Udgift frem til år 2060	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning set i forhold til "0-alternativ"
Kystbeskyttelse i Limfjorden og anlægspris for valgt løsning inkl. vedligeholdelse indtil år 2060	458 mio. kr.	682 mio. kr.	37 mio. kr.
Kystdirektoratets øvrige udgifter i og omkring Thyborøn Kanal inkl. fodring på Limfjordstangerne indtil år 2060.	1.230 mio. kr.	1.346 mio. kr.	-187 mio. kr.
Udgift i alt	1.688 mio. kr.	2.028 mio. kr.	-150 mio. kr.

Tabel 6: Skønnede udgifter (2011 priser) til oprensning og kystbeskyttelse m.m., hvis skadespotentialet skal fastholdes på det nuværende niveau vha. udbygning af hølfe 65-69.

Fremrykning af havneindsejlingen

Thyborøn Havn overgik til kommunal selvstyrehavn i 2001. I havnens masterplan 2008 til 2030 foreslås, at havneindsejlingen rykkes søværts ud i Thyborøn Kanal som vist på principskitsen, se herunder. Gennem de seneste 10 år har havnen investeret ca. 180 mio. kr. i nye kaj anlæg, moler, uddybninger og nye arealer. På længere sigt er der planer om etablering af en ny indsejling, fremrykning af yderværker og etablering af nye havnearealer på yderligere ca. 50 ha. Havneudbygningen vil mindske den forventede kanalværsnitsforøgelse, men efter en tid vil kanalen udvide sig mod øst, og effekten vil forsvinde.

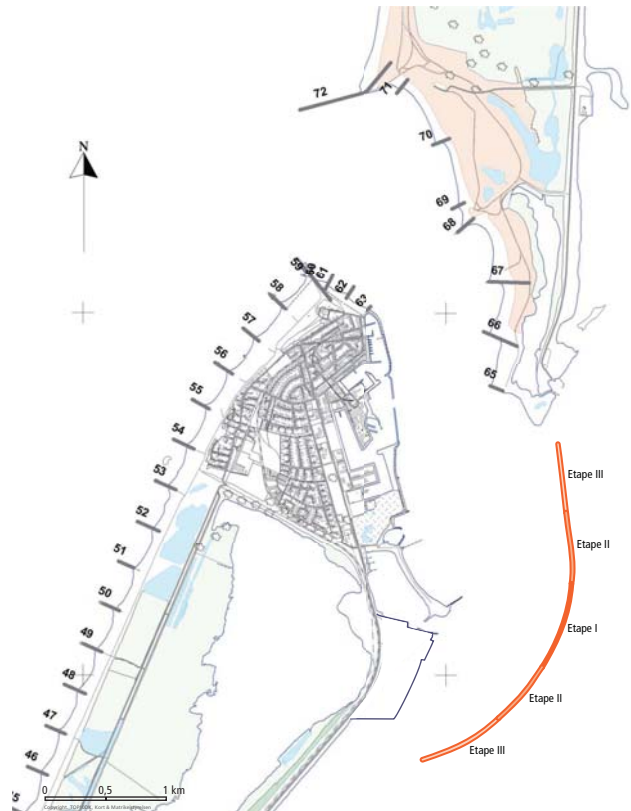


Udbygning af Thyborøn Havns indsejling vil ikke tage hånd om stormflodsvandstandene på længere sigt, hvis den ikke kombineres med en eller flere af de andre løsninger, se tabel 2. Årsagen er, at Thyborøn Kanal blot vil fortsætte sin udvikling nu blot rykket endnu længere mod øst og tættere på Agger Tanges sydende. Det er vurderet, at udbygningen vil mindske oprensningsbehovet i indsejlingen og af sandpuden. Udbygningen vil også have en positiv effekt på bølgeuroen, men sydenden af Agger Tange vil opleve stigende erosion. Et groft skøn over udgifterne til en fremrykket havneindsejling opført med spuns og granitstenkastning på yder- og indersiden er på 330 mio. kr. Bygges kun en granitstenkastning uden spuns skønnes udgifterne til 245 mio. kr. Forslaget er vist på principskitsen herover.

Løsningen er ikke medtaget i den videre analyse, hvorfor vurdering af de økonomiske parametre ikke vises.

Barriere på fjordgrundene

Begrænsning af stormflodsvandstandene i den vestlige Limfjord kan ske ved etablering af en barriere i form af et stenrev på fjordgrundene lige øst for Thyborøn Kanal, jf. principskitsen herunder. Herved lukkes de centrale løb på fjordgrundene, mens det sydlige løb og det nordlige løb forbliver åbne. Stenrevet har en længde på 3,2 km, en kronekote på 2 m DVR90 samt en kronebredde på 5 m, når det er udbygget til fuld størrelse. Der er i dette skøn regnet med, at det 2,5 km lange dige mellem Thyborøn Havn og by forhøjes til 3,25 m DVR90, hvis havspejlsstigningen skal medtages.



Der vil kun være behov for ekstra kystbeskyttelse af Thyborøn by og Havn. Øgningen i erosion af Limfjordstangerne fortsætter og medfører, at fodringsbehovet stiger. Aflejringen på sandpuden og i indsejlingskorridoren vil øges og dermed også oprensningsbehovet, se tabel 2 og 7. Oprensningen i fyrlijnen vil forsvinde, og bølgeuroen kan kun mindskes, såfremt sandpuden fjernes. Besejlingsforholdene vil forværres i Sælhundeholmløbet ved stenrevets sydende, og især når der tages hensyn til havspejlsstigningen. Thyborøn Havn kan stadig fungere som nødhavn, dog kan nødpladsen efter fuld udbygning af stenrevet ikke benyttes.

Anlægsudgift og vedligeholdelse regnet som 2 % af anlægsprisen i 50 år er 742 mio. kr. for udbygning af stenrev suppleret med kystbeskyttelse af Thyborøn by. De samlede udgifter fremgår af tabel 7. Som det vises i tabel 7, er der ikke længere tale om en besparelse i forhold til 0-alternativet. Prisen er ca. 160 mio. kr. højere for denne løsning.

Barriere på fjordgrundene	Strategi 2		
Udgifter [mio. kr.]	Udgift frem til år 2060	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning	Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning set i forhold til "0-alternativ"
Kystbeskyttelse af Thyborøn by og anlægspris for valgt løsning inkl. vedligeholdelse indtil år 2060	709 mio. kr.	742 mio. kr.	97 mio. kr.
Kystdirektoratets øvrige udgifter i og omkring Thyborøn Kanal inkl. fodring på Limfjordstangerne indtil år 2060.	1.477 mio. kr.	1.593 mio. kr.	60 mio. kr.
Udgift i alt	2.186 mio. kr.	2.335 mio. kr.	157 mio. kr.

Tabel 7: Skønnede udgifter (2011 priser) til oprensning og kystbeskyttelse m.m., hvis skadespotentialet skal fastholdes på det nuværende niveau vha. en barriere på fjordgrundene.

Dæmning med skibsfartssluse inkl. forlængelse af hofde 58/59

Løsningen svarer stort set til den oprindelige løsning beskrevet i 1946 loven om Thyborøn Kanal, dog med en noget større gennemstrømningsluse. Det er nødvendigt med en gennemstrømningsluse, der kan tage hånd om påvirkningen af vandmiljøet. Der er ikke her taget stilling til, hvor stor slusen skal være for at håndtere vandmiljøproblematikken, men den skal have en betydelig størrelse. For at tilgodese havnens udviklingsplaner, bør dæmningen placeres som vist på principskitsen nedenfor. I Sælhundeholmløbet placeres en skibsfartssluse. Dæmningen fortsætter henover den vestlige del af fjordgrundene, hvor dybderne er moderate, og får forbindelse med Agger Tange umiddelbart nord for færgehavnen.



Når gennemstrømningen i kanalen bliver nedsat, vil meget af sandet, der kommer ind i kanalen, aflejres. Det er derfor nødvendigt, at forlænge hofde 59 med i størrelsesordenen 700 m, så tilførslen af sand begrænses. Der er regnet med en kronebredde på 10 m for dæmningen, så der er plads til etablering af vej. Selve udgiften til vej på dæmningen er ikke medtaget i beregningerne. Kronekoten er +4 m DVR90 bortset fra de beskyttede landender, hvor den er +3,5 m. Der anvendes hovedsagligt sand til dæmningen. Slusen er en kammerluse med kammerlængde på 200 m og en gennemsejlingsbredde på 30 m. Der regnes med en 8 m bred vippebro over slusen.

Løsningen betyder, at Thyborøn by skal beskyttes mod fremtidige større stormflodsvandstande. Løsningen vil, kombineret med en forlængelse af hofde 58/59 medføre et nedsat behov for fodring på Limfjordstangerne. Oprensningsbehovet i indsejlingen vil blive mindre, men behovet for oprensning i fyrinjen kan stige. Behovet for fjernelse af sandpudden forsvinder, og bølgeuroen mindskes. Selve Thyborøn Havn kan stadig fungere som nødhavn, dog kan nødpladsen ikke benyttes. Se tabel 2.

Overslaget er for slusens vedkommende baseret på sammenlignelige projekter. Da stormflodsvandstandene i Thyborøn by vil stige til minimum stormflodsvandstanden for havet, er der afsat 19 mio. kr. til at kompensere for forhøjelse af eksisterende diger og højvandsbeskyttelse. Anlægsudgift og vedligeholdelse regnet som 2 % af anlægsprisen i 50 år er 2,2 mia. kr. for dæmning med skibsfartssluse inkl. forlængelse af hofde 58/59 og suppleret med kystbeskyttelse af Thyborøn by. I tabel 8 er vist de samlede udgifter i forbindelse med denne løsning.

Dæmning med skibsfartssluse inkl. forlængelse af hofde 58/59	Strategi 2		
	Udgift frem til år 2060	Udgift Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning	frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning set i forhold til "0-alternativ"
Udgifter [mio. kr.]			
Kystbeskyttelse af Thyborøn by og anlægspris for valgt løsning inkl. vedligeholdelse indtil år 2060	2.224 mio. kr.	2.229 mio. kr.	1.584 mio. kr.
Kystdirektoratets øvrige udgifter i og omkring Thyborøn Kanal inkl. fodring på Limfjordstangerne indtil år 2060.	918 mio. kr.	1.004 mio. kr.	-529 mio. kr.
Udgift i alt	3.142 mio. kr.	3.233 mio. kr.	1.055 mio. kr.

Tabel 8: Skønnede udgifter (2011 priser) til oprensning og kystbeskyttelse m.m., hvis skadespotentialet skal fastholdes på det nuværende niveau vha. en dæmning med skibsfartssluse inkl. forlængelse af hofde 58/59.

Højvandsbarriere - Lukning af kanalen under stormfloder

Barrieren aktiveres kun i forbindelse med stormflod, og er således neutral i forhold til ind- og udstrømning resten af tiden. En udformning, hvor spærringen rejser fra bunden, opfylder kravene. Barrieren tænkes placeret umiddelbart vest for havnen, hvor kanalens bredde er mindst, jf. principskitsen til højre.

Med denne placering undgår man forhøjede stormflodsvandstande i Thyborøn Havn og by. Med højvandsbarrieren vil det være muligt at regulere og begrænse stormflodsvandstandene i den vestlige Limfjord. Med et stigende havspejl vil oprensningen i fyrlinjen forsvinde, men løsningen tager ikke hånd om de øvrige udfordringer i og omkring Thyborøn Kanal, se tabel 2. Hertil kommer, at løsningen vil hindre brugen af Thyborøn Havn som nødhavn under storm.

Anlægsudgift og vedligeholdelse samt drift regnet som 1 % af anlægsprisen i 50 år er ca. 11 mia. kr. Prisen er vurderet på basis af 3 allerede etablerede højvandsbarrierer i Europa, se tabel 9 for de samlede udgifter.



Højvandsbarriere	Strategi 2		
	Udgift frem til år 2060	Udgift Udgift frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning	frem til år 2060 inkl. havspejlsstigning set i forhold til "0-alternativ"
Udgifter [mio. kr.]			
Anlægspris for valgt løsning inkl. vedligeholdelse indtil år 2060	11.250 mio. kr.	11.250 mio. kr.	10.605 mio. kr.
Kystdirektoratets øvrige udgifter i og omkring Thyborøn Kanal inkl. fodring på Limfjordstangerne indtil år 2060.	1.390 mio. kr.	1.506 mio. kr.	-27 mio. kr.
Udgift i alt	12.640 mio. kr.	12.756 mio. kr.	10.578 mio. kr.

Tabel 9: Skønnede udgifter (2011 priser) til oprensning og kystbeskyttelse m.m., hvis skadespotentialet skal fastholdes på det nuværende niveau vha. en Højvandsbarriere.

I tabel 10 er alle løsningsforslag sammenlignet ud fra økonomiske parametre og under forudsætning og medregning af havspejlsstigning. Tallene er angivet i hele mio. kr. Da der er tale om overslag, og da TRM's anlægsbevillingsberegning ikke er benyttet, skal tallene benyttes med forsigtighed og kan ikke danne grundlag for en eventuel endelig bevilling. Bemærk at den relevante del af fællesaftale bevillingen er udspecificeret i to poster: vedligehold-

delsen af høfderne på Agger Tanges sydende og fodringen på Limfjordstangerne.

Den teknisk anbefalede løsning, hvor høfderne 58/59 udbygges, vil have den laveste samlede udgift frem til år 2060 i 2011 priser. Den samfundsmæssige udgift er estimeret til at være 1.653 mio. kr.

Udgifter [mio. kr.]	Strategi 1	Strategi 2					
	Htidig udvikling fortsætter	Udbygning af hofde 58/59	Udbygning af hofde 63	Hofde 65-69	Barriere på fjordgrundene	Dæmning m. skibsfarts-sluse	Højvandsbarriere
Anlægs- og driftsudgifter:							
Kystbeskyttelse i Limfjorden og/eller anlægspris for valgt løsning indtil år 2060	516	279	188	408	378	1.123	7.500
Vedligeholdelse af løsning indtil år 2060	129	279	188	274*	364	1.106	3.750
I alt anlægs- og driftsudgifter (A)	645	558	376	682	742	2.229	11.250
Fællesaftalebevilling:							
Vedligeholdelse af hofderne på Agger Tanges sydende	50	25	52	-*	50	-	48
Fodring på Limfjordstangerne	1316	974	1316	1316	1316	974	1316
Fællesaftalebevilling i alt (B):	1366	999	1368	1316	1366	974	1364
Kystdirektoratets øvrige udgifter til oprensning i Thyborøn Kanal indtil år 2060 (C).	167	96	102	30	227	30	142
Udgift i alt (A+B+C)	2.178	1.653	1.846	2.028	2.335	3.233	12.756
Udgifter i alt inkl. uddybning af kanalen til 10 meters besejlings-dybde	2.229	1.914	1.905	2.111	2.448	3.512	12.869

Tabel 10: Oversigt over de skønnede udgifter i 50 år i mio. kr (2011 priser). Alle udgifter er angivet inkl. kompensation for havspejlsstigning. *Vedligeholdelse af hofderne på Agger Tanges sydende (B) er i "Hofde 65-69 scenariet" indeholdt i de 274 mio. kr. (se *).